รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย

การพัฒนาขนมอบจากไข่ขาวประเภทมาการอง ทดแทนผงอัลมอนด์ด้วยผงถั่วลิสงและผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์

(Development of egg white pastries (macaroon) by using peanut and cashew powder as almond powder replacement)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

โดย

อาจารย์อธิป บุญศิริวิทย์

สนับสนุนโดย

สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต

2556

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาขนมอบจากไข่ขาวประเภทมาการอง ทดแทนผงอัลมอนด์ด้วยผงถั่วลิสงและ
ผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์

ผู้วิจัย : นายอธิป บุญศิริวิทย์ สถาบัน : คณะเทคโนโลยีอาหาร

ปีที่พิมพ์ : 2559 สถานที่พิมพ์ : มหาวิทยาลัยรังสิต

จำนวนหน้างานวิจัย : 72 หน้า ลิขสิทธิ์ : มหาวิทยาลัยรังสิต

คำสำคัญ : มาการอง, โฟมไข่ขาว, อัลมอน

บทคัดย่อ

มาการองเป็นขนมที่ได้รับความนิยมอยู่ในปัจจุบัน และมีแนวโน้มที่จะได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีส่วนประกอบหลักคือ อัลมอนด์ น้ำตาล และไข่ขาว ซึ่งอัลมอนด์จำเป็นต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ ทำให้มีราคาต้นทุนในการผลิตสูง งานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะทดแทนผงอัลมอนด์ด้วยผงถั่วลิสงและผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ซึ่งสามารถหาได้ง่ายและมีราคาถูกกว่าเมื่อเทียบกับอัลมอนด์ โดยทำการแปรอัตราส่วนระหว่างผงอัลมอนด์ต่อผงถั่วลิสงและผงอัลมอนด์ต่อผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์เป็น 6 ระดับ คือ 90:10, 70:30, 50:50, 30:70, 10:90 และ 0:100 ของน้ำหนักอัลมอนด์ผงที่ใช้ในสูตร จากการวิเคราะห์การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี different from control และนำไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Rank sum test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ถั่วลิสงผงไม่สามารถทดแทนผงอัลมอนด์ได้เนื่องจากกลิ่นรสที่มีความจำเพาะ แต่สามารถทดแทนผงอัลมอนด์ด้วยผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ระดับความเข้มข้น 50:50 โดยที่ไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏและคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผลการวิเคราะห์ผลทางกายภาพด้วยเครื่อง texture analyzer พบว่ามีค่าความแข็งเท่ากับ 147.41 โดยแตกต่างจากอัลมอนด์ที่ระดับความเข้มข้น 100 อย่างมีนัยสำคัญ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Title: Development of egg white pastries (macaroon) by using peanut and cashew powder as almond powder replacement

Researcher: Mr. Athip Boonsiriwit Institution: Faculty of food technology

Year of Publication: 2016 Publisher: Rangsit University

No. of page: 72 page Copyright: Rangsit University

Keyword: Almond, Foam, Macaroon

Abstract

Macaroon is pastry products from France. The main components are almonds, sugar and egg whites. The almond powder was imported from abroad that made the product cost was higher. This research aim to replace the almond powder with peanut powder and cashew powder. Both of these can be found easier and cheaper than the almond in Thailand. The experiment was vary the ratio between almond powder : peanut powder and almond powder : cashew powder in 6 levels as shown 90:10, 70:30, 50:50, 30:70, 10:90 and 0:100 by weight of almond powder used in the formula. The sensory testing was analyzed by different from control methods (rank sum test at 95% confidence level). The result shown that peanut powder cannot be substituted with almond powder because the flavor is specificity. But can substitute almond powder with cashew powder at concentrations 50:50 by without affecting the appearance and sensory quality. Analysis effects of physical with the texture analyzer found to have a hardness equal 147.41 by unlike almond powder at concentrations 100 significantly.

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ชิตสุดา ชัยศักดานุกูล อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย และอาจารย์นภัทร ศรีวรมณ์ (จากวิทยาลัยดุสิตธานี) ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา เกี่ยวกับกระบวนการผลิตมาการองที่ถูกต้อง รวมทั้งช่วยแก้ปัญหาต่างๆในการดำเนินงานจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คณาอาจารย์วิทยาลัยนวัตกรรมเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาด้านวิชาการด้านงานวิจัย และข้อเสนอแนะในการวิจัยตลอดมา

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการเคมีที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ และสารเคมี ให้คำแนะนำในการปฏิบัติงาน เพื่อให้ได้ทำงานวิจัยได้อย่างสมบูรณ์

คุณค่าและประโยชน์จากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบิดา มารดา บูรพาจารย์ที่ประสาทความรู้ และผู้ที่มีพระคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ เสริมสร้างกำลังใจตลอดจนรายงานผลการวิจัยฉบับนี้เสร็จลงด้วยดี

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณสถาบันวิจัยมหาวิทยาลัยรังสิต ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยในครั้งนี้

อธิป บุญศิริวิทย์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....จ
สารบัญภาพ.....ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....1
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ.....2
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3
3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....24
3.1 การศึกษาอายุการเก็บของไข่ไก่ ต่อปริมาณโปรตีนและการเกิดโฟม.....24
3.2 การศึกษาผลของน้ำตาลไอซิ่งต่อลักษณะปรากฏของฝามาการอง.....24
3.3 การศึกษาการทดแทนผงอัลมอนด์ด้วยถั่วลิสงค์ผงและเม็ดมะม่วงหิมพานต์ผงในมาการอง.....25
4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล.....27
4.1 การทดสอบทางกายภาพโฟมไข่ขาว.....27
4.2 การทดสอบทางเคมีของโฟมไข่ขาว.....28
4.3 การลดปริมาณน้ำตาลในสูตรมาการอง.....30
4.4 การวิเคราะห์ผลทางเคมีของ อัลมอนด์ ถั่วลิสง และ เม็ดมะม่วงหิมพานต์.....31
4.5 การวิเคราะห์ผลทางกายภาพของ อัลมอนด์ ถั่วลิสง และ เม็ดมะม่วงหิมพานต์..... 31
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....34
5.1 สรุปผลการทดลอง.....34
5.2 ข้อเสนอแนะ.....35
เอกสารอ้างอิง.....36
ภาคผนวก.....40

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 คุณค่าและโภชนาการของอัลมอนด์	5
ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการของไข่ไก่	7
ตารางที่ 2.3 ปริมาณโปรตีนในไข่ขาว	12
ตารางที่ 2.4 ปริมาณโปรตีนในไข่แดง	13
ตารางที่ 2.5 ส่วนประกอบทางเคมีของถั่วเมล็ดแห้ง	20
ตารางที่ 2.6 คุณค่าทางโภชนาการของถั่วเมล็ดแห้งต่อ 100 กรัม	22
ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของมาการอง	25
ตารางที่ 3.2 ส่วนผสมมาการองสูตรลดน้ำตาลไอซิ่ง	25
ตารางที่ 4.1 ค่า % Overrun ของโฟมไข่ที่อุณหภูมิตู้เย็นและอุณหภูมิห้อง	27
ตารางที่ 4.2 ปริมาณโปรตีนของไข่ขาว 100 กรัม ที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	29
ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของ อัลมอนด์ ถั่วลิสง และ เม็ดมะม่วงหิมพานต์	31
ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยของแรงกดของมาการองที่ผลิตจาก อัลมอนด์ ถั่วลิสง และ เม็ดมะม่วงหิมพานต์	32
ตารางที่ 4.5 ค่า Water activity ของอัลมอนด์ ถั่วลิสง และ เม็ดมะม่วงหิมพานต์	32
ตารางที่ 4.6 ตารางแสดง Total samples score ของ Almond : Cashew	33
ตารางที่ 4.7 ตารางแสดง Total samples score ของ Almond : Peanut	33

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2.1 ลักษณะโครงสร้างมาการอง	3
ภาพที่ 2.2 ลักษณะปรากฏของมาการอง	3
ภาพที่ 2.3 อัลมอนด์ที่ไม่มีเปลือก	4
ภาพที่ 2.4 อัลมอนด์ที่ผ่านน้ำร้อน	4
ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของไข่ไก่	6
ภาพที่ 2.6 ขนาดของฟองอากาศในโครงสร้างของโฟมที่มีการเติมเกลือ	9
ภาพที่ 2.7 ขนาดของฟองอากาศในโครงสร้างของโฟมที่ไม่มีการเติมเกลือ	9
ภาพที่ 2.8 เมล็ดมะม่วงหิมพานต์	16
ภาพที่ 2.9 มะม่วงหิมพานต์สุก	17
ภาพที่ 2.10 ผลมะม่วงหิมพานต์	18
ภาพที่ 2.11 ถั่วลิสง	19
ภาพที่ 4.1 ค่า Overrun ของโฟมไข่ขาว	28
ภาพที่ 4.2 ปริมาณโปรตีนของโฟมไข่ขาว	29
ภาพที่ 4.3 มาการองที่ผ่านการลดน้ำตาลไอซิ่ง	30

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มาการองเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบจากไข่ขาวที่กำลังได้รับความนิยมในปัจจุบันและมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ มาการองมีส่วนประกอบหลักคือ อัลมอนด์ น้ำตาล และ ไข่ขาว มีลักษณะคล้ายคุกกี้ชิ้นเล็กสองชิ้นมาประกบกัน มีไส้ตรงกลาง เรียกว่า กานาช (Ganache) มีหลากหลายรสชาติ เช่น สตรอเบอร์รี่ ส้ม กาแฟ วานิลลา มะนาว เป็นต้น นิยมทานคู่กับชาหรือกาแฟ เนื่องจากมาการองจะมีรสหวานจากตัวฝาและอมเปรี้ยวจากไส้ ทำให้สามารถตัดกับรสขมของกาแฟหรือความฝาดของชาได้เป็นอย่างดี แต่ปัจจุบันนี้มาการองยังคงมีราคาสูงเนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมาการองนั้นจำเป็นต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ ตลอดจนกระบวนการผลิตที่มีความละเอียดอ่อนทุกขั้นตอน ตั้งแต่กระบวนการเตรียมโฟมจากไข่ขาว ไปจนถึงขั้นตอนผสมบีบ และตากหน้ามาการอง ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาการผลิตมาการองซึ่งทดแทนวัตถุดิบที่นำเข้าจากต่างประเทศด้วยวัตถุดิบในท้องถิ่นของประเทศไทย ได้แก่ ถั่วลิสง และเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติใกล้เคียงกับอัลมอนด์ แต่สามารถหาได้ง่ายและมีราคาถูกกว่าเมื่อเทียบกับอัลมอนด์ เป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ทางเลือกในท้องตลาด ช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าเกษตรของประเทศไทย และลดการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศ

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสภาวะการเก็บไข่ไก่และอายุการเก็บต่อปริมาณโปรตีนในไข่ขาวที่ส่งผลต่อความคงตัวของโฟมที่จะนำไปขึ้นรูปเป็นฝาของมาการอง
2. เพื่อศึกษาปริมาณน้ำตาลไอซิ่งที่มีผลต่อการขึ้นรูปและลักษณะปรากฏของฝามาการอง
3. เพื่อศึกษาความสามารถในการทดแทนผงอัลมอนด์ด้วย ถั่วลิสงและเม็ดมะม่วงหิมพานต์ผง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาปัจจัยในการเกิดโฟมของโปรตีนไข่ขาว 2 ปัจจัย คือศึกษาอายุการเก็บรักษาไข่ไก่และอุณหภูมิในการเก็บรักษา
2. ศึกษาผลของการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งที่ส่งผลต่อมาการองทางด้านประสาทสัมผัส และทางลักษณะปรากฏ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้สภาวะในการเก็บไข่ไก่ที่มีความเหมาะสมต่อการเกิดโฟมไข่ขาวที่มีความคงตัว
2. ได้ผลิตภัณฑ์มาการองใหม่ในท้องตลาด ที่ใช้วัตถุดิบจากท้องถิ่น เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าเกษตรของประเทศไทยต่อไป

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผลิตภัณฑ์มาการอง

2.1.1 ความเป็นมาของมาการอง

มาการอง (Macaron) เป็นขนมที่มีต้นกำเนิดจากประเทศฝรั่งเศส เกิดในช่วงคลาดแคลนอาหาร ข้าวของราคาแพง เป็นช่วง Frenchrevolution ที่มีการปฏิวัติเปลี่ยนแปลงการปกครอง ในเวลานั้นมิชชันนารีชาวอิตาลี ที่อาศัยในฝรั่งเศสหาวิธีดำรงชีพด้วยอัลมอนด์ ซึ่งเป็นสินค้าราคาไม่แพง แต่มีคุณค่าทางอาหารเกือบเท่ากับเนื้อสัตว์ โดยนำมาประกอบเป็นอาหารหรือขนมหลากหลายประเภท หนึ่งในนั้นคือมาการอง ด้านนอกกรอบด้านในเหนียวนุ่ม ด้วยรสชาติที่หอมหวานลงตัว และวัตถุดิบที่หาง่ายราคาไม่แพงมาการองจึงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ซึ่งมาการองเป็นผลิตภัณฑ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มของเมอแรงค์ (Meringue) มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วนคือ อัลมอนด์บด (Almond meal)น้ำตาล ไข่ขาว น้ำตาลไอซิ่ง และมีการเติมสีผสมอาหาร ต่อมามีผู้นำมาการองสองอันมาประกบกันแล้วทำไส้อยู่ตรงกลางซึ่งเป็นรูปแบบของขนมมาการองที่รับประทานมาจนทุกวันนี้ เสน่ห์ของมาการองไม่ได้อยู่ที่สีเท่านั้น แต่รวมถึงลักษณะของ**มาการอง**ที่ดีคือต้องมีรูปร่างคล้ายกับโดมที่เมื่อมองดูจากด้านบนจะเป็นวงกลม ผิวด้านบนของขนมเรียบมันจากความละเอียดของ เมล็ดอัลมอนด์บด ส่วนที่สำคัญ คือ ส่วนล่างของชิ้นขนมที่เรียกว่า**“Foot”** หรือบางคนเรียกว่า**“Skirt”**ซึ่งมัน คือ รอยหยักคล้ายลูกไม้ชายกระโปรงที่บางกรอบ ซึ่งมีวิธีการทำที่ยุ่งยาก จะนิยมทานมาการองคู่กับชาหรือกาแฟเนื่องจากมาการองจะมีรสหวานจากตัวฝาและอมเปรี้ยวจากไส้ รสชาติแบบดั้งเดิมจะมี กานาช (ganache) วานิลลา คาราเมลบัตเตอร์ครีม ราชเบอร์รี่ และพิสตาชีโอ (pistachio) และมีการเพิ่มรสชาติต่างๆมากขึ้นอีก อาทิ ชาเขียว

ภาพที่ 2.1ลักษณะโครงสร้างมาการอง

ภาพที่ 2.2ลักษณะปรากฏของมาการอง

ที่มา:https://sites.google.com/site/khnmmakarxng/prawati-khnm-ma-kar-xng

2.2 ส่วนประกอบของมาการอง

2.2.1 อัลมอนด์

อัลมอนด์ หรือ แอลมอนด์ (almond)) มีชื่อวิทยาศาตร์คือ*Prunusamygdalus*เป็นพืชชนิดหนึ่งในสกุล *Prunus*เมล็ดรับประทานได้ เป็นพืชพื้นเมืองในตะวันออกกลางและเอเชียใต้แหล่งเพาะปลูกสำคัญ คือ สหรัฐอเมริกา และสเปน ผลของอัลมอนด์เป็นผลแบบมีเมล็ดเดียว มีเปลือกชั้นนอกและเปลือกแข็งหุ้มเมล็ด โดยที่ไม่จัดเป็นผลแบบนัท

ภาพที่ 2.3 อัลมอนด์ไม่มีเปลือก (ซ้าย) และมีเปลือก (ขวา) **ภาพที่ 2.4** อัลมอนด์ที่ผ่านน้ำร้อน

ที่มา:วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี

อัลมอนด์จะขายทั้งแบบที่เอาเปลือกออกแล้วหรือขายทั้งเปลือก หรือนำไปผ่านน้ำร้อนเพื่อทำให้เปลือกอ่อนลง อัลมอนด์มี 2 ชนิดคือ

1. สวีทอัลมอนด์ (sweet almond) มีดอกสีขาว มีเมล็ดค่อนข้างยาว เป็นชนิดนำมารับประทาน น้ำมันจากสวีทอัลมอนด์มีความปลอดภัยในการบริโภค กรดไขมัน (fatty acid) ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ คือคือกรดโอเลอิก (oleic acid) และกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) มี วิตามิน A, B_1, B_2, B_6และวิตามิน E และแร่ธาตุ และใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง
2. บิทเทอร์อัลมอนด์ (bitter almond) มีดอกสีชมพู มีเมล็ดที่แป้นและสั้นกว่าสวีทอัลมอนด์ น้ำมันจากต้นบิทเทอร์อัลมอนด์ มีรสขม มีสารพิษไซยาไนด์ (cyanide) ที่เป็นอันตรายทางเคมี (chemical hazard)นำไปใช้น้ำมันบิทเทอร์อัลมอนด์เป็นของเหลวไม่มีสีจนถึงสีเหลืองอ่อน มีส่วนประกอบหลักคือ น้ำมันหอมระเหย (essential oil) ที่ให้กลิ่นหอม ใช้ปรุงแต่งรสอาหาร (flavoring agent) มีกลิ่นอัลมอนด์(ดัดแปลงจากพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และคณะ, 2556)

อัลมอนด์ที่ใช้ในการทำมาการองคือ อัลมอนด์ป่น (Almond meal) ซึ่งเป็นอัลมอนด์ชนิดหวานที่ผ่านการลวกแล้วหรือทั้งเมล็ด ซึ่งต่างจากแป้งอัลมอนด์ (Almond flour) ที่ทำจากอัลมอนด์ที่ผ่านการลวกแล้ว อัล

มอนด์มีลได้กลายเป็นสิ่งสำคัญในการทำเผลิตภัณฑ์ขนมอบเพราะเป็นส่วนผสมที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการมากมาย ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของอัลมอนด์

คุณค่าทางโภชนาการของ อัลม่อนด์ 100 ก. ให้พลังงาน 580 kcal 2410 kJ		
คาร์โบไฮเดรต	21.7 g	
-แป้ง	0.74 g	
-น้ำตาล	3.89 g	
-ใยอาหาร	12.2 g	
ไขมัน	49.42 g	
-กรดไขมันอิ่มตัว	3.73 g	
น้ำ	4.7 g	
โปรตีน	21.22 g	
เหล็ก	3.72 mg	30%
แคลเซียม	264 mg	26%
ฟอสฟอรัส	484 mg	69%
ไนอะซิน	3.385 mg	23%
โพแทสเซียม	705 mg	15%
โซเดียม	1 mg	0%
สังกะสี	3.08 mg	31%

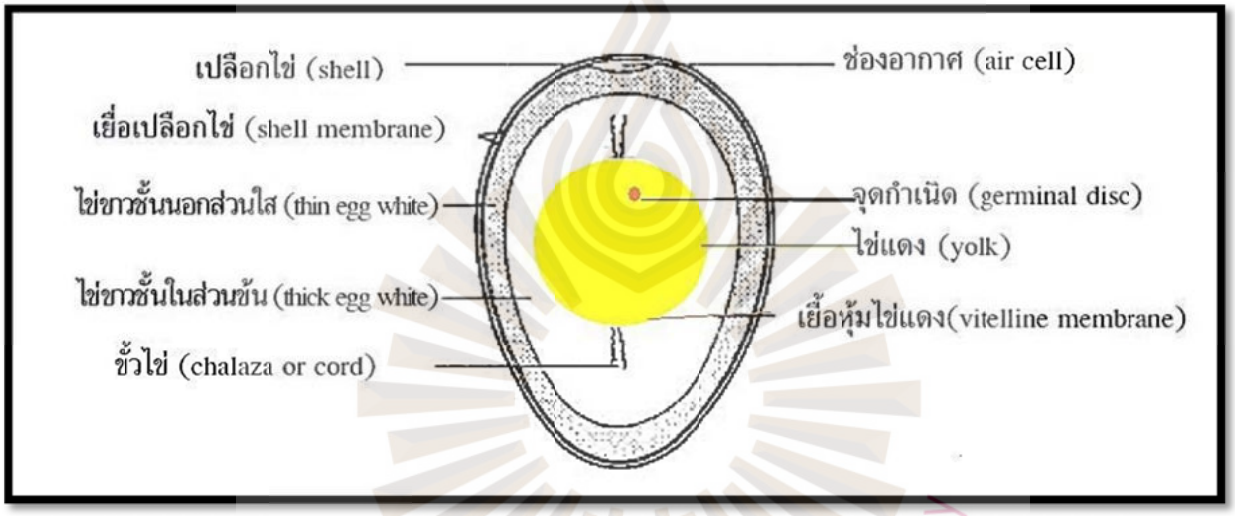
ที่มา :USFDA

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2.2.2 ไข่ไก่

คุณค่าโภชนาการของไข่จัดอยู่ในอาหารประเภทโปรตีนประเภทสูง ไข่ 1 ฟองให้โปรตีนประมาณ 7 กรัมและมีกรดอะมิโนครบทุกชนิดในปริมาณสูง ร่างกายสามารถนำโปรตีนจากไข่ไปใช้ได้ทั้งหมด ซึ่งไข่ยังเป็นวัตถุดิบสำหรับการแปรรูปอาหารและนำไปทำการถนอมอาหารเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้หลากหลาย เช่น ไข่เค็ม ไข่เยี่ยวม้า ไข่ผง และใช้เป็นส่วนผสม ขนมไทยหลายชนิด ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (bakery) ซึ่งหนึ่งในนั้นคือ มาการอง ที่ใช้ไข่ขาวเป็นส่วนผสมอีกด้วย (Khassaraporn, 2001)

ส่วนประกอบของไข่ไก่



ภาพที่2.5 โครงสร้างของไข่ไก่

ที่มา : Food Network Solution (2010 – 2014)

1) เปลือกไข่ (egg shell) อาจมีสีน้ำตาลหรือสีขาวขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์แม่ไก่ สีไข่ไม่มีผลใดๆต่อคุณค่าทางโภชนาการแต่อย่างใด ส่วนไข่ไก่พันธุ์โรดไอร์แลนด์มีเปลือกสีน้ำตาลในเปลือกไข่จะมีคอลลาเจน (collagen) สานเป็นตัวตาข่าย และมีหินปูน (แคลเซียมคาบอเนต) เป็นส่วนใหญ่ ทำให้เปลือกแข็ง เปลือกไข่จะมีรูขนาดเล็กมาก มองด้วยตาเปล่าไม่เห็นหมดอากาศและความชื้นสามารถแรกผ่านรูเล็กๆที่อยู่ในไข่ได้ เมื่อไข่ออกมาใหม่ๆจะมีเมือกเคลือบที่เปลือกไข่ด้านบน เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศและน้ำผ่านเข้าไปได้ เปลือกไข่ในช่วงแรกๆจึงมีลักษณะเป็นนวล เมื่อเก็บไว้นานๆ เมือกเหล่านี้จะแห้งไปเปลือกไข่จึงมีอากาศถ่ายเทเข้าออกได้มากขึ้น ทำให้ไข่เสียเร็ว

