

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอล

DEVELOPMENT OF CHOLESTEROL-FREE SIMULATED
EGG YOLK PRODUCT



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2545

ISBN 974-648-787-6

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอล

DEVELOPMENT OF CHOLESTEROL - FREE SIMULATED
EGG YOLK PRODUCT



จิตติมา อรัญวิชานนท์

JITTIMA ARRAKVICHANAN

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....43718
วัน, เดือน, ปี.....พ.ศ. 2545

b.....
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา พ.ศ. 2545 เองจึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISBN 974 - 648 - 787 - 6

**DEVELOPMENT OF CHOLESTEROL – FREE SIMULATED
EGG YOLK PRODUCT**



JITTIMA ARRAKVICHANAN

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2002

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISBN 974 – 648 – 787 - 6



COPYRIGHT 2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอล
DEVELOPMENT OF CHOLESTEROL-FREE SIMULATED EGG YOLK

ชื่อนักศึกษา นางสาวจิตติมา อารักษ์วิชานันท์

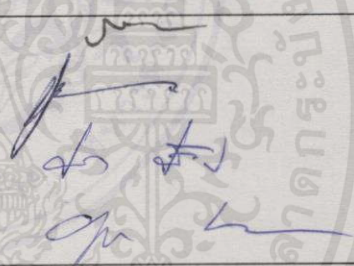
รหัสประจำตัว 42066001

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ดร.กิตติชัย บรรจง

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ.เขาวลัักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ดร.กิตติชัย	บรรจง	
ผศ.เขาวลัักษณ์	สุรพันธ์พิศิษฐ์	
ดร.ประพันธ์	ปิ่นศิริโรดม	
ดร.ยุพร	พีชกมูท	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 29 เมษายน 2545 เวลา 10.00-12.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้อง D213 อาคารเจ้าคุณทหาร



วันที่.....๖.....เดือน.....พ.ศ. ๒๕๔๕.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอล
นักศึกษา	นางสาวจิตติมา อารักษ์วิชานันท์
รหัสประจำตัว	42066001
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2545
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ดร. กิตติชัย บรรจง
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมศส.	เขาวลัทธิชัย สุรพันธ์พิศิษฐ์

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอลนี้ ได้นำการออกแบบการทดลองแบบ Plackett and Burman design มาใช้เพื่อคัดกรองและคัดเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมในขั้นต้นก่อน พบว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ น้ำ ถั่วเขียวบดละเอียด และน้ำมันดอกทานตะวัน จากนั้นศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของทั้ง 3 ปัจจัย โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบ mixture design ซึ่งกำหนดปริมาณของปัจจัยที่สำคัญ ดังนี้ ปริมาณน้ำ 20 – 30 กรัม ปริมาณถั่วเขียวบดละเอียด 20 – 55 กรัม และปริมาณน้ำมันดอกทานตะวัน 20 – 55 กรัม พบว่า การใช้ถั่วเขียวบดละเอียดในปริมาณสูง และปริมาณน้ำมันดอกทานตะวันในปริมาณต่ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะด้านความเรียบเนียน ความรู้สึกเมื่อกัดค้ำแรก ความชุ่มน้ำ เนื้อสัมผัส ความมันของเนื้อ และความชอบโดยรวม ดีกว่าการใช้ถั่วเขียวบดละเอียดในปริมาณต่ำ และน้ำมันดอกทานตะวันในปริมาณสูง ดังนั้น จึงได้กำหนดปริมาณของปัจจัยที่สำคัญใหม่ ดังนี้ ปริมาณน้ำ 20 – 30 กรัม ปริมาณถั่วเขียวบดละเอียด 40 – 55 กรัม และ น้ำมันดอกทานตะวัน 15 – 25 กรัม พบว่าการใช้ปริมาณน้ำ 30 กรัม ถั่วเขียวบดละเอียด 55 กรัม และน้ำมันดอกทานตะวัน 15 กรัม จะได้ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่มีลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับไข่แดงคัมสุก

ดังนั้นสูตรของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ให้ลักษณะที่ดี ประกอบด้วย ไข่ขาวสด 20 กรัม ไข่ขาวผง 2 กรัม โปรตีนถั่วเหลือง 2 กรัม น้ำ 30 กรัม แป้งถั่วเขียว 2 กรัม ถั่วเขียวบดละเอียด 55 กรัม น้ำมันดอกทานตะวัน 15 กรัม และเลซิติน 5 กรัม โดยผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ผลิตได้มีความชื้น 47.03 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 16.32 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 35.66 เปอร์เซ็นต์ และมีลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความเรียบเนียน ความรู้สึกเมื่อกัดค้ำแรก ความชุ่มน้ำ เนื้อสัมผัส ความมันของเนื้อ และความชอบโดยรวม ใกล้เคียงกับไข่แดงคัมสุก ไข่แดงเทียมสามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน ในภาวะการบรรจุแบบบรรยากาศปกติ และ 20 วัน ในภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ

จากนั้นนำไข่แดงเทียมที่ได้มาใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตไข่ต้มหลอด และทดสอบ การยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 100 คน โดยวิธี hedonic scale 5 ระดับคะแนน ผลที่ได้มีค่า คะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 3.46 ซึ่งเป็นความชอบในระดับเฉยๆ ถึงชอบ ในกลุ่มผู้บริโภคที่ ตอบแบบสอบถาม พบว่ามีผู้ที่อายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไปถึง 29 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ 67 เปอร์เซ็นต์ ของผู้บริโภคดังกล่าว แสดงความสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ถ้ามีการผลิตจำหน่าย ไข่ต้มหลอดเก็บ รักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส ในภาวะการบรรจุแบบบรรยากาศปกติได้นาน 5 วัน ขณะที่ เก็บรักษาในภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศได้นาน 10 วัน ต้นทุนของผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอดขนาด บรรจุ 170 กรัม มีต้นทุนเท่ากับ 5.86 บาท เมื่อเปรียบเทียบไข่ไก่ต้มสุกจะเท่ากับไข่ไก่ 3 ฟอง ซึ่งมี ราคาเท่ากับ 6.80 บาท



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Development of Cholesterol – Free Simulated Egg Yolk Product
Student	Miss Jittima Arrakvichanan
Student ID.	42066001
Degree	Master of Science
Programme	Food Science
Year	2002
Thesis advisor	Dr. Kittichai Banchong
Thesis co-advisor	Assist. Prof. Yaowalak Surapantapisit

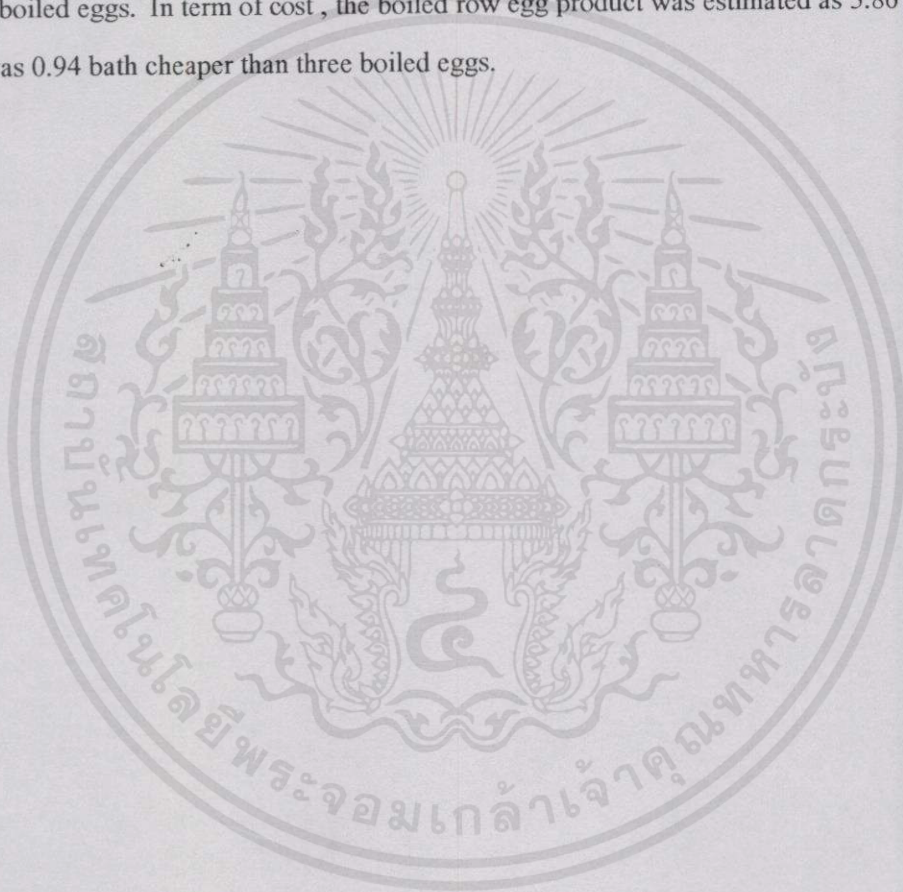
ABSTRACT

In the development process of the cholesterol – free simulated egg yolk product, the Plackett and Burman design was used in the preliminary step to screen primary ingredients affecting the product characteristic. It was found that water, ground cooked mungbean and sunflowerseed oil were the most critical ingredients that determined product quality and characteristic. The mixture design was then used to optimize the added levels of the three ingredients. The amount of the three ingredients was first varied as 20 – 30 gram for water and 20 – 55 gram for both ground cooked mungbean and sunflowerseed oil. It was found that the use of high level of ground cooked mungbean and low level of sunflowerseed oil resulted in better product qualities in term of smoothness , hardness , juiciness , texture attribute , oiliness and overall liking of the product comparing to the use of low level of ground cooked mungbean and high level of sunflowerseed oil. Therefore, the mixture design was repeated with the amount of the three ingredients varied as 20 – 30 gram for water , 40 – 55 gram for ground cooked mungbean and 15 – 25 gram for sunflowerseed oil and the optimum levels were 30 , 55 and 15 gram for water , ground cooked mungbean and sunflowerseed oil , respectively.

The formulation of cholesterol – free simulated egg yolk product was 20 gram of fresh egg white , 2 gram of dried egg white , 2 gram of soy protein isolate , 20 gram of water , 2 gram of mungbean flour , 55 gram of ground mungbean , 15 gram of sunflowerseed oil and 5 gram of lecithin which gave the product with 47.03% moisture content , 16.32% protein and 35.66% fat. In addition, smoothness , hardness , juiciness , texture attribute , oiliness and overall liking of simulated egg yolk product were similar to boiled egg yolk. The product could be kept at

$4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ degree up to 15 days for atmosphere packing and up to 20 days for vacuum packing in a polyethylene bag.

The simulated egg yolk obtained was used to produce a boiled row egg product. The consumer acceptance test showed average preferred score at 3.46 out of 5 – level hedonic scale. Twenty nine percent of 100 consumer members were more than 50 years of age and sixty seven percent of them showed buying attention. In addition, shelf life of boiled row egg product at $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ degree was 5 days for atmosphere packing and 10 days for vacuum packing using polyethylene bag. According to weight, the boiled row egg product (170 gram of weight) equal to three boiled eggs. In term of cost, the boiled row egg product was estimated as 5.86 bath each which was 0.94 bath cheaper than three boiled eggs.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก คร. กิตติชัย บรรจง ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ เขียวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์ ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม รวมทั้งกรุณาให้ความรู้ ข้อคิดเห็น และคำแนะนำอันมีค่าและเป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้าตลอดมาในการทำวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง นอกจากนี้ขอกราบขอบพระคุณ คร. ประพันธ์ ปิ่นศิริโรคม และ คร. ชูพร พิษกมฺุทร ที่ได้ให้เกียรติในการให้คำแนะนำเพิ่มเติมแก่ข้าพเจ้า ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณ ชีรบูล หอสังข์กุล ผู้จัดการบริษัท เจ ดี ฟู๊ด โปรดักทส์ จำกัด ที่เอื้อเพื่อวัตถุประสงค์ตลอดการทำวิจัย ตลอดจนขอขอบพระคุณเพื่อนๆ พี่ และน้องๆ นักศึกษาปริญญาโท นักศึกษาปริญญาตรี และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือขณะทำการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณคุณแม่ พ่อ คุณแม่ พี่ๆ และน้องๆ ที่ให้การสนับสนุนเป็นอย่างดีในทุกด้าน ขอขอบคุณคุณ กิตติศักดิ์ วรรณแก้ว และเพื่อนๆ นักศึกษาปริญญาโท ที่ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกคน สำหรับคำแนะนำ ความช่วยเหลือ และกำลังใจที่มีให้ตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบแต่ครูบาอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

จิตติมา อารักษ์วิชานันท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	XI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.3 วัตถุประสงค์.....	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ประเภทของไขมันในอาหาร.....	3
2.2 องค์ประกอบของไข่.....	4
2.3 ผลึกไขมันไข่เทียม.....	6
2.4 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลึกไขมันไข่แดงเทียม.....	8
2.5 หลักการพัฒนาผลึกไขมัน.....	23
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....	33
3.1 วัตถุดิบ.....	33
3.2 อุปกรณ์ในการเตรียมผลึกไขมันไข่แดงเทียม.....	33
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพของผลึกไขมันไข่แดงเทียม.....	34
3.4 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพของผลึกไขมันไข่แดงเทียม.....	34
3.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาอายุการเก็บรักษา.....	34

เอกสารนี้เป็น 3.6 สถานที่ทำการทดลอง..... 35

ไม่ว่ากรณีใดๆ 3.7 วิธีการทดลอง..... 35

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	43
4.1 ผลของการกั้นกรองและคัดแยกปัจจัยที่สำคัญต่อผลิตภัณฑ์.....	43
4.2 ผลของการศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของปัจจัยที่สำคัญ.....	52
4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอล.....	60
4.4 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอล....	61
4.5 การใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม.....	62
4.6 การคำนวณต้นทุนของผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด.....	70
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	72
ข้อเสนอแนะ.....	75
บรรณานุกรม.....	76
ภาคผนวก.....	80
ก. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม.....	80
ข. การวิเคราะห์คุณภาพโดยวิธีทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม.....	85
ค. แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส.....	88
ง. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม.....	93
ประวัติผู้เขียน.....	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	4
2.2	5
2.3	9
2.4	12
2.5	22
3.1	35
3.2	37
3.3	38
3.4	39
4.1	44
4.2	45
4.3	46
4.4	47
4.5	48
4.6	49
4.7	50
4.8	51
4.9	53
4.10	54
4.11	

เอกสารนี้เป็นเอกสารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่สามารถนำออกจำหน่ายโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่จำกัด 4.12 ปริมาณส่วนผสมของสูตรต่างๆที่ใช้ในการผลิตครั้งที่ 2 58

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.13 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ได้จากการศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสม ครั้งที่ 2.....	58
4.14 ผลของค่าสี ค่าแรงเนียน และองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอล กับไข่แดงที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที.....	60
4.15 ปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถนับได้ของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ภาวะการเก็บต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส.....	62
4.16 ปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถนับได้ของผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอดที่ภาวะการเก็บต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส.....	63
4.17 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคที่ทำการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์.....	64
4.18 ข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด.....	66
4.19 จำนวนความถี่ระหว่างเพศกับความรูสึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด.....	67
4.20 ค่าทางสถิติในการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างเพศกับความรูสึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด.....	67
4.21 จำนวนความถี่ระหว่างอายุกับความรูสึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด.....	68
4.22 ค่าทางสถิติในการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับความรูสึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด.....	68
4.23 จำนวนความถี่ระหว่างเพศกับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด.....	68
4.24 ค่าทางสถิติในการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างเพศกับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด.....	69
4.25 จำนวนความถี่ระหว่างอายุกับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด.....	69
4.26 ค่าทางสถิติในการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด.....	69
4.27 ต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไข่แดงเทียม และผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด.....	71
ง1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส และค่าแรงเนียนของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ได้จากขั้นตอนการกลั่นกรองและคัดเลือกปัจจัย...	93
ง2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ได้จากขั้นตอนการกลั่นกรองและคัดเลือกปัจจัย...	94

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่

หน้า

๖3	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ได้จากการศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสม ครั้งที่ 2.....	94
----	--	----



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การใช้ประโยชน์จากเมล็ดถั่วเขียว.....	17
2.2 การแปรรูปเมล็ดถั่วเขียวเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ.....	18
2.3 โครงสร้างทางโมเลกุล และการเกิดฟอสโฟลิปิดที่พบในถั่วเหลือง.....	20
2.4 ช่องว่างของ independent และของ mixture design แบบตัวแปร 2 ตัว และ 3 ตัว.....	25
2.5 ค่าของตัวแปรในช่องว่างแบบ mixture design (ก) ค่าของตัวแปร A (ข) ค่าของตัวแปร B และ(ค) ค่าของตัวแปร C.....	26
3.1 การเตรียมผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอล.....	36
4.1 การหาส่วนผสมของสูตรครั้งที่ 1 โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบ mixture design.....	53
4.2 แผนภาพใยแมงมุมของคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมสูตรต่างๆที่ผลิตได้จากครั้งที่ 1.....	55
4.3 การหาส่วนผสมของสูตรครั้งที่ 2 โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบ mixture design.....	57
4.4 แผนภาพใยแมงมุมของคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมสูตรต่างๆที่ผลิตได้จากครั้งที่ 2.....	59
ข1 เครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analyzer รุ่น TA – XT2I) หัววัด HDP/VB Volodkevich Bite Jaws ที่ใช้ในการวัดค่าแรงเนียนของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม.....	86
ข2 กราฟค่าแรงเนียนของไข่แดงคัมสุกของไข่ไก่ที่วัดได้จากเครื่อง Texture Analyzer	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในบรรดาสารอาหารทั้งหลายที่เรารับประทานกันอยู่ทุกวันนี้ อาจกล่าวได้ว่าไขมันเป็นสารอาหารที่มีภาพพจน์ไม่สู้ดีในสายตาของผู้บริโภค เนื่องจากไขมันเป็นสาเหตุของโรคไขมันในเลือดสูง โรคเส้นโลหิตตีบตัน โรคหัวใจ โรคอ้วน ซึ่งล้วนแต่เป็นปัญหาสืบเนื่องมาจากการบริโภคอาหารที่มีไขมันมากเกินไป เนื่องจากไขมันเป็นอาหารกลุ่มที่ให้พลังงานสูงที่สุด คือ 9 กิโลแคลอรีต่อ 1 กรัม ซึ่งในปัจจุบันนี้ผู้บริโภคได้ให้ความสำคัญในเรื่องของโภชนาการ และสุขภาพมากขึ้น ทำให้อาหารเพื่อสุขภาพได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นตามมา และมีแนวโน้มการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น โดยจะมุ่งเน้นผู้บริโภคกลุ่มวัยทำงานและกลุ่มผู้สูงอายุ เนื่องจากการบริโภคอาหารที่มีไขมันอิ่มตัวสูงและโคเลสเตอรอลในปริมาณมากอย่างต่อเนื่อง จะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการสะสมของไขมันที่ผนังของหลอดเลือด จนเกิดการอุดตันและไปขัดขวางการไหลเวียนของเลือด ถ้าเกิดการอุดตันที่หลอดเลือดที่ไปเลี้ยงหัวใจจะเป็นผลให้เป็นโรคหัวใจขาดเลือด ถ้าเกิดกับระบบประสาทส่วนอื่นๆจะเป็นผลทำให้เป็นอัมพาตที่อวัยวะนั้นๆได้ ซึ่งจะเห็นได้จากรายงานของสำนักนโยบายและแผนสาธารณสุข สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข ได้รวบรวมอัตราการป่วยจากโรคระบบไหลเวียนของเลือดของประชากรในเขตเมืองปี พ.ศ. 2538 - 2541 พบว่ามีอัตราการป่วยโรคระบบไหลเวียนของเลือดเพิ่มขึ้นทุกปี ดังนี้ 48.1 58.27 68.6 และ 79.0 ต่อประชากร 1,000 คน ตามลำดับ (สำนักนโยบายและแผนสาธารณสุข, 2543)

ไขมันอิ่มตัวและโคเลสเตอรอลในอาหารมักพบในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์เป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะในไขแดง จะมีปริมาณไขมันอิ่มตัว และโคเลสเตอรอลสูงที่สุด คือ 30 กรัม และ 1,250 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ (พิมพ์ร วัชรพงศ์กุล และวิไลลักษณ์ ศรีสุระ, 2532) และรองลงมาเป็นเครื่องในสัตว์ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญทางด้านโรคหัวใจได้กำหนดให้ได้รับโคเลสเตอรอลจากอาหารไม่เกินวันละ 300 มิลลิกรัม เนื่องจากการมีระดับโคเลสเตอรอลในเลือดสูงกว่า 200 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรถือว่าสูงเกินไป ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีโคเลสเตอรอลต่ำ เช่น การผลิตผลิตภัณฑ์ไขแดงเทียม โดยการนำโปรตีนจากแหล่งอื่นมาทดแทน ได้แก่ โปรตีนจากไข่ขาว โปรตีนจากพืช เป็นต้น และใช้ไขมันจากพืชมาทดแทนไขมันจากสัตว์ เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่มีความสนใจเรื่องของอาหารเพื่อสุขภาพ และกลุ่มผู้สูงอายุ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

1.2 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอล และพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอล การใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ในรูปแบบไข่ต้มหลอค รวมทั้งการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีทั้งทางด้านโภชนาการและความคงตัว

1.3 วัตถุประสงค์

- 1.3.1 เพื่อพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม
- 1.3.2 เพื่อศึกษาคุณภาพ และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม
- 1.3.3 เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอค
- 1.3.4 เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอค

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอล โดยการใช้แหล่งโปรตีนจากไข่ขาว และโปรตีนจากพืชตระกูลถั่ว เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เลียนแบบไข่แดงของสัตว์ปีกและเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ซึ่งจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่มีปัญหาด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับโรคที่เกิดขึ้นจากการบริโภคอาหารที่มีโคเลสเตอรอล ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดไขมันอุดตันในเส้นเลือด ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นอาหารสำหรับผู้ป่วย หรือผู้สูงอายุในโรงพยาบาลต่างๆ และหน่วยโภชนาการผู้สูงอายุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทของไขมันในอาหาร

ไขมันเป็นกลุ่มของสารประกอบอินทรีย์ที่มีสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ และจัดเป็นส่วนประกอบทางเคมีชนิดหนึ่งที่พบได้ในอาหาร ทั้งที่ได้มาจากพืชและสัตว์ เป็นสารอาหารที่ให้พลังงานสูง 9 กิโลแคลอรีต่อกรัม อาหารที่เราบริโภคในแต่ละวันควรมีไขมันประมาณ 20 – 30 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานที่ได้รับทั้งหมด ปัจจุบันมีการจำแนกไขมันตามโครงสร้างทางเคมีออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

1. ไขมันธรรมดา หรือ ไขมันอย่างง่าย (simple lipid) ที่เรารู้จักกันดีในอาหารก็คือ ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) เป็นส่วนประกอบหลักของไขมันและน้ำมันทั่วไป

2. ไขมันเชิงประกอบ (compound lipid) ไขมันในกลุ่มนี้มีโครงสร้างหรือองค์ประกอบที่ซับซ้อนกว่าประเภทที่ 1 โดยจะมีสารประกอบอื่นมารวมตัวอยู่กับไขมันธรรมดา เช่นคาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดฟอสฟอริก ไขมันเชิงประกอบที่สำคัญเป็นสารที่เรียกว่า ฟอสโฟลิพิด (phospholipid) ได้แก่ เลซิธิน (lecithin) ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญที่จะสามารถละลายได้ทั้งในน้ำและในน้ำมัน จึงช่วยให้น้ำและน้ำมันสามารถผสมเข้ากันได้

3. อนุพันธ์ของไขมัน (derived - lipid) ได้จากการเปลี่ยนแปลงหรือการแตกตัวของไขมัน 2 ประเภทที่กล่าวมา ไขมันในกลุ่มนี้ที่สำคัญมีอยู่ 2 พวก ได้แก่ กรดไขมัน (fatty acid) และสารจำพวกสเตอรอล (sterol) (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2529)

สารจำพวกสเตอรอลที่รู้จักกันดี คือ โคลเลสเตอรอล (cholesterol) ร่างกายสามารถรับโคลเลสเตอรอลได้ 2 ทาง คือจากร่างกายผลิตขึ้นมา และได้จากอาหารที่รับประทานเข้าไป ซึ่งมีเฉพาะในผลิตภัณฑ์อาหารจากสัตว์เท่านั้น และมีมากในไข่แดง เครื่องในสัตว์ ไขมันสัตว์ เป็นต้น โคลเลสเตอรอลสามารถแยกได้เป็น 2 กลุ่ม คือโคลเลสเตอรอลที่มีความหนาแน่นต่ำ [low density lipoprotein (LDL) cholesterol] เป็นโคลเลสเตอรอลที่เป็นโทษ ซึ่งกรดไขมันอิ่มตัวมีแนวโน้มที่จะทำให้โคลเลสเตอรอลกลุ่ม LDL เพิ่มขึ้น ถ้ามีโคลเลสเตอรอลกลุ่ม LDL ไหลเวียนในกระแสเลือดมากเกินไปจะทำให้เกิดการตกตะกอนที่ผนังของเส้นเลือด และทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจขาดเลือดเพิ่มขึ้น กลุ่มที่สองคือ โคลเลสเตอรอลที่มีความหนาแน่นสูง [high density lipoprotein (HDL) cholesterol] เป็นโคลเลสเตอรอลที่เป็นคุณ ร่างกายจะสร้างโคลเลสเตอรอลกลุ่ม HDL เพื่อพาไขมันในกระแสเลือดออกไปยังตับเพื่อขับออกจากร่างกาย ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดอุดตัน

ตัน ซึ่งกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจะช่วยลดปริมาณโคเลสเตอรอลในกลุ่ม LDL ได้ (Houston Medical School, 1994) นักวิจัยได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับปริมาณโคเลสเตอรอลที่มีอยู่ในอาหาร โดยได้ทำการพัฒนากรรมวิธีต่างๆเพื่อที่จะลดปริมาณไขมันอิ่มตัวและโคเลสเตอรอลในไข่แดง ได้แก่ การสกัดไขมันและโคเลสเตอรอลออกจากไข่แดง และการใช้สารอื่นมาทดแทนเพื่อนำมาผลิตผลิตภัณฑ์เลียนแบบไข่แดง เป็นต้น

2.2 องค์ประกอบของไข่

ไข่ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ คือ ไข่ขาว ไข่แดง และเปลือก ไข่แต่ละชนิดจะมีสัดส่วนของสารประกอบแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สารประกอบในไข่ขาว ไข่แดง เปลือกไข่ และไข่ทั้งเปลือก

ส่วนของไข่	แต่ละส่วน (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	สตาร์ช (%)	เถ้า (%)	น้ำ (%)
ไข่ขาว	58.0	9.7-10.6	0.3	0.4-0.9	0.5-0.6	88.0
ไข่แดง	31.0	15.7-16.6	31.8-35.5	0.2-1.0	1.1-2.0	48.0
เปลือก	11.0	1.0	-	-	99.0	1.0
ไข่ทั้งเปลือก	100.0	12.8-13.4	10.5-11.8	0.3-1.0	11.7	65.5-75.0

ที่มา : วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร (2540)

ไข่เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่หลากหลาย ได้แก่ คุณสมบัติในการจับตัวเป็นก้อน การเกิดฟอง การเกิดอิมัลชัน การให้สี กลิ่นรส และช่วยควบคุมการตกผลึกของน้ำตาล เป็นต้น จึงกล่าวได้ว่าไข่เป็นอาหารที่มีหลากหลายหน้าที่ (polyfunctional) นอกจากนี้ยังให้คุณค่าทางโภชนาการสูง

ไข่แดงเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต โดยเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพสูง วิตามิน และแร่ธาตุต่างๆที่จำเป็นต่อร่างกาย นอกจากนี้ในไข่แดงยังมีปริมาณไขมันสูงอีกด้วย ซึ่งมีอยู่ประมาณ 32-36 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักไข่ทั้งฟองหรือ 61.8 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักไข่แดง ไขมันในไข่แดงจะประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ 65.5 เปอร์เซ็นต์ ฟอสโฟลิปิด 28.3 เปอร์เซ็นต์ และโคเลสเตอรอล 5.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไขมันในไข่แดงจะประกอบไปด้วยกรดไขมันต่างๆที่สำคัญ ได้แก่

1. กรดไขมันอิ่มตัวประมาณ 35.4 เปอร์เซ็นต์ เช่น กรดปาล์มิติก (palmitic acid) และกรดสเตียริก (stearic acid) ซึ่งจะพบอยู่ในส่วนไตรกลีเซอไรด์
2. กรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (monounsaturated fat) ประมาณ 49.1 เปอร์เซ็นต์ เช่นกรดโอเลอิก (oleic acid)
3. กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (polyunsaturated fat) ประมาณ 15.5 เปอร์เซ็นต์ เช่น กรดลินอเลอิก (linoleic acid) (George *et al.* 1976)

การบริโภคไขมันจากเนื้อสัตว์มากเกินไปเกินความต้องการของร่างกาย ทำให้เกิดโรคไขมันในเลือดสูง ภาวะโคเลสเตอรอลในเลือดสูง เป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญต่อการเกิดโรคหัวใจขาดเลือด ซึ่งจะมีผลต่อการเกิดอัมพาตได้ กรดไขมันอิ่มตัวก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่จะเพิ่มปริมาณของโคเลสเตอรอลในเลือดให้สูงขึ้นได้ โคเลสเตอรอลเป็นสารอาหารประเภทไขมันที่มีสูตรโครงสร้างเป็นสเตอรอล ไม่สามารถให้พลังงานแก่ร่างกาย ซึ่งมีอยู่ในไข่แดงประมาณ 1250 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งนับว่าไข่แดงมีไขมันและโคเลสเตอรอลสูงกว่าผลิตภัณฑ์จากสัตว์ส่วนอื่นๆ รองลงมาคือ เครื่องใน และเนื้อ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ปริมาณไขมัน โคเลสเตอรอล และกรดไขมันอิ่มตัวในส่วนต่างๆของไก่ และผลิตภัณฑ์จากไก่

ชนิดอาหาร	ไขมัน (กรัม / 100 กรัม)	โคเลสเตอรอล (มิลลิกรัม / 100 กรัม)	กรดไขมันอิ่มตัว (ร้อยละของไขมันทั้งหมด)
ไข่อ่อน	37.8	1475	33.4
ไข่แดง	30.0	1250	34.9
ไข่ทั้งฟอง	8.8	427	35.7
ไข่ขาว	0.3	0	32.1
ตับ	7.9	336	42.4
กึ้น	1.5	197	38.2
หัวใจ	3.3	157	33.8
น่อง	10.0	100	29.6
หนัง	58.2	93	32.2
เนื้อ + หนัง	14.6	70	30.7
อก, ไม่คิดหนัง	1.5	63	32.4
ไส้กรอก, ทอด	38.1	117	30.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับสงวนไว้สำหรับใช้จริงเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ พิมพร วัชรราชกุล และคณะ (2532) และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ผลิตภัณฑ์ไข่เทียม (simulated egg products)

ในปัจจุบันได้มีความต้องการในการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีไข่แดงเป็นส่วนผสมลดลง เนื่องจากปริมาณไขมันและโคเลสเตอรอลในไข่แดง ดังนั้น Naber (1991) ได้กล่าวถึงวิธีการลดปริมาณไขมันและโคเลสเตอรอลในผลิตภัณฑ์โดยวิธีการต่างๆ เช่น การเจือจางไข่ทั้งฟองด้วยไข่ขาว การกำจัดไขมันและโคเลสเตอรอลออกจากไข่แดง การกำจัดไข่แดงออกจากผลิตภัณฑ์ และการใช้วัตถุดิบชนิดอื่นและน้ำมันพืชมาทดแทนเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากโคเลสเตอรอล ซึ่งการใช้วัตถุดิบอื่น ๆ เพื่อเป็นแหล่งโปรตีนในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ โปรตีนไข่ขาว โปรตีนนม โปรตีนพืช เป็นต้น โดยมีบริษัทเอกชนต่าง ๆ ที่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์เลียนแบบไข่ ดังนี้

บริษัท Fleischmann (สหรัฐอเมริกา) ได้ผลิตผลิตภัณฑ์เลียนแบบไข่ ที่มีชื่อทางการค้าว่า "Egg Beaters" ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากโคเลสเตอรอล โดยการนำโปรตีนจากไข่ขาวเป็นสารทดแทนไข่แดง ซึ่งประกอบด้วย ไข่ขาว น้ำมันข้าวโพด แคลเซียมฟอสเฟต กัมต่างๆ (แซนแทนกัม กั๊กกัม คาราจีแนน) แคลโรทีน สารอิมัลซิไฟเออร์ (โมโน- และ ไดกลีเซอไรด์) วิตามินและแร่ธาตุที่จำเป็น ได้แก่ เหล็ก สังกะสี และวิตามิน บี ดี อี

บริษัท Avoset Food Corporation (สหรัฐอเมริกา) ได้ผลิตผลิตภัณฑ์ไข่ปราศจากโคเลสเตอรอล โดยการใช้ส่วนผสมที่ประกอบด้วย ไข่ขาว น้ำ นมผงปราศจากไขมัน สตาร์ชดัดแปร น้ำมันข้าวโพด โพรพิลีน กลีเซอรอล โมโนสเตียเรท (propylene glycerol monostearate) โซเดียมสเตียริลแลคเตต (sodium stearyl lactylate) เบต้า-แคโรทีน วิตามินและแร่ธาตุต่างๆ

บริษัท Henningson Foods (นิวยอร์ก) ได้ผลิตผลิตภัณฑ์สารทดแทนไข่ทั้งฟอง ซึ่งมีชื่อว่า "Hentex" ซึ่งประกอบไปด้วย ไข่ขาว น้ำมันข้าวโพด และนมผงปราศจากไขมัน

บริษัท Sunny Queen Eggs (ออสเตรเลีย) ได้ผลิตผลิตภัณฑ์สารทดแทนไข่อย่างง่าย ซึ่งประกอบด้วย ไข่ขาว น้ำมันดอกทานตะวัน หางนมผง สารอิมัลซิไฟเออร์ และเบต้า-แคโรทีน

บริษัท Sandoz Nutrition Corporation of Minneapolis ได้ผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีโคเลสเตอรอลต่ำ ซึ่งประกอบด้วย ไข่ขาว ไข่ทั้งฟอง หางนมผง คาราจีแนน กรดซิตริก กลิ่นรสไข่ สารให้สีเอนนัทโต และเทอร์เมอร์ริก (annatto and turmeric)

George and Herbert (1976) ได้ศึกษาการใช้ไข่ขาวผงเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ไข่เทียมที่มีลักษณะเหมือนไข่ดาว ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนไข่แดงและส่วนไข่ขาว โดยส่วนไข่ขาว จะเป็นไข่ขาวสด และส่วนไข่แดง จะประกอบไปด้วย

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ที่ไม่แจ้งขออนุญาตจากมหาวิทยาลัย

- น้ำมันพืช ได้แก่ น้ำมันจากเมล็ดฝ้าย น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน น้ำมันข้าวโพด น้ำมันงา และ น้ำมันถั่วเหลือง

- โพรตีนนม ได้แก่ เคซีน แลคคัลบูมิน และนมผงปราศจากไขมัน
- กัม ได้แก่ กัวกัมร่วมกับกัมอะราบิก และซีเอ็มซี (CMC = carboxy methyl cellulose)
- สารอิมัลซิไฟเออร์
- กลีเซอรอล และสี

กรรมวิธีการผลิต กระทำโดยผสมส่วนผสมแห้งของส่วนของไข่แดงให้เข้ากัน จากนั้นค่อยๆเติมน้ำมันทีละน้อยจนส่วนผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกัน นำมาขึ้นรูป แข็งแรง และทำให้สุกที่อุณหภูมิประมาณ 148 องศาเซลเซียส จะทำให้ส่วนไข่แดงละลายและมีลักษณะเหมือนไข่ดาว

Seeley *et al.* (1976) ได้ศึกษาการใช้ไข่ขาวเป็นแหล่งโปรตีน ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไข่ปราศจากโคเลสเตอรอล ได้แก่ ไข่กวน ไข่เจียว เป็นต้น ซึ่งประกอบด้วย ไข่ขาวเหลว 88 เปอร์เซ็นต์ ไข่ขาวผง 2 - 6 เปอร์เซ็นต์ นมผงปราศจากไขมัน 1 - 3.5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 6 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) 0.25 เปอร์เซ็นต์ กัม 0.025 - 1.3 เปอร์เซ็นต์ และ สารเพิ่มกลีเซอรอล เช่น ยีสต์สกัด (yeast extract) 0.04 - 1 เปอร์เซ็นต์ กรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ไข่ปราศจากโคเลสเตอรอล โดยนำไข่ขาวสดและไข่ขาวผงผสมกับกัมและนมผงปราศจากไขมันเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณของแข็งประมาณ 12.5-16 เปอร์เซ็นต์ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 57.2 องศาเซลเซียส นำไปแช่แข็ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะไม่มีส่วนประกอบของไข่แดง ไม่มีไขมัน ไม่มีโคเลสเตอรอล และมีแคลอรีน้อยกว่าไข่สด เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำให้สุกจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติใกล้เคียงกับไข่จริง

Roberts (1978) ได้ศึกษาการใช้เวย์โปรตีนเป็นแหล่งโปรตีนในการผลิตสารทดแทนไข่ ซึ่งประกอบด้วย เวย์โปรตีนที่ได้จากกระบวนการอุตสาหกรรม ประมาณ 30-75 เปอร์เซ็นต์ ไขมันที่มีค่าอัตราส่วนของไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะต่อไขมันอิ่มตัว (P/S ratio) 1:1 ถึง 2.8:1 ได้แก่ น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันงา ประมาณ 5-65 เปอร์เซ็นต์ และ สารอิมัลซิไฟเออร์ ได้แก่ เลซิทีน 0.2-17.0 เปอร์เซ็นต์ กรรมวิธีการผลิตสารทดแทนไข่ โดยการผสมเวย์โปรตีนกับไขมันและสารอิมัลซิไฟเออร์จนเกิดเป็นอิมัลชัน นำอิมัลชันที่ได้มาทำให้แห้งโดยการสเปรย์ โดยส่วนที่ป้อนเข้ามีอุณหภูมิประมาณ 135-175 องศาเซลเซียส และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีอุณหภูมิประมาณ 65.5-93 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความชื้น 4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในการทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ไข่กวน คัสตาร์ด มายองเนส ขนมขบเคี้ยว เค้ก

Vassiliou (1992) ได้ศึกษาการใช้นมผงปราศจากไขมันเป็นแหล่งโปรตีน แป้งข้าวโพด เจลาติน สีเหลือง โดยการนำมาให้ความร้อนจนส่วนผสมมีความหนืด ทำให้เย็น จากนั้นนำไปแช่

เย็นจะเกิดเป็นเจลที่มีความแน่นแข็ง นำส่วนผสมที่ได้ใส่ในไข่ขาว และแช่ในตู้เย็นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำผลิตภัณฑ์ไข่ที่ได้ทอดในน้ำมันจะได้ลักษณะเหมือนไข่ดาว

Vassiliou (1994) ได้ศึกษาการผลิตผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมดัดปรุง ประกอบด้วย ไข่ขาว ซึ่งใช้เป็นแหล่งของโปรตีน สารให้สี เช่น เบต้า-แคโรทีน สารที่ให้ลักษณะเป็นเม็ด ได้แก่ นมปราศจากไขมันที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์ น้ำมันพืช สารเพิ่มกลิ่นรส สารอิมัลซิไฟเออร์ ได้แก่ เลซิทีน วิตามินและแร่ธาตุต่างๆ ที่จำเป็น กรรมวิธีการผลิตไข่แดงเทียมดัดปรุง เติมน้ำให้สีลงในไข่ขาวสด และไข่ขาวที่มีการเติมไข่ขาวผง ซึ่งไข่ขาวผงที่เติมมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณของแข็งในผลิตภัณฑ์ จากนั้นตกตะกอนไข่ขาวด้วยความร้อนโดยมีการคนอย่างต่อเนื่อง บดให้ละเอียด และเติมน้ำที่ให้ลักษณะเป็นเม็ด ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความเหนียวใกล้เคียงกับไข่แดงจริงดัดปรุงบดละเอียด จากนั้นขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ให้มีรูปร่างต่างๆ ได้แก่ ทรงกลม แผ่นกลม รูปทรงกระบอก ลูกเต๋า เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารต่างๆ เช่น สลัด เค้ก เป็นต้น

2.4 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม

2.4.1 ไข่ขาว

ไข่ขาวเป็นสิ่งจำเป็นในการให้ปริมาตรและเนื้อสัมผัสแก่ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เนื่องจากไข่ขาวมีคุณสมบัติในการละลาย การจับตัวเป็นก้อนเมื่อได้รับความร้อน การเกิดฟอง และการเกิดอิมัลชัน ไข่ขาวมีประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไข่ทั้งฟอง โดยมีองค์ประกอบหลัก คือน้ำ 88 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีน 10.4 เปอร์เซ็นต์ โครงสร้างไข่ขาวจะประกอบไปด้วย 4 ชั้น คือ ไข่ขาวเหลวชั้นนอก 16.8 เปอร์เซ็นต์ ไข่ขาวเหลวชั้นใน 57.3 เปอร์เซ็นต์ ไข่ขาวชั้นชั้นนอก 23.2 เปอร์เซ็นต์ และไข่ขาวชั้นชั้นใน 2.7 เปอร์เซ็นต์ โดยปกติในไข่ขาวจะมีโปรตีนประมาณ 11 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบไปด้วยโปรตีนที่แตกต่างกันมากกว่า 40 ชนิด ซึ่งโอวัลบูมินจะเป็นโปรตีนที่มีมากที่สุดประมาณ 54 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนไข่ขาว รองลงมาคือ คอนอัลบูมิน 12 เปอร์เซ็นต์ และโอโวมิวคอยด์ 11 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโปรตีนแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 2.3

คุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่สำคัญที่สุดของไข่ขาวในอุตสาหกรรมอาหาร คือ ความสามารถในการละลายได้ของโปรตีน และเมื่อผ่านการแปรรูปจะทำให้เกิดการสูญเสียสภาพของโปรตีน ทำให้โปรตีนเกิดการรวมตัวกันและเกิดเจล ซึ่งจะส่งผลทำให้ความเหนียวและปริมาณของแข็งในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น คุณสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้สามารถนำไข่ขาวไปใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตแฮม ไส้กรอก เส้นก๋วยเตี๋ยว เป็นต้น และคุณสมบัติการเกิดฟองของไข่ขาวจะถูกนำมาใช้ในกระบวนการ

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบและคุณสมบัติทางกายภาพของโปรตีนไข่ขาว