2) เยื่อหุ้มไข่มีอยู่ด้วยกัน 2 ชั้น ชั้นนอกที่ติดเปลือกมีชื่อเรียกว่า shell membrane ชั้นในที่ติดกับไข่ขาวเรียกว่า egg membrane เยื่อชั้นนอกและชั้นในจะชิดกันตลอดแต่แยกกันที่ด้านป้านของไข่ซึ่งมีโพรงอากาศ

3) โพรงอากาศ (air cell) เป็นช่องว่างที่อยู่บริเวณด้านป้านของไข่อยู่ระหว่างเยื่อหุ้มชั้นนอกและเยื่อหุ้มชั้นใน เมื่อไข่ออกมาใหม่ๆอุณหภูมิของไข่ยังสูงจึงไม่มีช่องว่าง ต่อมาเมื่อไข่เย็นลงของเหลวภายในไข่หดตัว ทำให้เกิดเป็นโพรงอากาศขึ้น และถ้าหากมีน้ำระเหยออกไปมากก็จะทำให้โพรงอากาศใหญ่ขึ้น

4) ไข่ขาว (albumen) มีทั้งหมด 3 ชั้น ไข่ขาวชั้นนอกสุดจะค่อนข้างเหลวอยู่ติดกับเยื่อหุ้มไข่ ถัดมาเป็นไข่ขาวข้น มีปริมาณมากกว่าครึ่งของไข่ขาวทั้งหมดส่วนชั้นในสุดเป็นไข่ขาวอย่างเหลว ในไข่ขาวประกอบด้วยน้ำและโปรตีนเป็นส่วนใหญ่มีไขมันบ้างเล็กน้อย ลักษณะที่เป็นเมือกของไข่ขาวข้นเกิดจากคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่

5) เยื่อหุ้มไข่แดง (Vitelline membrane) มีประโยชน์คือ ช่วยหุ้มไข่แดงเอาไว้โดยรอบ

6) ไข่แดง (Yolk) ไข่แดงจะอยู่กลางฟองโดยการยึดของเยื่อที่เป็นเกลียวแข็ง อยู่ด้านหัวและท้ายของไข่แดง และยื่นเข้าไปในไข่ขาว (Khassaraporn, 2001)

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของไข่ไก่

โภชนาการของไข่ไก่ น้ำหนัก 58 กรัม / ฟอง		
พลังงาน	90	กิโลแคลอรี่
น้ำ	44.08	กรัม
โปรตีน	7.13	กรัม
ไขมัน	6.78	กรัม
คาร์โบไฮเดรท	0.81	กรัม
เถ้า	0.63	กรัม
แคลเซี่ยม	126	มิลลิกรัม

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

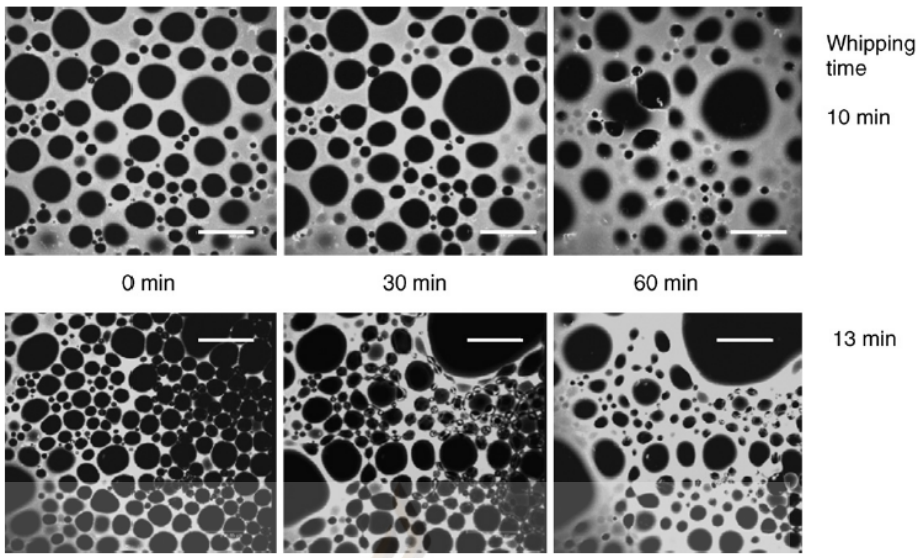
โภชนาการของไข่ไก่ น้ำหนัก 58 กรัม / ฟอง		
ฟอสฟอรัส	204	มิลลิกรัม
เหล็ก	1.60	มิลลิกรัม
ไธอามีน	0.15	มิลลิกรัม
ไรโบฟลาวิล	0.35	มิลลิกรัม
ไนอาซีน	0.40	มิลลิกรัม
เลซิติน	1,280	มิลลิกรัม
คอลเลสเตอรอล	200	มิลลิกรัม

ที่มา:กลุ่มงานสัตว์ปีก กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์

สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไข่

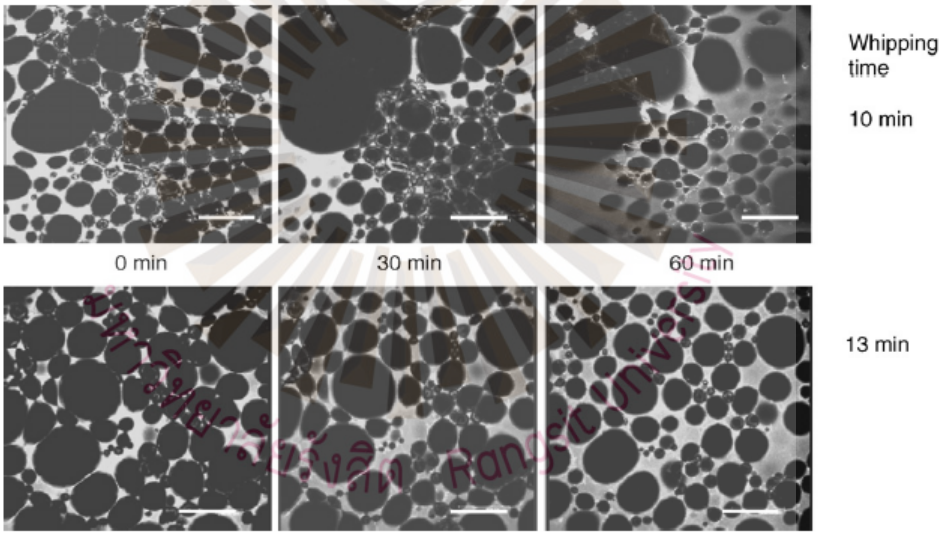
โปรตีนในไข่ขาวและไข่แดง มีสมบัติเชิงหน้าที่ (functional properties of protein) ในอาหารต่างกัน คือโปรตีนในไข่ขาวมีหน้าที่ให้เกิดฟอง ขณะที่โปรตีนในไข่แดงให้สมบัติการเกิดอิมัลชัน

สมบัติเชิงหน้าที่ของในการเกิดโฟม (foaming agent) โปรตีนไข่ขาว มีบทบาทสำคัญในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (bakery) การตีไข่ขาวทำให้โปรตีนไข่ขาวสูญเสียสภาพธรรมชาติ (protein denaturation) เพราะแรงกลทำให้โปรตีนคลายตัว และกักอากาศไว้ภายใน มีลักษณะเป็นโฟมโปร่งฟู ไข่ขาวที่ใสเมื่อตีจะได้ปริมาตรมากกว่าไข่ขาวที่ข้น การผสมครีมออฟทาร์ทาร์ (Cream of Tartar) หรือกรดจะช่วยให้โฟมไข่ที่ขึ้นฟูอยู่ตัวและมีปริมาณมากขึ้น (พิมพ์เพ็ญ และคณะ, 2010) ซึ่งในการทำเมอแรงค์จะใช้ไข่ขาวในการตีให้เกิดโฟมและมีการเติมน้ำตาลหรือเกลือในการตีโฟมจะส่งผลต่อโครงสร้างภายในของโฟม เมื่อทำการเติมน้ำตาลต่อเกลือในไข่ขาวด้วยอัตราส่วนที่ต่างกันและการให้ความร้อนที่ 64℃ นาน 2 นาที กับไข่ขาว จากนั้นตีให้ขึ้นโฟมเป็นเวลา10 นาทีและ 13 นาที สังเกตโครงสร้างภายใน และเทียบกับตัวควบคุมโดยการให้ความร้อนที่ 58℃ นาน 2 นาทีแล้วตีให้เกิดโฟมเป็นเวลา10 นาทีและ 13 นาที พบว่าตัวอย่างที่มีการเติมน้ำตาลจะดูดซับอากาศได้มากกว่าตัวอย่างที่เติมเกลือ (Raikos, V. และคณะ, 2007)



ภาพที่ 2.6 แสดงขนาดของฟองอากาศในโครงสร้างโฟมที่มีการเติมน้ำตาลมากกว่าเกลือ

ที่มา : Raikos, V. และคณะ, 2007



ภาพที่ 2.7 แสดงขนาดของฟองอากาศในโครงสร้างโฟมที่ไม่มีการเติมน้ำตาลและเกลือ

ที่มา : Raikos, V. และคณะ, 2007

การเก็บรักษาไข่ไก่

การเก็บรักษาไข่ไก่ให้ไข่ไก่มีคุณค่าที่ดีกว่าเดิมนั้นทำได้ยาก แต่สามารถเก็บไข่ให้คงไว้ซึ่งคุณค่าเดิมของไข่เท่าที่ทำได้ การเก็บไข่ให้ถูกวิธีจะช่วยให้มีไข่ไว้บริโภคตลอดทั้งปี การเก็บไข่ระหว่างรอการใช้งานต้องเก็บไว้ในห้องเย็นที่มีการควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ ไข่จะแข็งตัวที่อุณหภูมิ-2องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงต้องปรับให้ห้องเย็นมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิเยือกแข็งเล็กน้อยเพื่อไม่ให้ไข่เย็นจัดจนแข็งและต้องป้องกันการสูญเสียน้ำโดยการปรับความชื้นของห้องให้สูง อีกวิธีหนึ่งจะเป็นการยืดระยะเวลาการเก็บไข่ก่อนเก็บต้องจุ่มไข่ลงในน้ำมันซึ่งไม่มีกลิ่นและสี เพื่อให้น้ำมันเคลือบเป็นฟิล์มบางๆที่เปลือกไข่จะช่วยป้องกันให้น้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระเหยออกจากไข่หรืออาจจะจุ่มไข่ลงในน้ำหรือน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที ความร้อนระดับนี้จะทำให้ไข่ขาวข้นคงตัวและเป็นการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีในไข่และทำลายตัวอ่อนในไข่ แต่วิธีนี้จะทำให้ไข่แดงติดเปลือกไข่และต้องใช้เวลาในการตีไข่ขาวให้ฟูนานขึ้น

1) การแช่แข็งไข่ มักจะใช้กับไข่ที่เปลือกร้าว เปลือกสกปรก รูปร่างไม่ดี ฟองเล็ก อาจทำไข่แช่แข็งทั้งฟอง หรือเฉพาะไข่ขาวหรือไข่แดงเท่านั้น ไข่ขาวแช่แข็งได้โดยไม่ต้องเติมอะไร ส่วนไข่แดงก่อนแช่แข็งควรเติมน้ำตาล เกลือหรือกลีเซอรีนลงไปเล็กน้อยเพื่อให้ไข่แดงละลายได้ดีโดยไม่เป็นก้อนหรือเป็นยางเหนียว ไข่แช่แข็งอาจมีเชื้อซาลโมเนลลาเหลืออยู่ ต้องระมัดระวังในเรื่องของความสะอาดถ้าหากเปลือกไข่สกปรกก็ควรล้างก่อน สำหรับความปลอดภัยควรฆ่าเชื้อซาลโมเนลลาที่อาจเจือปนในไข่โดยให้ผ่านความร้อนที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที

2) การทำไข่ผง ขั้นแรกให้ตีไข่เข้าด้วยกัน นำไปผ่านความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อต่อมาใช้แรงดันให้ไข่ผ่านรูเล็กๆพ่นเป็นฝอยลงไปในถังใหญ่ซึ่งมีลมร้อนประมาณ 121 ถึง 149 องศาเซลเซียส น้ำในไข่จะระเหยไปทันที ไข่จะแห้งเป็นผงตกลงสู่พื้นล่างของถังในไข่ผงอาจมีแบคทีเรียซาลโมเนลลาเหลืออยู่ ก่อนทางจึงควรทำให้สุกก่อน (Khassaraporn, 2001)

สิ่งที่เปลี่ยนไปเมื่อเก็บไข่ไว้นาน

1) โพรงอากาศในไข่จะมีขนาดใหญ่ขึ้นมองเห็นได้ชัดโดยใช้วิธีส่องไข่หากเก็บไข่ไว้ในที่ที่มีความชื้นสูงจะทำให้โพรงอากาศขยายได้ช้าลงการเปลี่ยนแปลงชนิดนี้ทำให้ไข่สูญเสียน้ำไปบ้างเล็กน้อยเท่านั้นผู้บริโภคไม่ค่อยได้สนใจการเปลี่ยนแปลงทางด้านนี้มากนัก

2) ไข่แดงใหญ่ขึ้นน้ำในไข่ขาวสามารถเคลื่อนเข้าไปในไข่แดงด้วยแรงดันออสโมซิสเนื่องจากความเข้มข้นของไข่แดงมากกว่าไข่ขาว ทำให้ไข่แดงมีขนาดใหญ่ขึ้นไม่อยู่ตรงกลางของฟองไข่ มีความหนืดน้อยลง เยื่อหุ้มไข่แดงยืดออกจนขาดง่ายทำให้ไข่มักแตกเสียก่อน แยกไข่แดงออกจากไข่ขาวยากในบางครั้ง

ไข่แดงก็อาจเอียงไปติดเปลือกด้านใดด้านหนึ่งถ้าเก็บไข่ไว้ในอุณหภูมิที่สูงขึ้นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในข้อนี้จะเกอดขึ้นอย่างรวดเร็ว

3) ไข่ขาวข้นเหลวในขณะที่เก็บไข่ ไข่ขาวข้นจะกลายเป็นไข่ขาวเหลวเพราะมีการย่อยโปรตีนในไข่ขาวเอง ปริมาณไข่ขาวข้นในไข่ขึ้นอยู่กับพันธุ์ไก่ด้วยในปัจจุบันจึงมีการผสมพันธุ์ไก่ เพื่อให้ได้ไข่ที่มีปริมาณไข่ขาวข้นสูง

4) ไข่เป็นด่างมากขึ้นระหว่างที่เก็บไข่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไข่จะระเหยออกทำให้ไข่มีฤทธิ์เป็นด่างมากขึ้น ก๊าซนี้เกิดจากขบวนการเมตะโบลิซึมของไข่และละลายไข่ในรูปของกรดคาร์บอนิก และเกลือไบคาร์บอเนตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะระเหยออกไปจนในไข่มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับอากาศโดยรอบ

5) รสและกลิ่นเปลี่ยนแปลงไข่ใหม่จะให้รสอร่อยมากกว่าไข่เก่าถ้าเก็บไข่ไว้ในที่ที่มีอากาศเหม็นไข่ก็อาจดูดเอากลิ่นสิ่งที่เหม็นที่อยู่รอบๆเข้าไปที่รูของเปลือก

6) เชื้อจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นจุลินทรีย์สามารถเข้าไปในไข่ได้โดยเข้าไปในที่รูพรุนของไข่ไก่ ดังนั้นเราควรเก็บไข่ไว้ในที่ทีสะอาด จุลินทรีย์บางชนิดทำให้ไข่เสียได้และบางอย่างก็ทำให้เกิดโรคต่างๆ

7) ไข่จะฟักเป็นลูกไก่ไม่ควรเก็บไข่ที่มีเชื้อตัวผู้ผสมไว้ที่อากาศร้อนเพราะจะทำให้ตัวอ่อนเจริญเติบโตในอุตสาหกรรมไข่ไม่นิยมเก็บไข่ประเภทนี้ (Khassaraporn, 2001)

2.3 โปรตีนในไข่

โปรตีนในไข่เป็นโปรตีนที่พบในไข่ขาวและไข่แดง ไข่ขาวมีโปรตีน 8 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2.3 บางชนิดมีสมบัติพิเศษ เช่น ไลโซไซม์เป็นสารปฏิชีวนะ โอโวมิวคอยส์เป็นสารต่อต้านการทำงานของเอ็นไซม์ทริปซิน(trypsin inhibitor) อะวิดินจับกับไบโอตินซึ่งเป็นวิตามินบีชนิดหนึ่งทำให้ร่างกายไม่สามารถใช้ประโยชน์จากไบโอตินได้ ไข่ขาวมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 10-11 ของน้ำหนักไข่ แต่เมื่อทำเป็นไข่ผงจะมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 83

ตารางที่ 2.3 แสดงปริมาณโปรตีนในไข่ขาว

ชนิดของโปรตีน	น้ำหนักโมเลกุล (คาลตัน)	สัดส่วนในไข่ขาว (ร้อยละ)	ค่า PI	สมบัติที่สำคัญ
โอวัลบูมิน	45,000	54	4.6	มีหมู่ซัลฟ์ไฮดริลและถูกแปลงสภาพจากธรรมชาติได้ง่าย
โคนัลบูมิน	70,000	13	6.0	จับกับโลหะได้ดี ต่อต้านการเจริญของจุลินทรีย์
โอโวมิวคออยด์	27,000	11	4.3	ต่อต้านการทำงานของทริปซิน
ไลโซไซม์	14,000-17,000	3.5	10.7	ต่อต้านการเจริญของจุลินทรีย์
โอโวมิวซิน	7,600,000	1.5	-	ข้นเหนียว มีปริมาณกรดไซอะลิกสูง
อะวิดิน	-	0.05	9.5	ทำปฏิกิริยากับไบโอตินต่อต้านการเจริญของจุลินทรีย์

ที่มา : DeMan (1990)

แต่เนื่องจากไข่ขาวมีปริมาณกลูโคสเล็กน้อย จึงมีการกำจัดกลูโคสด้วยกลูโคสออกซิเดสก่อนการนำไข่ขาวไปทำเป็นไข่ผงเพื่อป้องกันสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ไข่ขาวมีสมบัติที่ดีในการเกิดโฟม จึงใช้ในการขึ้นฟูของขนมเค้กและขนมไข่ โดยสมบัติในการเกิดโฟมจะลดลงเมื่อไข่มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น เพราะไข่จะมีความหนืดลดลงและมีพีเอชเพิ่มขึ้น หมู่ของซัลฟ์ไฮดริลในโปรตีนเป็นสาเหตุของกลิ่นไข่เน่า เพราะทำให้เกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ และไฮโดรเจนซัลไฟด์เมื่อรวมกับไอออนของเหล็ก (Fe^{+2}) จากไข่แดงจะทำให้เกิดสีเทาของเฟอรัสซัลไฟด์ จะพบตรงรอยต่อระหว่างไข่ขาวกับไข่แดงที่ต้มเป็นเวลานาน ซึ่งไข่แดงมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 17.5 ของน้ำหนักไข่ และมีไขมันสูงกว่าองค์ประกอบชนิดอื่นๆ และไขมันส่วนหนึ่งเป็นองค์ประกอบของโปรตีนอยู่ในรูปไลโพโปรตีน ซึ่งเป็นตัวก่ออิมัลชันที่ดีและไข่แดงจะเปลี่ยนคุณสมบัติเมื่อผ่านการแช่แข็งโดยพบว่าไข่แดงที่ผ่านการแช่แข็งจะเกิดเป็นเจลหลังการคืนตัว ชนิดของโปรตีนและองค์ประกอบของโปรตีนในไข่แดง

ตารางที่ 2.4 แสดงปริมาณโปรตีนในไข่แดง

ชนิดของโปรตีน	สัดส่วนในไข่แดง (ร้อยละ)	จัดอยู่ในกลุ่ม	องค์ประกอบ
ไลโพวิเทลติน	16-18	ไลโพโปรตีน	ฟอสโฟลิพิดและวิเทลลิน
ไลโพวิเทลเลนิน	12.13	ไลโพโปรตีน	ฟอสโฟลิพิดและวิเทลเลนิน
ลิเวติน	4-10	ซูโคโกลบูลิน	มี 3 ชนิดคือ อัลบูมิน ไกลโคโปรตีน และโกลบูลิน
วิเทลลิน	4-15	ฟอสโฟโปรตีน	มีฟอสฟอรัส ร้อยละ 1
วิเทลเลนิน	8-9	ฟอสโฟโปรตีน	มีฟอสฟอรัส ร้อยละ 0.3
ฟอสวิทิน	5-6	ฟอสโฟโปรตีน	มีฟอสฟอรัส ร้อยละ 10.0

ที่มา : DeMan (1990)

2.3.1 หน้าที่ของโปรตีนในอาหาร

โปรตีนมีสมบัติต่าง ๆ เช่น การละลาย การดูดซับ การเกิดเจล การให้ความยืดหยุ่น และการเกิดโฟม เป็นต้น จึงมีการนำสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้มาใช้ประโยชน์ในอาหารชนิดต่าง ๆ คือ

1) ความสามารถในการละลาย การดูดซับน้ำ เนื่องจากโมเลกุลโปรตีนประกอบด้วยสารมีขั้ว จึงทำให้โปรตีนบางชนิดละลายน้ำได้ จึงมีการเตรียมเครื่องดื่มจากโปรตีน เช่น นมถั่วเหลือง โปรตีนบางชนิดในเนื้อสัตว์ ในแป้งสาลีและมีความสามารถในการดูดซับน้ำ ทำให้ความนุ่ม เช่น ความนุ่มของไส้กรอก และขนมเค้ก เป็นต้น

2) ความสามารถในการเกิดเจล โปรตีนจำพวกคอลลาเจนที่ได้จากหนังสัตว์ เช่น หนังหมูหนังวัว และโปรตีนอัลบูมินและโกลบูมินในไข่ขาว และเคซีนในน้ำนม สามารถเกิดเจลได้จากการแปลงสภาพจากธรรมชาติ โดยเมื่อโมเกลุลมีการคลายตัวออกจึงสามารถเกิดการcross-link ของโมเลกุลเป็นโครงข่ายและอุ้มน้ำไว้ข้างใน จึงมีการนำมาใช้ในการผลิตอาหารต่าง ๆ เช่น คอลลาเจน ใช้ในการประสานในผลิตภัณฑ์เนื้อ น้ำนมใช้ทำโยเกิร์ตและเนยแข็ง ไข่ใช้ทำคัสตาร์ด เป็นต้น

3) ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน เจลาตินและโปรตีนจากไข่ขาว ช่วยให้เกิดอิมัลชันได้ดี เนื่องจากไม่มีประจุจึงทำให้เป็นตัวเชื่อมระหว่างชั้นของไขมันและน้ำได้ จึงนิยมใช้เจลาตินในไอศกรีม

4) ความสามารถในการเกิดโฟม การเกิดโฟมเป็นความสามารถของโปรตีนในการเกิดเป็นฟิลม์ที่บรรจุอากาศไว้ข้างใน การเกิดโฟมจะเกิดได้ดีที่ค่าพีไอของโปรตีนเนื่องจากโมเลกุลของโปรตีนไม่มีประจุจึงไม่เกิดการผลักกัน โมเลกุลโปรตีนจึงรวมตัวกันได้ดี เกิดเป็นฟิลม์ที่เหนียวคงตัวดักจับอากาศไว้ได้ดี นอกจากนี้การจะให้โฟมมีเสถียรภาพต้องมีความเข้มข้นของโปรตีนเพียงพอ การเกิดโฟมของโปรตีนในไข่ขาวถูกนำมาใช้ในการขึ้นฟูของขนมเค้ก ขนมไข่และขนมสาลี่ เป็นต้น

5) การเกิดความเหนียวและยืดหยุ่น โปรตีนในข้าวสาลีคือ ไกลอะดินและกลูเตลิน เมื่อผสมกับน้ำแล้วนวดจะทำให้โมเลกุลโปรตีนบางส่วนคลายตัวออกเนื่องจากแรงกลและจากการนวดทำให้สามารถทำให้โปรตีนเหล่านี้จับตัวกันเป็นร่างแหที่มีความยืดหยุ่นโดยมีพันธะไฮโดรโฟบิก จึงทำให้มีความยืดหยุ่นดักจับแกสไว้ได้จึงทำให้เกิดการขึ้นฟูของขนมปังหรือขนมเค้ก

6) นอกจากนี้โปรตีนยังให้สี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสแก่อาหาร เช่น สีและกลิ่นรส ที่ได้จากปฏิกิริยาเมลลาร์ดของขนมอบ ไดเพปไทด์ของกรดแอสพาร์ติกและฟีนิลอะลานีนที่อยู่ในรูปเมทิลเอสเทอร์ให้รสหวานจึงใช้เป็นสารทดแทนน้ำตาลและกรดกลูตามิกที่อยู่ในรูปของเกลือโซเดียมให้รสคล้ายเนื้อให้ความอร่อยกลมกล่อมแก่อาหาร จึงใช้เป็นสารปรุงรสอาหาร

2.4. โฟมไข่ขาว

โฟมจากโปรตีนเป็นส่วนประกอบของอาหารหลากหลายชนิด เช่นเมอแรงค์ ตังเม มาการอง และเค้ก โฟมจากโปรตีนไข่เป็นความคงตัวแบบ metastable อายุของโฟมอยู่ในระดับวัน ซึ่งส่วนประกอบในอาหารก็มีผลต่อโครงสร้างและความคงตัวของโฟมด้วย เช่น สตาร์ชและไข่แดง อีกทั้งองค์ประกอบของไข่ก็มีผล เช่น Ovomucoid จะทำหน้าที่ให้ความหนืดกับไข่จึงช่วยในเรื่องของความคงตัวโดยจะป้องกันการระบายน้ำของโฟม (Foam drainage) ซึ่งถ้าความหนืดเพิ่มสูงมากเกินไปจะทำให้การเกิดฟองเกิดได้ยาก (เอกพันธ์ และปราโมทย์, 2556) และ Ovoglobulins เป็นสารลดแรงตึงผิวซึ่งสำคัญต่อการเกิดเมอแรงค์ ทำให้โฟมมีฟองอากาศขนาดเล็กและมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน การใช้ประโยชน์จากโฟมจะขึ้นอยู่กับลักษณะการเกิดโฟมและการรักษาความคงตัวของโฟมเมื่ออยู่ในกระบวนการผลิตที่ประกอบด้วยการให้ความร้อนและการผสม ซึ่งความร้อนในการแปรรูปนั้นมีความสำคัญต่อการประยุกต์ใช้โฟมของโปรตีนปัจจัยที่ไปลดแรงตึงผิวบริเวณผิวหน้าจะทำให้เกิดการดูดซับอากาศได้อย่างรวดเร็วซึ่งการลดแรงตึงผิวจะทำให้ความหนืดและขีดสูงสุด (yield stress) ของความยืดหยุ่นของโฟมเพิ่มขึ้นการลดแรงตึงผิวบริเวณผิวหน้าจะเป็นตัวช่วยในการรักษาความแตกต่างของความดันระหว่างฟิล์มจึงทำให้ฟองก๊าซไม่มีการหดตัวอีก (ดัดแปลงจาก Foegeding และ Davis., 2006) การทำให้เกิดโครงสร้างของโฟมจะเป็นคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนคือโปรตีนที่จะ

เกิดโฟมได้ดีและคงตัวนั้นต้องมีความยืดหยุ่นสูง และสามารถเกิดเป็นแผ่นฟิล์มบางๆได้และมีความแข็งแรงพอที่จะสามารถกักเก็บอากาศได้โปรตีนที่มีความหยืดหยุ่นและสามารถเกิดโฟมได้ดีต้องมี suface hydrophobicity สูงๆซึ่งในระหว่างการตีหรือการทำให้เกิดโฟมด้วยแรงกลจากการตีทำให้พันธะระหว่างโมเลกุลของโปรตีนเกิดการเสียสภาพ (protein denaturation) และเกิดการคลายตัว (unfolding) ของโครงสร้างโปรตีนแล้วเกิดเป็นฟิล์มมาจับกับน้ำซึ่งอยู่รอบๆได้โดยหันด้านที่เป็น hydrophobic ที่อยู่ด้านในโครงสร้างออกมาด้านนอกซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดโครงสร้างของโฟมและฟองโฟมนั้นจะมีความคงตัวเนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่ความสามารถในการละลายของโปรตีน ความเข้มข้นของโปรตีน โดยโปรตีนที่ละลายได้ดี และมีความเข้มข้นสูงๆ จะเกิดโฟมได้ดี และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ที่ ทำให้เกิดโฟมที่ดีจะมีค่าใกล้เคียงกับค่า pI ของโปรตีน (ดัดแปลงจาก พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2556)

มีการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของเมอแรงค์ (Meringues) โดยการประเมินอิทธิพลของน้ำตาลซูโครส การเติมกรดและชนิดของไข่ขาว จะนำโครงสร้างเมอแรงค์ที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วย X-ray microtomography ซึ่งเทคนิค X-ray microtomography มีการใช้มาก่อนแล้วในทางการแพทย์ ธรณีวิทยา วิศวเคมีและทางชีวภาพ ต่อมาจึงมีการนำมาใช้ทางด้านวิทยาศาสตร์อาหารเพื่อศึกษาโครงสร้างของอาหาร เช่น การศึกษาความคงตัวของอากาศในกระบวนการผลิตโดขนมปัง (Whitworth และ Alava, 1999) ศึกษาผลึกน้ำแข็งในอาหารแช่เยือกแข็ง (Falcone และคณะ., 2005) การศึกษาการกระจายตัวของอากาศในโดแป้งสาลี (Bellidoและคณะ., 2006) และการศึกษาโครงสร้างของโฟม (Lim และBarigou, 2004) ผลของการวิเคราะห์จาก X-ray microtomography จะออกมาในรูปของภาพ3มิติ ความเข้มข้นของกรด น้ำตาลและชนิดของไข่ขาวจะมีผลต่อความหนาแน่นของโครงสร้างของเมอแรงค์ซึ่งอัตราส่วนของน้ำตาลต่อไข่ขาวในปริมาณต่ำและมีการเพิ่มกรดจะทำให้เฟสของอากาศเพิ่มขึ้นแล้วส่งผลต่อเนื้อสัมผัสทำให้เนียนนุ่มยังส่งผลให้ขนาดรูปร่างและปริมาตรของโฟมลดลง ซึ่งการเติมน้ำตาลนั้นจะทำให้เนื้อโฟมมีความคงตัวและป้องกันไม่ให้โฟมเกิดการยุบตัวแต่ต้องใช้เวลาในการตีที่นานขึ้น หากคุณภาพของไข่ต่ำจะส่งผลให้โครงสร้างของเมอแรงค์แข็งมีเฟสของอากาศในโครงสร้างน้อย จึงมีการสนับสนุนให้ใช้ไข่สดใหม่หรือให้เหมาะกับวัตถุประสงค์ของการใช้ (ดัดแปลงจาก Licciardello, F. และคณะ., 2012) เช่นเดียวกับการทำเค้กไข่ขาว (angel food cake) ที่น้ำตาลซูโครสในไข่ขาวจะมีผลต่อคุณสมบัติทางกายและโครงสร้างของเค้ก ซึ่งการเพิ่มความเข้มข้นของซูโครสจะทำให้ความหนืดของสารละลายเพิ่มขึ้นและ Overrun ลดลง เมื่อเปรียบเทียบโครงสร้างของเค้กที่ได้จากโปรตีนไข่ขาวกับเวย์โปรตีนพบว่า โครงสร้างของเค้กที่เตรียมจากเวย์โปรตีนจะ

มีเนื้อสัมผัสหยาบซึ่งแตกต่างจากเค้กที่เตรียมจากไข่ขาว โดยโฟมจากเวย์โปรตีนจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นแต่จะสูญเสียความยืดหยุ่นบริเวณผิวหน้า (Yang และFoegeding ., 2010)

ความร้อนที่ 50-85 ^{0}C มีผลต่อคุณลักษณะของการเกิดโฟมของสารละลายไข่ขาว ความร้อนจะไปเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของการเกิดโฟมจากโปรตีนไข่ขาว โดยที่โฟมจากไข่ขาวที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนเมื่อปล่อยโฟมทิ้งไว้เป็นระยะเวลานานจะทำให้โฟมเกิดการยุบตัว ส่วนโฟมจากไข่ขาวที่ผ่านการให้ความร้อนจะทำให้มีความชื้น ฟองโฟมมีขนาดเล็ก และไม่มีความไวหรือมีความไวเพียงเล็กน้อยต่อการยุบตัวของโฟม ความร้อนมีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของโปรตีนไข่ขาว ซึ่งมีความสำคัญในการแปรรูปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพและคุณลักษณะของการเกิดโฟมของไข่ขาว โดยที่ pH 8.8 จะส่งผลให้ไข่ขาวมีความสามารถในการเกิดโฟมและความหนืดเพิ่มขึ้น และที่ pH 7.6 จะทำให้ความคงตัวและความหนืดเพิ่มขึ้น (ดัดแปลงจาก Plancken. I, และคณะ, 2007)

2.6.2 มะม่วงหิมพานต์

ภาพที่ 2.8 เมล็ดมะม่วงหิมพานต์คั่วโรยเกลือ
ที่มา http://th.wikipedia.org/

มะม่วงหิมพานต์ (ชื่อวิทยาศาสตร์: *Anacardium occidentale*) เป็นไม้ดอกยืนต้น ในวงศ์ Anacardiaceae มะม่วงหิมพานต์เป็นพืชพื้นเมืองของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของบราซิล ซึ่งเรียกเป็นภาษาโปรตุเกสว่า *Caju* (ผล) หรือ *Cajueiro* (ต้น) ปัจจุบันเติบโตแพร่หลายทั่วไปในภูมิภาคเขตร้อน เพื่อใช้ประโยชน์จากเมล็ดและผลของมัน นำเข้ามาปลูกครั้งแรกที่ภาคใต้ของประเทศไทย เมื่อปี พ.ศ. 2444 โดยพระยารัษฎานุประดิษฐ์ มหิศรภักดี หรือ คอซิมบี้ ณ ระนอง

มีคุณค่าทางสารอาหารสูง ประกอบด้วยโปรตีนที่ย่อยง่าย ไขมันที่ส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว เมื่อบริโภคเข้าไปจะไม่เพิ่มไขมันในเส้นเลือด คาร์โบไฮเดรต วิตามิน A, B, E และเกลือแร่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก

มะม่วงหิมพานต์เป็นไม้ไม่ผลัดใบ ลำต้นมีความสูง 10-12 เมตร ต้นเตี้ย สยายกิ่งก้านไม่สม่ำเสมอ ใบจัดเรียงเป็นแบบเกลียว ผิวมันลื่น รูปโค้งจนถึงรูปไข่ ความยาว 4-22 เซนติเมตร และกว้าง 2-15 เซนติเมตร ขอบใบเรียบ ส่วนดอกนั้นเกิดจาก ที่ยาวถึง 26 เซนติเมตร แต่ละดอกตอนแรกมีสีเขียวซีด จากนั้นสีสดเป็นแดงจัด มี 5 กลีบ ปลายแหลม เรียว ยาว 7-15 มิลลิเมตร

ส่วนที่จะปรากฏไปเป็นผลของมะม่วงหิมพานต์นั้น ก็คือ ผลวิสามัญ (accessory fruit) รูปไข่ หรือรูปลูกแพร์ ซึ่งจะเติบโตจากฐานดอกขึ้นมา ผลมะม่วงหิมพานต์นี้มีชื่อเรียกในแถวอเมริกากลางว่า *marañón* เมื่อสุกจะมีสีเหลือง หรือส้มแดง มีความยาวประมาณ 5-11 เซนติเมตร

ผลแท้ของมะม่วงหิมพานต์นั้นเป็นผลเมล็ดเดียว รูปไต หรือรูปนวมนักมวย งอกออกจากปลายของผลเทียม ความจริงแล้วในตอนแรกผลนั้นเติบโตบนต้นก่อน จากนั้นก้านดอกจะขยายตัวออกมาเป็นผลเทียม ภายในผลแท้นั้น เป็นเมล็ดเดี่ยว แม้ว่าโดยทั่วไปจะมองว่าส่วนเนื้อขาวนวลนั้นเป็นผลที่มีเปลือกแข็ง (nut) แต่ในทางพฤกษศาสตร์ถือว่า เป็นเมล็ด (seed) อย่างไรก็ตาม ส่วนของผลแม้นั้น นักพฤกษศาสตร์บางท่านถือว่าเป็นผลที่มีเปลือกแข็งก็มี เมล็ดนั้นห่อหุ้มด้วยเปลือกสองชั้น ประกอบด้วย ยางฟีโนลิก (caustic phenolic resin) น้ำมัน urushiol, พิษที่ระคายเคืองต่อผิวหนังอย่างรุนแรง (พบได้ในพืชจำพวกไอวี่พิษ (poison-ivy) ด้วย) บางคนแพ้มะม่วงหิมพานต์ แต่ปกติถือว่าก่อให้เกิดอาการแพ้น้อยกว่าผลเปลือกแข็งชนิดอื่นๆ

ภาพที่ 2.9 มะม่วงหิมพานต์สุกพร้อมเก็บ ใน Guinea-Bissau

ที่มา http://th.wikipedia.org/

ในประเทศไทย มะม่วงหิมพานต์พบได้ทั่วไปในภาคใต้ และมีชื่อเรียกตามสำเนียงภาษาถิ่นใต้แตกต่างกันไป เช่น กาหยู กาหยี (เข้าใจว่าเป็นคำยืมจากภาษามลายู ซึ่งยืมจากภาษาโปรตุเกสอีกทอดหนึ่ง) เม็ดล่อ ยาร่วง หัวครก ยาโห้ย เป็นต้น

2.6.2.1 ประโยชน์ของมะม่วงหิมพานต์

ภาพที่ 2.10 ผลมะม่วงหิมพานต์
ที่มา http://th.wikipedia.org/

ปัจจุบันมะม่วงหิมพานต์พบได้ทั่วไปในภูมิภาคเขตร้อน เพราะเติบโตได้อย่างเหมาะสมในสภาพอากาศที่ชื้น และอบอุ่น ทั้งในเอเชีย และอเมริกาใต้ นิยมใช้เนื้อภายในเมล็ดเป็นอาหารว่าง และยังเป็นผลิตภัณฑ์ส่งออกของอินเดีย เวียดนาม และบราซิล ทั้งสามประเทศนี้ มีอัตราการส่งออกถึง 90% ของผลิตภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ทั่วโลก

ส่วนผลมะม่วงหิมพานต์นั้นเนื้อนิ่ม ฉ่ำน้ำ แต่มีรสเปรี้ยว รับประทานได้ทั้งดิบและสุก ทางภาคใต้ของไทย นิยมนำผลห่ามแกงส้ม ออกรสเปรี้ยว ส่วนผลดิบ รับประทานกับเกลือเป็นของกินเล่น บางครั้งออกรสฝาดเล็กน้อย ส่วนผลสุกสามารถนำไปหมักเป็นไวน์ น้ำส้มสายชู หรือเครื่องดื่มอื่นๆ ได้ ผลมะม่วงหิมพานต์มีส่วนประกอยของแทนนินมาก และเน่าเสียเร็วมาก ด้วยเหตุนี้ โดยทั่วไปจึงมักจะทิ้งผลเทียมหลังจากเก็บเมล็ดออก

ส่วน urushiol นั้น จะต้องนำออกจากเปลือกเมล็ดสีเขียวเข้มก่อนที่จะรับประทานเนื้อสีขาวนวลข้างใน ยางจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์นี้ในอินเดีย ควาญช้างนำมาใช้เพื่อคุมช้างให้เชื่อง

เมล็ดมะม่วงหิมพานต์นับเป็นส่วนประกอบอาหารหลายชนิดในเอเชีย อาจบดให้ป่นเป็นเนยเมล็ดมะม่วงสำหรับใช้ทาขนมปังแบบเดียวกับเนยถั่วก็ได้ เมล็ดมะม่วงนี้มีน้ำมันพืชสูงมาก มีการนำไปใช้ในเนยถั่วอื่นๆ บางชนิด เพื่อเพิ่มน้ำมันพิเศษ น้ำมันในเมล็ด รักษากลาก เกลื้อน และโรคผิวหนังอื่นๆ ยังมีแร่ธาตุและวิตามินต่างๆ เช่น แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก นอกจากนั้นยังมีวิตามินอี ซึ่งเป็นสารบำรุงสมองที่สำคัญในปริมาณมากระดับเดียวกันกับถั่วลิสง มีเส้นใยสูงช่วยการทำงานของลำไส้ เมล็ดมะม่วงบรรจุหีบห่อที่พบในสหรัฐอเมริกา ปริมาณ 30 กรัม มีพลังงาน 180 แคลอรี (750 กิโลจูล) โดยมีไขมัน 70%

ของเหลวที่มีอยู่ในเปลือก ที่หุ้มเนื้อข้างใน เรียกว่า Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) มีประโยชน์หลายประการในด้านอุตสาหกรรม ซึ่งมีการพัฒนาขึ้นเป็นครั้งแรกในราวทศวรรษ 1930 ของเหลวชนิด

CNSL นี้ถูกนำไปผ่านกระบวนการคล้ายการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม โดยได้ผลผลิตเบื้องต้นสองอย่าง นั่นคือ ของแข็งบดละเอียด ใช้หุ้มเบรก และของเหลวสีอำพัน ที่ใช้เพื่อสร้างตัวทำให้แข็งแบบ
ฟีนอลคามีน (phenalkamine) และตัวปรับปรุงคุณภาพเรซิน สารฟีนอลคามีนนั้นเดิมใช้ในการเคลือบอีพอกซีสำหรับตลาดผลิตภัณฑ์ปูพื้นและเกี่ยวกับการเดินเรือ เนื่องจากมีคุณสมบัติที่มีไฮโดรโฟบิกเข้มข้น และสามารถมีปฏิกิริยาเคมีได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ

ส่วนอื่นของต้นมะม่วงหิมพานต์ก็ยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น ใบ นำมาบดละเอียดใช้พอกแผลไฟไหม้ ยอดอ่อน กินแก้ท้องร่วง ยาง นำไปทำน้ำหมึก น้ำมันขัดเงา ลำต้น ใช้ทำพวกหีบใส่ของ สังไม้ ดุมล้อเกวียน ราก ที่อยู่ใต้ดินก็ยังนำมาเป็นยาสมานแผลได้อีกด้วย

เมื่อเทียบกับถั่วเปลือกแข็งด้วยกัน มะม่วงหิมพานต์ถือว่ามีไขมันน้อยกว่ามาก คือ 47% เท่านั้น ทำให้เมื่อแกะเปลือกออกแล้วเก็บได้นาน ไม่เหม็นหืน แถมไขมันในเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ก็ยังเป็นไขมันชนิดดีถึงกว่า 75% และมีแร่ธาตุที่สำคัญอย่างฟอสฟอรัสและแมกนีเซียม อีกทั้งยังมีวิตามินอีในปริมาณมากเท่าๆ กับในถั่วลิสง แถมยังมีเส้นใยมากถึง 16 กรัม ต่อเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 100 กรัม

จากการศึกษางานวิจัยพบว่าโปรตีนที่แยกได้จากความเข้มข้นของโปรตีนที่ได้รับจากการสกัดผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ สามารถทำได้ 2 วิธี : alkaline extraction – isoelectric precipitation (IP) และ alkaline extraction – methanol precipitation (MP) คุณสมบัติการทำงานของเม็ดมะม่วงหิมพานที่ทำการแยกโปรตีนออก จะมีความเข้มข้นของโปรตีนเป็นอย่างมาก การแยกโปรตีนในเม็ดมะม่วงหิมพานต์ Cashew nut protein isolate (CNPI) จะมีน้ำสูงละมีการดูดซับน้ำมัน ดัชนีความคงตัวของ emulsifying การผลิตโฟม ความคงตัว และปริมาณเจล (13.5%) สูง อย่างไรก็ตามดัชนี emulsifying (12.45%)และความหนาแน่น (0.31) CNPI ต่ำกว่า cashew nut protein concentrate (CNPC) ซึ่งก็ยังต่ำกว่าที่ได้จาก defatted cashew nut powder (DCNP) การละลายน้ำของ CNPI (95%) และ CNPC (95%)ไม่ได้มีความต่างกันในทุกตัวอย่าง แต่ที่ต่างกันอย่างมากคือ DCNP (75%) CNPI CNPC และ DCNP แสดงให้เห็นความสามารถในการละลายลดลง กับค่า pH ลดลงจากการละลายต่ำสุดที่สังเกตุได้ในช่วง pH 4.0-4.5 เพื่อยืนยันจุด isoelectric ของโปรตีนในเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ย่างไรก็ตาม การละลายน้ำสูง กิจกรรมของ emulsifying และขอสังเกตคุณสมบัติของฟองที่ค่า pH เป็นด่าง มากว่าค่า pH เป็นกรดในตัวอย่างทั้งหมด (Ogunwolu และคณะ, 2009)