ชนิดของโปรตีน	สัดส่วน ของ โปรตีนใน ไข่ขาว (%)	จุดไอโซ อิเล็ก ทริกของ โปรตีน	น้ำหนัก โมเลกุล ของ โปรตีน ($\times 10^4$)	อุณหภูมิ ^a ที่ทำให้ โปรตีนสูญเสีย สภาพ ($^{\circ}\text{C}$)	คุณสมบัติเฉพาะ
Ovalbumin	54	4.5	4.5	84.0	เป็นฟอสโฟไกลโคโปรตีนซึ่งมี 4SH และ 2S ในโมเลกุล และเป็นสารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent)
Ovotransferrin (Conalbumin)	12	6.1	7.6	61.0	ชอบจับกับไอออนของโลหะ เช่น Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} และเป็นสารยับยั้งแบคทีเรีย
Ovomucoid	11	4.1	2.8	79.0	ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริปซิน
Ovomucin	3.5	4.5-5.0	-	-	ยับยั้งการทำงานของไวรัสที่ทำให้เกิดการแข็งตัวของเม็ดเลือด ทำให้การขึ้นฟูของไข่ขาวคงทน
Lysozyme	3.4	10.7	1.4	75.0	เป็นเอนไซม์สามารถย่อยแบคทีเรียบางชนิดได้
Ovoglobulins					เป็นสารที่ทำให้เกิดฟอง (foaming agent)
G2	4	5.5	4.9	92.5	
G3	4	5.8	4.9	-	
Ovomacroglobulin	0.5	4.5	-	-	ไกลโคโปรตีน และ immunogenic
Ovoglycoprotein	1	3.9	2.4	-	ไกลโคโปรตีน และควบคุมความหนืด
Flavoprotein	0.8	4	3.2	-	จับตัวกับไรโบฟลาวิน และเป็นไกลโคโปรตีน
Ovoinhibitor	1.5	5.1	4.9	-	ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรติเอส และเป็นไกลโคโปรตีน
Cystatin (Ficin-papain inhibitor)	0.05	~5.1	1.3	-	ยับยั้งเอนไซม์ SH โปรติเอส
Avidin	0.5	10	6.8	-	ชอบจับกับไบโอติน และเป็นไกลโคโปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ลิขสิทธิ์เป็นของเจ้าของเนื้อหา และผู้จัดทำเอกสารทุกครั้งที่มีเครื่องหมายการค้า

ที่มา : ดัดแปลงจาก Sugino *et al.* (1997)

^a Yoshinori (1995)

ผลิตเค้ก และเมอแรง(meringue) นอกจากนี้คุณสมบัติการสูญเสียสภาพด้วยความร้อน การเกิดอิมัลชัน และการเกิดฟองของไข่ขาว จะช่วยทำให้อิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำมีความคงตัว

2.4.1.1 คุณสมบัติในการเกิดเจล (gelling)

เจล (gel) หมายถึงโครงสร้างของระบบคอลลอยด์ที่ไม่แสดงการไหล เป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยของเหลวและของแข็ง โดยของเหลวทำหน้าที่เป็นตัวกลางและของแข็งที่มีอยู่ในโครงสร้างทำหน้าที่ประสานกันเป็นร่างแห คุณสมบัติในการเกิดเจลของไข่ขาว เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพจากสถานะที่เป็นโซล (sol) ไปเป็นของแข็งหรือกึ่งของแข็ง (gel) เนื่องมาจากความร้อน ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของโปรตีนไข่ เกิดจากการจัดเรียงตัวของโปรตีนอย่างเป็นระเบียบ เจลที่ได้มีลักษณะขุ่น และไม่สามารผ่นกลับได้ด้วยความร้อน คุณสมบัตินี้ยังช่วยทำให้ชิ้นของอาหารสามารถรวมตัวกันได้ การเกิดโครงสร้างของเจลขึ้นอยู่กับสมดุลระหว่างแรงดึงดูด (attractive forces) และแรงผลึก (repulsive forces) ระหว่างอนุภาคคอลลอยด์ด้วยกันเอง และระหว่างอนุภาคคอลลอยด์กับสารที่เป็นของเหลว (William and Owen, 1995) พันธะทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการรักษาโครงสร้างของเจล ได้แก่ พันธะไฮโดรเจน พันธะโควาเลนต์ พันธะอิออนิก และแรงดึงดูดไฮโดรโฟบิก ปัจจัยทางเคมีและกายภาพต่างๆที่มีผลต่อการเกิดเจล ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดค่า pH ค่า ionic strength ความเข้มข้นของโปรตีน เป็นต้น (ปาริฉัตร หงสประภาส, 2542)

ก) อุณหภูมิและความเข้มข้นของโปรตีน

ไข่ขาวจะเริ่มตกตะกอนที่อุณหภูมิประมาณ 62 องศาเซลเซียส จะเกิดเป็นเจลที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส แต่ที่อุณหภูมินี้เจลที่เกิดขึ้นจะอ่อนนุ่มเกินไป และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะเกิดเจลที่มีลักษณะค่อนข้างแข็ง แต่นุ่ม และเจลจะแข็งมากขึ้นเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโปรตีนแต่ละชนิดในไข่ขาวมีการสูญเสียสภาพที่อุณหภูมิต่างๆกันดังนี้ โอวัลบูมินซึ่งเป็นโปรตีนที่มีมากที่สุด ในไข่ขาวจะสูญเสียสภาพที่ 84 องศาเซลเซียส คอนอัลบูมินสูญเสียสภาพที่ 61 องศาเซลเซียส โอโวมิวคอยด์สูญเสียสภาพที่ 79 องศาเซลเซียส และไลโซไซม์จะสูญเสียสภาพที่ 75 องศาเซลเซียส ดังนั้นการให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดการสูญเสียสภาพอย่างสมบูรณ์เป็นผลทำให้เกิดการรวมตัวกันของโปรตีน (Froning, 1988) เมื่อความเข้มข้นของโปรตีนของไข่ขาวลดลง จำเป็นจะต้องใช้อุณหภูมิให้สูงขึ้นในการทำให้เกิดเป็นเจล แต่ลักษณะเนื้อของเจลที่เกิดขึ้นจะนิ่ม ในทางตรงกันข้าม ไข่ขาวที่มีความเข้มข้นของโปรตีนสูงจะสามารถเกิดเจลที่อุณหภูมิค่าและลักษณะเนื้อของเจลจะแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

โดยทั่วไปค่า pH ของไข่ขาวสดจะมีค่าเท่ากับ 7.6-7.9 เมื่อเก็บรักษาไข่ไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน จะทำให้ pH เพิ่มขึ้นเป็น 9.2-9.5 เนื่องมาจากในระหว่างการเก็บรักษา ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกปล่อยออกมาจากไข่เป็นผลให้ค่า pH ของไข่ขาวเพิ่มขึ้น ซึ่งความสดของไข่มีผลต่อความแข็งแรงของเจล พบว่าไข่ที่มีความสดน้อยจะทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลงด้วย และค่า pH ส่งผลต่อความแข็งแรงของเจลและความสามารถในการอุ้มน้ำของเจล พบว่าที่ pH 5 จะทำให้เจลมีความแข็งแรงสูงที่สุด และมีน้ำถูกปลดปล่อยออกมาสูงด้วย เมื่อ pH สูงขึ้น (pH 10) จะทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลง และน้ำถูกปลดปล่อยออกมาน้อยลงด้วย (Graham, 1977) นอกจากนี้ pH และอุณหภูมิก็มีผลต่อการเกิดเจลของไข่ขาว โดยที่ pH 5.5 ไข่ขาวจะสามารถเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิค่า และที่ pH สูงกว่า 9.0 ไข่ขาวจะเกิดเจลที่อุณหภูมิสูงขึ้น

ผลของ pH ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัส ความสามารถในการจับกับน้ำ และโครงสร้างโมเลกุลของเจลโปรตีน จะเกี่ยวข้องกับประจุสุทธิของโปรตีนในสารละลาย ที่จุดไอโซอิเล็กทริก (ประจุสุทธิเป็นศูนย์) โปรตีนจะเกิดการรวมตัวกันเมื่อได้รับความร้อน จะเกิดเป็นโครงสร้างที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ ทำให้ความแข็งแรงของเจลต่ำ และมีค่าความสามารถในการจับกับน้ำต่ำ ที่ pH สูง ๆ จะเกิดโครงสร้างเจลที่มีความละเอียด มีรูพรุนขนาดเล็ก มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้เจลที่ได้มีความแข็งแรงสูง และความสามารถในการจับกับน้ำสูงด้วย สิ่งที่สำคัญต่อการเกิดเจลที่มีโครงสร้างละเอียดและมีคุณสมบัติในการจับกับน้ำที่เหมาะสม คือ ความสมดุลระหว่างแรงดึงดูดและแรงผลักรัน พบว่าค่าประจุสุทธิค่า จะทำให้เกิดแรงดึงดูดกันมากและโปรตีนก็จะเกิดการรวมตัวกัน ในขณะที่ pH เพิ่มขึ้น ประจุสุทธิก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้แรงผลักรันสมดุลกับแรงดึงดูดที่จะทำให้เกิดเจลอย่างเหมาะสม ค่าความแน่นแข็ง และ ความสามารถในการเกาะติดของเจลไข่ขาว จะมีค่าจะมีค่าต่ำที่สุดที่ pH 6 และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ pH ลดลงจนถึง pH 5 หรือ pH เพิ่มขึ้นจนถึง pH 9 (William and Owen, 1995)

ค) ค่า ionic strength

โปรตีนเป็นสารที่มีทั้งประจุบวกและลบในโมเลกุล พบว่าการเติมสารอิเล็กโทรไลต์จะมีผลต่อประจุทางไฟฟ้าของโปรตีน ในสภาวะที่มีเกลือ เช่น NaCl จะทำให้ประจุสุทธิของโมเลกุลโปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้แรงผลักรันทางไฟฟ้าของโมเลกุลโปรตีนลดลง โดยการเติมเกลือในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้ความสามารถในการเกิดเจลของไข่ขาวเพิ่มขึ้น แต่

เอกสารถ้ามีการเติมเกลือมากเกินไปจะทำให้เกิดผลตรงกันข้ามเท่านั้น ไม่นอนูญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.2 คุณสมบัติการเกิดอิมัลชัน

อิมัลชัน (emulsion) คือ ระบบการกระจายของอาหารที่มีลักษณะเป็นเนื้อผสม ซึ่งประกอบไปด้วยของเหลว 2 ชนิด ที่ไม่สามารถผสมเข้ากันได้ โดยเฟสหนึ่งจะอยู่ในรูปหยดที่มีขนาดเล็ก ละเอียด โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.1 ไมครอน ดังนั้นในระบบอิมัลชันจะประกอบไปด้วยเฟสกระจาย (dispersed phase) โดยจะอยู่ในรูปของเม็ดหรือหยดเล็กๆ ของไขมันหรือน้ำ (droplets) และเฟสต่อเนื่อง (continuous phase) (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2538) ระบบอิมัลชันสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ตามระบบการกระจาย คือ ระบบที่มีหยดของไขมันกระจายตัวอยู่ในส่วนของเหลวที่เป็นน้ำ ซึ่งเรียกระบบนี้ว่า อิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำ (oil - in - water emulsion , o/w) และ ระบบที่มีหยดของน้ำกระจายตัวอยู่ในส่วนของเหลวที่เป็นน้ำมัน ซึ่งเรียกระบบนี้ว่า อิมัลชันแบบน้ำในน้ำมัน (water - in - oil emulsion , w/o) พบว่าอาหารส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำ (o/w emulsion) ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของอิมัลชัน ได้แก่ โปรตีน สารอิมัลซิไฟเออร์

ก) โปรตีน

มีโปรตีนหลายชนิดที่นิยมใช้ในอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำ เช่น โปรตีนนม โปรตีนไข่ โปรตีนจากสัตว์ และ โปรตีนพืช ซึ่งโปรตีนชนิดต่างๆ มีความสามารถในการทำให้เกิดอิมัลชัน (emulsion capacity, EC) และการรักษาความคงตัวของอิมัลชัน (emulsion stability, ES) แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติของโปรตีนในการทำให้เกิดอิมัลชันและการรักษาความคงตัวของอิมัลชัน

ชนิดของโปรตีน	ประเภท	Emulsion capacity ^a (EC)	Emulsion stability ^b (ES) 24 ชั่วโมง	Emulsion stability (ES) 14 วัน
โปรตีนถั่วเหลือง	โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง	277	94	88.6
	แป้งถั่วเหลือง	184	100	100
ไข่ขาวผง	ไข่ขาวผง	226	11.8	3.3
	ไข่ขาวชิ้นเล็กๆ	240	3.5	1.1
	ไข่ขาวเหลว	215	0.0	2.5
ผลิตภัณฑ์นม	เคซีน	336	5.2	41.0
	โปรตีนเวย์ผง	190	100	100

^a EC : ปริมาณน้ำมันเป็นกรัมที่สารอิมัลซิไฟเออร์สามารถทำให้เกิดเป็นอิมัลชันได้

^b ES : ปริมาณน้ำมันที่แยกชั้นออกมาจากอิมัลชันภายหลังจากการเก็บรักษา

ที่มา : ปาริฉัตร หงสประภาส (2542)

พบว่าโปรตีนไข่ขาวจะมีประสิทธิภาพในการรักษาความคงตัวมากที่สุด ในขณะที่โปรตีนถั่วเหลืองและโปรตีนเวย์ไม่สามารถรักษาความคงตัวของอิมัลชันไว้ได้ แต่ข้อจำกัดของการใช้ไข่ขาวเป็นอิมัลซิไฟเออร์ในอาหารบางชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์อิมัลชันเหลว เมื่อไข่ขาวได้รับความร้อนจะเกิดเป็นเจลของไข่ขาว ดังนั้นจึงใช้โปรตีนนมแทนไข่ขาว เช่น เลซีน ในขณะที่ผลิตภัณฑ์บางชนิดที่ต้องการคุณสมบัติการเกิดเจล การเกิดฟอง และการเกิดอิมัลชัน เช่น เค้ก ไอศกรีม สามารถใช้ประโยชน์จากโปรตีนไข่ขาวได้

ข) สารอิมัลซิไฟเออร์

สารอิมัลซิไฟเออร์จะถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อิมัลชันเพื่อลดแรงตึงผิวของเม็ดไขมัน ที่นิยมใช้ได้แก่ เลซิธิน (lecithin)

2.4.2 โปรตีนจากพืชตระกูลถั่ว

โปรตีนเป็นสารอาหารที่มีความสำคัญต่อมนุษย์มาก เนื่องจากร่างกายสามารถใช้โปรตีนในการเจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ แหล่งของโปรตีนที่สำคัญได้จากเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ ซึ่งร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างดี แต่เป็นโปรตีนที่มีราคาแพง เนื่องจากมีปริมาณค่อนข้างจำกัด ต้นทุนในการผลิตสูง ปัจจุบันจึงมีการนำโปรตีนจากพืชมาใช้ประโยชน์กันมากขึ้น เนื่องจาก สามารถหาได้ง่าย มีจำนวนมาก และราคาถูก วัตถุดิบที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตโปรตีน ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว และธัญพืช เป็นต้น

2.4.2.1 โปรตีนจากถั่วเหลือง (soybean protein)

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่สำคัญ ซึ่งไม่เพียงจะมีปริมาณโปรตีนมาก แต่ยังมีคุณภาพสูงอีกด้วย โปรตีนจากถั่วเหลืองสามารถผลิตได้หลากหลายรูปแบบ ซึ่งจะมีปริมาณโปรตีนแตกต่างกัน เช่น แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน มีปริมาณโปรตีน 56 - 59 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนเข้มข้น มีปริมาณโปรตีน 70 - 72.6 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีนไอโซเลท มีปริมาณโปรตีน 90 - 97.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองมีค่าการละลายของโปรตีนสูง และสามารถใช้เป็นสารที่รวมตัวกับน้ำและไขมัน ให้เกิดเป็นอิมัลชันและทำให้ไขมันอยู่ตัว ซึ่งมีความสำคัญต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่างๆ เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่หลากหลาย

คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนถั่วเหลือง สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท

1. คุณสมบัติในการดูดซับน้ำ (hydration properties) ได้แก่ การพองตัว การละลาย และความหนืด

ก) การพองตัว (swelling)

เป็นการวัดการดูดซับน้ำเข้าไป ซึ่งจะขึ้นกับ เมล็ดถั่วเหลือง กระบวนการแปรรูป สภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรดค่าสูง อุณหภูมิ และค่าความแรงทางประจุ (Kakalis *et al.* 1990 ; Wagner and Anon. 1990) พบว่าในสภาวะที่มีเกลือ หรือการให้ความร้อน จะทำให้ความสามารถในการดูดซับน้ำของโปรตีนถั่วเหลืองลดลง เนื่องจากโปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติ และการให้ความร้อนที่สูงขึ้นจะช่วยส่งเสริมการเกิดโครงสร้างของเจล ซึ่งสามารถเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างได้ จึงทำให้การดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น

ข) การละลาย (solubility)

ในสภาวะอุณหภูมิสูง ค่าความเป็นกรดค่าสูงหรือต่ำมาก และสารเคมีบางชนิด เช่น ยูเรีย และสารอินทรีย์ ทำให้โปรตีนสูญเสียสภาพธรรมชาติได้ กระบวนการสูญเสียสภาพธรรมชาตินี้จะมีผลทำให้โครงสร้างตติภูมิ และจตุภูมิเกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งทำให้การละลายของโปรตีนลดลง

ค) ความหนืด (viscosity)

คุณสมบัติด้านความหนืดของโปรตีนถั่วเหลือง จะเกี่ยวข้องกับการละลายและอัตราส่วนของน้ำทั้งหมดต่อน้ำที่ถูกดูดซับไว้ (T/A) เมื่อค่า T/A เท่ากับ 1 น้ำอิสระจะป้องกันการเกิดแรงเสียดทานภายในระหว่างอนุภาคของแข็ง จะส่งผลทำให้ความหนืดต่ำลง ในทางตรงกันข้าม เมื่อน้ำที่โปรตีนถั่วเหลืองดูดซับไว้มีค่ามากกว่าน้ำอิสระ จะทำให้ความหนืดสูงขึ้น เนื่องจากเกิดแรงเสียดทาน ความหนืดจะเพิ่มขึ้น เมื่อมีการให้ความร้อนจนกระทั่งโปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพ หลังจากโปรตีนสูญเสียสภาพแล้วจะทำให้ความหนืดค่อยๆ ลดลงอีกครั้ง เนื่องจากเกิดเป็นเจลที่สามารถเก็บน้ำเอาไว้ได้ (Lopez de Ogara *et al.* 1992) เมื่อความเข้มข้นของโปรตีนจะเพิ่มขึ้น จะทำให้พันธะระหว่างโมเลกุลเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นด้วย

2. คุณสมบัติที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับโปรตีน เช่น ความสามารถในการเกิดเจล ในสภาวะที่มีโปรตีนสูง เมื่อโปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติ จะเกิดเป็นเจลขึ้น การเกิดเจล จะขึ้นกับความเข้มข้นของโปรตีน พันธะไดซัลไฟด์ พบว่าถ้ามีพันธะไดซัลไฟด์มาก จะเกิดเจลที่มีความยืดหยุ่น และแน่นแข็งมาก ค่าความเป็นกรดค่าสูง และการมีเกลืออยู่ในตัวกลาง กระบวนการเกิดเจล สามารถเกิดได้ 2 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นแรกโปรตีนจะเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติ ซึ่งจะทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น และทำให้โครงสร้างของโปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลง ขั้นตอนนี้เรียกว่า "progel" ในขั้นต่อมาโมเลกุลของโปรตีนที่สูญเสียสภาพจะเกิดการรวมตัวกัน เกิดเป็นเจลที่สามารถเก็บน้ำ ไขมัน น้ำตาล กลีเซอรอล และสารอื่นๆ ไว้ได้ ซึ่งขั้นตอนนี้ไม่สามารถผ่นกลับได้

เนื่องจากประกอบไปด้วยพันธะเชื่อมข้ามของ พันธะไดซัลไฟด์ พันธะไฮโดรเจน และพันธะไฮโดรโฟบิก ระหว่างโปรตีน (Fiore *et al.* 1990)

3. คุณสมบัติด้าน surface hydrophobicity ได้แก่ ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (emulsion capacity) และความสามารถในการเกิดฟอง (foaming capacity)

ก) ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน

โปรตีน ถั่วเหลืองมีความสามารถที่จะทำให้เกิดอิมัลชัน และช่วยลดแรงตึงผิว ซึ่งป้องกันการรวมตัวของหยดไขมัน กลไกการเกิดอิมัลชันจะเกิดเนื่องจากมีประจุทางไฟฟ้าสูง และหมู่ไฮโดรโฟบิก - ไกลโอฟิลิก ที่มีอยู่ในโปรตีน ซึ่งทำให้เกิดการดูดซับโปรตีนระหว่างผิวหน้าของเฟสไขมันที่กระจายตัวอยู่ และเฟสของเหลวที่เป็นส่วนต่อเนื่อง โดยโปรตีนจะเกิดเป็นฟิล์มรอบๆหยดไขมันซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกั้น คุณสมบัติในการเกิดอิมัลชันของโปรตีนถั่วเหลืองจะขึ้นกับ ความเข้มข้นของโปรตีน เมื่อความเข้มข้นของโปรตีนสูงขึ้นไปจะทำให้หยดไขมันดูดซับโปรตีนมากขึ้น (Wang and Zayas. 1992) ค่าความเป็นกรดค่า pH ไม่อยู่ในช่วง pI จะทำให้ความสามารถในการละลายสูงขึ้นไป และความสามารถในการเกิดอิมัลชันจะเพิ่มขึ้นด้วย (Petruccelli and Anon. 1994) เมื่อโปรตีนถูกทำให้สูญเสียสภาพจะทำให้ความสามารถในการเกิดอิมัลชันเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการคลายตัว และเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโปรตีนในระดับตติยภูมิ และจตุรภูมิ ด้านไฮโดรโฟบิกจะถูกเปิดออก ส่งผลให้จำนวนพันธะระหว่างโปรตีนกับไขมันเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดเป็นอิมัลชันเพิ่มขึ้นด้วย (Nir *et al.* 1994 ; Burgaud and Dickinson. 1990) การลดพันธะไดซัลไฟด์ โดยการเติม dithiothreitol (DTT) และ sodium sulfide จะทำให้หมู่ที่จับไขมันเปิดออก ทำให้ความสามารถในการเกิดอิมัลชันเพิ่มขึ้น (Wang and Zayas. 1992 ; Petruccelli and Anon. 1994) และเกลือโซเดียมคลอไรด์จะทำให้ความสามารถในการเกิดอิมัลชันลดลง