2.6.3 ถั่วลิสง

ภาพที่ 2.11 ถั่วลิสง

ที่มา http://www.thaikasetsart.com

ถั่วลิสง (peanut หรือ grondnut) อาจเรียกว่า ถั่วดิน ถั่วขุดหรือถั่วยี่สง เป็นพืชล้มลุกที่ เป็นพืชไร่ตระกูลถั่ว (Leguminosae) เช่นเดียวกับถั่วเหลืองถั่วเขียวมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Arachis hypogaea L.*เป็นถั่วเมล็ดแห้ง (legume) ซึ่งมีน้ำมันสูงจัดอยู่ในกลุ่มพืชน้ำมัน (oil crop) ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ

ลักษณะทั่วไป

เมล็ดถั่วลิสงอยู่ในฝัก ซึ่งอยู่ใต้ดิน เกิดจากดอกสมบูรณ์เพศ หลังจากผสมเกสรแล้วกลีบดอกจะเหี่ยวและร่วง แต่ก้านของรังไข่ขยายตัวยาวออกไปตามแนวดิ่ง เรียกว่า เข็ม ปลายเข็ม แทงลงไปในดินแล้วจึงพัฒนาเป็นฝัก แต่ละฝักมีเมล็ด 2-4 เมล็ด ถั่วลิสงต้นหนึ่งเมื่อถอนออกมามีฝักที่สมบูรณ์อยู่จำนวน 8-20 ฝัก

ฝักแก่มีลายเส้นและจะงอยเห็นได้ชัด ฝักคอดกิ่วตามจำนวนเมล็ดในฝัก เมื่อตากให้แห้งแล้วเขย่าจะมีเสียง เยื่อหุ้มเมล็ดมีหลายสี เช่น สีขาว ชมพู แดง ม่วง และน้ำตาล เมล็ดประกอบด้วยใบเลี้ยงขนาดใหญ่ 2 ใบห่อหุ้มต้นอ่อนไว้ภายในถั่วลิสง มีอายุตั้งแต่ 90-120 วัน (ตามลักษณะของพันธุ์) ผลผลิตถั่วลิสงต่อไร่ได้เมล็ดที่กะเทาะเปลือกออกแล้วจำนวน 12-15 กิโลกรัมต่อไร่ หรือเมล็ดทั้งฝัก 20-30 กิโลกรัมต่อไร่

ส่วนประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วลิสง

ตารางที่ 2.5 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วเมล็ดแห้ง (กรัมต่อ 100 กรัมของส่วนที่รับประทานได้)

เมล็ดถั่ว	แคลอรี (cal)	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	แร่ธาตุ	คาร์โบไฮเดรต
ถั่วเหลือง (soybean)	335	8	38.0	18.0	4.7	31.3
ถั่วลิสง (peanut)	343	5	25.6	43.4	2.5	23.4
ถั่วเขียว (mungbean)	340	11	23.9	1.3	3.4	60.4
ถั่วแดง (red kidney bean)	341	1	22.1	1.7	3.8	61.4
ถั่วพุ่ม (cowpea, southern pea)	342	11	23.4	1.8	4.3	60.3

ที่มา http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1660/peanut

ประโยชน์ของถั่วลิสง

ส่วนที่ใช้ประโยชน์เป็นอาหารถั่วลิสง คือ เมล็ด เมล็ดถั่วลิสงมีโปรตีนร้อยละ 25 และน้ำมันร้อยละ 44-56 (ขึ้นอยู่กับพันธุ์) น้ำมันถั่วลิสงประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวถึงร้อยละ 80 ของน้ำมันทั้งหมด

จึงเกิดกลิ่นเหม็นหืน (rancidity) ได้ง่าย (จึงต้องเก็บรักษาไว้ทั้งฝัก) กากถั่วลิสงที่สกัดเอาน้ำมันออกแล้ว นำไปอบให้แห้งใช้ประกอบเป็นอาหารหรือส่วนผสมของอาหารสัตว์ได้

เมล็ดถั่วลิสง ใช้ประโยชน์ได้ดังนี้

• บีบสกัดได้เป็นน้ำมันถั่วลิสง (peanut oil)

• แปรรูปเป็นขนมขบเคี้ยว เช่น ถั่วชุบแป้งทอด ถั่วลิสงต้ม ถั่วลิสงทอด ถั่วคั่วทราย ถั่วลิสงทอดคลุกเนย กระยาสารท

• ถั่วลิสงเคลือบ ถั่วตัด ถั่วทอดแผ่น จันอับ ถั่วตุ๊บตั๊บ ถั่วกระจก

• เนยถั่วลิสง (peanut butter)

• ผลิตน้ำมันพืช (vegetable oil) คือน้ำมันถั่วลิสง (peanut oil) เป็นส่วนประกอบอาหารอื่นๆ เช่น ถั่วลิสงต้มกระดูกหมู ถั่วลิสงนึ่งข้าวเหนียวยัดไส้หมู สาคูไส้หมู แกงมัสมั่น น้ำจิ้มหมูสะเต๊ะ น้ำพริกรับประทานกับขนมจีนและไส้ขนมชนิดต่างๆ ถั่วลิสงเป็นอาหารก่อภูมิแพ้ (food allergen) ชนิดหนึ่ง เนื่องจากผู้บริโภคบางคนอาจแพ้โปรตีนในถั่วลิสง

คุณค่าทางโภชนาการ

ถั่วลิสงเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งของอาหารประเภทโปรตีนและพลังงาน เพราะมีโปรตีนประมาณร้อยละ 25-30 ไขมันร้อยละ 45-50 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 20 โปรตีนในถั่วลิสงมีปริมาณเทียบเท่ากับถั่วเขียว ถั่วแดง และถั่วดำ แต่ต่ำกว่าถั่งเหลือง และมีกรดอะมิโน lysine, theonine และ methionine ที่จำเป็นต่อร่างกายต่ำกว่าที่ต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อทำให้สุกปริมาณยิ่งน้อยลงอีกประมาณ 15, 11 และ 10 ตามลำดับ การใช้ความร้อนสูงตั้งแต่ 145 องศาเซลเซียสขึ้นไปมีแนวโน้มทำให้คุณค่าทางอาหารลดลง แต่การทำให้สุกก่อนมีความจำเป็นเพราะความร้อนจะช่วยทำลาย trypsin inhibitor การใช้ความร้อนชื้น เช่น ต้มหรือนึ่งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส หรือใช้ความร้อนแห้ง เช่น คั่วหรืออบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส จะทำลาย trypsin inhibitor ได้เช่นกัน

จากการศึกษาของ BASHA และคณะปี 2007 พบว่า ผลกระทบของอุณหภูมิการบ่มกับองค์ประกอบของเม็ดถั่วลิสงโดยพิจารณาจากการวิเคราะห์สารตั้งต้นของปฏิกิริยารสชาติเวลาที่เราคั่ว เช่น อะมิโนไนโตรเจน และน้ำตาล จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าการรักษาเมล็ดพันธุ์ที่ 8.4 และ 168 องศาเซลเซียสที่อุณหภูมิสภาพแวดล้อมที่สูงหรือเหนือบรรยากาศ ปริมาณไนโตรเจนและอะมิโนจะสูงกว่าถั่วลิสงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ผลของอุณหภูมิจะเด่นชัดมากเมื่อเม็ดถั่วลิสงสุกน้อยกับสุกมาก อุณหภูมิที่บ่มไม่มีผลต่อโปรตีนทั้งหมดและปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำของเม็ดถั่วลิสง อย่างไรก็ตามการบ่มที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดการลดลงของ Arachin polymer และยังสูญเสียโพลีเปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุล 35000 และ 25000 Da และ isoelectric ระหว่าง 5.1 5.3 5.8 6.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.6 แสดงการเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัม (3.5 ออนซ์)ของ Peanut, Cashew และ Almond

Nutrition	Peanut	Cashew nut	Almond
Energy	2385 kJ (570kcal)	533 kcal	2408 kJ (576kcal)
Carbohydrates	21 g	30.19 g	21.69 g
Flour	-	23.49 g	0.74 g
Sugar	0 g	5.91 g	3.89 g
Dietary fiber	9 g	3.3 g	12.2 g
Fat	48 g	43.85 g	49.42 g
Saturated	7 g	7.78 g	3.731 g
Monounsaturated	24 g	23.8 g	30.889 g
Polyunsaturated	16 g	7.85 g	12.07 g
Protein	25 g	18.22 g	21.22 g
Water	4.26 g	5.2 g	4.7 g
Thiamine	0.6 mg (52%)	0.42 mg (37%)	0.211 mg (18%)
Riboflavin	-	0.6 mg (5%)	1.014 mg (85%)
Niacin	12.9 mg (86%)	1.06 mg (7%)	3.385 mg (23%)
Pantothenic acid	1.8 mg (36%)	0.86 mg (17%)	0.469 mg (9%)
Vitamin B6	0.3 mg (23%)	0.42 mg (32%)	0.143 mg (11%)
Folate	246 µg (62%)	25 µg (6%)	50 µg (13%)
Vitamin C	0.0 mg (0%)	0.5 mg (1%)	-
Vitamin E	-	0.9 mg (6%)	26.2 mg (175%)
Calcium	62 mg (6%)	37 mg (4%)	264 mg (26%)
Iron	2 mg (15%)	6.68 mg (51%)	3.72 mg (29%)
Magnesium	184 mg (52%)	292 mg (82%)	268 mg (75%)
Manganese	-	1.66 mg (9%)	2.285 mg (109%)
Phosphorus	336 mg (48%)	593 mg (85%)	484 mg (69%)
Potassium	332 mg (7%)	660 mg (14%)	705 mg (15%)
Sodium	-	12 mg (1%)	1 mg (0%)
Zinc	3.3 mg (35%)	5.78 mg (61%)	3.08 mg (32%)

ที่มา http://www.bis-group.com/

จากการศึกษาของ Sousa A., และคณะ ปี 2007 คุณภาพทางโภชนาการและคุณค่าทางโปรตีนของอัลมอนด์จากต่างประเทศและถั่วจากซาวานาบราซิลเมื่อเทียบกับถั่วลิสง พบว่าอัลมอนด์จากต่างประเทศและถั่วอุดมไปด้วยโปรตีน (22.7-29.9 กรัมต่อ 100 กรัม) ไขมัน (41.9-50.0 กรัมต่อ 100 กรัม) เส้นใย (อัลมอนด์ baru และ pequi ประมาณ 10.0 กรัมต่อ 100 กรัม) เหล็กและสังกะสี (43.3-7.4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) และสามารถสรุปได้ว่า อัลมอนด์ baru มีคุณภาพโปรตีนสูงที่สุด

จากการศึกษาและค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุดิบหลักที่จะนำมาใช้ทดแทนผงอัลมอนด์ด้วยผงถั่วลิสง และผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ในด้านองค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพ จะเห็นได้ว่าอัลมอนด์ ถั่วลิสง และเม็ดมะม่วงหิมพานต์มีคุณลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาขนมมาการองให้มีต้นทุนต่ำ และสามารถสร้างรายได้โดยใช้วัตถุดิบที่มีในประเทศ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การศึกษาอายุการเก็บของไข่ไก่ ต่อปริมาณโปรตีนและการเกิดโฟม

1. ไข่ไก่สดที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ได้รับจากขวัญชัยฟาร์ม อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยไข่ไก่สดจะถูกแบ่งเก็บที่ 2 สภาวะ คือ อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิช่องแช่เย็น (4 องศาเซลเซียส) โดย เก็บให้มีอายุ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 และ 15 วัน ตามลำดับ

2. ตอกไข่ไก่แต่ละสภาวะและแยกไข่แดงไข่ขาวออกจากกัน

3. ชั่งไข่ขาว 100 กรัมในโถตีผสมอาหาร ตีไข่ขาวด้วยหัวตีตระกร้อความเร็วเบอร์ 10 เป็นเวลา 3 นาที

4. ตักโฟมไข่ขาวใส่ถ้วยวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ชั่งน้ำหนักโฟมที่ได้จากการตี บันทึกผลเพื่อใช้ในการคำนวณหา % overrun

5. วัดปริมาณโปรตีน ด้วยวิธี Kjeldahl method (ภาคผนวก ก.) ของไข่ขาวในแต่ละสภาวะ

6. วิเคราะห์ผลทางสถิติ เลือกสภาวะที่เหมาะสมไปใช้ในการศึกษาตอนต่อไป

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของน้ำตาลไอซิ่งต่อลักษณะปรากฏของฝามาการอง

1. ร่อนอัลมอนด์ป่น 100 กรัม กับน้ำตาลไอซิ่ง 168 กรัมเข้าด้วยกัน
2. ตีไข่ขาว 83 กรัม โดยใช้ไข่ขาวที่ได้สภาวะจากตอนที่ 1 ด้วยหัวตีตะกร้อจนเป็นฟองหยาบ
3. เติมน้ำตาลทราย 23 กรัม ตีต่อจนได้โฟมที่ตั้งยอดแหลม
4. ผสมอัลมอนด์ที่ร่อนกับน้ำตาลไอซิ่ง กับ โฟมไข่ขาวให้เนียบเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นใส่ถุงบีบ
5. บีบใส่ถาดเป็นวงกลม ระยะห่างระหว่างวงอย่างน้อย 2 เซนติเมตร
6. เคาะไล่อากาศ แล้วตากหน้าให้แห้ง
7. อบที่ 140 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที
8. มาการองที่ได้จากสูตรมาตรฐาน (ตารางที่ 3.1) จะใช้เป็นตัวอย่างควบคุม

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

9. ทำการทดลองเหมือน ข้อที่ 1-8 แต่ปรับปริมาณน้ำตาลไอซิ่งภายในสูตรมาตรฐานลง 20% , 25% , 30% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.2
10. ทำการวิเคราะห์ลักษณะปรากฏของมาการอง เช่น การเป็นมันเงา การยกขากระโปรงของมาการอง และเนื้อสัมผัส เพื่อคัดเลือกสูตรที่สามารถลดน้ำตาลไอซิ่งได้มากที่สุด ไปใช้ในขั้นตอนถัดไป

ตารางที่ 3.1แสดงส่วนผสมสูตรพื้นฐาน

ส่วนผสม	สูตรพื้นฐาน (กรัม)
อัลมอลด์ป่น	100
ไข่ขาวของไข่ไก่	83
น้ำตาลทรายชนิดเกล็ดละเอียด	23
น้ำตาลไอซิ่งตราอิมพิเรียล	168

ตารางที่ 3.2แสดงส่วนผสมสูตรการลดน้ำตาลไอซิ่ง

ส่วนผสม	สูตรลด 20%(กรัม)	สูตรลด 25%(กรัม)	สูตรลด 30%(กรัม)
อัลมอลด์ป่น	100	100	100
ไข่ขาวของไข่ไก่	83	83	83
น้ำตาลทรายชนิดเกล็ดละเอียด	23	23	23
น้ำตาลไอซิ่งตราอิมพิเรียล	134.4	126	117.6

ตอนที่ 3 ศึกษาการทดแทนผงอัลมอนด์ด้วยผงถั่วลิสงและผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ในมาการอง

1. ชั่งผงอัลมอนด์ 100 กรัมร่อนกับน้ำตาลไอซิ่ง ที่ปรับลดจากตอนที่ 2 กรัม
2. ชั่งไข่ขาว 83 กรัม ตีไข่ขาวด้วยเครื่องผสมความเร็วสูงสุดให้เป็นฟองหยาบ เติมน้ำตาลทราย 23 กรัม ตีต่อจนได้ยอดแหลม
3. ผสมข้อที่ 1 และ 2 โดยใช้พายพลาสติก คนจนเป็นเนื้อเดียวกัน
4. ใส่ถุงเตรียมบีบ และบีบลงบนกระดาษไขที่วางบนถาด
5. พักผิวประมาณ 30 นาที สังเกตให้ผิวหน้าแห้งไม่ติดมือ
6. อบที่ 140 องศาเซลเซียสประมาณ 20 นาที นำออกมาวางพัก
7. ทำซ้ำข้อ 1-6 แต่เปลี่ยนจากผงอัลมอนด์ 100% เป็นทดแทนปริมาณผงอัลมอนด์ด้วยผงถั่วลิสงและผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยแปรอัตราส่วนระหว่างผงอัลมอนด์ต่อผงถั่วลิสงและผงอัลมอนด์ต่อผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์เป็น 6 ระดับ คือ 90:10, 70:30, 50:50, 30:70, 10:90 และ 0:100 ของน้ำหนักผงอัลมอนด์ที่ใช้ในสูตร

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

8. นำไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

8.1 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer ใช้หัวตัด วัดค่า hardness

8.2 วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี different from control โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน จากนั้นนำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Rank sum test (ภาคผนวก ข)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การทดสอบทางกายภาพของโฟมไข่ขาว

4.1.1 การทดสอบ% Overrun ของโฟมไข่ขาว

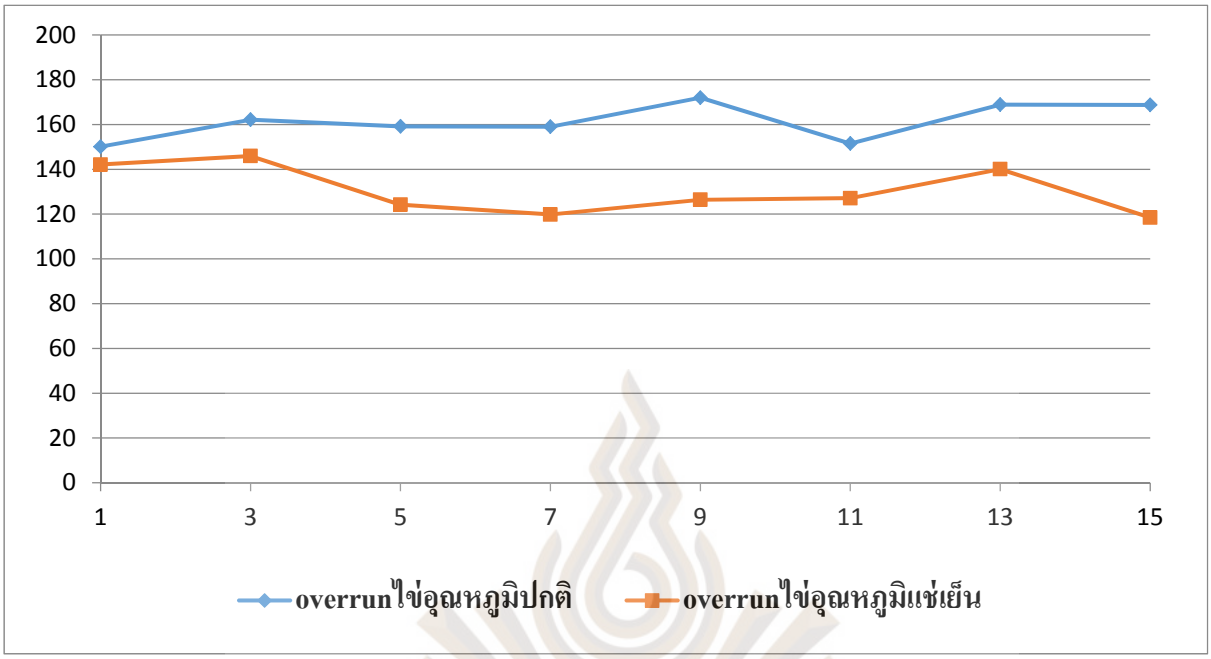
จากการทดลองตีไข่ขาว 100 กรัม ที่เก็บในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 สภาวะคือ อุณหภูมิตู้เย็นและอุณหภูมิห้อง และแปรอายุการเก็บออกเป็น 1,3,5,7,9,11,13และ15 วันนั้น เมื่อตีให้เกิดโฟมไข่ขาวเป็นเวลา 3 นาที ด้วยเครื่องตีหัวตะกร้อ แล้วนำมาหาค่า Overrun พบว่า ที่สภาวะการเก็บรักษาไข่ไก่ในสภาวะเดียวกันทำให้ค่า Overrun ลดลงเพียงแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งถือว่าอายุการเก็บรักษาไข่ไก่ ในช่วง 15 วัน ไม่มีผลต่อค่า Overrun อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า %Overrun ของโฟมไข่ที่อุณหภูมิตู้เย็นและอุณหภูมิห้อง

อายุไข่	% Overrun (แช่เย็น)	% Overrun (ไม่แช่เย็น)
1	142.10 ± 23.55[a]	150.10 ± 11.08[a]
3	145.93 ± 16.98[a]	162.14 ± 2.76[a]
5	124.18 ± 39.32[a]	159.15 ± 46.24[a]
7	119.81 ± 12.72[a]	159.00 ± 19.16[a]
9	126.40 ± 27.73[a]	171.96 ± 10.52[a]
11	127.07 ± 47.91[a]	151.48 ± 7.42[a]
13	140.05 ± 25.74[a]	168.85 ± 21.63[a]
15	118.43 ± 39.75[a]	168.72 ± 23.82[a]

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับ a เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

($p > 0.01$) ±SD (n = 3)



ภาพที่ 4.1 แสดงค่า Overrun ของโฟมไข่ขาว

ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน จากภาพที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า สภาพการเก็บรักษาไข่ไก่ที่อุณหภูมิตู้เย็นจะมีปริมาณของ %overrun ที่สูงกว่าที่อุณหภูมิห้องอย่างมีนัยสำคัญ จากงานวิจัยผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Raikos V และคณะ, 2007 ที่ศึกษาลักษณะของ % Overrun ของไข่ไก่ กล่าวว่าปริมาณของโปรตีนในไข่ไก่มีผลต่อการเกิดโฟมในไข่ไก่ นอกจากนี้แล้ว การเติมสารเคมีบางตัวลงไปในไข่ขาว ยังสามารถช่วยให้โฟมไข่ขาวมีปริมาณ %Overrun ที่สูงขึ้น และมีความคงตัวมากยิ่งขึ้น เช่น น้ำตาลซูโครส และ เกลือโซเดียวคลอไรด์ เป็นต้นเกี่ยว ทั้งนี้เนื่องจากความหนืดที่ลดลงของไข่ขาวและปริมาณน้ำตาลจะส่งผลให้การรวมตัวของอากาศและการคลายตัวของโปรตีนเกิดได้ง่ายขึ้น และนอกจากนี้ความเข้มข้นของโปรตีนยังส่งผลต่อค่า Overrun เมื่อปริมาณโปรตีนไข่ขาวเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า Overrun ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