ข) ความสามารถในการเกิดฟอง

โปรตีนถั่วเหลืองมีความสามารถในการทำให้เกิดฟอง และทำให้ฟองมีความคงตัว ซึ่งความสามารถในการเกิดฟองของโปรตีนจะขึ้นกับ อุณหภูมิ พบว่าที่อุณหภูมิสูงจะทำให้แรงตึงผิว และความหนืดลดลง เพิ่มการกระจายตัวและการดูดซับที่ผิวหน้าระหว่างอากาศกับน้ำ นอกจากนี้ถ้าโปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติ จะเกิดฟองเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการคลายตัวของโปรตีน และมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามความคงตัวของฟองจะลดลงเมื่อมีอุณหภูมิสูงมากๆ เนื่องจากมีความหนืดลดลง ทำให้การกระจายตัวของอากาศเพิ่มขึ้น (Mao and Erbersdobler. 1993) ค่าความเป็นกรดค่า pH ของโปรตีนใกล้ ค่า pI จะทำให้เกิดฟองสูงขึ้นไป เนื่องจาก ไม่เกิดการผลักกันทางประจุไฟฟ้าระหว่างโมเลกุลของโปรตีนที่ผิวหน้าระหว่างอากาศกับน้ำ ทำให้เกิดฟิล์มของโปรตีนที่เหนียวและยืดหยุ่น จำนวนพันธะไดซัลไฟด์ของโปรตีน

เมื่อพันธะไคซัลไฟด์ลดลงจะทำให้การเกิดฟองของโปรตีนลดลง (Yu and Damodaran. 1991) การมีโพลีแซคคาไนด์ที่มีมวลโมเลกุลสูงๆ จับเป็นสารเชิงซ้อนกับโปรตีน เพื่อปรับปรุงความคงตัวของฟอง (Ahmed and Dickinson. 1991)

2.4.2.2 ถั่วเขียว (Mungbean)

ถั่วเขียวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกประเภทหนึ่งที่ทำรายได้ให้แก่ประเทศไทย เนื่องจากสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง ด้วยการทำเป็นอาหารโดยตรงในระดับครัวเรือน ตัวอย่างเช่น ถั่วเขียวคั่วน้ำตาล เคี้ยวส่วน ถั่วกวน ถั่วแปบ และเม็ดขนุน เป็นต้น และการทำเป็นอาหารชนิดอื่นซึ่งทำได้ทั้งในระดับครัวเรือนและอุตสาหกรรม เช่น ถั่วงอก วุ้นเส้น แป้งถั่วเขียว และแป้งข้าวจ้าว และยังสามารถนำมาผลิตเป็นอาหารโปรตีนสูงที่มีราคาถูกลง เช่น โปรตีนเกษตร หรือเนื้อเทียม เป็นต้น นอกจากนี้ยังนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอาหารสัตว์อีกด้วย

ถั่วเขียว (Mungbean , Green gram) หรือถั่วทอง (Golden gram) เป็นพืชอยู่ในตระกูล Leguminosae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Vigna radiata* (L.) Wilzek , *Phaseolus aureus* Roxb. หรือ *Phaseolus radiatus* L. ถั่วเขียวที่ปลูกในประเทศไทย แบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด โดยขึ้นอยู่กับรูปร่างและลักษณะของเมล็ด (เพิ่มพูน ศักดิ์เกษม. 2531) ดังนี้

ก) ถั่วเขียวธรรมดา หรือถั่วเขียวเมล็ดด้าน (*Vigna radiata*)

เป็นพันธุ์ที่นิยมใช้ทำถั่วงอก วุ้นเส้น และส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ถั่วเขียวชนิดนี้ถ้าปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ และน้ำเพียงพอ จะได้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าพันธุ์อื่นๆ คือ 400 กิโลกรัมต่อไร่

ข) ถั่วทอง หรือถั่วเขียวสีทอง (*Phaseolus aureus*)

ถั่วเขียวชนิดนี้มีลักษณะลำต้น ใบ และฝักเหมือนกับถั่วเขียวเมล็ดด้าน เมล็ดมีสีเหลืองทอง มักนิยมนำมาใช้ทำขนม เพราะมีสีสรรสวยงามน่ารับประทาน

ค) ถั่วเขียวมันเมล็ดใหญ่ (*Vigna typica*)

เป็นถั่วเขียวที่มีเมล็ดเป็นมัน มีสีดํา เหมาะที่จะปลูกเป็นการค้า เพราะให้ผลผลิตสูงและขายได้ราคาดี ตลาดต่างประเทศต้องการถั่วเขียวชนิดนี้มาก ถั่วเขียวมันเมล็ดใหญ่ยังแบ่งออกได้เป็น 2 พวก ตามสีของฝักแก่ คือพวกที่เมื่อฝักแก่ เปลือกฝักจะเปลี่ยนเป็นสีขาวนวล และอีกพวกหนึ่ง เมื่อฝักแก่จะเปลี่ยนเป็นสีดำ

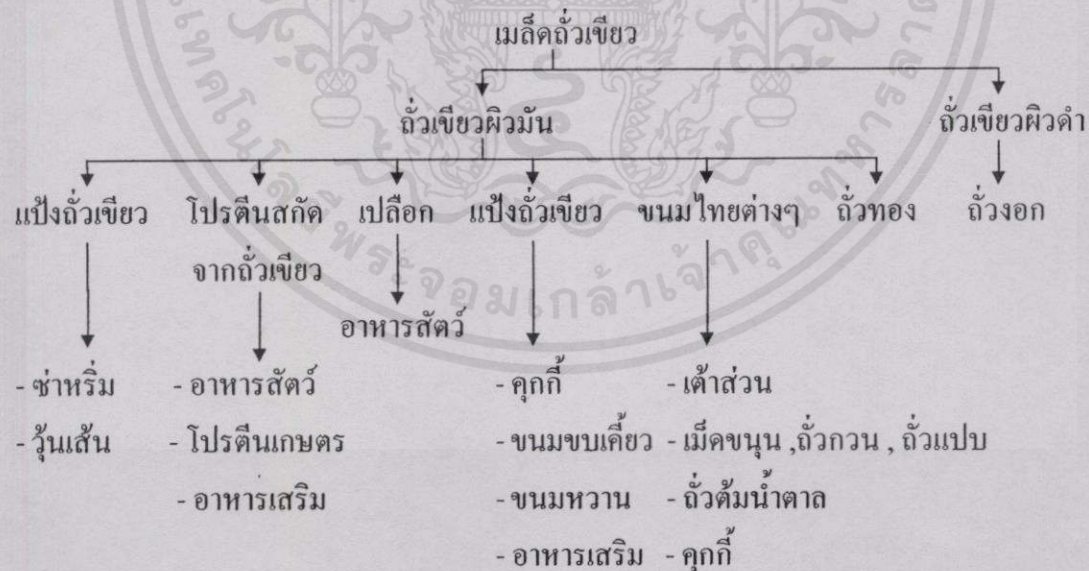
เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง) ถั่วเขียวฝิวดำ (*Vigna grandis*)

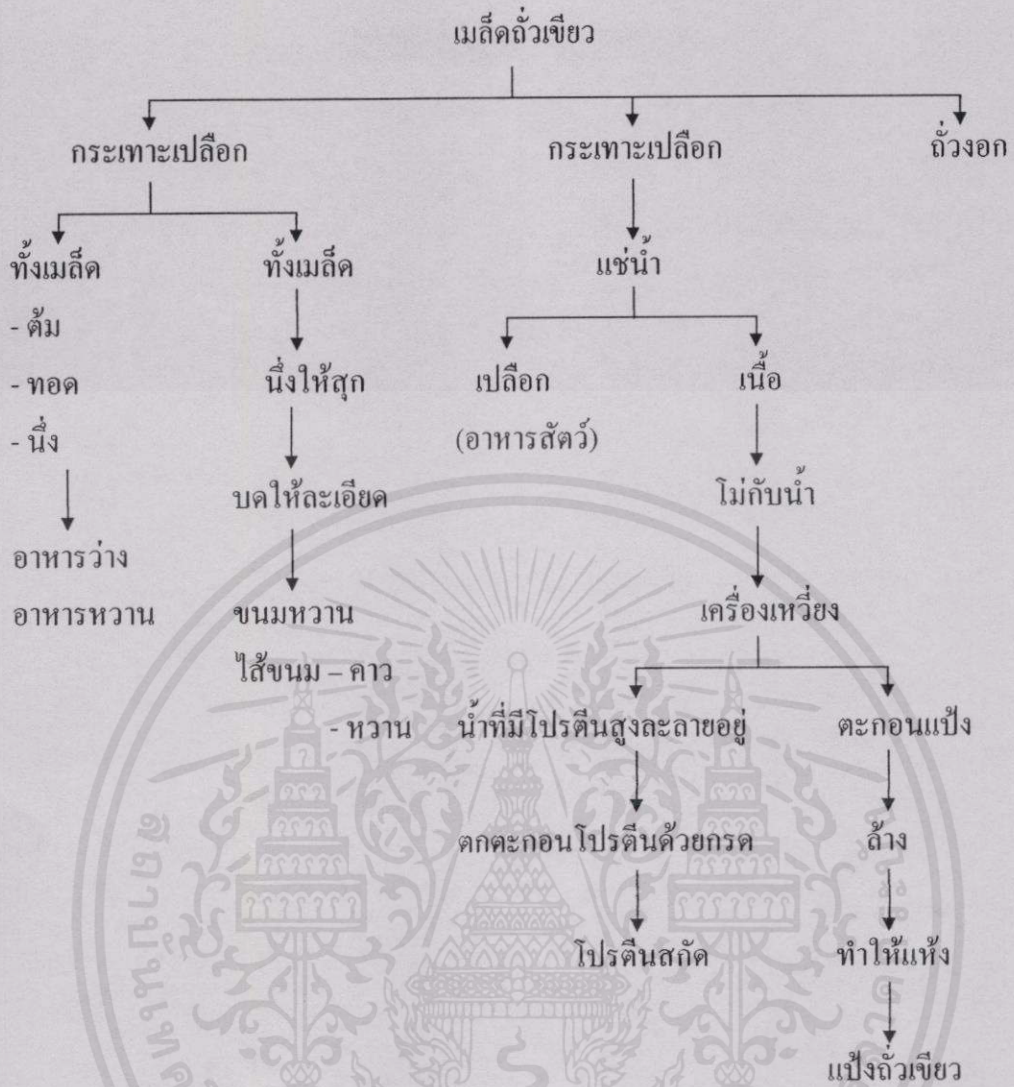
มีลักษณะลำต้น ใบ และฝักคล้ายถั่วเขียวธรรมดา แต่มีขนตามกิ่ง ก้าน ใบ และฝัก บางพันธุ์มีลำต้นสูง และทอคยอด ฝักแก่มีสีดำไม่แตกง่าย เมล็ดมีสีดำ นิยมใช้เพาะถั่วงอก เพราะต้นถั่วงอกที่ได้จะมีความอวบอ้วน ขาว นุ่มรับประทาน และคงความสดไว้ได้นานกว่าถั่วงอกที่เพาะจากถั่วเขียวธรรมดา

ถั่วเขียวสีทอง (*Phaseolus aureus*, Roxb.) มีปริมาณโปรตีน 20-25 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณไขมันน้อยมาก (1.0-1.2 เปอร์เซ็นต์) แต่มีปริมาณกรดอะมิโนเมทไอโอนีน และซิสตีน ในปริมาณค่อนข้างจำกัด ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ จึงจำเป็นต้องรับประทานร่วมกับแหล่งโปรตีนชนิดอื่นๆ นอกจากนี้ถั่วเขียวยังอุดมไปด้วยวิตามิน เอ บี1 บี2 ซี และไนอาซิน และแร่ธาตุที่สำคัญ ได้แก่ โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส และแคลเซียม เป็นต้น (Penkwan, 1998)

การแปรรูปเมล็ดถั่วเขียวที่สำคัญ และผลิตในระดับอุตสาหกรรมในปัจจุบัน ก็คือ การทำวุ้นเส้น การทำแป้งถั่วเขียว ทำเนื้อเทียมจากโปรตีนสกัด และการนำแป้งมาทำซ่าหริ่ม เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 2.1 สามารถลำดับขั้นตอนของการแปรรูปเมล็ดถั่วเขียวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่างๆ ได้ดังแสดงในภาพที่ 2.2



เอกสารนี้ ภาพที่ 2.1 การใช้ประโยชน์จากเมล็ดถั่วเขียว การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ : Prabhavat (1987) ให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 การแปรรูปเมล็ดถั่วเขียวเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ
ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล และ ลินดา พงศมาสุก (2535)

คุณสมบัติทางหน้าที่ของสตราซ์จากถั่วเขียว

ก) ความสามารถในการดูดน้ำ

คุณสมบัติในการดูดน้ำของสตราซ์มีความสำคัญในผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น คุกกี้ เส้น สปาเกตตี้ เป็นต้น เพราะน้ำที่สตราซ์ดูดเข้าไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่มชุ่มน้ำ และมีความคงตัวดี (Dexter et al. 1983) ถ้าสตราซ์ในผลิตภัณฑ์ดูดน้ำมากเกินไป จะทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นและมากเกินไป และเปื่อยยุ่ยได้ง่าย ในทางตรงกันข้าม ถ้าสตราซ์ในผลิตภัณฑ์นั้นดูดน้ำได้น้อยเกินไป ก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นแข็งกระด้าง ไม่นุ่ม และชุ่มน้ำ ทำให้ไม่น่าบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์อยู่ภายใต้การคุ้มครองตามกฎหมาย ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ หากมีการนำออกไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต เจ้าของลิขสิทธิ์ขอสงวนสิทธิ์ในการดำเนินคดีตามกฎหมาย

ข) ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน

ความสามารถในการดูดซับน้ำมันของสตาร์ช มีผลต่อการนำสตาร์ชไปทำอาหารว่างชนิดที่ทำให้สุกโดยการใช้ไขมัน คือถ้าสตาร์ชดูดซับน้ำมันน้อยจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าสตาร์ชที่ดูดซับน้ำมันมาก และอาจจะมีผลในด้านความน่ารับประทาน ผลิตภัณฑ์ที่ดูดซับน้ำมันมากจะดูเป็นมันเยิ้มไม่น่าบริโภค

ค) ความสามารถในการเกิดเจล

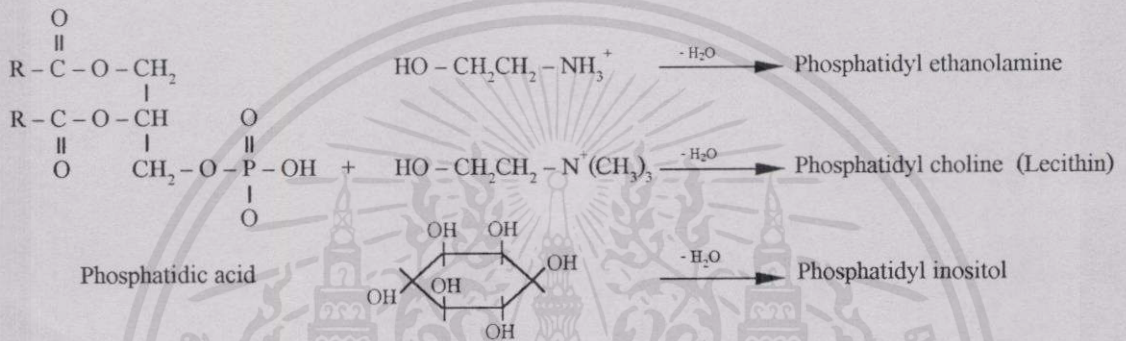
Dexter *et al.* (1983) ได้อธิบายถึงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่มีผลต่อลักษณะชั้นหนืดและการเกิดเจล โดยเมื่อนำอาหารที่มีสตาร์ชกับน้ำในส่วนผสมไปผ่านขบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความร้อน ในขณะที่สารละลายได้รับความร้อน ความหนืดของสารละลายจะลดลงเมื่อให้สารละลายนั้นเย็นลง ความหนืดจะเพิ่มขึ้น ถ้าความเข้มข้นของสารละลายเหมาะสม เมื่อทำให้เย็นจะเกิดเจลขึ้น คุณสมบัติในการเกิดเจลของสตาร์ชนี้ มีความสำคัญในผลิตภัณฑ์ประเภทที่ทำให้เป็นเส้น เช่น วุ้นเส้น หรือเส้นก๋วยเตี๋ยว สตาร์ชที่มีปริมาณอะไมโลสน้อยจะทำให้เกิดเจลที่อ่อนตัว อาจเนื่องมาจากการคืนตัว (retrogradation) ของสตาร์ชได้น้อยในขณะที่เกิดเจล (Lii และ Chang, 1981)

2.4.3 เลซิทีน (lecithin)

เลซิทีนเป็นชื่อของสารกลุ่มหนึ่งที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์ทั้งในพืชและสัตว์ สารชนิดนี้ส่วนใหญ่ได้มาจากไข่แดง และเมล็ดพืชที่ให้น้ำมัน เช่น เมล็ดถั่วเหลือง โดยสารเลซิทีนที่ได้จากไข่แดง หรือที่เรียกว่า โอโอ - เลซิทีน ประกอบด้วยกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย แต่เป็นกรดไขมันที่อยู่ในรูปกรดไขมันอิ่มตัวซึ่งมีคุณสมบัติช่วยลดปริมาณโคเลสเตอรอลในเลือดน้อยกว่ากรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวซึ่งมีมากในเลซิทีนที่สกัดจากถั่วเหลือง เลซิทีนเป็นสารที่อยู่ในประเภทไขมันที่เรียกว่า ฟอสโฟลิปิด (phospholipids) ซึ่งเป็นสารที่มีลักษณะคล้ายไขมัน โดยมีส่วนผสมของแร่ธาตุ ฟอสฟอรัส สารฟอสโฟลิปิดที่อยู่ในเลซิทีนประกอบด้วยสาร โคลีน (choline) และสารอินสิทอล (inositol) ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ซึ่งสารทั้งสองชนิดนี้เป็นตัวควบคุมปริมาณโคเลสเตอรอลและช่วยให้ร่างกายเผาผลาญไขมันให้กลายเป็นพลังงาน นอกจากนี้เลซิทีนยังอุดมไปด้วยกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยเฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน ได้แก่ กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) ซึ่งจะเป็นตัวเร่งให้ร่างกายดูดซึมสาร โคเลสเตอรอล ได้รวดเร็วกว่าเลซิทีนชนิด ไขมันอิ่มตัวจากไข่แดง และยังช่วยป้องกันการเกาะตัวกันของโคเลสเตอรอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เลซิทีนมีอยู่ในอาหารหลายชนิด ได้แก่ น้ำมันพืชที่ไม่ผ่านกรรมวิธี และไข่แดง นอกจากนี้ไม่จำกัดเฉพาะทั้งนั้น อีกทั้งยังมีในเครื่องสำอางและเครื่องสำอางของเอกสารที่กล่าวถึงที่มีการนำไปใช้ ยังมีพืชจำพวกถั่ว ธัญพืชที่ไม่ได้ขัดสีเอาเปลือกออกจนหมด และจมูกข้าวที่เราเรียกว่าวีทเจอร์ม (wheat germ) และในสัตว์ก็พบที่ตับและหัวใจ แต่เลซิทีนที่ผลิตทางการค้า (commercial lecithin)

ไม่ใช่สารบริสุทธิ์ ประกอบด้วยฟอสฟาไทด์หลายชนิดผสมกัน 65 เปอร์เซ็นต์ และอีก 35 เปอร์เซ็นต์เป็นน้ำมันและมีส่วนประกอบอื่น ๆ เล็กน้อย เช่น คาร์โบไฮเดรต และสเตอรอล เลซิทีนที่ผลิตทางการค้ามักเป็นผลพลอยได้ของโรงงานจากกระบวนการผลิตน้ำมันพืช ในขั้นตอนการกำจัดกัม หรือสารเหนียว (degumming) เพื่อทำให้น้ำมันบริสุทธิ์เหมาะแก่การบริโภค (Van Nieuwenhuizen, 1976) เลซิทีนที่ได้นี้มีการนำมาดัดแปลงเพื่อให้มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมผลิตเครื่องสำอาง และสีทาบ้าน (Szuhaj, 1983) ทั้งนี้เนื่องจากเลซิทีนจัดเป็นสารลดแรงตึงผิว (surfactant) ที่ดีชนิดหนึ่ง



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างทางโมเลกุล และการเกิดฟอสโฟลิปิดที่พบในถั่วเหลือง
ที่มา : ดัดแปลงจาก KeShun (1997)

เลซิทีนจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางที่ทำให้โมเลกุลของน้ำมันหรือไขมันกระจายลอยอยู่ในโมเลกุลของน้ำได้ และเลซิทีนมีคุณสมบัติในการลดแรงตึงผิว ซึ่งจะช่วยให้ น้ำกับน้ำมันผสมเข้ากันได้ จึงมีการนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร (Alder and Pomeranz, 1959) กระทรวงสาธารณสุข (2522) อนุญาตให้ใช้ในอาหารไม่จำกัดปริมาณ ซึ่ง Szuhaj (1983) ได้สรุปว่ามีการใช้เลซิทีน 0.1 – 0.2 เปอร์เซ็นต์ เพื่อจุดประสงค์ต่างๆ เช่น ใช้ในมาการีน เพื่อป้องกันการกระเด็นในขณะทอดอาหาร อาหารพวกขนมหวานและซ็อกโกแลต ใช้เลซิทีนเพื่อควบคุมความหนืด ลดความเหนียว และควบคุมการตกผลึก อาหารสำเร็จรูป เช่น ผงโกโก้ กาแฟ เป็นต้น เลซิทีนทำหน้าที่เป็นทั้งอิมัลซิไฟเออร์ และสารช่วยให้เปียก (wetting agent) ช่วยให้ผงโกโก้ดูดซึมน้ำและละลายได้ในทันที ผลิตภัณฑ์ขนมอบ เช่น ขนมปัง คุกกี้ โดนัท เค้ก เดิมเลซิทีนลงในแป้งจะทำให้ไขมันกระจายออกไปได้ทั่วขณะทำขนมอบ ช่วยให้แป้งขึ้นดีและผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อที่นุ่มนวล และสดอยู่ได้นาน การใช้เลซิทีนในพวกเนยแข็งเพื่อเป็นอิมัลซิไฟเออร์และทำให้การตัดแบ่งส่วนของเนยแข็งสะดวก นอกจากนี้ในเลซิทีนยังมีวิตามินอี ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารกันหืน (antioxidant) ช่วยป้องกันการเกิดกลิ่นหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และยังมีประโยชน์ต่อร่างกาย คือ

- 1) เสริมสร้างพลังงานให้แก่ร่างกาย
- 2) ช่วยในการดูดซึมและขนส่งอาหารพวกไขมันเข้าสู่กระแสโลหิต
- 3) เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มสมองและเซลล์ประสาท
- 4) ช่วยละลายไขมัน ทำให้ไขมันทุกตัวรวมทั้งโคเลสเตอรอลไม่เกาะตัวกัน แต่ลอยตัวไหลผ่านไปตามหลอดเลือดได้ โดยไม่ตกตะกอนจับตัวแข็งและพอกอยู่ตามผนังหลอดเลือดจนกลายเป็นสิ่งกีดขวางกระแสโลหิตที่ไหลเวียนในร่างกาย
- 5) เป็นอาหารเสริมสำหรับผู้ป่วยและอาหารบำรุงประสาท และ ยังช่วยให้มีความจำดี

2.4.4 น้ำมันเมล็ดทานตะวัน (Sunflowerseed oil)

เมล็ดดอกทานตะวัน (*Helianthus annuus*) เป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Compositae มีปริมาณน้ำมันสูง โดยเฉลี่ยประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองและเมล็ดฝ้ายซึ่งมีประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ จึงจัดเป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญ และสามารถผลิตน้ำมันได้ประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ของทั้งโลก (Hui, 1996) ซึ่งในน้ำมันเมล็ดทานตะวันมีกรดไขมันอิ่มตัวในระดับที่ต่ำ มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะเดี่ยว (monounsaturated fatty acid) เช่น กรดโอเลอิก (oleic acid) 16.5 เปอร์เซ็นต์ และกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะ (polyunsaturated fatty acid) เช่น กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) ในเปอร์เซ็นต์ที่สูง (72.4 เปอร์เซ็นต์)

น้ำมันเมล็ดทานตะวันจะมีกรดลิโนเลอิกมากกว่าน้ำมันจากพืชชนิดอื่นๆ เช่น น้ำมันข้าวโพด (59.8 เปอร์เซ็นต์) น้ำมันถั่วเหลือง (50.8 เปอร์เซ็นต์) เป็นต้น ซึ่งการมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากจะมีประโยชน์ในด้านการลดปริมาณโคเลสเตอรอลในอาหาร นอกจากนี้ น้ำมันเมล็ดทานตะวันยังเป็นแหล่งที่ดีของวิตามิน อี (α-Tocopherol) มีประมาณ 45 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งวิตามิน อี มีคุณสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนซ์ตามธรรมชาติ ดังนั้นน้ำมันชนิดนี้จึงได้รับความสนใจที่จะนำมาใช้ในการผลิตอาหาร เนื่องจากมีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีจุดเกิดควันที่อุณหภูมิสูง ไม่มีกลิ่นรส และมีสีอ่อนใส ดังแสดงในตารางที่ 2.5 จึงสามารถใช้น้ำมันเมล็ดทานตะวันเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำมาใช้ปรุงอาหารต่างๆ เช่น การอบ ทอด และทำน้ำสลัด เป็นต้น (Morrison *et al.* 1995)

ตารางที่ 2.5 คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำมันเมล็ดทานตะวันที่ทำผ่านการทำให้บริสุทธิ์ ฟอกสี
กำจัดกลิ่น และเอาไขออก

คุณลักษณะทางกายภาพ	ค่าที่กำหนด
ค่าความถ่วงจำเพาะ ที่ 25 °ซ	0.915-0.919
ค่าไอโอดีน (Iodine value)	130-144
ค่าสaponification value	188-194
ค่าดัชนีการหักเหแสง ที่ 25 °ซ	1.4740-1.4745
จุดเกิดเป็นควีน (°ซ)	252-254
ฟอสเฟต	ไม่เกิน 1 ppm
ค่าสี (Lovibond color)	2.0 red , 20.0 yellow
ค่าเปอร์ออกไซด์	2.0 meq / kg
ความคงตัวของไขมันทดสอบ โดยวิธี Active Oxygen Method (AOM)	Peroxide 35 หลังจาก 8 ชั่วโมง
คลอโรฟิลล์	ไม่เกิน 0.03 ppm
ความชื้นและสารระเหย	ไม่เกิน 0.10 เปอร์เซ็นต์
กรดไขมันอิสระ	ไม่เกิน 0.05 เปอร์เซ็นต์
สบู่ (sodium oleate)	ไม่เกิน 0.003 เปอร์เซ็นต์
สารที่ไม่ถูกสaponification (unsaponifiable matter)	ไม่เกิน 1.5 เปอร์เซ็นต์
ทดสอบการแช่เย็น :	
0 ซ (32 ฟ) (ชั่วโมง)	48
4.4 ซ (40 ฟ) (ชั่วโมง)	120
กลิ่นและรสชาติ	ไม่มีกลิ่นหืน ไม่มีรสขม หรือรสเปรี้ยว

ที่มา : Hui (1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีนำไปใช้

2.5 หลักการพัฒนาผลิตภัณฑ์

การออกแบบการทดลองที่มีการจัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล อาจจะไม่เหมาะสมกับการพัฒนาสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบมากกว่า 1 ชนิด เช่นในการทดลองนี้มีปัจจัยที่ต้องการศึกษา 10 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ การทดลองจะต้องมีการวางแผนการทดลองเป็น 1,024 สิ่งทดลอง ซึ่งทำให้มีความยุ่งยากมากและก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูง ดังนั้นในระบบการพัฒนาผลิตภัณฑ์จำเป็นจะต้องมีการกลั่นกรองและคัดเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ ต่อจากนั้นจึงทำการทดลองหาส่วนผสมของสูตร ดังนี้

2.5.1 การกลั่นกรองและคัดเลือกปัจจัยที่สำคัญ (ไพโรจน์ วิริยาริ. 2535)

ในการพัฒนาสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร ที่มีส่วนประกอบมากกว่า 1 ชนิด จำเป็นจะต้องมีการคัดเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ โดยการวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman designs เป็นการออกแบบเพื่อกลั่นกรองและคัดเลือกเอาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อระบบ (สูตรอาหารที่ทดลอง) วิธีการนี้เป็นวิธีที่สามารถกลั่นกรองปัจจัยจำนวนมากๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่สำคัญจริงๆ ที่มีผลกระทบต่อระบบที่กำลังทดลอง ซึ่งนับว่ามีความสำคัญยิ่งต่ออุตสาหกรรมอาหารในปัจจุบัน

หลักการวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman designs เป็นการออกแบบการทดลองที่สามารถกลั่นกรองปัจจัยได้ $N-1$ ตัว ในการทดลอง N ครั้ง กล่าวคือถ้าต้องการคัดเลือกหรือกลั่นกรองปัจจัย 7 ตัว จะต้องทำการทดลองอย่างน้อย 8 ครั้ง โดยการสร้างเมทริกซ์ที่มีการกำหนดเครื่องหมายเป็นแถวๆ ขึ้นกับตัวแปรหรือปัจจัยที่ต้องการศึกษา ในแถวแรกของเมทริกซ์จะถูกกำหนดขึ้นสำหรับปัจจัยในจำนวนที่ต้องการศึกษา ส่วนในแถวต่อมาของเมทริกซ์จะถูกสร้างขึ้นจากการเลื่อนเครื่องหมาย ไปทางซ้ายมือ $N-2$ ครั้ง (เมื่อ N คือ จำนวนครั้งของการทดลอง) ทำการสร้างแบบนี้มาเรื่อยๆ จนถึงแถวสุดท้ายของเมทริกซ์จะเป็นเครื่องหมายลบหมด การออกแบบการทดลองแบบ Plackett and Burman designs มีแบบการทดลองมากมายดังนี้

ถ้า $N = 8$; แถวแรกของเมทริกซ์จะเป็น $+++--$

ถ้า $N = 12$; แถวแรกของเมทริกซ์จะเป็น $++-++++--$

ถ้า $N = 16$; แถวแรกของเมทริกซ์จะเป็น $++++-+-+--$

ถ้า $N = 20$; แถวแรกของเมทริกซ์จะเป็น $++-++++-+-+--$

ถ้า $N = 24$; แถวแรกของเมทริกซ์จะเป็น $++++-+-+--$

เมื่อ + หมายถึงปัจจัยที่มีระดับสูง - หมายถึงปัจจัยที่มีระดับต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปการเลือกการทดลองแบบนี้ ควรคำนึงถึงจำนวนของปัจจัยที่ต้องการกลั่นกรองก่อน ถ้าหากทราบแล้วก็ควรเลือกแบบที่สามารถกลั่นกรองปัจจัยได้หมด ที่เหลือเป็นปัจจัยที่เรียกว่า dummy variables หรือ dummy factors เช่น ในการทดลองต้องการกลั่นกรองปัจจัย 9 ตัว ก็เลือกแผนการทดลองแบบ $N = 12$ ซึ่งจะทำให้สามารถกลั่นกรองปัจจัยได้ 9 ตัว ส่วนที่เหลืออีก 2 ตัวจะเป็น dummy variables ซึ่งการทดลองที่ควรเลือกแบบแผนที่มี dummy variables มากกว่า 1 ตัว เพราะจะมีผลต่อการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เช่น ถ้ามีปัจจัยที่ต้องการศึกษา 7 ตัว ก็ไม่ควรเลือกแผนแบบ $N = 8$ เพราะจะไม่มี dummy variables ให้คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเลย จึงควรเลือกแผนแบบ $N = 12$ ซึ่งจะทำให้มี dummy variables 4 ตัว ที่สามารถนำไปใช้ในการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานได้

การคำนวณหาอิทธิพลของปัจจัยสามารถกระทำได้โดยการหาผลต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยของผลที่เกิดจากการใช้ปัจจัยในระดับสูง และค่าเฉลี่ยของผลที่เกิดจากการใช้ปัจจัยในระดับต่ำ นอกจากนี้การคำนวณหาอิทธิพลของตัวแปรที่เป็น dummy จะนำมาใช้ในการทดสอบผลเนื่องมาจากปัจจัยหลัก (real effect) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยนำค่าอิทธิพลของตัวแปรที่เป็น dummy มาหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ดังสูตร

$$S.E. (effects) = \sqrt{\sum(E_d)^2 / n}$$

เมื่อ E_d = อิทธิพลของ dummy (dummy effects)

n = จำนวนของ dummy effects

หลังจากนั้นสามารถที่จะหาผลของปัจจัยหลักว่ามีความสำคัญต่อระบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยการหาค่า t value จากการคำนวณดังนี้

$$t \text{ value} = \frac{\text{อิทธิพลของปัจจัยหลัก}}{S.E (effects)}$$

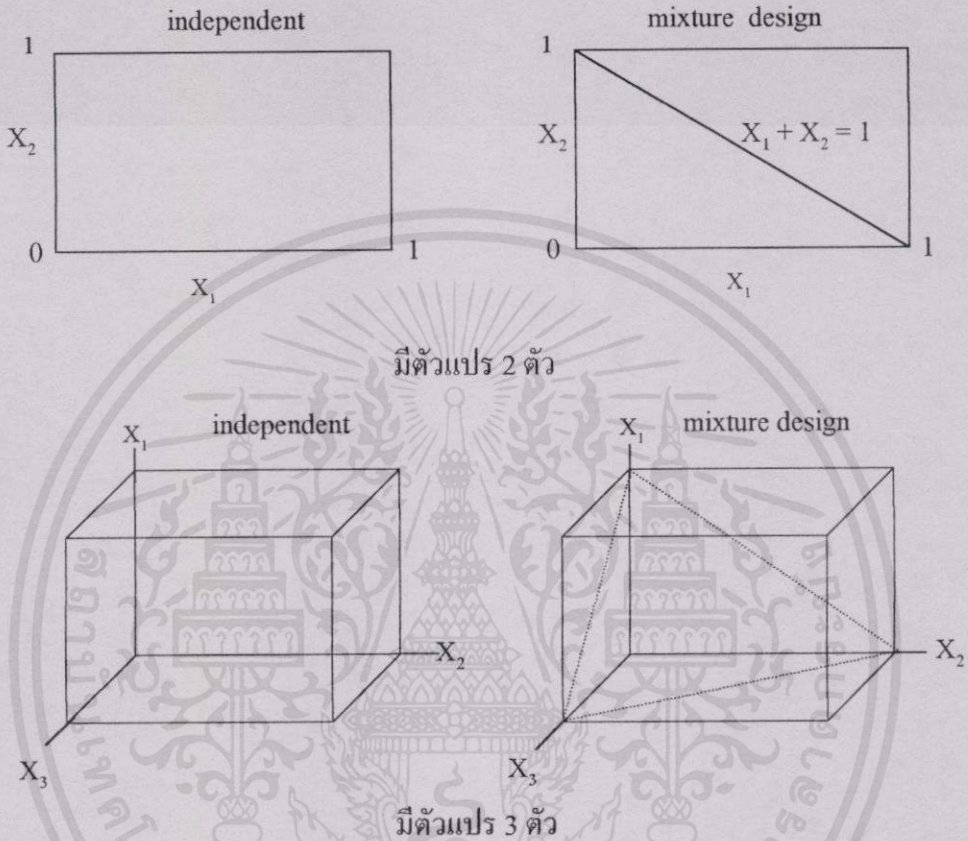
และให้นำค่า t - value ที่ได้จากการคำนวณไปเปรียบเทียบกับค่า t - table ที่ df เท่ากับจำนวนของ dummy effects ที่ใช้ในการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ที่ระดับความเป็นไปได้ 0.10 0.05 หรือ 0.01 เพื่อเป็นการลดปัญหาการมองข้ามปัจจัยที่น่าสำคัญไปได้ (ไพโรจน์ วิริยจารี. 2535)

2.5.2 การหาปริมาณที่เหมาะสมของปัจจัยที่สำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารทดลองหาปริมาณที่เหมาะสมของปัจจัยที่สำคัญนั้น โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ mixture design ซึ่งเป็นการทดลองหาส่วนผสมของสูตร โดยอาศัยหลักการที่ว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของส่วนประกอบใด ส่วนประกอบที่เหลือในสูตรจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงด้วย

และผลรวมของส่วนประกอบทั้งหมดต้องเท่ากับ 1.0 หรือ ร้อยละ 100 ดังนั้น ข้อจำกัดของการ ออกแบบ mixture design คือ $\sum_{i=1}^q X_i = 1.0$

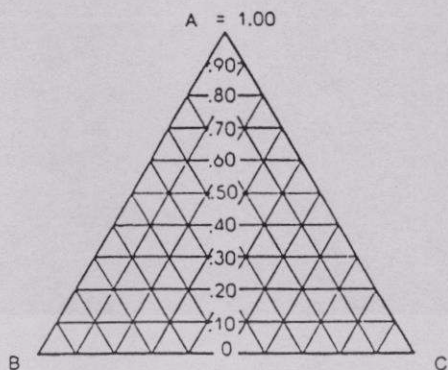
เมื่อ q คือ จำนวนส่วนประกอบในสูตร



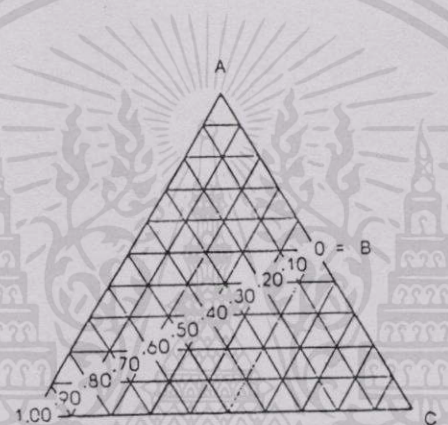
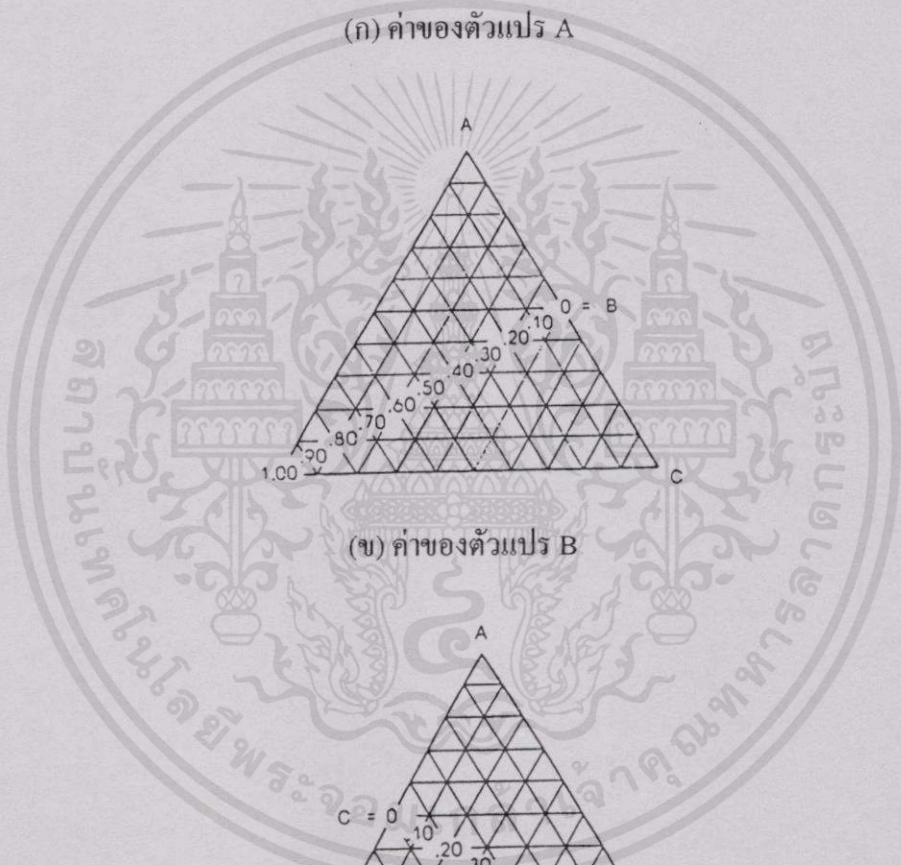
ภาพที่ 2.4 ช่องว่างของ independent และของ mixture design แบบตัวแปร 2 ตัวและ 3 ตัว
ที่มา : Gacula (1993)

จากภาพที่ 2.4 แสดงช่องว่างที่เป็นอิสระของตัวแปร 2 และ 3 ตัว ซึ่งช่องว่างที่เป็น mixture design ของตัวแปร X_1 และ X_2 จะแสดงเป็นเส้นตรง $X_1 + X_2 = 1$ ส่วนช่องว่างที่เป็น mixture design ของตัวแปร X_1 , X_2 และ X_3 จะแสดงเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า $X_1 + X_2 + X_3 = 1$ อย่างไรก็ตามถ้ามีตัวแปร 4 ตัว ช่องว่างของ mixture design จะแสดงในรูปพีระมิด และยิ่งถ้ามีส่วนประกอบ มาก ยิ่งทำให้ยากต่อการแสดงในรูปกราฟ

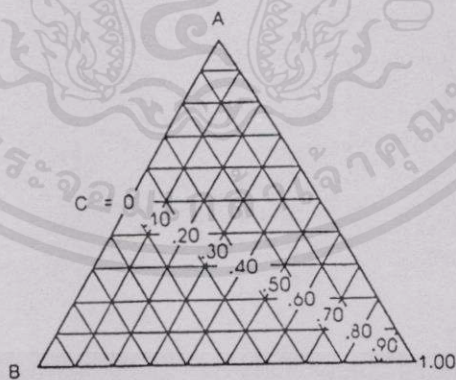
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ในภาพที่ 2.5 เป็นการแสดงช่องว่างของส่วนประกอบ เมื่อมีตัวแปรเป็น A B และ C ซึ่ง ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
อัตราส่วนของสูตรสามารถจัดได้ภายในสามเหลี่ยมนี้ และระดับของส่วนประกอบสามารถจัดการ
ได้จากการวัดโดยใช้เส้นตั้งฉากจากแต่ละแกน



(ก) ค่าของตัวแปร A



(ข) ค่าของตัวแปร B



(ค) ค่าของตัวแปร C

ภาพที่ 2.5 ค่าของตัวแปรในช่องว่างแบบ mixture design (ก) ค่าของตัวแปร A (ข) ค่าของตัวแปร B (ค) ค่าของตัวแปร C
 เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ นครเชียงใหม่ โดยจะขึ้นทะเบียนการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม ขอสงวนสิทธิ์ในนามและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 ที่มา : KeShun (1997)

2.5.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) (เพ็ญขวัญ ชมปรีดา.

2536)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส คือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้เพื่อวัด วิเคราะห์ และแปลความ ขณะที่ผู้ตัดสินรับความรู้สึกลงทางประสาทสัมผัสโดยการเห็น การได้กลิ่น การชิม รส การสัมผัส และการได้ยิน ข้อดีของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส คือ สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวัดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์และวัดการยอมรับของผู้บริโภค

คุณภาพทางประสาทสัมผัส คือ สิ่งที่ผู้บริโภคใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้า อันได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น ผิวหนัง ส่วนต่างๆ ของร่างกาย เป็นเครื่องวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ออกมาในลักษณะของผลิตภัณฑ์ เช่น สี ขนาด รูปร่าง คำหยาบ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส หรือลักษณะสัมผัส การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส อาจใช้เพื่อจุดมุ่งหมาย ดังต่อไปนี้

1. ประเมินผลการเลือกชนิด และคุณภาพของวัตถุดิบ
2. ศึกษาถึงผลกระทบจากกระบวนการผลิตต่อผลิตภัณฑ์
3. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์
4. ศึกษาปฏิกิริยาของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์
5. รักษาระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์
6. การคัดเลือกและฝึกฝนผู้ตัดสิน

ข้อมูลที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจะเป็นข้อมูลด้าน subjective เนื่องจากใช้คนเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบ ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

1. ข้อมูลชนิด nominal ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้ชื่อแบ่งเป็นกลุ่มๆ แต่บอกความแตกต่างระหว่างกลุ่มไม่ได้ โดยแต่ละกลุ่มไม่มีความสัมพันธ์ในด้านลำดับหรือปริมาณ
2. ข้อมูลชนิด ordinal ซึ่งเป็นข้อมูลชนิดมีลำดับ เช่น น้อย ปานกลาง มาก เป็นต้น เพราะฉะนั้นผู้ทดสอบสามารถที่จะตัดสินตามลำดับได้ แต่ช่วงของลำดับไม่แน่นอน
3. ข้อมูลชนิด interval เป็นข้อมูลที่มีช่วงที่กำหนดแน่นอนและคงที่ เช่น ที่หนึ่ง ที่สอง และที่สาม เป็นต้น
4. ข้อมูลชนิด ratio เป็นข้อมูลที่บอกอัตราส่วน

นอกจากนี้ วิธีการที่ใช้ในการวัดการตอบสนองที่เกิดขึ้นจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสมีหลายวิธี หลักการเลือกวิธีการวัดการตอบสนองนั้น ผู้ดำเนินการทดสอบควรเลือกวิธีการที่ง่าย ซึ่งสามารถให้คำตอบที่ต้องการได้ ดังนั้นสามารถจำแนกวิธีการวัดการตอบสนองได้เป็น 4 ประเภท โดยเรียงจากวิธีที่ง่ายไปยาก ดังนี้

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์บุรีรัมย์ ซึ่งไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากมีผู้ละเมิดลิขสิทธิ์ของเอกสารฉบับนี้ กรุณาแจ้งไปยังฝ่ายงานวิจัยและพัฒนาของมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์บุรีรัมย์

2.5.3.1 การจำแนกประเภท (classification)

ทำได้โดยผู้ทดสอบต้องเลือกลักษณะซึ่งอธิบายสิ่งเร้า เช่น ในการทดสอบเครื่องดื่ม ผู้ทดสอบต้องการถ้อยคำ / พยางค์ซึ่งอธิบายความรู้สึกที่ได้รับในตัวอย่างเช่น หวาน เปรี้ยว กลิ่นรสมะนาว ชื่น มีรสหลังกลืน กลิ่นรสธรรมชาติ เป็นต้น ในวิธีการนี้จะไม่พยายามที่จะตั้งมาตรฐานของคำหรือพยางค์ที่อธิบายความรู้สึก และผลที่ได้ก็รายงานเป็นจำนวนครั้งของการทำเครื่องหมายหน้าคำเหล่านั้น ซึ่งข้อมูลที่ได้เป็นชนิด nominal จากนั้นจึงมีการเลือกถ้อยคำที่ใช้ให้เหมาะสมที่สุด ซึ่งเป็นสิ่งอธิบายความรู้สึกของผู้ทดสอบ การเลือกลักษณะทางประสาทสัมผัสและถ้อยคำที่อธิบายลักษณะเหล่านั้น ควรคำนึงถึงความสัมพันธ์ของลักษณะเหล่านั้นกับคุณสมบัติทางเคมี และ/หรือ ทางกายภาพของตัวอย่างด้วย

2.5.3.2 การแบ่งระดับชั้น (grading)

เป็นวิธีการจัดกลุ่มหรือพวก เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะ คุณสมบัติ คุณภาพ และปัจจัยอื่นๆ ที่สำคัญเหมือนกันหรือคล้ายกัน โดยอาศัยข้อกำหนดที่ตั้งขึ้นและต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ชำนาญการผลิตภัณฑ์ที่ประเมิน เช่น การคัดเกรดไข่ตามขนาด การจัดเกรดเนื้อ เป็นต้น การแบ่งระดับชั้นในลักษณะนี้ใช้กันมากในเชิงพาณิชย์ ซึ่งเป็นการคุ้มครองผู้บริโภค ป้องกันไม่ให้ขายสินค้าคุณภาพต่ำในราคาสูง และในขณะเดียวกันให้ผู้ผลิตได้รับผลตอบแทนที่ผลิตสินค้าคุณภาพดีเยี่ยม โดยขายได้ในราคาที่สูงกว่าสินค้าปกติ

2.5.3.3 การเรียงลำดับ (ranking)

เป็นวิธีการที่ผู้ทดสอบต้องเรียงลำดับความเข้ม หรือตามลักษณะที่กำหนดตัวอย่าง เช่น การเรียงลำดับของโยเกิร์ต 4 ตัวอย่าง โดยเรียงลำดับตามความเปรี้ยว หรือเรียงลำดับตามความชอบของอาหารเข้าตำเร็จรูปชนิดแผ่น 5 ตัวอย่าง ผู้ทดสอบแต่ละคนจะเรียงตัวอย่างลำดับแรกเป็น “1” ลำดับที่สองเป็น “2” และต่อไปเรื่อยๆ นำตัวเลขที่ได้จากการเรียงลำดับของแต่ละตัวอย่างไปรวมกัน ซึ่งจะบอกได้ว่าตัวอย่างแต่ละตัวอย่างอยู่ที่ลำดับเท่าไร ตามปกติ ลำดับที่ได้จะไม่บอกว่าตัวอย่างมีความเข้มเท่าไร แต่สามารถที่จะบอกได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างที่นำมาประเมินแล้วตัวอย่างมีความเข้มเรียงกันอย่างไร ข้อมูลที่ได้จากวิธีการเรียงลำดับเป็นข้อมูลชนิด ordinal

2.5.3.4. วิธีการสเกล (scaling)

เป็นวิธีที่ผู้ทดสอบใช้สเกลที่เป็นตัวเลข หรือถ้อยคำ แสดงถึงความเข้มของคุณลักษณะที่รับรู้ เช่น ความหวาน ความแข็ง ความเรียบ หรือแสดงถึงปฏิกิริยาของผู้ทดสอบต่อคุณลักษณะที่กำหนดค่า เช่น ความชอบ ความตั้งใจที่จะซื้อ ความเหมาะสมของแต่ละลักษณะ เช่น อ่อนไป พอดี หรือแข็งไป ถ้าใช้ถ้อยคำในสเกล ผู้ดำเนินการทดสอบต้องให้คะแนนหรือตัวเลขแก่ถ้อยคำนั้นๆ เพื่อที่จะเปลี่ยนข้อมูลที่ได้ให้เป็นตัวเลข และใช้เพื่อการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป วิธี

การนี้ให้รายละเอียดมากกว่าวิธีอื่นๆ ดังนั้นจึงเป็นประโยชน์ที่จะได้รายละเอียดเกี่ยวกับการรับรู้ความรู้สึกในเรื่องความเข้ม ซึ่งผู้ทดสอบต้องได้รับการฝึกฝนมากกว่าวิธีอื่น เพราะผู้ทดสอบจะต้องคุ้นเคยและจดจำสเกลที่ใช้ในการทดสอบ ปัญหาที่พบเกี่ยวกับการใช้สเกล คือผู้ทดสอบชอบใช้ส่วนกลางๆของสเกล ทำให้ค่าที่ได้จะอยู่ในช่วงกลางๆ สเกลที่ใช้การโดยทั่วไปมี 3 ชนิด คือ category scaling , linear scaling และ magnitude estimation scaling

ก) category scaling (CS)

วิธีการนี้ผู้ทดสอบต้องให้คะแนนความเข้มที่กำหนดโดยให้คะแนนเป็นตัวเลข ข้อมูลที่ได้จากวิธีนี้เป็นชนิด ordinal เพราะฉะนั้น ค่าที่ได้จะไม่บอกสัดส่วนว่ามากกว่าหรือน้อยกว่ากันเท่าไร เช่น ค่าความเข้มของตัวอย่างที่หนึ่งมีค่าเท่ากับ 6 กับค่าความเข้มของตัวอย่างที่สองมีค่าเท่ากับ 3 ไม่ได้หมายความว่าตัวอย่างที่หนึ่งเข้มเป็นสองเท่าของตัวอย่างที่สอง

ข) linear scaling (LS)

เป็นวิธีการใช้เส้นตรง ซึ่งมีความยาว 15 เซนติเมตร แทนความเข้มของลักษณะที่กำหนด ผู้ทดสอบต้องทำเครื่องหมายบนเส้นตรง แสดงถึงความเข้มของลักษณะที่กำหนดของตัวอย่างให้ตรงกับความรู้สึกที่ได้รับ บนเส้นตรงที่แทนความเข้มจะมีถ้อยคำกำกับที่จุดเริ่มต้นของเส้นตรงแทนความเข้มที่น้อยที่สุด และจุดสิ้นสุดของเส้นตรงแทนความเข้มที่มากที่สุด ดังแสดงต่อไปนี้

ความหวาน	_____	
น้อยมาก		มาก
คามกรอบ	_____	
ไม่กรอบ		กรอบมาก
ความชอบ	_____	
ไม่ชอบ		ชอบมาก

เมื่อผู้ทดสอบทำเครื่องหมาย (I) ลงบนเส้นตรงแล้ว ผู้ดำเนินการทดสอบสามารถเปลี่ยนความเข้มบนเส้นตรงนั้นให้เป็นตัวเลขได้โดยวัดความยาวจากจุดเริ่มต้นของเส้น ถึงจุดที่ผู้ทดสอบทำเครื่องหมายไว้ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติต่างๆต่อไปได้

ค) magnitude estimation scaling (MES)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น การคัดลอกโดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

เป็นวิธีการใช้สเกลอย่างอิสระ โดยผู้ทดสอบ ซึ่งค่าที่ได้ของตัวอย่างเป็นค่าการถ่วงน้ำหนักที่มีความสัมพันธ์กับความเข้มของตัวอย่างเริ่มต้นจาก 1 เมื่อผู้ทดสอบได้รับตัวอย่างแรกก็จะบอกค่าความเข้มของลักษณะที่กำหนด เช่นความเปรี้ยวเป็นตัวเลข สำหรับตัวอย่างแรกผู้ดำเนินการทดสอบอาจกำหนดตัวเลขให้ (modulus) หรือให้ผู้ทดสอบกำหนดตัวเลขเอง ผู้ทดสอบต้องให้

คะแนนความเข้มให้มีความสัมพันธ์กับตัวอย่างแรกเป็นสัดส่วน เช่น ผู้ทดสอบรู้ดีว่าความเปรี้ยวของตัวอย่างที่สองเป็น 3 เท่าของตัวอย่างแรก เพราะฉะนั้นคะแนนหรือตัวเลขกำหนดความเปรี้ยวของตัวอย่างที่สองต้องเป็น 3 เท่าของคะแนนตัวอย่างแรก ตัวอย่างเช่น การทดสอบความกรอบของข้าวเกรียบกุ้ง โดยตัวอย่างแรกเท่ากับ 25 (คะแนนความกรอบ = 25) ดังนั้นเมื่อผู้ทดสอบได้รับตัวอย่างต่อไปจะต้องบอกความกรอบของแต่ละตัวอย่างโดยคำนึงถึงอัตราส่วนความกรอบของตัวอย่างแรก (25) เสมอ ข้อดีของวิธีการนี้ คือ ข้อมูลที่ได้รับจะมีลักษณะเป็นอัตราส่วน และไม่มีปัญหาเรื่องการใช้สเกลโดยผู้ทดสอบ ข้อเสียของวิธีนี้ คือผู้ทดสอบต้องได้รับการฝึกฝนที่ดี

2.5.4 การทดสอบผู้บริโภคร (Anna, 1998)

การทดสอบผู้บริโภครเป็นกิจกรรมที่สำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เป้าหมายของการทดสอบผู้บริโภครที่มีประสิทธิภาพคือเพื่อให้ทราบถึงการตอบสนองของแต่ละบุคคลที่มีต่อผลิตภัณฑ์ แนวความคิดผลิตภัณฑ์ และคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีความจำเพาะ โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือผู้บริโภครทั่วไปที่ไม่ได้รับการฝึกฝน หรือกลุ่มที่เป็นผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ ซึ่งการทดสอบผู้บริโภครเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ การปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีความเหมาะสม และการประเมินความเป็นได้ของตลาด เนื่องจากผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ที่ผลิตขึ้นในทุกวันนี้ จะถูกออกแบบเพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภคร กลยุทธ์ที่สำคัญของการพัฒนาผลิตภัณฑ์คือ แนวความคิด ซึ่งแนวความคิดต่างๆที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จะได้อมาจากแหล่งต่างๆ เช่น ฝ่ายการตลาด และฝ่ายวิจัย การวิจัยผู้บริโภคร และการสร้างแนวความคิด ในการคัดเลือกแนวความคิดจะต้องอาศัยการตอบสนองของผู้บริโภครในการจำแนกลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์หรือแนวความคิดผลิตภัณฑ์ ซึ่งในขั้นตอนนี้การทดสอบผู้บริโภครจะเป็นแนวทางที่สำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อให้ผู้บริโภครมีการยอมรับมากที่สุด นอกจากนี้ การทดสอบผู้บริโภครเป็นสิ่งจำเป็นในการตรวจสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในตลาด เพื่อสร้างและรักษาดำเนินทางการตลาด โดยใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัสเป็นตัวอธิบายการเปลี่ยนแปลงส่วนแบ่งตลาดของผลิตภัณฑ์ ถ้าผลิตภัณฑ์มีส่วนแบ่งตลาดลดลง สามารถใช้การทดสอบผู้บริโภครเพื่อให้ทราบทิศทางของการเปลี่ยนแปลงและมีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภครมากขึ้น

2.5.4.1 ประโยชน์ที่ได้จากการทดสอบผู้บริโภคร

1. ผลการทดสอบผู้บริโภคร จะให้รายละเอียดว่าอะไรคือสิ่งที่ผู้บริโภครต้องการ
2. จากการศึกษาผู้บริโภครจะทราบถึงความถี่ของการใช้ หรือซื้อผลิตภัณฑ์
3. ทำให้ทราบชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครชอบหรือไม่ชอบ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ

4. เป็นการช่วยแนะนำผลิตภัณฑ์ในตลาด ซึ่งช่วยลดต้นทุนการส่งเสริมการขายได้มาก

5. สามารถเปรียบเทียบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ของเรากับผลิตภัณฑ์ของกลุ่มคู่แข่งได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อแผนควบคุมคุณภาพ แผนการตลาด ตลอดจนโรงงานผลิต

2.5.4.2 สถานที่ทดสอบ (test location)

สถานที่ทดสอบมีผลอย่างมากต่อการทดสอบ ไม่ใช่เฉพาะสถานที่ทางประชากรศาสตร์เท่านั้น แต่เพราะแหล่งที่ทดสอบจะให้ผลการทดสอบที่แตกต่างกัน แม้จะทดสอบตัวอย่างชนิดเดียวกัน เหตุผลที่ทำให้ได้ผลการทดสอบแตกต่างกันเพราะ 1) ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ 2) วิธีการเตรียมตัวอย่าง ขึ้นอยู่กับการเตรียมตัวอย่างชนิดควบคุมสถานะ หรือเป็นการเตรียมตัวอย่างโดยปกติ 3) การรับรู้ในตัวอย่างเดียวในสถานะที่ควบคุมการทดสอบจะแตกต่างกับการรับรู้ในตัวอย่าง เมื่อทดสอบที่บ้านซึ่งมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น อาหารชนิดอื่นๆ 4) อิทธิพลของสมาชิกคนอื่นๆในบ้าน 5) ความยาว และความซับซ้อนของแบบสอบถาม สถานที่ทดสอบอาจแบ่งออกได้ดังนี้

ก) ห้องปฏิบัติการ (laboratory) การประเมินผลในห้องปฏิบัติการ การทดสอบทางประสาทสัมผัสจะมีประโยชน์ดังนี้

1. มีการควบคุมการเตรียม และการเสนอตัวอย่าง อย่างระมัดระวัง
2. ใช้เวลาในการติดต่อกับพนักงานน้อย
3. สามารถปกปิดสีหรือสิ่งที่มีคำหยาบได้ง่าย โดยใช้ไฟสี

ข้อเสีย ในการใช้ห้องปฏิบัติการทดสอบผู้บริโภค คือ

1. สถานที่ทดสอบอาจเป็นสิ่งบ่งบอกให้ผู้ทดสอบทราบว่าผลิตภัณฑ์ผลิตที่บริษัทเอง ซึ่งทำให้ผู้บริโภคมีอุปทานที่ไม่ดี
2. การทดสอบไม่เป็นไปตามการบริโภคปกติ
3. การเตรียมตัวอย่างในห้องปฏิบัติการอาจแตกต่างไปจากวิธีการเตรียมที่บ้าน

ข) central location test (CLT)

CLT ส่วนมากเป็นสถานที่ที่ผู้ซื้อส่วนมากอยู่รวมกัน เช่น งานแสดงสินค้า

เอกสารนี้ค้า ศูนย์การค้า การประชุมทางวิชาการในสาขาอาชีพต่างๆ โรงอาหารของโรงเรียนหรือสถานที่
ไม่ว่ากรณีศึกษา การเลือกสถานที่ในการทำ CLT มักจะเลือกตามกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย ครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของวิธี CLT มีดังนี้

1. ผลการทดสอบเป็นที่น่าเชื่อถือ เนื่องจากผู้ทดสอบคือผู้บริโภคร่วมเป้าหมายที่ได้รับการคัดเลือกมาแล้ว
2. ได้แบบสอบถามกลับคืนมาก่อนข้างสูง

ข้อเสียของวิธี CLT มีดังนี้

1. สถานการณ์การทดสอบไม่เหมือนการบริโภคปกติ ในแง่ของการเตรียมตัวอย่าง ปริมาณที่บริโภค และระยะเวลาที่ใช้หรือบริโภค
2. จำนวนคำถามค่อนข้างสั้น ทำให้ขาดข้อมูลบางอย่าง

ค) home use test หรือเรียกว่า home placement method วิธีนี้ให้ผู้บริโภคได้ทดสอบตัวอย่างที่บ้าน หรือในลักษณะที่ใช้หรือบริโภคอยู่เป็นประจำ ในขั้นตอนแรกจะต้องมีการคัดเลือกกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย จากนั้นเตรียมตัวอย่างมีรหัสตัวอย่างพร้อมวิธีการใช้ ส่วนมากตัวอย่างจะมีปริมาณเพียงพอสำหรับบริโภคภายในเวลาที่กำหนด เช่น 1 – 2 สัปดาห์ แจกตัวอย่างให้ผู้บริโภคพร้อมแบบสอบถาม โดยส่งทางไปรษณีย์ หรือส่งไปตามบ้านที่ถูกเลือก

ข้อดีของวิธี home use คือ

1. ผู้บริโภคได้มีโอกาสสัมผัสกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการใช้จริงๆ
2. การชอบหรือการยอมรับในผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นจากการใช้ซ้ำๆกัน แทนที่จะเกิดจากความรูสึกครั้งแรกเหมือนในวิธี CLT
3. ผลจากการยอมรับอาจมีผลไปถึงว่าผู้บริโภคกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งที่จะเป็นผู้บริโภคที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ซ้ำๆได้
4. เศรษฐกิจของผู้บริโภคแต่ละคนจะเป็นตัวชี้ถึงแหล่งที่จะวางตลาดของผลิตภัณฑ์ต่อไปในอนาคต
5. ทักษะคดีของผู้บริโภคเกี่ยวกับรายละเอียดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ เช่น ราคา ภาชนะบรรจุจะได้รับมากขึ้น เนื่องจากวิธีนี้ให้เวลาผู้ทดสอบมาก