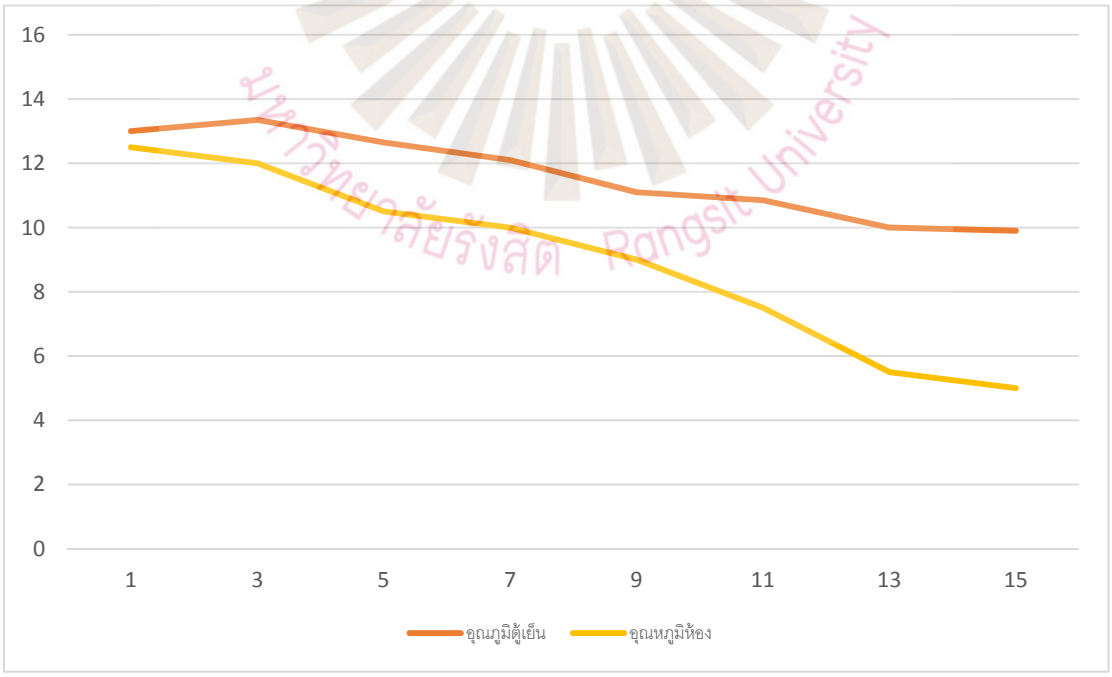
4.2 การทดสอบทางเคมีของโฟมไข่ขาว

ทำการทดลองโดยนำโฟมที่ได้จากการหาค่า Overrun แล้วทำการตรวจวิเคราะห์โปรตีนโดยการนำโฟมที่คืนตัวเป็นไข่ขาว 2 กรัมใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน เติม Catalysts mixture 8 กรัม แล้วเติม Sulphuric acid 25 mL. เข้มข้น นำไปย่อยแล้วเติมน้ำกลั่น 100 mL. ก่อนนำไปกลั่น และจึงนำไปไตรเทรตกับ NOH แล้วทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณโปรตีนของไข่ขาว (100g) ที่อุณหภูมิตู้เย็นและอุณหภูมิห้อง

อายุไข่	ปริมาณโปรตีนแช่เย็น	ปริมาณโปรตีนไม่แช่เย็น
1	13.00 ± 0.24	12.50 ± 1.14
3	13.35 ± 0.55	12.00± 0.92
5	12.65 ± 0.50	10.50 ± 0.77
7	12.10 ± 0.61	10.00 ± 0.23
9	11.10 ± 0.66	9.00 ± 0.56
11	10.55 ± 0.62	7.50 ± 0.70
13	10.00 ± 0.91	5.50 ± 0.63
15	9.90 ± 0.73	5.00± 0.14

หมายเหตุ ± SD (n = 3)



ภาพที่ 4.2 แสดงค่า Protein ของโฟมไข่ขาว

จากตารางที่ 4.2 พบว่าอายุการเก็บรักษาไข่ไก่มีผลต่อปริมาณโปรตีนในไข่ขาวอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) จึงกล่าวว่าอายุการเก็บรักษาไข่มีผลต่อค่าปริมาณโปรตีน จากภาพที่ 4.3 พบว่าไข่ที่เก็บที่อุณหภูมิปกติจะมีปริมาณโปรตีนลดลงมากกว่าที่เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น ซึ่งการที่ไข่เก็บไว้เป็นเวลานานจะส่งผลให้โอโวมิวซินมีการสลายตัวทำให้ไข่ขาวข้นมีลักษณะเหลว ทำให้เมื่อนำไข่ขาวที่มีอายุการเก็บที่นานไปตีให้เกิดโฟมจะพบว่าการเกิดโฟมนั้นเกิดได้ดีกว่าไข่ขาวใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ของ Raikos V และคณะ .,2007 ที่กล่าวว่าความหนืดที่ลดลงของไข่ขาวจะทำให้ไข่ขาวมีการเกิดโฟมได้ดีขึ้น

4.3 การพัฒนามาการองสูตรลดน้ำตาล

4.3.1 การทดสอบการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่ง

จากการพัฒนาสูตรมาการองจากสูตรพื้นฐานโดยการแปรปริมาณน้ำตาลไอซิ่งทั้ง 4 สูตร (0, 20, 25 และ 30 % ตามลำดับ) โดยใช้ไข่ขาวที่มีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 15 วันและเก็บในอุณหภูมิแช่เย็น แล้วคัดเลือกมาการองที่ลักษณะปรากฏไม่เปลี่ยนแปลงโดยทำการวัดชายกระโปรง ผลของการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งได้ดังนี้คือ 25 และ 30 % ลักษณะปรากฏเปลี่ยนแปลง ที่ 20% ลักษณะปรากฏไม่เปลี่ยนแปลง การยกตัวของชายกระโปรงเป็นดังนี้คือ สูตรพื้นฐานยกตัวสูง 4 เซนติเมตร ที่ 20 และ 25% ยกตัวสูง 3 เซนติเมตร และที่ลดน้ำตาลลง 30 % ชายกระโปรงไม่ยกตัว ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ลดน้ำตาลไอซิ่งลง 20% มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป

ภาพที่ 4.3 แสดงผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการลดน้ำตาลไอซิ่งที่ปริมาณ 0 , 20 , 25 และ 30 %

4.3.2 ทดสอบความแตกต่างของผลิตภัณฑ์มาการอง

ผลิตภัณฑ์มาการองที่ได้จากการทดลองลดน้ำตาลไอซิ่งที่ 20 % นำมาทำการทดสอบความแตกต่างโดยวิธี Triangle test โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นผู้ที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน โดยผลการทดสอบพบว่าผู้บริภคไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างสูตรมาตรฐานและสูตรลดน้ำตาลไอซิ่ง 20% ได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงสามารถลดน้ำตาลไอซิ่งลงได้สูงสุดที่ 20% โดยไม่ทำให้ลักษณะปรากฏของฝามาการองเปลี่ยนแปลงไปจากสูตรพื้นฐาน การยกตัวของชายกระโปรงมีความสูงใกล้เคียงกับสูตรพื้นฐาน เมื่อผู้บริโภคชิมแล้วไม่รับรู้ถึงความแตกต่าง

4.4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

จากการศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบของอัลมอนด์ ถั่วลิสง และเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ใช้ทดแทนตามอัตราส่วนต่างๆ ในมาการอง โดยนำผงอัลมอนด์ ผงถั่วลิสง และผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาทีและนำไปวิเคราะห์ จำนวนตัวอย่างละ 3 ซ้ำ จะเห็นได้ว่าอัลมอนด์มีปริมาณไขมันเท่ากับ 55.70% ปริมาณโปรตีน 25.40% ปริมาณเถ้า 3.10% และปริมาณความชื้น 1.21% สำหรับถั่วลิสงมีปริมาณไขมันเท่ากับ 48.96% ปริมาณโปรตีน 30.32% ปริมาณเถ้า 3.84% และปริมาณความชื้น 2.22% ส่วนเม็ดมะม่วงหิมพานต์มีปริมาณไขมัน 41.97% ปริมาณโปรตีน 13.93% ปริมาณเถ้า 5.27% และปริมาณความชื้น 3.89%

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า อัลมอนด์มีปริมาณไขมันมากที่สุด ถั่วลิสงมีปริมาณโปรตีนมากที่สุด และเม็ดมะม่วงหิมพานต์มีปริมาณเถ้าและความชื้นมากที่สุดดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้า และปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์) ของผงอัลมอนด์ ผงถั่วลิสง และผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์

ชนิดของถั่ว	ปริมาณไขมัน (%)	ปริมาณโปรตีน (%)	ปริมาณเถ้า (%)	ปริมาณความชื้น (%)
ผงอัลมอนด์	55.70±7.16	25.40±2.09	3.10±0.24	1.21±0.17
ผงถั่วลิสง	48.96±57.99	30.32±2.36	3.84±0.86	2.22±0.01
ผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์	41.97±23.59	13.93±2.15	5.27±2.88	3.89±1.07

4.5 ผลการวิเคราะห์การทดแทนผงอัลมอนด์ด้วยผงถั่วลิสงและผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ผลของคุณภาพทางกายภาพ

จากการทดแทนปริมาณผงอัลมอนด์ด้วยผงถั่วลิสงและผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยแปรอัตราส่วนระหว่างผงอัลมอนด์ต่อผงถั่วลิสงและผงอัลมอนด์ต่อผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์เป็น 6 ระดับคือ 90:10, 70:30,

50:50, 30:70, 10:90 และ 0:100 ของน้ำหนักอัลมอนด์ที่ใช้ในสูตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยแรงกดของอัลมอนด์ต่อเม็ดมะม่วงหิมพานต์และอัลมอนด์ต่อถั่วลิสง

อัตราส่วน Almond	Cashew	Peanut
100 : 0	131.25 ± 48.05^{bc}	256.58 ± 48.05^{a}
90 : 10	293.48 ± 44.55^{c}	439.18 ± 159.75^{b}
70 : 30	238.95 ± 86.78^{bc}	855.46 ± 211.74^{c}
50 : 50	147.41 ± 76.79^{a}	817.19 ± 141.62^{c}
30 : 70	183.29 ± 56.37^{ab}	817.19 ± 141.62^{c}
10 : 90	225.96 ± 82.91^{bc}	364.92 ± 140.55^{ab}
0 : 100	231.27 ± 33.08^{bc}	310.48 ± 29.40^{ab}

ผลของคุณภาพทางเคมี

จากการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพน้ำ (a_w) ด้วยเครื่องวัด Water Activity Meter โดยนำผงอัลมอนด์ ผงถั่วลิสง และผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาทีและนำไปวิเคราะห์ จำนวนตัวอย่างละ 3 ซ้ำและนำมาหาค่าเฉลี่ย จะเห็นได้ว่าอัลมอนด์จะมีค่า a_w มากที่สุด เท่ากับ 0.32 เม็ดมะม่วงหิมพานต์เท่ากับ 0.31 และถั่วลิสงเท่ากับ 0.29 ซึ่งค่า a_w ของถั่วแต่ละชนิดมีค่าใกล้เคียงกันมาก

ตารางที่ 4.5 แสดงค่ากัมมันตภาพน้ำ (a_w) ด้วยเครื่องวัด Water Activity Meter

ชนิดของถั่ว	ค่ากัมมันตภาพน้ำ (a_w)
ผงอัลมอนด์	0.32
ผงถั่วลิสง	0.29
ผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์	0.31

ผลของการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมาการอง โดยวิธี different from control ตามคุณลักษณะทางด้านความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน และนำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Rank sum test พบว่า สามารถทดแทน ผงอัลมอนด์ด้วยเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ที่ 90% โดยไม่มีผลทางด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดง Total samples score ของสัดส่วน Almond : Cashew

สัดส่วน Almond : Cashew	Total samples score
100:0	49[a]
90:10	97[ab]
70:30	57[ab]
50:50	93[ab]
30:70	96[ab]
10:90	89[ab]
0:100	103[b]

ตารางที่ 4.7 แสดง Total samples score ของสัดส่วน Almond : Peanut

สัดส่วน Almond : Peanut	Total samples score
100:0	23[a]
90:10	131[b]
70:30	106[b]
50:50	100[b]
30:70	97[b]
10:90	98[b]
0:100	107[b]

สัญลักษณ์เหมือนกัน แสดงว่าไม่แตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญที่ p = 0.05

จากตาราง 4.6 พบว่าว่า เมื่อทดแทนผงอัลมอนด์ด้วยผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ระดับความเข้มข้น 90:10, 70:30, 50:50, 30:70 และ 10:90 จะไม่มีความแตกต่างทางด้านประสาทสัมผัส(รสชาติ) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ p=0.05 แต่ในด้านลักษณะปรากฏ จะสามารถทดแทนได้ดีที่ระดับความ

เข้มข้น 50:50 เนื่องจากที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 30:70 ขึ้นไปจะเกิดลักษณะปรากฏที่ผู้บริโภคสามารถแยกความแตกต่างได้

จากตาราง 4.7 จะพบว่า ไม่สามารถทดแทนผงอัลมอนด์ด้วยผงถั่วลิสงที่ทุกระดับความเข้มข้น เนื่องจากถั่วลิสงมีกลิ่นรสเฉพาะตัวที่รุนแรง

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีของโฟมไข่ขาว

1.1 อายุการเก็บรักษาไข่ไม่มีผลต่อค่า Overrun ของโฟมทั้งที่เก็บในตู้เย็นและเก็บที่อุณหภูมิห้อง หากที่อายุการเก็บเท่ากันแต่เก็บในสภาวะต่างกันจะทำให้ค่า Overrun แตกต่างกันหรือสภาวะมีผลต่อค่า Overrun ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่า Overrun มีผลมาจากปริมาณน้ำตาลที่เติมลงในส่วนผสม คือค่า Overrun จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำตาลลดลงและเพิ่มระยะเวลาในการตีให้นานขึ้น การลดลงของความหนืดและปริมาณน้ำตาลจะส่งผลให้การรวมตัวของอากาศและการคลายตัวของโปรตีนเกิดได้ง่ายขึ้นและความเข้มข้นของโปรตีนยังส่งผลต่อค่า Overrun โดยจะทำให้ค่า Overrun ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อความเข้มข้นของโปรตีนลดต่ำลง

1.2 อายุการเก็บรักษาไข่ไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนเมื่อเก็บในสภาวะเดียวกัน แต่ถ้าการเก็บในสภาวะที่ต่างกันจะทำให้ปริมาณโปรตีนแตกต่างกัน

2. ผลการพัฒนามาการองสูตรลดน้ำตาล

2.1 มาการองที่ลดน้ำตาลได้สูงสุดโดยที่ลักษณะปรากฏไม่เปลี่ยนแปลงและการยกตัวของชายกระโปรงใกล้เคียงกับสูตรพื้นฐาน คือการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งลง20% หรือใช้น้ำตาลไอซิ่ง134.4 กรัม ต่อ อัลมอนด์100 กรัม และการยกตัวของชายกระโปรงสูง 3 เซนติเมตรซึ่งใกล้เคียงกับสูตรพื้นฐาน

2.2 ผลการทดสอบความแตกต่างของผู้ทดสอบที่มีทักษะในการชิม พบว่าผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างของมาการองที่พัฒนากับมาการองสูตรพื้นฐานได้ แสดงว่ามาการองสูตรลดน้ำตาลไม่แตกต่างกับมาการองสูตรพื้นฐาน

3. จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงอัลมอนด์ ผงถั่วลิสง และผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ พบว่า อัลมอนด์มีปริมาณไขมันมากที่สุดซึ่งเท่ากับ 55.70% ถั่วลิสงมีปริมาณโปรตีนมากที่สุดเท่ากับ

30.32% และเม็ดมะม่วงหิมพานต์มีปริมาณเถ้า คาร์โบไฮเดรต และความชื้นมากที่สุดคือ 5.27%, 38.83% และ 38.83% ตามลำดับ อัลมอนด์จะมีค่า a_w มากที่สุด เท่ากับ 0.32 เม็ดมะม่วงหิมพานต์เท่ากับ 0.31 และถั่วลิสงเท่ากับ 0.29 ซึ่งค่า a_w ของถั่วแต่ละชนิดมีค่าใกล้เคียงกันมาก

4. จากการวิเคราะห์การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี different from control และนำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Rank sum test พบว่า สามารถทดแทนผงอัลมอนด์ด้วยผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ระดับความเข้มข้น 90:10, 70:30, 50:50, 30:70 และ 10:90 แต่ไม่สามารถทดแทนผงอัลมอนด์ด้วยผงถั่วลิสงได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาอายุการเก็บให้มากกว่า 15 วัน เพื่อทดสอบความคงตัวของฟองโฟม
2. ควรทำการศึกษาการทดแทนน้ำตาลด้วยสารให้ความหวานชนิดต่างๆ และผลต่อความคงตัวของไข่ขาว
3. ศึกษาเกี่ยวกับการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์หลังการลดปริมาณน้ำตาลหรือการทดแทนน้ำตาล
4. ทำการศึกษาเรื่องของบรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เพื่อยืดอายุในการเก็บให้นานขึ้น
5. ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้สีธรรมชาติแทนสีผสมอาหาร

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2556. “Foam- โฟม.”[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: www.Foodnetworksolution.com/wiki/word/0330/Foam-โฟม. 26 กันยายน 2556

เอกพันธ์ แก้วมณีชัย และ ปราโมทย์ ดุวิจิตรจารุ. 2556. “ระบบคอลลอยด์ในอาหาร.”[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://nqf.agro.ku.ac.th/UP/e-courseware/eakapan/lesson6/collide6.html. 26 กันยายน 2556

กลุ่มงานสัตว์ปีก กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์. 2557. “โภชนาการของไข่ไก่ น้ำหนัก 58 กรัม /ฟอง.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.dld.go.th/pvlo_sat/egg.htm. 25 มีนาคม 2557

“มาการอง.” นิตยสาร Food Paper. ฉบับที่ 70 เดือนมีนาคม 2553 : 18 – 19

“ความรู้เกี่ยวกับมาการอง.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.oknation.net/blog/chalayrampan/2013/02/17/entry-1, 1 กันยายน 2556

“อัลมอนด์.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://th.wikipedia.org/wiki/, 1 กันยายน 2556

Soil. “มหัศจรรย์พลังถั่ว.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.vcharkarn.com/vblog/48282/2, 1 กันยายน 2556

กรมวิชาการเกษตร. “ถั่วลิสง.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=32, 1 กันยายน 2556

“ถั่วลิสง.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://th.wikipedia.org/wiki/, 1 กันยายน 2556

Soil. “มหัศจรรย์พลังถั่ว.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.vcharkarn.com/vblog/48282/5, 1 กันยายน 2556

“มะม่วงหิมพานต์.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://th.wikipedia.org/wiki/, 1 กันยายน 2556

“ขนมมาการอง.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://sites.google.com/site/khnmmakarxng/home , 28 มีนาคม 2557

“ไข่ขาว.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://th.wikipedia.org/wiki, 28 มีนาคม 2557

“ถั่ว.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://th.wikipedia.org/wiki, 28 มีนาคม 2557

“อัลมอนด์ สรรพคุณและประโยชน์ของอัลมอนด์ 21 ข้อ.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.greenerald.com, 28 มีนาคม 2557

“ถั่วลิสง.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1660/peanut , 28 มีนาคม 2557

“ประโยชน์จากเปลือกถั่วลิสง.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.thaikasetsart.com, 28 มีนาคม 2557

“เรื่องถั่ว ๆ ที่ดูธรรมดาแต่มีความสำคัญ.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.bis-group.com , 28 มีนาคม 2557

ภาษาอังกฤษ

Allais, I., Edoura-Gaena, R., Gros, J., and Trystram, G. “Influence of egg type, pressure and mode of incorporation on density and bubble distritution of a lady finger batter.” *Journal of Food Engineering.*74 (2006): 198-210.

Baiano, A. and Del Nobile, M.A. “Shelf life extension of almond paste pastries.” Journal of Engineering. 66(2005) : 487-495.

Davis, J., and Foegeding, E. "Comparisons of the foaming and interfacial properties of whey protein isolate and egg whites." *Colloids and Surfaces B: Biointerface*. 54 (2007): 200-210

Eisner, M.D., Jeelani, S.A.K., Bernhard, L., Windhab, E.J. "Stability of foams containing proteins, fat particles and nonionic surfactants." *Chemical Engineering Science*. 62(2007) : 1974-1987.

Esfahlan, A.J., Jamei, R., Esfahlan, R.J. "The importance of almond (Prunus amygdalus L.) and its by-products." *Food Chemistry*. 120 (2010) : 349–360.

Foegeding, E., Luck, P., and Davis, J. "Factors determining the physical properties of protein foam." *Food Hydrocolloids.* 20 (2006): 284-292.

Ka Lau, C., and Dickinson, E. "Instability and structural change in an aerated system containing egg albumen and invert sugar." *Food Hydrocolloids.*19 (2005)" 111-121.

Liang, Y., and Kristinsson, H. "Structural and foaming properties of egg albumen subjected to different pH-treatment is the presence of calcium ions." *Food Research International.* 40 (2007): 668-678.

Licciardello, F., Frisullo, P., Laverse, J., Muratore, G., and Nobile, M. "Effect of sugar, citric acid and egg white type on the microstructural and mechanical properties of nmeringues." *Journal of Food Engineering*. 108 (2012): 452-462.

Ozcan, M.M., Unver, A., Erkan, E., Arslan, D. "Characteristics of some almond kernel and oils." *Scientia Horticulturae*. 127 (2011) : 330–333.

Ogunwolu, S.O., Henshaw, F.O., Mock, H.P., Awonorin, S.O., Santros, A. "Functional properties of protein concentrates and isolates produced from cashew (Anacardium occidentale L.) nut." *Food Chemistry*. 115 (2009) : 852–858.

Plancken, I., Loey, A., and Hendrickx, M. "Foaming properties of egg white proteins affected by heat or hight pressure treatment." *Journal of Food Engineering.*78 (2007): 1410-1426.

Raikos, V., Campbell, L., and Euston, S."Effect of sucrose and sodium chloride on foaming properties of egg white proteins."*Food Research International.* 40 (2007): 347-355.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Stevenson, P., Mantle, M., and Hicks, J. "NMRI studies of the free drainage of egg white and meringue Mixture froths." *Food Hydrocolloids.* 21 (2007): 221-229.

Sousa, A.G.O., Fernandes, D.C., Alves, A.M., Freitas, J.B.D., Naves, M.M.V. "Nutritional quality and protein value of exotic almonds and nut from the Brazilian Savanna compared to peanut." *Food Research International*. 44(2011) : 2319-2325.

Yada, S., Lapsley, K., Huang, G. "A review of composition studies of cultivated almond : Macronutrients and micronutrients." *Journal of Food composition and Analysis*. 24(2011) : 469-480.

Yang, X., and Foegeding, E. "Effects of sucrose on egg white protein and whey protein isolate Foam : Factors determining properties of wet and dry foams (cake)." *Food Hydrocolloids.* 24 (2010): 227-238.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาคผนวก ก.

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ก 1. การทดสอบความแตกต่าง

ทำการทดสอบผู้บริโภคจำนวน 50 คน ด้วยแบบทดสอบแบบสามเหลี่ยม (Triangle test) ทำการทดสอบผู้บริโภค

ตัวอย่างแบบทดสอบ

แบบทดสอบความแตกต่างทางประสาทสัมผัสของมาการอง

วันที่.....

ชนิดตัวอย่าง..... ชื่อผู้ทดสอบ.....

ทำเครื่องหมาย☑ในตัวอย่างที่แตกต่าง

☐ ☐ ☐

....

……..

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาคผนวก ข.

ตารางสถิติ ของ Triangle test

Number of tasters	Number of correct answer necessary to establish level of significance			Number of tasters	Number of correct answer necessary to establish level of significance		
	*	**	***		*	**	***
	5%	1%	0.1%		5%	1%	0.1%
7	5	6	7	29	15	17	19
8	6	7	8	30	16	17	19
9	6	7	8	31	16	18	19
10	7	8	9	32	17	18	20
11	7	8	9	33	17	19	20
12	8	9	10	34	18	19	21
13	8	9	10	35	18	19	21
14	9	10	11	36	18	20	22
15	9	10	12	37	18	20	22
16	10	11	12	38	19	21	23

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

17	10	11	13	39	19	21	23
18	10	12	13	40	20	22	24
19	11	12	14	41	20	22	24
20	11	13	14	42	21	22	25
21	12	13	15	43	21	23	25
22	12	14	15	44	21	23	25
23	13	14	16	45	22	24	26
24	13	14	16	46	22	24	26
25	13	15	17	47	23	25	27
26	14	15	17	48	23	25	27
27	14	16	18	49	23	25	28
28	15	16	18	50	24	26	28

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Number of tasters	Number of correct answer necessary to establish level of significance			Number of tasters	Number of correct answer necessary to establish level of significance		
	*	**	***		*	**	***
	5%	1%	0.1%		5%	1%	0.1%
51	24	26	29	80	35	38	41
52	25	27	29	81	36	38	41
53	25	27	29	82	36	39	42
54	25	27	30	83	37	39	42
55	26	28	30	84	37	40	43
56	26	28	31	85	37	40	43
57	27	29	31	86	38	40	44
58	27	29	32	87	38	41	44
59	27	30	32	88	39	41	44
60	28	30	33	89	39	42	45
61	28	30	33	90	39	42	45
62	28	31	33	91	40	42	46
63	29	31	34	92	40	43	46
64	29	32	34	93	40	43	46
65	30	32	35	94	41	44	47
66	30	32	35	95	41	44	47

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

67	30	33	36	96	42	44	48
68	31	33	36	97	42	45	48
69	31	34	36	98	42	45	49
70	32	34	37	99	43	46	49
71	32	34	37	100	43	46	49
72	32	35	38	200	80	84	89
73	33	35	38	300	117	122	127
74	33	36	39	400	152	158	165
75	34	36	39	500	188	194	202
76	34	36	39	1000	363	372	383
77	34	37	40	2000	709	722	737
78	35	37	40				
79	35	38	41				

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

มหาวิทยาลัยราชภัฏ Rajabhat University

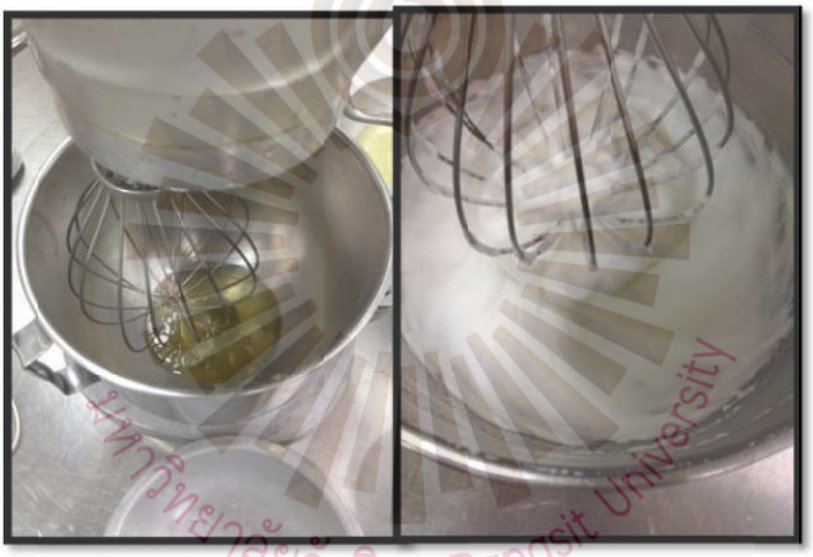
ภาคผนวก ค.

ภาพสรุปขั้นตอนการทำงาน

1. การวิเคราะห์ทางกายภาพ

1.1การหาค่า % Overrun

ภาพผนวกที่ ค. 1 ไข่ขาว 100 กรัม

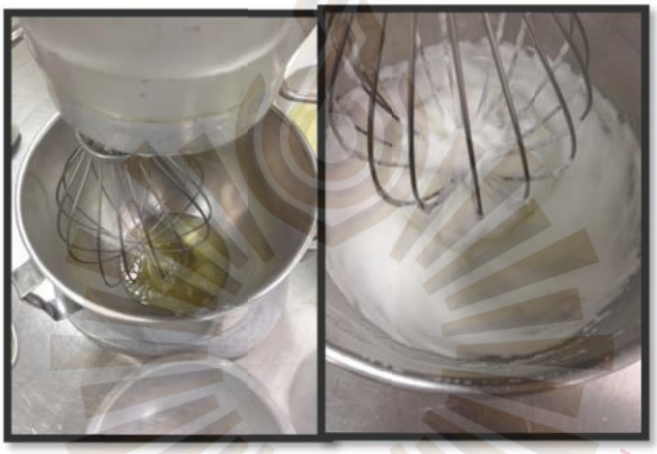


ภาพผนวกที่ ค. 2 ไข่ขาว 100 กรัมที่ผ่านการตี 1 นาที ก่อนตักใส่ภาชนะปริมาตร 100 mL.แล้วชั่งน้ำหนัก

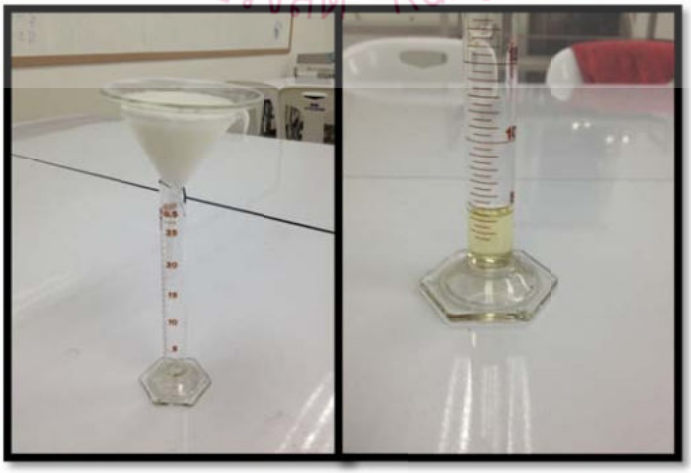
1.2.การคืนตัวของโฟม

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาพผนวกที่ ค. 3 ไข่ขาว 100 กรัม



ภาพผนวกที่ ค. 4 ไข่ขาว 100 กรัมที่ผ่านการตี 1 นาที



มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาพผนวกที่ ค. 5 การวัดการคืนตัวของโฟม

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2.การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์

ภาพผนวกที่ ค.6เครื่องวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl method

ภาพผนวกที่ ค.7 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl method

3.การพัฒนาสูตรมาการองลดน้ำตาล icing

ภาพผนวกที่ ค.8 ส่วนผสมในสูตร

ภาพผนวกที่ ค.9 มาการองที่ผ่านการลดน้ำตาล

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ก.1 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

อุปกรณ์

1. Soxhlet apparatus
2. หลอดใส่ตัวอย่าง
3. สำลี
4. ตู้อบไฟฟ้า
5. เครื่องชั่งไฟฟ้า
6. โถดูดความชื้น

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์

ขั้นตอนการทดลอง

1. อบขวดกลมสำหรับการหาปริมาณไขมันขนาด 250 มิลลิลิตรในตู้อบไฟฟ้า
2. ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น
3. ชั่งน้ำหนักขวดกลมที่แน่นอน
4. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักแล้ว 3-5 กรัม
5. ห่อให้มิดชิด ใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง
6. ใส่หลอดตัวอย่างใน Soxhlet เติมสารตัวทำละลายปิโตรเลียม อีเทอร์ ลงในขวดหาไขมันประมาณ 150 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตา
7. ประกอบอุปกรณ์ชุดกลั่นไขมัน พร้อมทั้งเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่นและเปิดสวิทช์ให้ความร้อน
8. ปรับความร้อนให้หยดของสารทำละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที
9. เมื่อครบ 6 ชั่วโมงแล้ว นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจาก Soxhlet ทั้งให้ตัวทำละลายไหลจาก Soxhlet ลงในขวดก้นกลมจนหมด
10. ระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ
11. อบขวดหาไขมันที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสจนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
12. ชั่งน้ำหนัก อบซ้ำนานครั้งละ 30 นาทีจนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

13. คำนวณหาปริมาณไขมันจากสูตร

$$\text{ปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{W2 \times 100}{W1}$$

เมื่อ $W1$ คือ น้ำหนักขวดตัวอย่างก่อนอบ

$W2$ คือ น้ำหนักขวดตัวอย่างหลังอบ

ก.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์การย่อยโปรตีน ประกอบด้วยเตาเผาและเครื่องดักจับไอกรด
2. อุปกรณ์กลั่นโปรตีน
3. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร และขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
4. ปิเปต (แบบกระเปราะ) ขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร
5. บิวเรตขนาด 25 มิลลิลิตร
6. ลูกแก้ว
7. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. สารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.H_2O$) และโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) อัตราส่วน 1:10
2. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40
4. กรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4
5. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 N
6. อินดิเคเตอร์เป็นสารผสมระหว่างเมทิลเรด เมธีลีนบลู และโบรโมครีซอลกรีน

ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนการย่อย

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1-3 กรัมใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน
2. ใส่สารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟตและโพแทสเซียมซัลเฟต ปริมาณ 5 กรัม
3. เติมกรดซัลฟูริกปริมาณ 20 มิลลิลิตร
4. วางหลอดย่อยในตัวอย่างย่อยแล้วประกอบสายยางระหว่างฝาครอบ ขวดใส่ด่างและเครื่องดักจับไอกรดให้เรียบร้อย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

5. เปิดสวิทช์เครื่องดักจับไอกรดและเตาย่อยแล้วตั้งอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นปรับเพิ่มอุณหภูมิเป็น 400 องศาเซลเซียส ย่อยต่ออีก 60 นาที จนได้สารละลายใส

6. ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น

ขั้นตอนการกลั่นและไตเตรท

1. จัดอุปกรณ์กลั่น แล้วเปิดสวิทช์ให้ความร้อน และเปิดน้ำหล่อเย็นเครื่องควบแน่น

2. บรรจุกรดบอริก (เข้มข้นร้อยละ 4) ปริมาตร 25 มิลลิลิตรลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมอินดิเคเตอร์แล้วไปรองรับของเหลวที่กลั่นได้ โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรด

3. เติมน้ำกลั่นลงในหลอดย่อย 20 มิลลิลิตร จากนั้นเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ทำปฏิกิริยาเกินพอ สังเกตให้สารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลขุ่น

4. กลั่นให้ได้ของเหลวอยู่ในระดับ 125 มิลลิลิตร

5. ไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้น 0.1 N จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วง

6. คำนวณหาปริมาณโปรตีนจากสูตร

$$\text{ปริมาณโปรตีน (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(A - B) \times N \times 1.4007 \times F}{W}$$

เมื่อ A คือปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรทกับแบลงค์ (มิลลิลิตร)

N คือความเข้มข้นของกรด (N)

F คือแฟคเตอร์ (5.85)

W คือน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

ก.3 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

อุปกรณ์

1. Crucible
2. Muffle furnace (เตาเผา)
3. Hot plate
4. โถดูดความชื้น
5. เครื่องชั่ง

ขั้นตอนการทดลอง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง เก็บไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนัก บันทึกผล

2. ทำซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 1. จนกระทั่งได้น้ำหนักที่คงที่ (ในแต่ละซ้ำต่างกันไม่เกิน 3 มิลลิกรัม) หาค่าเฉลี่ย บันทึกผล (W1)

3. ชั่งตัวอย่างอย่างละเอียดประมาณ 2 กรัม (S) ลงในถ้วยกระเบื้องเคลือบ เผาบนเตาไฟฟ้า จนหมดควัน

4. เผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้เถ้าสีเทาอ่อน หรือสีขาวสม่ำเสมอ นำออกจากเตาเผา เก็บในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนัก บันทึกผล

5. ทำซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 4. (ในแต่ละซ้ำต่างกันไม่เกิน 3 มิลลิกรัม) หาค่าเฉลี่ย บันทึกผล (W2)

6. คำนวณหาปริมาณเถ้าจากสูตร

$$\text{ปริมาณเถ้า (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(W2 - W1) \times 100}{S}$$

ก.4 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

อุปกรณ์

1. ภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น
2. ตู้อบไฟฟ้า
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

ขั้นตอนการทดลอง

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-3 ชั่วโมง ใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก

2. ทำเช่นเดียวกับข้อ 1 ซ้ำจนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียดประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว

4. อบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง

5. ใส่ในโถดูดความชื้น ชั่งหาน้ำหนัก

6. อบซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาทีและทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

7. คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

$$\text{ปริมาณความชื้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์} = \frac{M1 - M2}{M1} \times 100$$

เมื่อ $M1$ คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

$M2$ คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

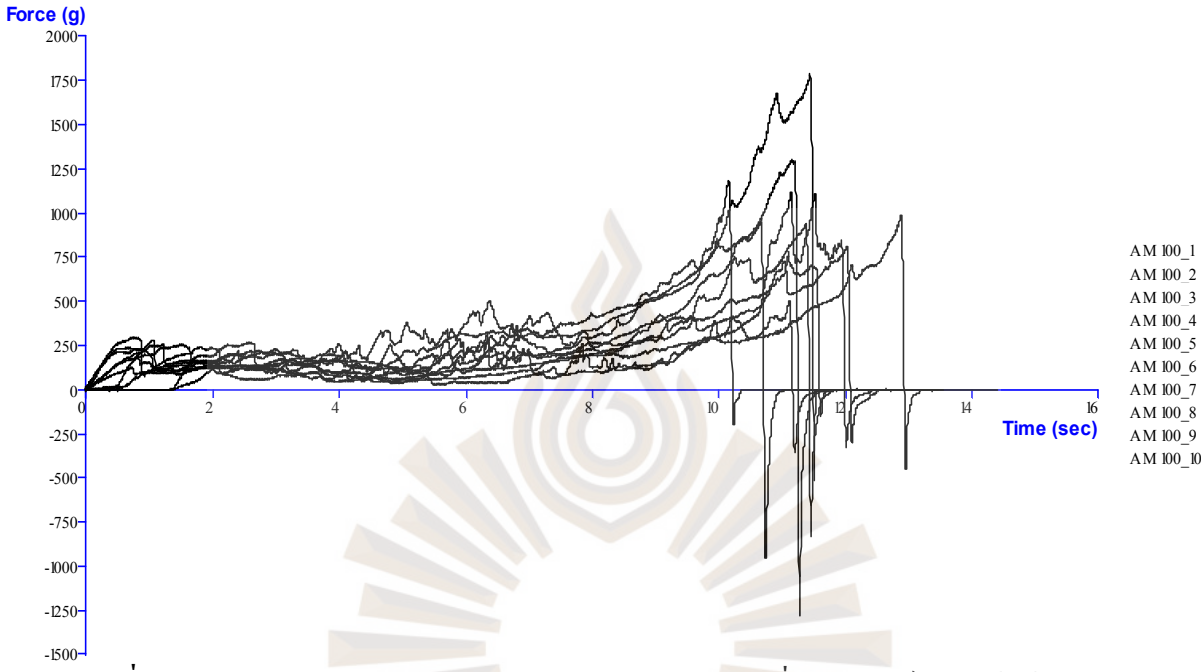
ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์การทดแทนผงอัลมอนด์ด้วยผงถั่วลิสงและผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ในมาการอง

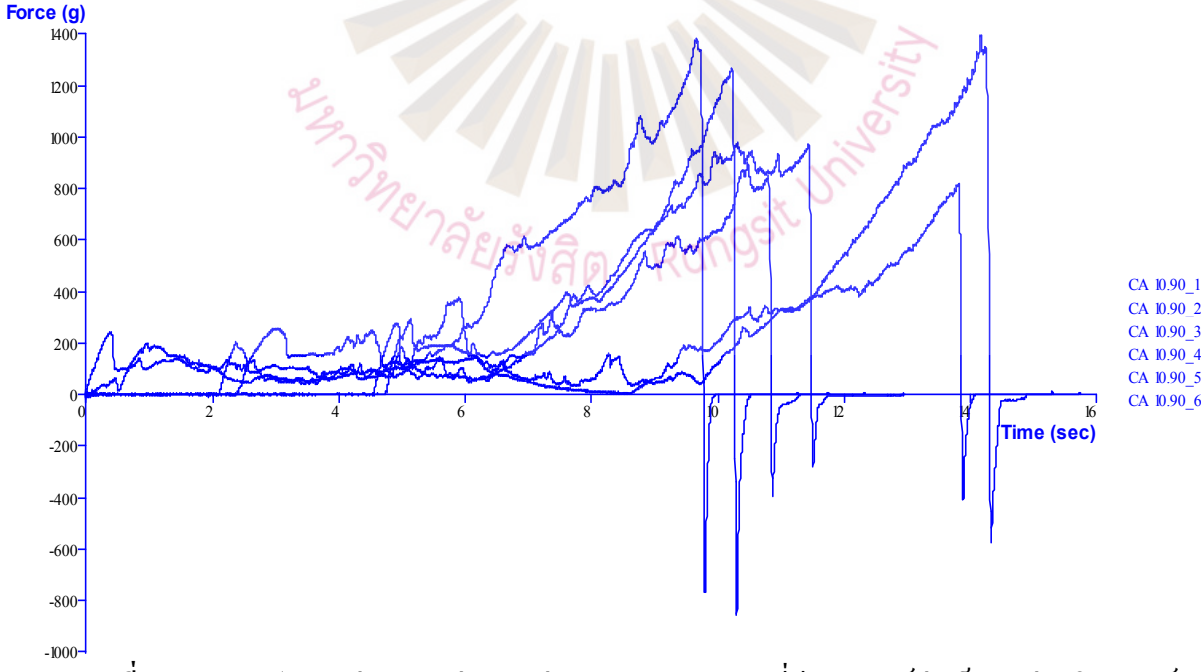
ง.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

อุปกรณ์

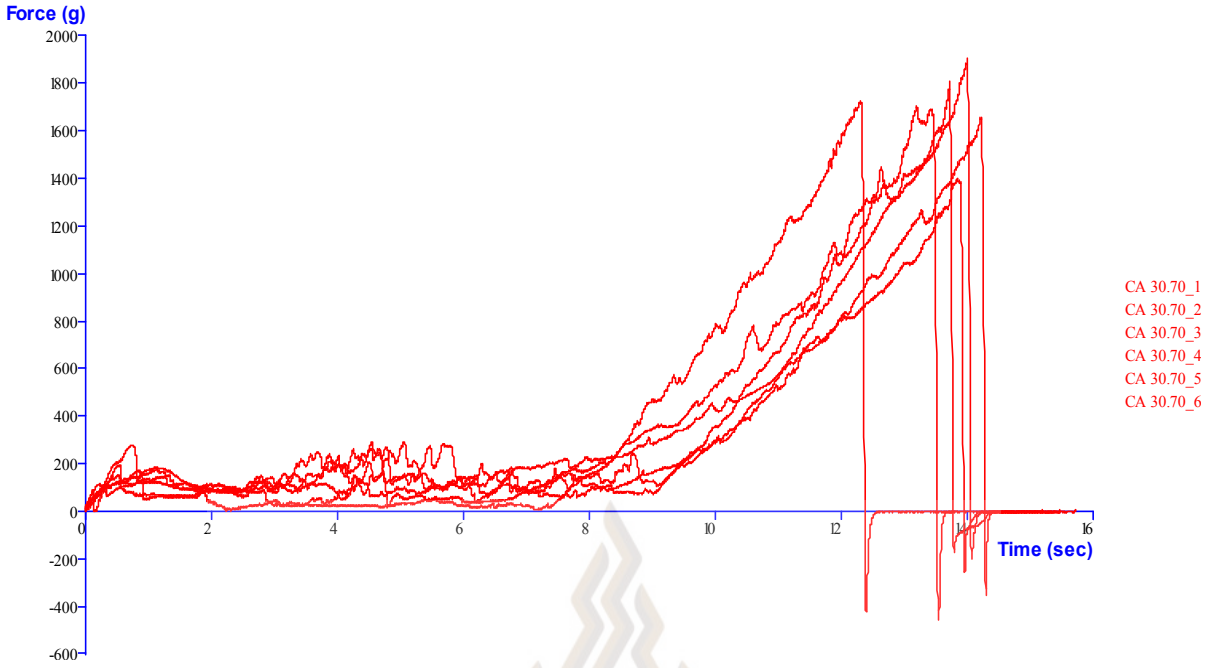
เครื่อง Texture analyzer



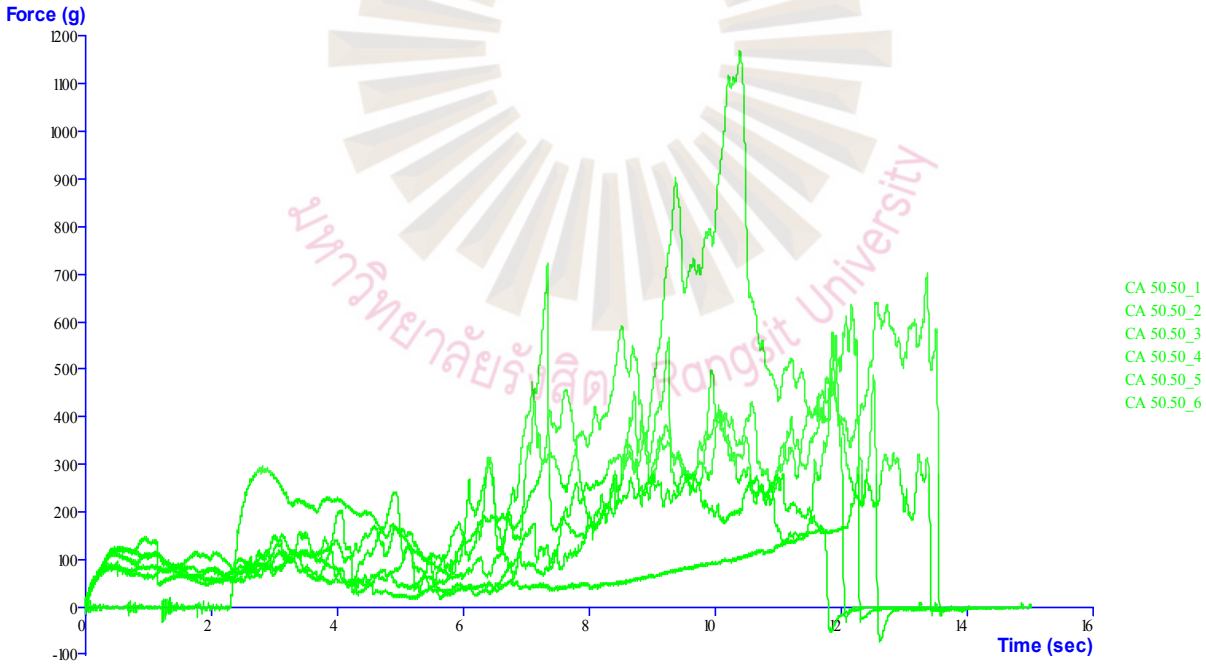
ภาคผนวกที่ ง.1.1 กราฟอัตราส่วนระหว่างแรงต่อเวลาของมาการองที่มีอัลมอนด์ความเข้มข้น 100