ข้อเสียของวิธี home use คือ

1. ใช้เวลานาน และวิธีนี้ค่อนข้างแพง
2. ทำได้กับผู้ทดสอบไม่มากนัก
3. การตอบสนองในวิธีนี้มีน้อย
4. ทำได้กับผลิตภัณฑ์น้อยชนิด อาจเป็น 1 หรือ 2 เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ส่วนบุคคลเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และข้อมูลอ้างอิงของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ไข่ขาวสด

ใช้ไข่ขาวสดที่ได้จากไข่ไก่ ซึ่งผ่านการแยกไข่แดงออกและแช่แข็งที่อุณหภูมิ - 18 องศาเซลเซียสตลอดเวลา ก่อนนำมาใช้ทดลอง โดยได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท เจ.ดี.ฟู้ด โปรดักท์ส จำกัด

3.1.2 ไข่ขาวผง

ใช้ไข่ขาวผงที่ผ่านกระบวนการกำจัดน้ำตาลออก และทำให้แห้งโดยวิธีการพ่นฝอย (spray drying) ซึ่งผลิตภัณฑ์ไข่ขาวผงที่ได้มีปริมาณความชื้น 8 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.3 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 80 เปอร์เซ็นต์ โดยได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท เอฟ.เอ. ฟู้ดส์ จำกัด

3.1.3 เมล็ดถั่วเขียวผ่าซีก

ใช้เมล็ดถั่วเขียวผ่าซีก ตราเกษตร ผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 4 ชั่วโมง และนำมาล้างให้สุกเป็นเวลา 30 นาที

3.1.4 แป้งถั่วเขียว

ใช้แป้งถั่วเขียว ตราคันสน

3.1.5 โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

ใช้โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ซึ่งมีปริมาณความชื้น 6 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 90 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 3 เปอร์เซ็นต์ โดยได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ไมท์ดี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

3.1.6 สีเหลืองไข่ สีผสมอาหาร ตราเบสท์ โอเคอร์

3.1.7 น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน ตรา มรกต

3.1.8 เลซิทีน

ใช้เลซิทีนที่มีลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืด สีน้ำตาลแดง ไม่ผ่านการฟอกสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

3.2 อุปกรณ์ในการเตรียมผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม

3.2.1 เครื่องผสม kitchen aid

K5SS

ญี่ปุ่น

3.2.2 อ่างผสม + หัวใบไม้

3.2.3 เครื่องปั่นผสมอาหาร (blender)		
3.2.4 เครื่องชั่งชนิดหยาบ	Mettler , AE 204	สวิสเซอร์แลนด์
3.2.5 เครื่องชั่งชนิดละเอียด	Mettler , PE 3000	สวิสเซอร์แลนด์
3.2.6 เครื่องบรรจุได้		
3.2.7 แผงให้ความร้อน (hot plate)		
3.2.8 เทอร์โมมิเตอร์		
3.2.9 นาฬิกาจับเวลา		
3.2.10 ไม้เทียมคอตลาเจน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร		
3.2.11 ค้ายี่ฝ้าย		
3.2.12 ลังถึง		
3.2.13 ผ้าขาวบาง		

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม

3.3.1 เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH meter)	Suntex SP – 701	ญี่ปุ่น
3.3.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก	Mettler Toledo	สวิสเซอร์แลนด์
3.3.3 เครื่องวัดสี (chroma meter)	Minalta CR – 30D	ญี่ปุ่น
3.3.4 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส แบบแรงเฉือน (texture analyzer) TA – XT2I		อังกฤษ
3.3.5 ตู้อบลมร้อน (hot air oven)	Memmert	เยอรมัน
3.3.6 เครื่องวิเคราะห์โปรตีน	Buchi 425	
3.3.7 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน	Buchi B810	
3.3.8 อุปกรณ์เครื่องแก้ว		

3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.4.1 จานขนาดเล็ก	
3.4.2 แก้วน้ำพลาสติก	
3.4.3 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	

3.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาอายุการเก็บรักษา

3.5.1 ตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิ	Sanyo	ไทย
3.5.2 จานแก้วเพาะเชื้อ		
3.5.3 หม้อนึ่งภายใต้ความดัน (autoclave)	SS – 320	ญี่ปุ่น

3.5.4 ตู้บ่มเพาะเชื้อ

3.5.5 เครื่องตีปั่นไฟฟ้า (stomacher)

3.5.6 ถุงพลาสติกปราศจากเชื้อ (stomacher bag)

3.6 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.7 วิธีการทดลอง

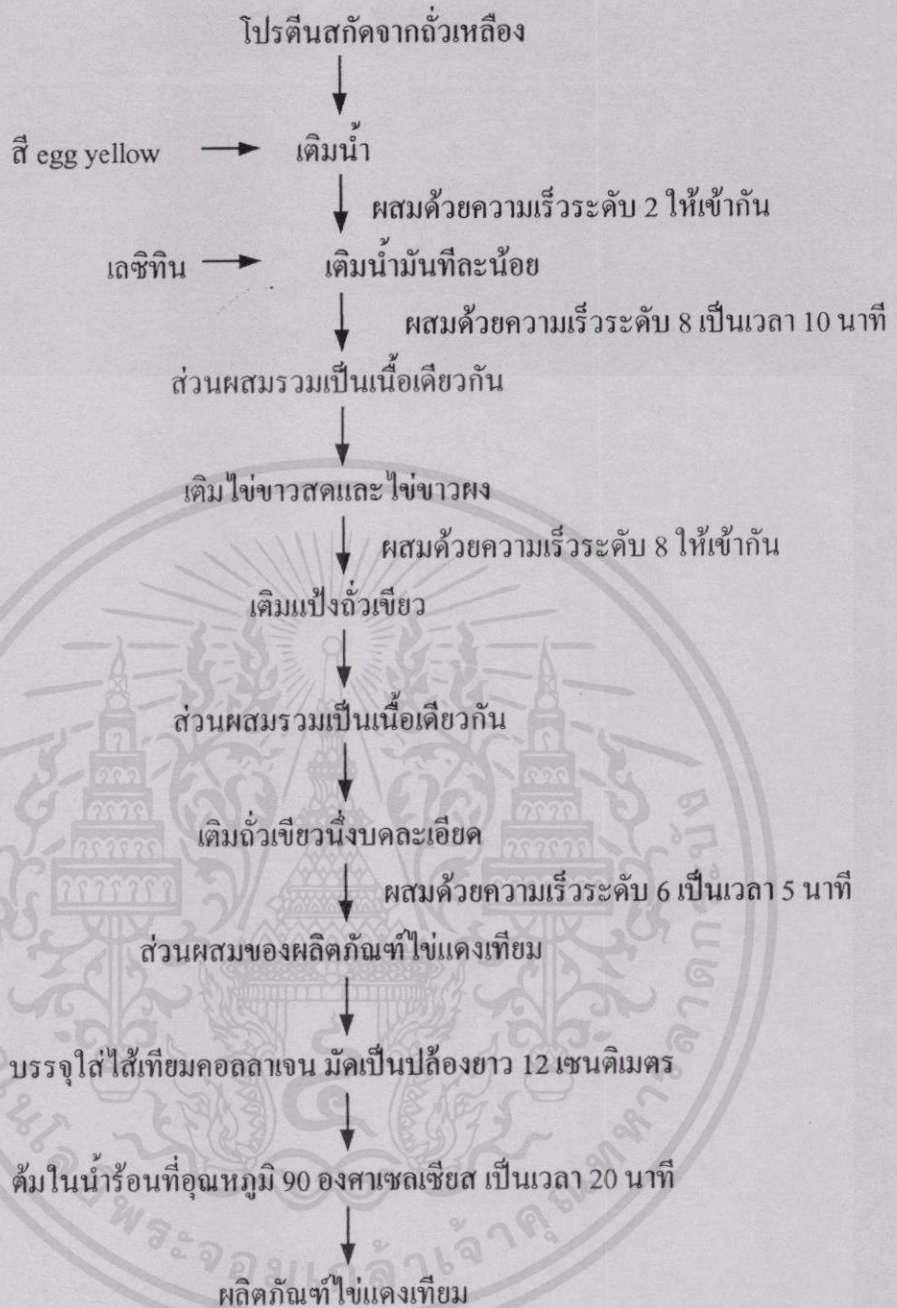
จากการทดลองเพื่อศึกษาหาสูตรของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม สามารถกำหนดสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม ได้ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และมีขั้นตอนในการผลิต แสดงดังภาพที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)
ไข่ขาวสด	23.0
ไข่ขาวผง	2.3
โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (isolated soy protein)	2.3
น้ำ	23.0
แป้งถั่วเขียว	2.3
ถั่วเขียวบดละเอียด	23.0
น้ำมันดอกทานตะวัน	23.0
เลซิทิน	1.1
สีเหลืองไข่	0.1 ^a

^a คิดเป็นปริมาณร้อยละของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 การเตรียมผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม

3.7.1 การพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม

3.7.1.1 การกลั่นกรองและคัดเลือกปัจจัยที่สำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีลิขสิทธิ์และกรรมสิทธิ์ในเอกสารฉบับนี้
จากสูตรพื้นฐานจะประกอบไปด้วยปัจจัยที่นำมาศึกษา 8 ปัจจัย ได้แก่ ไข่ขาวสด ไข่ขาวผง โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง น้ำ แป้งถั่วเขียว ถั่วเขียวบดละเอียด น้ำมันดอกทานตะวัน และ เลซิทิน ดังนั้นจึงทำการศึกษาค้นคว้าเพื่อคัดเลือกปัจจัยที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์

โดยการใช้แผนการทดลองแบบ Plackett and Burman โดยมีกำหนดระดับต่ำสุด ระดับสูงสุดของแต่ละปัจจัย ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ระดับต่ำสุดและระดับสูงสุดของแต่ละปัจจัย

ปัจจัย	ระดับต่ำ (กรัม)	ระดับสูง (กรัม)
ไข่ขาวสด	20	40
ไข่ขาวผง	2.0	5.0
โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (ISP)	2.0	6.0
น้ำ	20	30
แป้งถั่วเขียว	2.0	5.0
ถั่วเขียวบดละเอียด	20	55
น้ำมันดอกทานตะวัน	20	55
เลซิทิน	1.0	5.0

การศึกษาในขั้นตอนนี้จะทำการถนอมและคัดเลือกปัจจัย 8 ปัจจัย คือ ไข่ขาวสด ไข่ขาวผง โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง น้ำ แป้งถั่วเขียว ถั่วเขียวบดละเอียด น้ำมันดอกทานตะวัน และเลซิทิน โดยเลือกแผนที่ใช้จำนวนครั้งของการทดลองเป็น 12 ($N = 12$) ซึ่งแถวแรกของเมทริกซ์เมื่อ $N = 12$ จะเป็น + + - + + + - - - + - ดังนั้น จะได้แผนการทดลองเต็มรูปแบบ แสดงดังในตารางที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 รูปแบบการวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman designs โดยใช้แผนแบบ

N = 12

สิ่งทดลอง	ปัจจัยที่ต้องการการถ่วงรอก										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-
2	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+
3	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+
4	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-
5	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+
6	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
7	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+
8	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-
9	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-
10	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-
11	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

เมื่อ + หมายถึงปัจจัยที่มีระดับสูง - หมายถึงปัจจัยที่มีระดับต่ำ

หมายเหตุ ปัจจัย A ถึง H เป็นปัจจัยที่ต้องการการถ่วงรอก ส่วนปัจจัย I J และ K เป็นตัวแปรที่เป็น dummy

ในการทดลองขั้นตอนนี้มีปัจจัยหลัก 8 ปัจจัย นำปัจจัยหลักต่างๆ แทนลงในตารางที่ 3.3 พบว่ามีตัวแปรที่เหลือเป็น dummy 3 ตัว คือ I, J และ K จากนั้นจัดส่วนผสมทั้งระดับต่ำและระดับสูงลงในแบบแผนการทดลอง ซึ่งเครื่องหมายบวก หมายถึงปัจจัยที่มีระดับสูง และเครื่องหมายลบ หมายถึงปัจจัยที่มีระดับต่ำ จะได้สิ่งทดลองที่ใช้ในการถ่วงรอกและคัดเลือกปัจจัยทั้งหมด 12 สิ่งทดลอง แสดงดังในตารางที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 ปริมาณของส่วนผสมในแต่ละสิ่งทดลอง

สิ่งทดลองที่	ปริมาณของส่วนผสม (กรัม)							
	ไข่ขาว	ไข่ขาวผง	ISP	น้ำ	แป้งถั่วเขียว	ถั่วเขียวบด	น้ำมัน	เลซิติน
1	40	5	2	30	5	55	20	1
2	40	2	6	30	5	20	20	1
3	20	5	6	30	2	20	20	5
4	40	5	6	20	2	20	55	1
5	40	5	2	20	2	55	20	5
6	40	2	2	20	5	20	55	5
7	20	2	2	30	2	55	55	1
8	20	2	6	20	5	55	20	5
9	20	5	2	30	5	20	55	5
10	40	2	6	30	2	55	55	5
11	20	5	6	20	5	55	55	1
12	20	2	2	20	2	20	20	1

นำผลิตภัณฑ์ทั้ง 12 สูตรมาผลิตตามกระบวนการ แสดงดังในภาพที่ 3.1 จากนั้น นำผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่เตรียมได้จากสูตรต่างๆ มาวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

1) วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

วัดค่าแรงเนียน ด้วยเครื่อง texture analyzer รุ่น TA - XT2i หัววัด HDP/VB Volodkevich bite jaws (ภาคผนวก ข)

2) ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่เตรียมได้จากสูตรต่างๆ มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่างๆ โดยการให้ระดับความเข้มกำกับบนเส้นตรง (line scale) ซึ่งกำหนดความยาวของเส้น 15 เซนติเมตร ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโทของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปัจจัยที่ทำการทดสอบได้แก่ ความเรียบเนียน (หยาบมากที่สุด - เรียบเนียนมากที่สุด) ความรู้สึกเมื่อกัดครั้งแรก (เนื้อแน่นมากที่สุด - เนื้อนุ่มมากที่สุด) ความชุ่มน้ำของเนื้อ (แห้งมากที่สุด - ชุ่มน้ำมากที่สุด) ลักษณะเนื้อสัมผัส (หยาบมากที่สุด - เนื้อเนียนมากที่สุด) ความมันของเนื้อ (มันน้อยที่สุด - มันมากที่สุด) และความชอบโดยรวม (ชอบน้อยที่สุด - ชอบมากที่สุด) แบบประเมินผลทางประสาทสัมผัสที่ใช้แสดงดังภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

การศึกษาในหัวข้อนี้ จะนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัส มาวิเคราะห์หาอิทธิพลของปัจจัย โดยการหาผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของผลรวมที่เกิดจากการใช้ปัจจัยในระดับสูง และค่าเฉลี่ยของผลรวมที่เกิดจากการใช้ปัจจัยใน

ระดับค่า และวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยวิธี t -test เพื่อถ่วงถอยและคัดเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

3.7.1.2 การศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม

จากการคัดเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในข้อ 3.7.1.1 นำปัจจัยที่ได้รับการคัดเลือกมาทำการแปรปริมาณให้อยู่ในช่วงที่กำหนดในตารางที่ 3.2 โดยการใช้แผนการทดลองแบบ mixture designs เพื่อศึกษาหาสูตรของส่วนผสมที่เหมาะสม

1) วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

วัดค่าแรงเนียน ด้วยเครื่อง texture analyzer รุ่น TA - XT2I

2) วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (A.O.A.C. 1995)

ก) ปริมาณความชื้น

ข) ปริมาณโปรตีน

ค) ปริมาณไขมัน

3) ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่เตรียมได้จากสูตรต่างๆ มาทดสอบคุณลักษณะต่างๆ เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (control) คือ ไข่แดงคั่วสุกของไข่ไก่ที่ผ่านการคั่วในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที โดยการใช้ระดับความเข้มกำกับบนเส้น (line scale) ซึ่งกำหนดความยาวของเส้น 15 เซนติเมตร ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโทของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปัจจัยที่ทำการทดสอบได้แก่ ความเรียบเนียน ความรู้สึกเมื่อกัดครั้งแรก ความชุ่มน้ำของเนื้อ ลักษณะเนื้อสัมผัส ความมันของเนื้อ และความชอบโดยรวม แบบประเมินผลทางประสาทสัมผัสที่ใช้แสดงดังภาคผนวก ค

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัส นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้โปรแกรม SPSS 9.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.7.2 วิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม

นำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากหัวข้อ 3.7.1.2 ผลิตตามขั้นตอนแสดงดังภาพที่ 3.1 มาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

3.7.2.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- 1) วัดค่าสี ด้วยเครื่อง chroma meter
- 2) วัดค่าแรงเนียน ด้วยเครื่อง texture analyzer รุ่น TA – XT2I

3.7.2.2 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (A.O.A.C. 1995)

- 1) ปริมาณความชื้น
- 2) ปริมาณโปรตีน
- 3) ปริมาณไขมัน
- 4) ปริมาณใยอาหาร
- 5) ปริมาณเถ้า
- 6) ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

3.7.3 การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม

นำผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ได้จากการผลิตในหัวข้อ 3.7.1.2 บรรจุในถุงพลาสติก high density polyethylene (HDPE) ชนิดที่มีความหนาแน่นมากกว่า 940 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เพื่อศึกษาภาวะการเก็บดังนี้

- ก) การบรรจุในภาวะบรรยากาศปกติ
- ข) การบรรจุในภาวะสุญญากาศ

เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่บรรจุอยู่ในภาวะต่างๆ ไว้ในตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิที่ 4 ± 2 องศาเซลเซียส และติดตามผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 5 10 15 20 25 และ 30 วัน ตามลำดับ โดยตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถนับได้ (total viable count)

3.7.4 การใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ได้จากการผลิตในข้อ 3.7.1.2 มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด ภาพดังแสดงในภาคผนวก จ จากนั้นนำมาศึกษาในด้านต่างๆ ดังนี้

3.7.4.1 การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด

นำผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอดที่ผลิตได้ บรรจุในถุงพลาสติก high density polyethylene (HDPE) ชนิดที่มีความหนาแน่นมากกว่า 940 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เพื่อศึกษาการกักเก็บภาวะการเก็บดังนี้

ก) การบรรจุในภาวะบรรยากาศปกติ

ข) การบรรจุในภาวะสุญญากาศ

เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไข่ต้มห่อคที่บรรจุลงในภาวะต่างๆไว้ในตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิที่ 4 ± 2 องศาเซลเซียส และติดตามผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 5 10 15 20 25 และ 30 วัน ตามลำดับ โดยตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถนับได้ (total viable count)

3.7.4.2 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มห่อค

นำผลิตภัณฑ์ไข่ต้มห่อคที่ผลิตได้ มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 5 ระดับ (5 points hedonic scale) ซึ่งประเมินผลผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน โดยใช้สถานที่ทดสอบแบบ CLT เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค และการยอมรับของตลาด แบบทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่ใช้แสดงดังภาคผนวก ค

3.7.4.3 การคำนวณต้นทุนของผลิตภัณฑ์ไข่ต้มห่อค

การคำนวณต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไข่ต้มห่อค ซึ่งประกอบไปด้วย ส่วนไข่แดงเทียม และ ส่วนผลิตภัณฑ์ไข่ต้มห่อค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลของการถนอมและคัดเลือกปัจจัยที่สำคัญต่อผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม

การถนอมและคัดเลือกปัจจัยที่สำคัญ โดยใช้แผนการทดลองแบบ Plackett and Burman design เป็นขั้นตอนที่ใช้ในการถนอมปัจจัยที่ใช้ในสูตรอาหาร ได้แก่ ไข่ขาวสด ไข่ขาวผง โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง น้ำ แป้งถั่วเขียว ถั่วเขียวบดละเอียด น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน และ เลซิทีน เพื่อคัดเลือกเฉพาะปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ จากการทดลองในขั้นตอนนี้ได้นำผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 12 สูตร มีส่วนประกอบตามตารางที่ 3.4 มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความเรียบเนียน ความรู้สึกเมื่อกัดครั้งแรก ความชุ่มน้ำของเนื้อ ลักษณะเนื้อสัมผัส ความมันของเนื้อ และความชอบโดยรวม โดยวิธีการให้คะแนนบนสเกลที่มีขนาดความยาว 15 เซนติเมตร ซึ่งแบบประเมินผลทางประสาทสัมผัสที่ใช้ ดังแสดงในภาคผนวก ค และวัดค่าแรงเฉือน ดังแสดงในตารางผนวก ข และวิเคราะห์ผลการทดลองโดยการคำนวณหาอิทธิพลของแต่ละปัจจัยหลักในด้านต่างๆ โดยหาผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่ใช้ในระดับสูง และค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่ใช้ในระดับต่ำ นอกจากนี้การคำนวณอิทธิพลของตัวแปรที่เป็น dummy จะนำมาใช้ในการทดสอบผลเนื่องมาจากปัจจัยหลักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยนำค่าอิทธิพลของตัวแปรที่เป็น dummy มาหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error)

$$\text{อิทธิพลของปัจจัยหลัก} = (\text{ค่าเฉลี่ยของผลที่เกิดจากการใช้ปัจจัยระดับสูง}) - (\text{ค่าเฉลี่ยของผลที่เกิดจากการใช้ปัจจัยระดับต่ำ})$$

$$\text{เช่น อิทธิพลของไข่ขาว} = \frac{(X_1+X_2+X_4+X_5+X_6+X_{10})}{6} - \frac{(X_3+X_7+X_8+X_9+X_{11}+X_{12})}{6}$$

$$\text{อิทธิพลของไข่ขาวผง} = \frac{(X_1+X_3+X_4+X_5+X_9+X_{11})}{6} - \frac{(X_2+X_6+X_7+X_8+X_{10}+X_{12})}{6}$$