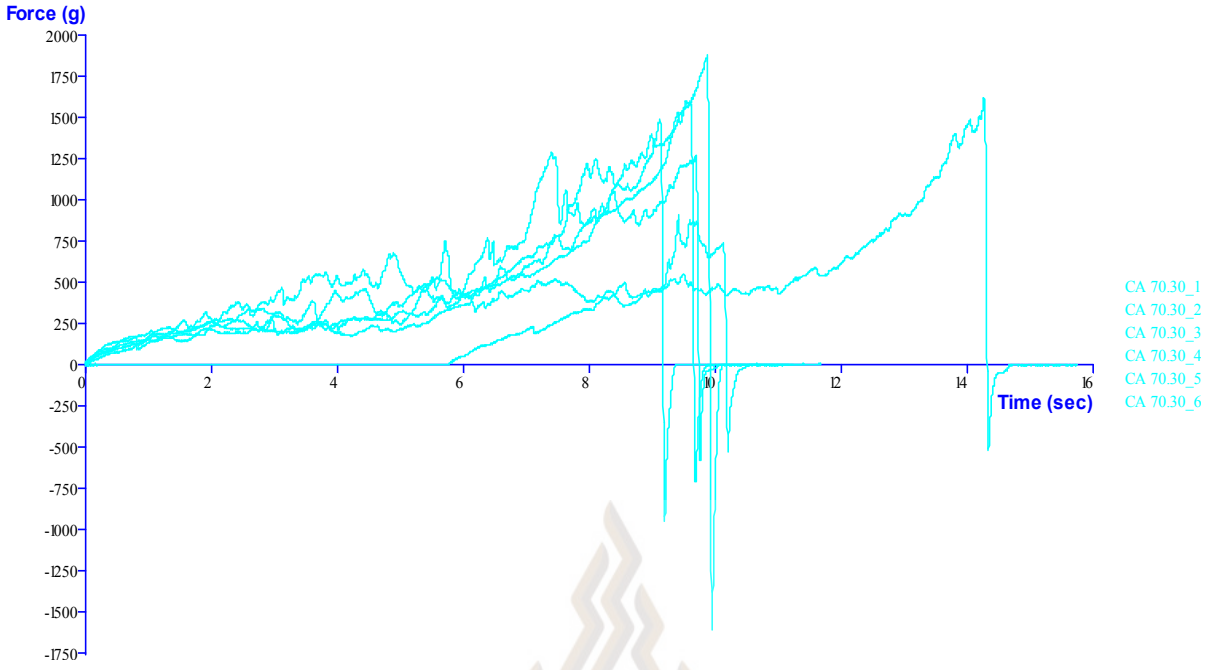
ภาคผนวกที่ ง.1.2 กราฟอัตราส่วนระหว่างแรงต่อเวลาของมาการองที่มีอัลมอนด์ต่อเม็ดมะม่วงหิมพานต์ความเข้มข้น 10:90



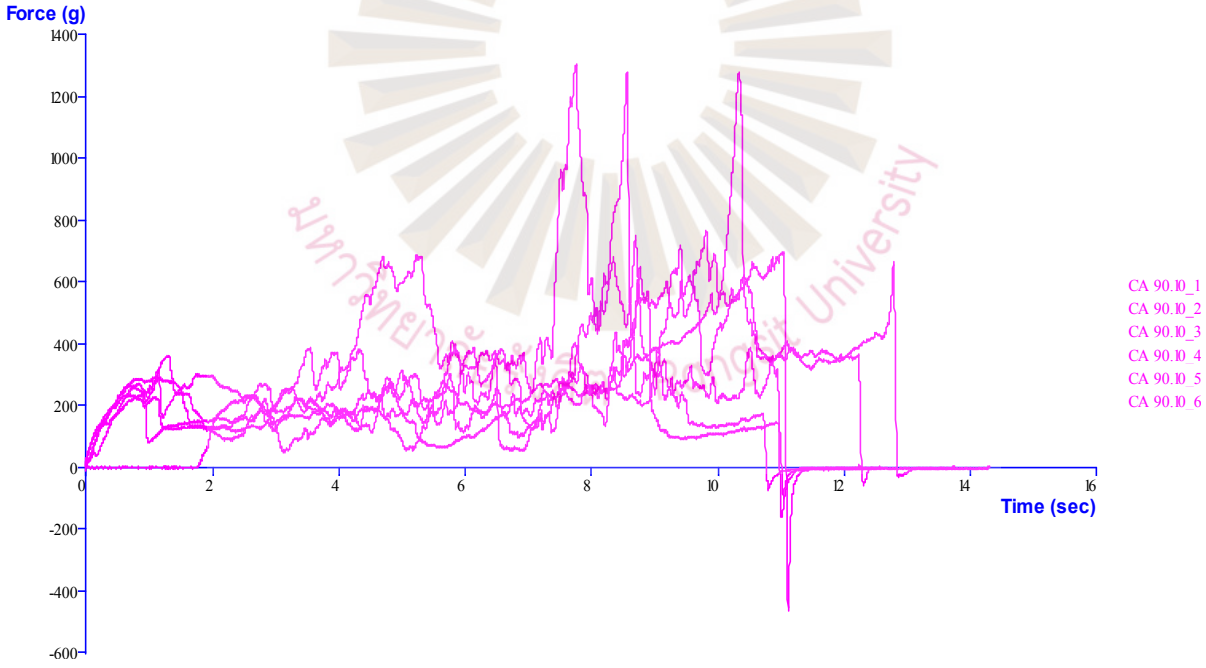
ภาคผนวกที่ ง.1.3 กราฟอัตราส่วนระหว่างแรงต่อเวลาของมาการองที่มีอัลมอนด์ต่อเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ความเข้มข้น 30:70



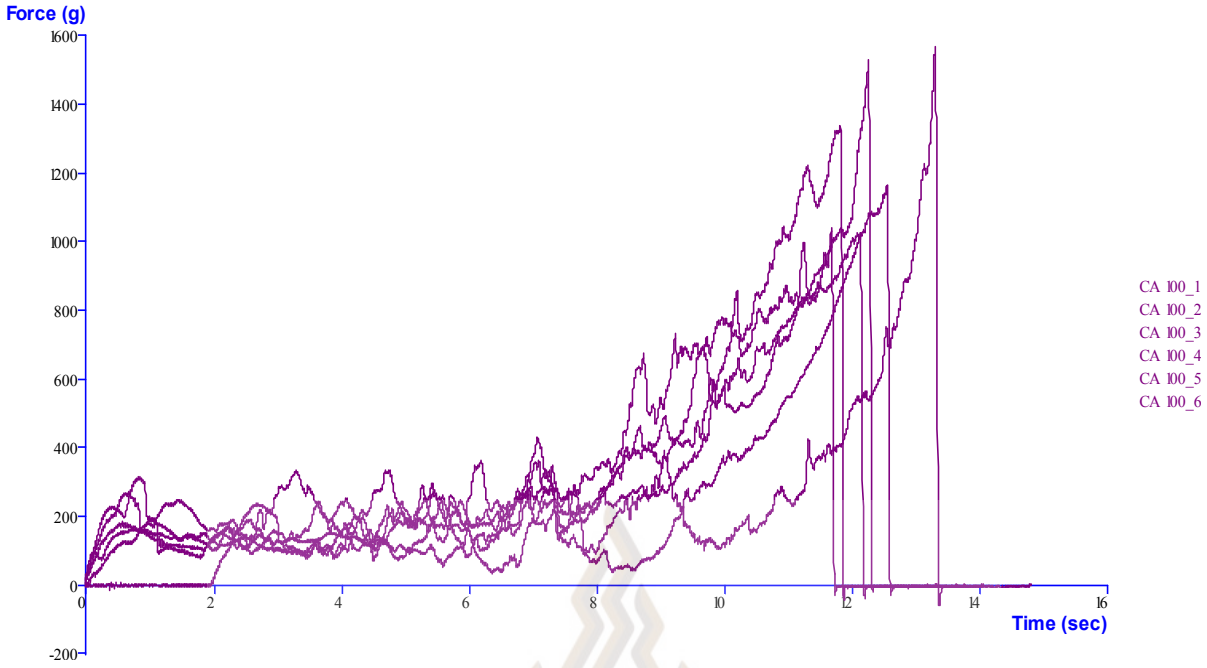
ภาคผนวกที่ ง.1.4 กราฟอัตราส่วนระหว่างแรงต่อเวลาของมาการองที่มีอัลมอนด์ต่อเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ความเข้มข้น 50:50



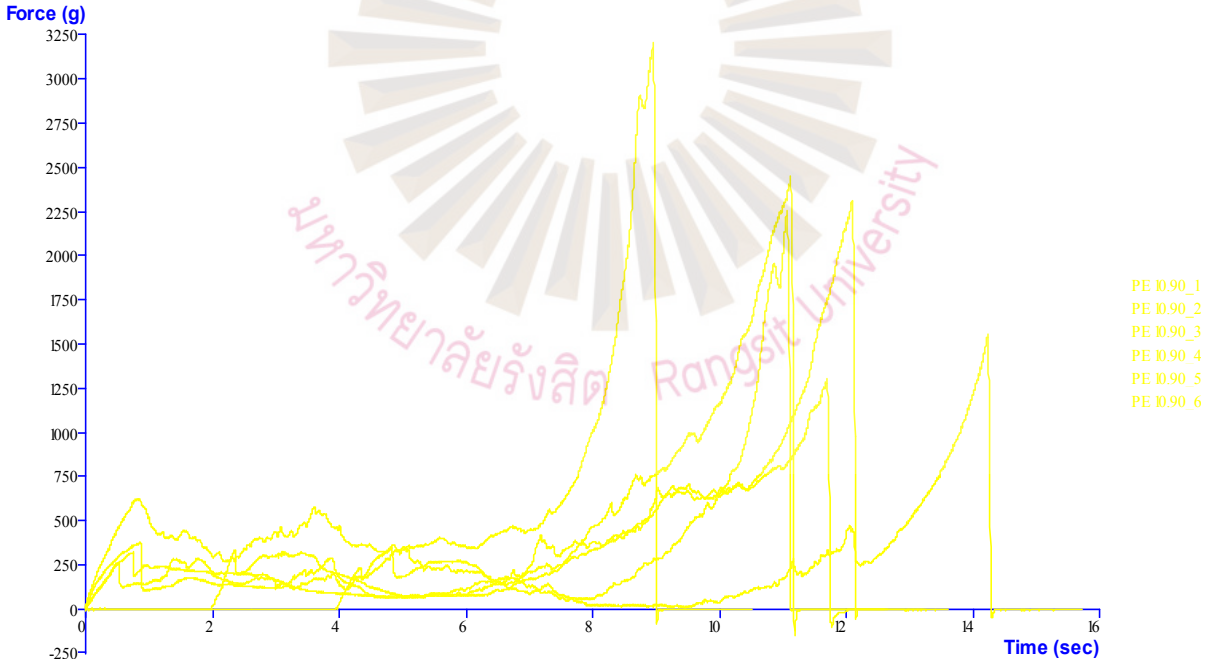
ภาคผนวกที่ ง.1.5 กราฟอัตราส่วนระหว่างแรงต่อเวลาของมาการองที่มีอัลมอนด์ต่อเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ความเข้มข้น 70:30



ภาคผนวกที่ ง.1.6 กราฟอัตราส่วนระหว่างแรงต่อเวลาของมาการองที่มีอัลมอนด์ต่อเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ความเข้มข้น 90:10

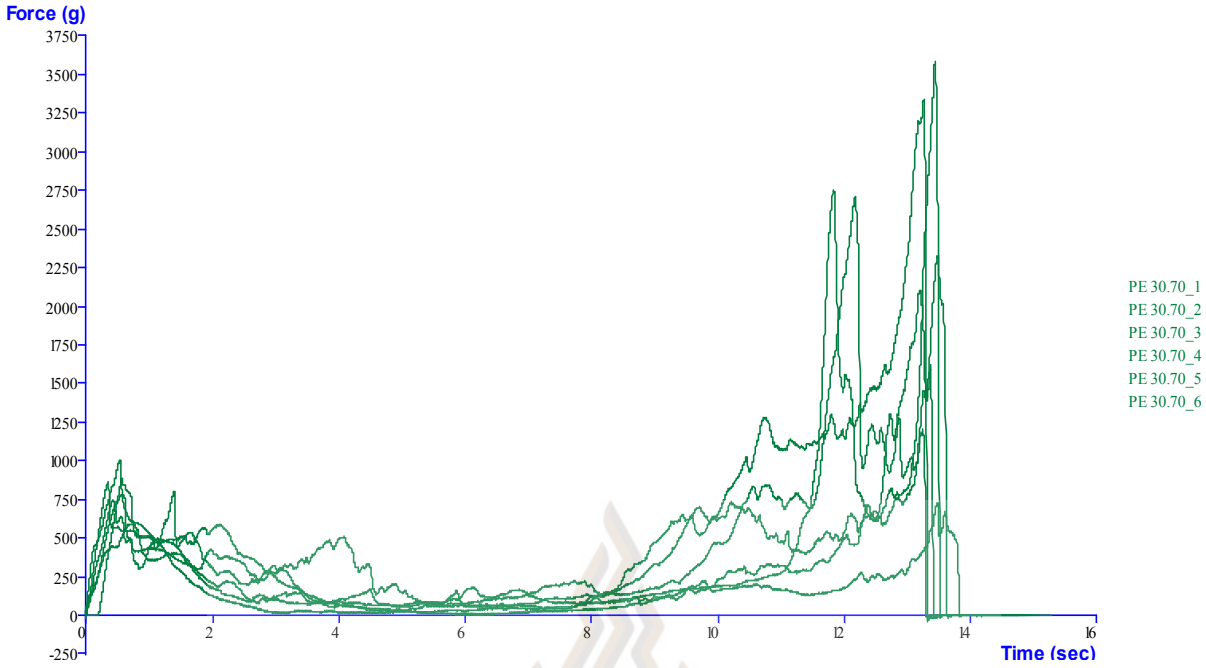


ภาคผนวกที่ ง.1.7 กราฟอัตราส่วนระหว่างแรงต่อเวลาของมาการองที่มีเม็ดมะม่วงหิมพานต์ความเข้มข้น 100

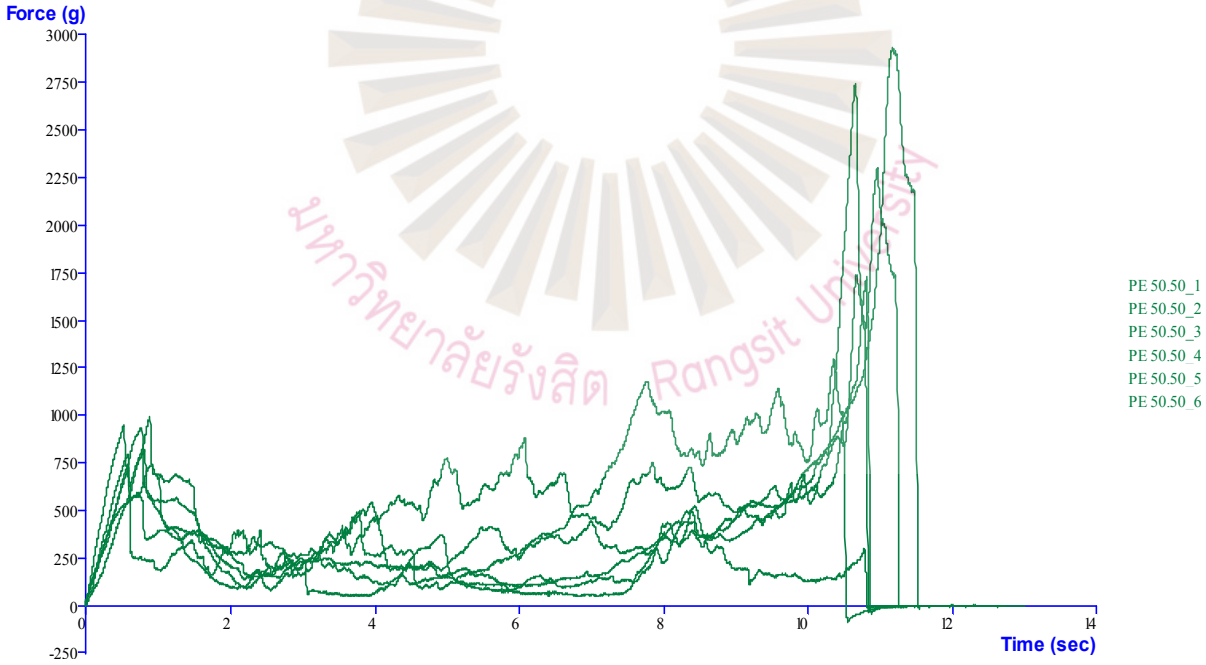


ภาคผนวกที่ ง.1.8 กราฟอัตราส่วนระหว่างแรงต่อเวลาของมาการองที่มีอัลมอนด์ต่อถั่วลิสงความเข้มข้น 10:90

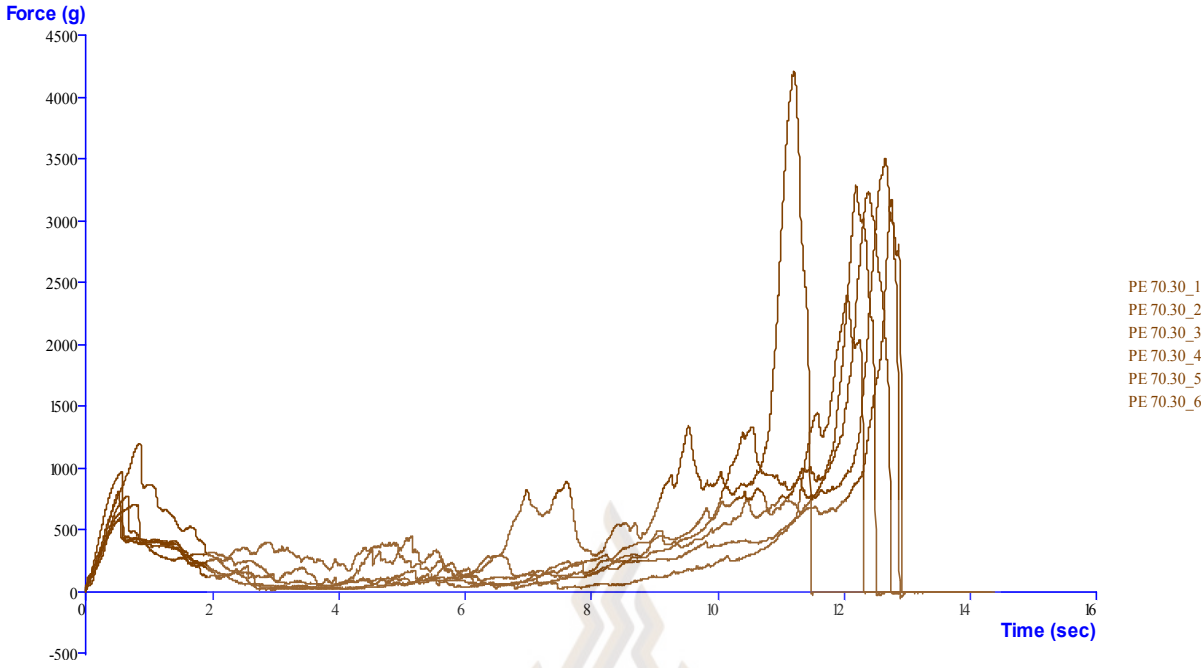
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



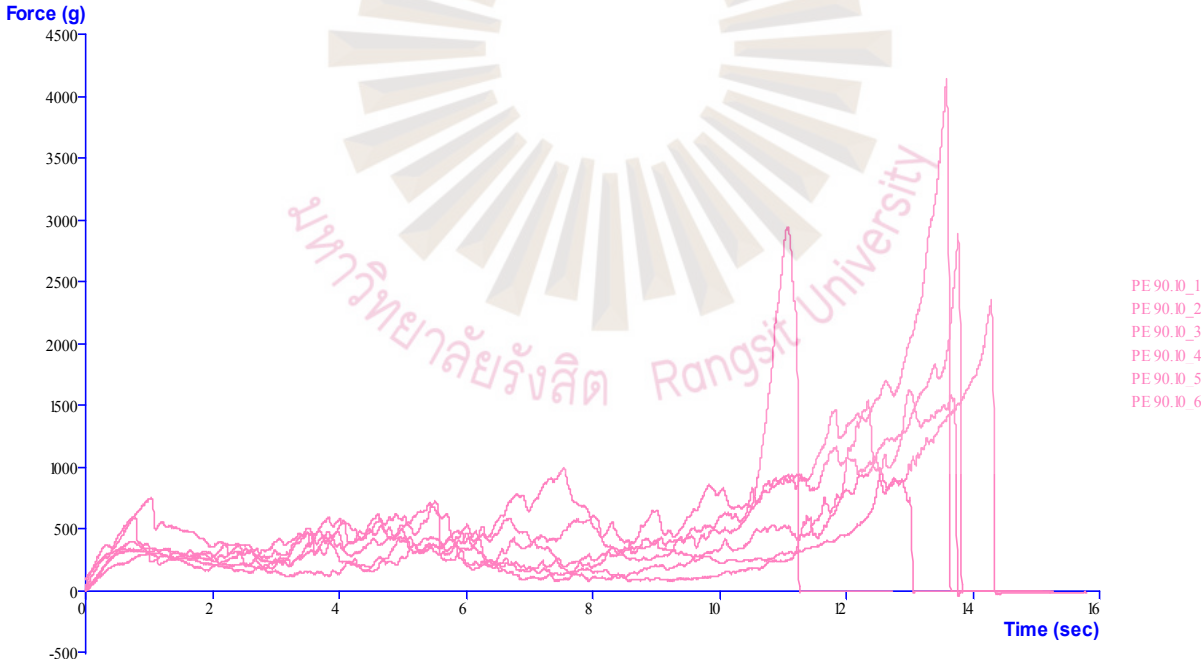
ภาคผนวกที่ ง.1.9 กราฟอัตราส่วนระหว่างแรงต่อเวลาของมาการองที่มีอัลมอนด์ต่อถั่วลิสงความเข้มข้น 30:70



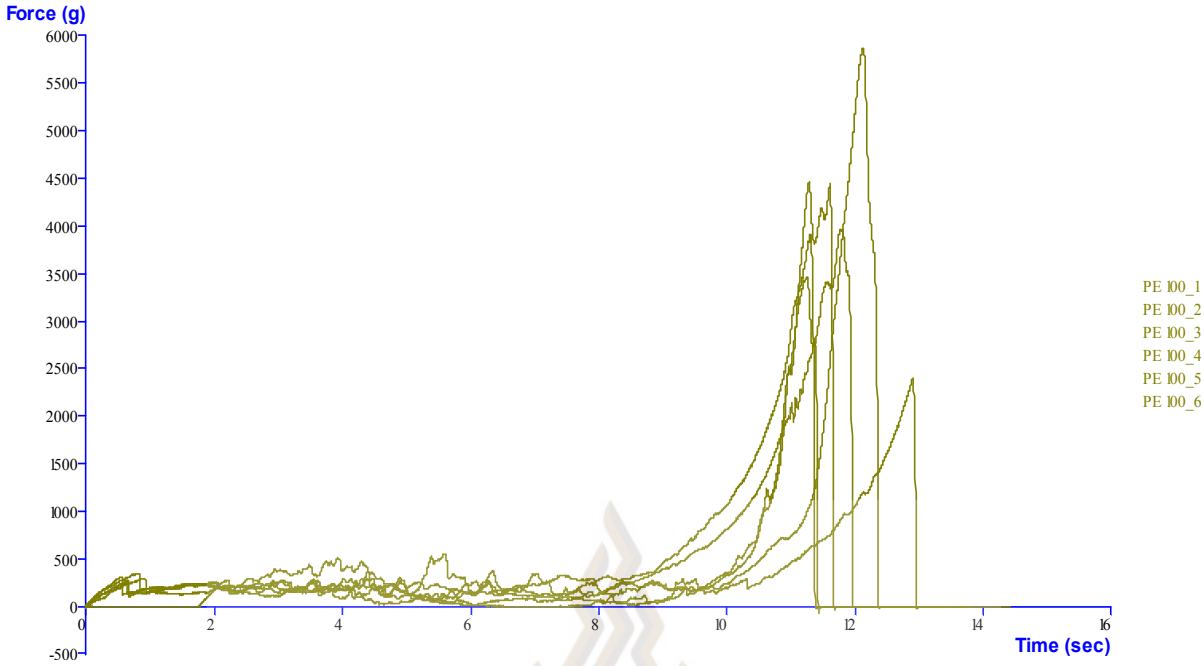
ภาคผนวกที่ ง.1.10 กราฟอัตราส่วนระหว่างแรงต่อเวลาของมาการองที่มีอัลมอนด์ต่อถั่วลิสงความเข้มข้น 50:50



ภาคผนวกที่ ง.1.11 กราฟอัตราส่วนระหว่างแรงต่อเวลาของมาการองที่มีอัลมอนด์ต่อถั่วลิสงความเข้มข้น 70:30



ภาคผนวกที่ ง.1.12 กราฟอัตราส่วนระหว่างแรงต่อเวลาของมาการองที่มีอัลมอนด์ต่อถั่วลิสงความเข้มข้น 90:10



ภาคผนวกที่ ง.1.13 กราฟอัตราส่วนระหว่างแรงต่อเวลาของมาการองที่มีถั่วลิสงความเข้มข้น 100

Oneway

[DataSet0]

Descriptives

hardness

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
almond 100	10	245.5161	48.04919	15.19449	211.1438	279.8884	131.25	303.40
al 90 : ca 10	6	293.4760	44.54572	18.18571	246.7281	340.2239	235.98	363.85
al 70 : ca 30	6	238.9448	86.78291	35.42898	147.8717	330.0179	136.48	387.52
al 50 : ca 50	6	147.4105	76.79224	31.35030	66.8220	227.9990	90.77	298.28
al 30 : ca 70	6	183.2862	56.36841	23.01231	124.1312	242.4412	120.34	284.20
al 10 : ca 90	6	225.9618	82.91613	33.85037	138.9467	312.9770	68.62	294.79
caschew 100	6	231.2713	33.08276	13.50598	196.5531	265.9896	187.76	274.93
Total	46	225.5927	72.09138	10.62929	204.1842	247.0012		7.52

Double-click to activate

ANOVA

hardness

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	80296.044	6	13382.674	3.398	.009
Within Groups	153576.496	39	3937.859		
Total	233872.540	45			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

hardness

Duncan[a,b]

ชนิดของถั่ว	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
al 50 : ca 50	6	147.4105		
al 30 : ca 70	6	183.2862	183.2862	
al 10 : ca 90	6		225.9618	225.9618
caschew 100	6		231.2713	231.2713
al 70 : ca 30	6		238.9448	238.9448
almond 100	10		245.5161	245.5161
al 90 : ca 10	6			293.4760
Sig.		.314	.122	.093

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.364.
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

```
SAVE OUTFILE='C:\Users\Win64bit\Desktop\AlmondCaschew.sav'
  /COMPRESSED.
```

Double-click to activate

ภาคผนวกที่ ง.1.14 แสดงค่าการวิเคราะห์ SPSS ของ Almond : Cashew

Oneway

```
[DataSet0]
```

Descriptives

hardness

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
almond 100	10	245.5161	48.04919	15.19449	211.1438	279.8884	131.25	303.40
al 90 : pe 10	6	439.1773	159.74641	65.21620	271.5338	606.8209	338.10	760.42
al 70 : pe 30	6	855.4625	211.73820	86.44176	633.2569	1077.6681	616.08	1210.67
al 50 : pe 50	6	817.1868	141.62286	57.81729	668.5628	965.8109	595.57	1013.09
al 30 : pe 70	6	817.1868	141.62286	57.81729	668.5628	965.8109	595.57	1013.09
al 10 : pe 90	6	364.9175	140.55150	57.37991	217.4177	512.4173	239.58	631.68
penut 100	6	310.4770	29.40241	12.00348	279.6211	341.3329	282.57	359.15
Total	46	523.5132	283.27445	41.76654	439.3911	607.6354	131.25	1210.67

Double-click to activate

ANOVA

hardness

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2934793.680	6	489132.280	28.211	.000
Within Groups	676204.881	39	17338.587		
Total	3610998.561	45			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

hardness

Duncan[a,b]

ชนิดของถั่ว	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
almond 100	10	245.5161		
penut 100	6	310.4770	310.4770	
al 10 : pe 90	6	364.9175	364.9175	
al 90 : pe 10	6		439.1773	
al 50 : pe 50	6			817.1868
al 30 : pe 70	6			817.1868
al 70 : pe 30	6			855.4625
Sig.		.134	.107	.630

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.364.
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

```
SAVE OUTFILE='C:\Users\Win64bit\Desktop\AlmondPenut.sav'
  /COMPRESSED.
```

ภาคผนวกที่ ง.1.15 แสดงค่าการวิเคราะห์ SPSS ของ Almond : Peanut

ง.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

อุปกรณ์

1. ตลับพลาสติก (a_w box)
2. เครื่องวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพน้ำ (Water Activity Meter ; Aqualab, CX3TE, USA)

ขั้นตอนการทดลอง

1. เปิดเครื่องและอุ่นเครื่องประมาณ 30 นาที ก่อนทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง
2. บรรจุตัวอย่างลงไปในตลับพลาสติก (a_w box) ที่สะอาด โดยไม่เกินครึ่งของตลับพลาสติก (a_w box)
3. ดึงลิ้นชักของเครื่องออกมาจากตัวเครื่องจากตำแหน่ง open/load และทำการใส่ตลับพลาสติก (a_w box) ลงไป
4. ดันลิ้นชักเข้าไปในตัวเครื่องกลับเข้าตำแหน่งเดิมหมุนปุ่มของลิ้นชักจากตำแหน่ง open/load ไปยังตำแหน่ง read เครื่องจะเริ่มทำการวิเคราะห์ เมื่อเครื่องทำการวิเคราะห์เรียบร้อยแล้ว จะมีสัญญาณเตือนดังถี่และมีไฟสีเหลืองกระพริบขึ้นอ่านผลตัวเลขที่หน้าจอ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

5. บันทึกค่า ทำการวัด 3 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ย

```
ONEWAY ค่ากัมมันตภาพน้ำ BY ชนิดของถั่ว
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=DUNCAN ALPHA(0.05).
```

Oneway

```
[DataSet0]
```

Warnings

Post hoc tests are not performed for ค่ากัมมันตภาพน้ำ because at least one group has fewer than two cases.

Descriptives

ค่ากัมมันตภาพน้ำ

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
ผงอัลมอนด์	1	.3200	.	.	.	.	.32	.32
ผงถั่วลิสงดิ	1	.2900	.	.	.	.	.29	.29
ผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์	1	.3100	.	.	.	.	.31	.31
Total	3	.3067	.01528	.00882	.2687	.3446	.29	.32

ANOVA

ค่ากัมมันตภาพน้ำ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	2	.000	.	.
Within Groups	.000	0	.		
Total	.000	2			

ภาคผนวกที่ ง.2.1 แสดงค่าการวิเคราะห์ SPSS ของถั่วทั้ง 3 ชนิด Almond Peanut Cashew

ง.3 การวิเคราะห์การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อทานิต้า รุ่น KD-810,811
2. ที่ร่อนแป้ง
3. พายพลาสติก
4. ถาดอบคุกกี้
5. Spatula
6. แปรงปัด
7. เครื่องปั่น
8. เครื่องผสมแนวตั้งแบบลวดตะกร้อ
9. เตาอบ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

10. หัวบีบ

11. กระดาษไข

12. ถุงบีบ

13. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ขั้นตอนการทดลอง

1. ชั่งผงอัลมอนด์ 100 กรัมร่อนกับน้ำตาลไอซิ่ง 168 กรัม

2. ชั่งไข่ขาว 83 กรัม ตีไข่ขาวด้วยเครื่องผสมสปีดสูงให้เป็นฟอง ใส่น้ำตาล ตีต่อจนได้ยอดอ่อน

3. ผสมข้อที่ 1 และ 2 โดยใช้พายพลาสติก คนจนเป็นเนื้อเดียวกัน

4. ใส่ถุงเตรียมบีบ และบีบลงบนกระดาษไขที่วางบนถาด

5. พักผิวประมาณ 30 นาที สังเกตให้ผิวหน้าแห้งไม่ติดมือ

6. อบที่ 150 องศาเซลเซียสประมาณ 15 นาที นำออกมาวางพักไว้แล้วจึงใช้ Spatula ขูดออกจากกระดาษไข

7. ทำซ้ำข้อ 1-6 แต่เปลี่ยนจากผงอัลมอนด์ 100% เป็นทดแทนปริมาณผงอัลมอนด์ด้วยผงถั่วลิสงและผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยแปรอัตราส่วนระหว่างผงอัลมอนด์ต่อผงถั่วลิสงและผงอัลมอนด์ต่อผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์เป็น 6 ระดับ คือ 90:10, 70:30, 50:50, 30:70, 10:90 และ 0:100 ของน้ำหนักผงอัลมอนด์ที่ใช้ในสูตร

8. ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี different from control ตามคุณลักษณะทางด้านความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

9. วิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Rank sum test

Critical Values of Differences Between Rank Sums, p=0.05									
No.of Assessors	No. of Products								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	8.8	14.8	21.0	27.3	33.7	40.3	47.0	53.7	60.6
21	9.0	15.2	21.5	28.0	34.6	41.3	48.1	55.1	62.1
22	9.2	15.5	22.0	28.6	35.4	42.3	49.2	56.4	63.5
23	9.4	15.9	22.5	29.3	36.2	43.2	50.3	57.6	65.0
24	9.6	16.2	23.0	29.9	36.9	44.1	51.1	58.9	66.4
25	9.8	16.6	23.5	30.5	37.7	45.0	52.5	60.1	67.7
26	10.0	16.9	23.9	31.1	38.4	45.9	53.5	61.3	69.1

27	10.2	17.2	24.4	31.7	39.2	46.8	54.6	62.4	70.4
28	10.4	17.5	24.8	32.3	39.9	47.7	55.6	63.6	71.7
29	10.6	17.8	25.3	32.8	40.6	48.5	56.5	64.7	72.9
30	10.7	18.2	25.7	33.4	41.3	49.3	57.5	65.8	74.2
31	10.9	18.5	26.1	34.0	42,0	50.2	58.5	66.9	75.4
32	11.1	18.7	26.5	34.5	42.6	51.0	59.4	68.0	76.6
33	11.3	19.0	26.9	35.0	43.3	51.7	60.3	69.0	77.8
34	11.4	19.3	27.3	35.6	44.0	52.5	61.2	70.1	79.0
35	11.6	19.6	27.7	36.1	44.6	53.3	62.1	71.1	80.1
36	11.8	19.9	28.1	36.6	45.2	54.0	63.0	72.1	81.3
37	11.9	20.2	28.5	37.1	45.9	54.8	63.9	73.1	82.4
38	12.1	20.4	28.9	37.6	46.5	55.5	64.7	74.1	83.5
39	12.2	20.7	29.3	38.1	47.1	56.3	65.6	75.0	84.6
40	12.4	21.0	29.7	38.6	47.7	57.0	66.4	76.0	85.7
41	12.6	21.2	30.0	39.1	48.3	57.7	67.2	76.9	86.7
42	12.7	21.5	30.4	39.5	48.9	58.4	68.0	77.9	87.8
43	12.9	21.7	30.8	40.0	49.4	59.1	68.8	78.8	88.8
44	13.0	22.0	31.1	40.5	50.0	59.8	69.6	79.7	89.9
45	13.1	22.2	31.5	40.9	50.6	60.4	70.4	80.6	90.9
46	13.3	22.7	32.2	41.8	51.7	61.8	72.0	82.4	92.9
47	13.4	22.7	32.2	41.8	51.7	61.8	72.0	82.4	92.9
48	13.6	23.0	32.5	42.5	52.2	62.4	72.7	83.2	93.8
49	13.7	23.2	32.8	42.7	52.8	63.1	73.5	84.1	94.8
50	13.9	23.4	33.2	43.1	53.3	63.7	74.2	85.0	95.8
55	14.5	24.6	34.8	45.2	55.9	66.8	77.9	89.1	100.5
60	15.2	25.7	36.3	47.3	58.4	69.8	81.3	93.1	104,9
65	15.8	26.7	37.8	49.2	60.8	72.6	84.6	96.9	109.2
70	16.4	27.7	39.2	51.0	63.1	75.4	87.8	100.5	113.3
80	17.5	29.6	42.0	54.6	67.4	80.6	93.9	107.5	121.2
90	18.6	31.4	44.5	57.9	71.5	85.5	99.6	114.0	128.5
100	19.6	33.1	46.9	61.0	75.4	90.1	105.0	120.1	135.5

110	20.6	34.8	49.2	64.0	79.1	94.5	110.1	126.0	142.1
120	21.5	36.3	51.4	66.8	82.6	98.7	115.0	131.6	148.4

ภาคผนวกที่ ง.3.1 ตารางสถิติ Rank sum test (Critical Values of Differences Between Rank Sums, p=0.05)

A-B	97 – 49 = 48	< 49.3	ไม่แตกต่าง
A-C	103 – 49 = 54	> 49.3	แตกต่าง
A-D	93 – 49 = 44	< 49.3	ไม่แตกต่าง
A-E	96 – 49 = 47	< 49.3	ไม่แตกต่าง
A-F	89 – 49 = 40	< 49.3	ไม่แตกต่าง
A-G	57 – 49 = 8	< 49.3	ไม่แตกต่าง
B-C	103 – 97 = 6	< 49.3	ไม่แตกต่าง
B-D	97 – 93 = 4	< 49.3	ไม่แตกต่าง
B-E	97 – 96 = 1	< 49.3	ไม่แตกต่าง
B-F	97 – 89 = 8	< 49.3	ไม่แตกต่าง
B-G	97 – 57 = 40	< 49.3	ไม่แตกต่าง
C-D	103 – 93 = 10	< 49.3	ไม่แตกต่าง
C-E	103 – 96 = 7	< 49.3	ไม่แตกต่าง
C-F	103 – 89 = 14	< 49.3	ไม่แตกต่าง
C-G	103 – 57 = 46	< 49.3	ไม่แตกต่าง
D-E	96 – 93 = 3	< 49.3	ไม่แตกต่าง
D-F	93 – 89 = 4	< 49.3	ไม่แตกต่าง
D-G	93 – 57 = 36	< 49.3	ไม่แตกต่าง
E-F	96 – 89 = 7	< 49.3	ไม่แตกต่าง
E-G	96 – 57 = 39	< 49.3	ไม่แตกต่าง
F-G	89 – 57 = 32	< 49.3	ไม่แตกต่าง

ภาคผนวกที่ ง.3.2 ตารางแสดงค่าความแตกต่างของ Almond : Cashew ในการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Rank sum test

A-B	131 – 23 = 108	> 49.3	แตกต่าง
A-C	106 – 23 = 83	> 49.3	แตกต่าง
A-D	100 – 23 = 77	> 49.3	แตกต่าง
A-E	97 – 23 = 74	> 49.3	แตกต่าง
A-F	98 – 23 = 75	> 49.3	แตกต่าง
A-G	107 – 23 = 84	> 49.3	แตกต่าง
B-C	131 – 106 = 25	< 49.3	ไม่แตกต่าง
B-D	131 – 100 = 31	< 49.3	ไม่แตกต่าง
B-E	131 – 97 = 34	< 49.3	ไม่แตกต่าง
B-F	131 – 98 = 33	< 49.3	ไม่แตกต่าง
B-G	131 – 107 = 24	< 49.3	ไม่แตกต่าง
C-D	106 – 100 = 6	< 49.3	ไม่แตกต่าง
C-E	106 – 97 = 9	< 49.3	ไม่แตกต่าง
C-F	106 – 98 = 8	< 49.3	ไม่แตกต่าง
C-G	107 – 106 = 1	< 49.3	ไม่แตกต่าง
D-E	100 – 97 = 3	< 49.3	ไม่แตกต่าง
D-F	100 – 98 = 2	< 49.3	ไม่แตกต่าง
D-G	107 – 100 = 7	< 49.3	ไม่แตกต่าง
E-F	98 – 97 = 1	< 49.3	ไม่แตกต่าง
E-G	107 - 97 = 10	< 49.3	ไม่แตกต่าง
F-G	107 – 98 = 9	< 49.3	ไม่แตกต่าง

ภาคผนวกที่ ง.3.3 ตารางแสดงค่าความแตกต่างของ Almond : Peanut ในการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Rank sum test

จำนวนคน	Samples score						
	Almond100	90:10	70:30	50:50	30:70	10:90	Caschew100
1	4	4	3	4	5	5	1
2	3	4	4	4	5	5	1
3	3	3	4	4	4	3	3
4	4	4	4	4	4	3	3
5	0	1	5	4	4	2	3
6	0	1	4	4	4	2	3
7	0	2	4	3	3	3	1
8	1	2	4	3	3	3	1
9	0	5	3	4	4	4	1
10	0	5	3	4	4	5	1
11	1	2	4	3	3	5	1
12	1	5	5	4	4	3	2
13	0	5	4	3	2	2	1
14	0	2	3	3	2	2	3
15	2	5	4	3	3	3	1
16	1	5	4	4	4	3	0
17	0	3	3	2	4	4	3
18	1	4	2	2	2	3	4
19	0	4	1	2	3	4	2
20	5	2	2	2	1	1	1
21	4	2	3	2	2	2	1
22	1	3	3	2	4	2	3
23	1	4	3	4	3	3	2
24	5	1	2	0	2	0	3
25	1	4	4	3	2	1	0
26	2	4	5	3	2	1	0
27	1	2	2	3	3	4	5
28	1	2	3	3	4	4	0
29	5	5	5	4	3	4	4

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

30	2	2	3	3	3	3	3
total	49	97	103	93	96	89	57
mean	1.633333	3.233333	3.433333	3.1	3.2	2.966667	1.9

ภาคผนวกที่ ง.3.4 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Rank sum test ของ Almond : Cashew

จำนวนคน	**Samples score**						
	Almond100	**90:10**	**70:30**	**50:50**	**30:70**	**10:90**	**Peanut100**
1	4	5	4	3	3	3	5
2	2	5	4	3	2	3	5
3	1	4	3	3	3	3	3
4	3	3	2	3	3	2	5
5	0	5	3	2	2	2	1
6	0	5	4	5	3	4	4
7	0	4	4	4	4	4	4
8	1	2	3	4	4	4	4
9	2	5	5	3	4	4	3
10	2	5	3	3	4	3	4
11	0	5	5	4	4	3	3
12	0	4	3	3	3	4	4
13	0	4	4	3	2	2	4
14	1	3	2	4	3	5	5
15	0	4	5	2	2	1	2
16	1	4	3	3	3	3	5
17	0	5	5	4	4	4	5
18	4	5	3	3	3	2	1
19	0	4	2	1	3	3	3
20	0	4	5	4	5	3	3
21	0	5	4	4	4	4	4
22	0	5	5	4	4	4	4
23	1	4	5	3	3	3	4

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

24	1	4	4	3	3	3	4
25	0	4	3	3	4	4	5
26	0	4	3	3	3	4	3
27	0	5	3	5	2	4	2
28	0	5	3	4	2	4	2
29	0	5	2	4	4	3	3
30	0	5	2	3	4	3	3
total	23	131	106	100	97	98	107
mean	0.766667	4.366667	3.533333	3.333333	3.233333	3.266667	3.566667

ภาคผนวกที่ ง.3.5 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Rank sum test ของ Almond : Peanut

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ประวัติผู้วิจัย

คำนำหน้า	นาย
ชื่อผู้วิจัย	อธิป บุญศิริวิทย์
ชื่อภาษาอังกฤษ	Athip Boonsiriwit
วัน/เดือน /ปีเกิด	27/07/2529
ที่อยู่	406/9 ถ. มรุพงษ์ ต.หน้าเมือง อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา 24000
โทรศัพท์บ้าน	086 4125874
ที่อยู่ที่ทำงาน	วิทยาลัยการท่องเที่ยวและการบริการ สาขาเทคโนโลยีการประกอบอาหาร
โทรศัพท์ที่ทำงาน	029972200 ต่อ 4142
การศึกษา	
ปริญญาตรี	สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร, 2552 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ไทย
ปริญญาโท	สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร, 2556 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ไทย
ผลงานตีพิมพ์	

Boonsiriwit A., S. Keeratipibul and S. Thitinunsomboon. 2011. The effect of glutamic acid concentration on germination rate and amount of gamma amino butyric acid (GABA) in germinated brown rice, Environmental Science, Engineering and Management Chulalongkorn University(3) : 42-43

S. Thitinunsomboon, S. Keeratipibul and Boonsiriwit A. 2013 Enhancing gamma - aminobutyric acid content in germinated brown rice by repeated treatment of soaking and incubation Food Science and Technology International; 19(1) : 25-33

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University