เมื่อ X_i เป็นค่าที่ได้จากการทดสอบผลิตภัณฑ์ในสูตรต่างๆ

จากนั้นหาผลของปัจจัยหลักว่ามีความสำคัญต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติหรือไม่ โดยการคำนวณหาค่า t -value ของปัจจัยหลัก และนำไปเปรียบเทียบกับค่า t -table โดยใช้ degree of freedom (df) เท่ากับจำนวนของตัวแปรที่เป็น dummy (df = 3) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.10 0.05 และ 0.01 ดังแสดงในตารางที่ 4.1 - 4.7

เมื่อ ค่า t ที่ได้จากราย โดยใช้ $df = 3$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.10 (90%) = 2.353 (*)
 ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 (95%) = 3.182 (**)
 ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 (99%) = 5.841 (***)

ตารางที่ 4.1 ค่าอิทธิพล และค่า t -value ของปัจจัยหลักในด้านความเรียบเนียน (smoothness)

ปัจจัย	ค่าเฉลี่ยปัจจัย		อิทธิพล ของปัจจัย	Standard error (S.E.)	t-value
	ระดับสูง	ระดับต่ำ			
ไข่ขาวสด	10.254	10.252	0.002	0.362	0.006
ไข่ขาวผง	10.321	10.270	0.051		0.141
โปรตีนถั่วเหลือง	10.533	10.022	0.511		1.412
น้ำ	10.404	10.173	0.231		0.638
แป้งถั่วเขียว	10.809	9.700	1.109		3.063*
ถั่วเขียวคละละเอียด	10.902	9.591	1.311		3.622**
น้ำมันเมล็ดคอกทานตะวัน	10.527	10.029	0.498		1.376
เลซิติน	10.489	10.073	0.416		1.149
Dummy	10.029	10.610	-0.581		
Dummy	10.315	10.276	0.039		
Dummy	10.192	10.420	-0.228		

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

$$\begin{aligned} \text{S.E. (effects)} &= \sqrt{\frac{(-0.581)^2 + (0.039)^2 + (-0.228)^2}{3}} \\ &= 0.362 \end{aligned}$$

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าเมื่อพิจารณาการเติมแป้งถั่วเขียวที่ระดับสูงจะมีคะแนนทางด้านความเรียบเนียน เท่ากับ 10.809 และการเติมแป้งถั่วเขียวที่ระดับต่ำจะมีคะแนนทางด้านความเรียบเนียน เท่ากับ 9.700 จะได้

$$\text{อิทธิพลของแป้งถั่วเขียว} = 10.809 - 9.700 = 1.109$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 จากนั้นนำค่าอิทธิพลของแป้งถั่วเขียวหารด้วยค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (0.362) จะได้
 ค่า t -value ของแป้งถั่วเขียว ดังนี้

$$\text{ค่า } t\text{-value ของแป้งถั่วเขียว} = \frac{1.109}{0.362} = 3.063$$

นำค่า t -value ที่ได้เปรียบเทียบกับค่า t -table ที่ $df = 3$ พบว่า การเติมแป้งถั่วเขียวที่ระดับสูง และที่ระดับต่ำ จะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเรียบเนียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ การเติมถั่วเขียวบดละเอียดลงในผลิตภัณฑ์ จะมีการพิจารณาในลักษณะเดียวกัน พบว่า การเติมถั่วเขียวบดละเอียดที่ระดับสูง และระดับต่ำ จะส่งผลทำให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านความเรียบเนียนของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยจะเห็นได้ว่าการเติมถั่วเขียวบดละเอียดที่ระดับสูง (55 กรัม) จะทำให้ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมมีความเรียบเนียนเท่ากับ 10.902 ซึ่งมากกว่าการเติมถั่วเขียวบดละเอียดในระดับต่ำ (20 กรัม) ซึ่งมีความเรียบเนียนเท่ากับ 9.591

ตารางที่ 4.2 ค่าอิทธิพล และค่า t -value ของปัจจัยหลักในด้านความรู้สึกเมื่อกัดคำแรก (hardness)

ปัจจัย	ค่าเฉลี่ยปัจจัย	ค่าเฉลี่ยปัจจัย	อิทธิพล ของปัจจัย	Standard error (S.E.)	t-value
	ระดับสูง	ระดับต่ำ			
ไข่ขาวสด	9.500	8.777	0.723	0.581	1.244
ไข่ขาวผง	8.391	10.444	-2.053		-3.534**
โปรตีนถั่วเหลือง	8.943	9.801	-0.858		-1.477
น้ำ	10.010	8.556	1.454		2.503*
แป้งถั่วเขียว	9.071	9.651	-0.580		-0.998
ถั่วเขียวบดละเอียด	9.051	9.675	-0.624		-1.074
น้ำมันเมล็ดคอกทานตะวัน	10.126	8.420	1.706		2.936*
เลซีทิน	9.703	8.914	0.789		1.358
Dummy	9.706	8.914	0.795		
Dummy	9.571	9.068	0.503		
Dummy	9.174	9.531	-0.357		

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

$$\text{S.E. (effects)} = \sqrt{\frac{(0.795)^2 + (0.503)^2 + (-0.357)^2}{3}}$$

$$= 0.581$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าการเติมไข่ขาวสด น้ำ น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน และเลซีทิน ในระดับสูงจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความนุ่มกว่าการเติมไข่ขาวสด น้ำ น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน และเลซีทิน ในระดับต่ำ ในทางตรงกันข้าม การเติมไข่ขาวผง โปรตีนถั่วเหลือง แป้งถั่วเขียว และถั่วเขียวบดละเอียด ในระดับสูง จะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความนุ่มน้อยกว่าการเติมไข่ขาวผง โปรตีนถั่วเหลือง แป้งถั่วเขียว และถั่วเขียวบดละเอียดในระดับต่ำ นอกจากนี้พบว่า การเติมน้ำ และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันที่ระดับสูง และระดับต่ำ ส่งผลทำให้ความรู้สึกเมื่อกัดผลิตภัณฑ์คำแรกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซ็นต์ โดยผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่มีการเติมน้ำ และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันในระดับสูง จะมีความนุ่มมากกว่า เนื่องจาก น้ำและ น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันมีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส เช่น ให้ความรู้สึกชุ่มฉ่ำแก่เนื้อสัตว์ และให้ความนุ่มแก่ผลิตภัณฑ์ขนมอบ เช่น เค้ก คุกกี้บางชนิด (เนื้อทอง วนานูวัธ , 2540) นอกจากนี้การเติมไข่ขาวผงจะส่งผลทำให้ความรู้สึกเมื่อกัดคำแรกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยเห็นได้ว่า การเติมไข่ขาวผงที่ระดับสูง (5 กรัม) จะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแน่นเนื้อ เท่ากับ 8.391 ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความแน่นเนื้อมากกว่าการเติมไข่ขาวผงที่ระดับต่ำ (2 กรัม) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.444

ตารางที่ 4.3 ค่าอิทธิพล และค่า t-value ของปัจจัยหลักในด้านความชุ่มน้ำของเนื้อผลิตภัณฑ์ (juiciness)

ปัจจัย	ค่าเฉลี่ยปัจจัย ระดับสูง	ค่าเฉลี่ยปัจจัย ระดับต่ำ	อิทธิพล ของปัจจัย	Standard error (S.E.)	t-value
ไข่ขาวสด	9.356	8.893	0.463	0.519	0.892
ไข่ขาวผง	8.446	10.241	-1.795		-3.459**
โปรตีนถั่วเหลือง	9.059	9.525	-0.466		-0.898
น้ำ	9.930	8.509	1.421		2.738
แป้งถั่วเขียว	9.056	9.529	-0.473		-0.911
ถั่วเขียวบดละเอียด	8.876	9.739	-0.863		-1.663
น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน	10.171	8.228	1.943		3.744**
เลซีทิน	9.715	8.760	0.955		1.840
Dummy	9.521	8.986	0.535		
Dummy	9.593	8.902	0.691		
Dummy	9.179	9.386	-0.207		

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

$$\begin{aligned} \text{S.E. (effects)} &= \sqrt{\frac{(0.535)^2 + (0.691)^2 + (-0.207)^2}{3}} \\ &= 0.519 \end{aligned}$$

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าการเติมไข่ขาวสด น้ำ น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน และเลซิทิน ที่ระดับสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชุ่มน้ำของเนื้อมากกว่า การเติมไข่ขาวสด น้ำ น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน และเลซิทินในระดับต่ำ เนื่องจากไข่ขาวสด มีน้ำเป็นส่วนประกอบถึง 88 เปอร์เซ็นต์ (วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร. 2540) และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันที่เติมลงในผลิตภัณฑ์ จะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มน้ำ ส่วนการเติมไข่ขาวผง โปรตีนถั่วเหลือง แป้งถั่วเขียว และถั่วเขียวบด ที่ระดับสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชุ่มน้ำของเนื้อน้อยกว่าการเติมไข่ขาวผง โปรตีนถั่วเหลือง แป้งถั่วเขียว และถั่วเขียวบด ที่ระดับต่ำ เนื่องจากส่วนผสมเหล่านี้จะไปเพิ่มปริมาณของแข็งให้แก่ผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชุ่มน้ำลดลง เมื่อเติมในปริมาณที่สูงขึ้น นอกจากนี้การเติมไข่ขาวผง น้ำ และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันในระดับสูง และระดับต่ำ ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มน้ำของเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.4 ค่าอิทธิพล และค่า t-value ของปัจจัยหลักในด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (texture)

ปัจจัย	ค่าเฉลี่ยปัจจัย ระดับสูง	ค่าเฉลี่ยปัจจัย ระดับต่ำ	อิทธิพล ของปัจจัย	Standard error (S.E.)	t-value
ไข่ขาวสด	9.229	9.329	-0.100	0.349	-0.287
ไข่ขาวผง	8.961	9.939	-0.978		-2.802*
โปรตีนถั่วเหลือง	9.674	9.107	0.567		1.625
น้ำ	9.576	9.257	0.319		0.914
แป้งถั่วเขียว	9.558	9.243	0.315		0.903
ถั่วเขียวบดละเอียด	9.573	9.225	0.348		0.997
น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน	10.105	8.604	1.501		4.301**
เลซิทิน	9.791	8.971	0.820		2.350
Dummy	9.562	9.238	0.324		
Dummy	9.564	9.236	0.328		
Dummy	9.232	9.623	-0.391		

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

$$\begin{aligned} \text{S.E. (effects)} &= \sqrt{\frac{(0.324)^2 + (0.328)^2 + (-0.391)^2}{3}} \\ &= 0.349 \end{aligned}$$

จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าการเติมโปรตีนถั่วเหลือง น้ำ แป้งถั่วเขียว ถั่วเขียวคละเอียด น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน และ เลซิทีน ในระดับสูง จะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อที่เนียนกว่าการเติมโปรตีนถั่วเหลือง น้ำ แป้งถั่วเขียว ถั่วเขียวคละเอียด น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน และ เลซิทีน ในระดับต่ำ ในทางตรงกันข้าม พบว่าการเติมไข่ขาวสด และ ไข่ขาวผง ในระดับสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อที่หยาบกว่าการเติมไข่ขาวสด และ ไข่ขาวผงในระดับต่ำ นอกจากนี้ การเติมไข่ขาวผง และการเติมน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันในระดับสูง และระดับต่ำ จะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อที่เรียบเนียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90 และ 95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 ค่าอิทธิพล และ ค่า t-value ของปัจจัยหลักในด้านความมันของเนื้อผลิตภัณฑ์(oiliness)

ปัจจัย	ค่าเฉลี่ยปัจจัย	ค่าเฉลี่ยปัจจัย	อิทธิพล ของปัจจัย	Standard error (S.E.)	t-value
	ระดับสูง	ระดับต่ำ			
ไข่ขาวสด	8.572	8.534	0.038	0.460	0.083
ไข่ขาวผง	8.114	9.212	-1.098		-2.387*
โปรตีนถั่วเหลือง	8.415	8.860	-0.445		-0.967
น้ำ	8.853	8.349	0.504		1.096
แป้งถั่วเขียว	8.518	8.740	-0.222		-0.483
ถั่วเขียวคละเอียด	8.370	8.913	-0.543		-1.180
น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน	9.674	7.391	2.283		4.963**
เลซิทีน	9.120	8.038	1.082		2.352
Dummy	8.731	8.492	0.239		
Dummy	8.969	8.214	0.755		
Dummy	8.666	8.568	0.098		

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$$\begin{aligned} \text{S.E. (effects)} &= \sqrt{\frac{(0.239)^2 + (0.755)^2 + (0.098)^2}{3}} \\ &= 0.460 \end{aligned}$$

จากตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่า การเติมไข่ขาวสด น้ำ น้ำมันเมล็ดคอกทานตะวัน และ เลซิตินในระดับสูง จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความมันมากกว่าการเติมการเติมไข่ขาวสด น้ำ น้ำมัน เมล็ดคอกทานตะวัน และเลซิตินในระดับต่ำ ในทางตรงกันข้ามการเติมไข่ขาวผง โปรตีนถั่วเหลือง แป้งถั่วเขียว ถั่วเขียวคละเอียด ในระดับสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความมันน้อยกว่าการเติมไข่ขาวผง โปรตีนถั่วเหลือง แป้งถั่วเขียว ถั่วเขียวคละเอียด ในระดับต่ำ เนื่องจากการเติมน้ำมัน เมล็ดคอกทานตะวัน น้ำ ไข่ขาวสด ในระดับสูง จะทำให้ความเข้มข้นของโปรตีนในส่วนผสมลดลง ทำให้มีโปรตีนที่จะดูดซับไขมันน้อยลง ส่งผลทำให้มีไขมันแยกตัวออกมาจากผลิตภัณฑ์ (Wang and Zayas. 1992) นอกจากนี้พบว่าการเติมไข่ขาวผง และน้ำมันเมล็ดคอกทานตะวันในระดับสูงและระดับต่ำ จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความมันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90 และ 95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับซึ่งจะเห็นได้ว่าการเติมไข่ขาวผงคลงไปในส่วนผสมในระดับสูง จะเป็นการช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนให้แก่ส่วนผสม ทำให้มีปริมาณโปรตีนที่จะดูดซับไขมันเพิ่มขึ้น เมื่อโปรตีนถูกทำให้เสียสภาพจะทำให้เกิดการคลายตัว หมู่ที่จับกับไขมันจะถูกเปิดออก ส่งผลให้จำนวนพันธะระหว่างโปรตีนกับไขมันเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดเป็นอิมัลชันเพิ่มขึ้นด้วย

ตารางที่ 4.6 ค่าอิทธิพล และค่า t-value ของปัจจัยหลักในด้านความชอบโดยรวม (overall liking)

ปัจจัย	ค่าเฉลี่ยปัจจัย ระดับสูง	ค่าเฉลี่ยปัจจัย ระดับต่ำ	อิทธิพล ของปัจจัย	Standard error (S.E.)	t-value
ไข่ขาวสด	7.960	7.829	0.131	0.300	0.437
ไข่ขาวผง	7.757	7.885	-0.128		-0.427
โปรตีนถั่วเหลือง	7.920	7.695	0.225		0.750
น้ำ	7.637	8.026	-0.389		-1.297
แป้งถั่วเขียว	7.805	7.829	-0.024		-0.080
ถั่วเขียวคละเอียด	7.850	7.777	0.073		0.243
น้ำมันเมล็ดคอกทานตะวัน	7.933	7.680	0.253		0.843
เลซิติน	7.841	7.788	0.053		0.177
Dummy	7.898	7.721	0.177		
Dummy	7.991	7.612	0.379		
Dummy	7.673	7.983	-0.310		

$$S.E. (effects) = \sqrt{(0.177)^2 + (0.379)^2 + (-0.310)^2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่ข้อมูลใดๆซึ่งต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ค่าอิทธิพล และค่า t-value ของปัจจัยหลักด้านแรงเฉือน (shear force)

ปัจจัย	ค่าเฉลี่ยปัจจัย ระดับสูง	ค่าเฉลี่ยปัจจัย ระดับต่ำ	อิทธิพล ของปัจจัย	Standard error (S.E.)	t-value
ไข่ขาวสด	77.597	107.376	-29.779	23.410	-1.272
ไข่ขาวผง	115.663	62.966	52.697		2.251
โปรตีนถั่วเหลือง	103.192	77.514	25.678		1.097
น้ำ	79.977	104.599	-24.622		-1.052
แป้งถั่วเขียว	111.208	68.165	43.043		1.839
ถั่วเขียวบดละเอียด	106.326	73.859	32.461		1.387
น้ำมันเมล็ดคอกทานตะวัน	90.420	92.416	-1.996		-0.085
เลซิทีน	78.066	106.828	-28.762		-1.229
Dummy	79.652	104.978	-25.326		
Dummy	82.865	101.230	-18.365		
Dummy	103.247	77.451	25.796		

$$\begin{aligned}
 \text{S.E. (effects)} &= \sqrt{\frac{(-25.326)^2 + (-18.365)^2 + (25.796)^2}{3}} \\
 &= 23.410
 \end{aligned}$$

จากตารางที่ 4.6 และ 4.7 แสดงให้เห็นว่าการเติมปัจจัยต่างๆ ที่ระดับสูง และระดับต่ำ ทำให้ความชอบโดยรวม และค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการศึกษอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ พบว่า ไม่มีผลต่อความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม ซึ่งจะเห็นได้จากคะแนนทางด้านความชอบโดยรวมของแต่ละปัจจัยที่เติมลงในผลิตภัณฑ์ทั้งในระดับสูงและระดับต่ำ ดังแสดงในตารางที่ 4.6 ค่าคะแนนความชอบโดยรวมมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าอยู่ในระดับชอบปานกลาง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ชนิดนี้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ และผู้บริโภคคุ้นเคยกับไข่แดงต้มสุกของไข่ไก่มากกว่า ดังนั้นเมื่อทำการทดสอบคะแนนทางด้านความชอบโดยรวม ทำให้คะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมอยู่ในระดับปานกลาง และการศึกษาคูณลักษณะทางด้านแรงเฉือนโดยเครื่อง texture analyzer พบว่า การใช้ปัจจัยต่างๆ ที่ระดับสูง และระดับต่ำไม่มีผลต่อค่าแรงเฉือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ซึ่งจะเห็นว่า การใช้ไข่ขาวสด น้ำ น้ำมันเมล็ดคอกทานตะวัน และเลซิทีนในระดับสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ได้มีค่าแรงเฉือนลดลง เนื่องจากปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีบทบาทในการทำให้ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ได้นุ่มขึ้น

จากผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.1 ถึง 4.7 สามารถสรุปปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อระบบของการผลิตผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.8 สรุปปัจจัยที่มีความสำคัญต่อระบบการผลิตผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม

ค่าที่วัดได้จากระบบ	ปัจจัยที่มีผลต่อระบบอย่างมีนัยสำคัญ
ความเรียบเนียน	1. ถั่วเขียวบดละเอียด
ความรู้สึกลึกเมื่อกัดคำแรก	1. ไข่ขาวผง
ความชุ่มน้ำของเนื้อผลิตภัณฑ์	1. น้ำ 2. น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน
ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อผลิตภัณฑ์	1. น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน
ความมันของเนื้อผลิตภัณฑ์	1. น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน

จากการทดลองครั้งนี้มีการพิจารณาเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ นำมาศึกษาในขั้นตอนต่อไป เพื่อให้ได้สูตรของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่เหมาะสมที่สุด ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม ได้แก่ 1) น้ำ เนื่องจากน้ำมีผลต่อความชุ่มน้ำของเนื้อผลิตภัณฑ์ 2) ถั่วเขียวบดละเอียด มีผลต่อลักษณะปรากฏทางด้านความเรียบเนียน ซึ่งพิจารณาได้ว่าลักษณะปรากฏเป็นสิ่งแรกที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ และ 3) น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน มีผลต่อลักษณะทางด้านความนุ่ม ความชุ่มน้ำของเนื้อ และความมันของผลิตภัณฑ์ ส่วนไข่ขาวผงไม่นำมาพิจารณาเป็นปัจจัยที่สำคัญ เนื่องจากไข่ขาวผงที่เติมลงในผลิตภัณฑ์มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยเสริมปริมาณโปรตีน และเพิ่มปริมาณของแข็งให้แก่ผลิตภัณฑ์ ซึ่งถ้ามีการเติมเฉพาะไข่ขาวสดลงในผลิตภัณฑ์ จะทำให้ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์มีมากเกินไป ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะที่อ่อน นิ่ม เนื่องจากไข่ขาวสด มีน้ำเป็นส่วนประกอบสูงถึง 88 เปอร์เซ็นต์ แต่มีปริมาณโปรตีนเพียง 9.7 – 10.6 เปอร์เซ็นต์ (วรรณวิบูลย์ กาญจนกูญชร, 2540) ดังนั้นการเติมไข่ขาวผงลงในผลิตภัณฑ์จะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่อ่อนนิ่มเกินไป แต่จากการทดลองพบว่า การเติมไข่ขาวผงในระดับสูง (5 กรัม) จะทำให้ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ผลิตได้ มีลักษณะเนื้อที่แน่น ไม่ชุ่มน้ำ นอกจากนี้ ยังส่งผลทำให้ความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์มีค่า้น้อยกว่าการเติมไข่ขาวผงที่ระดับต่ำ (2 กรัม) ดังนั้น จึงพิจารณากำหนดให้เติมไข่ขาวผงในระดับต่ำในการศึกษาขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

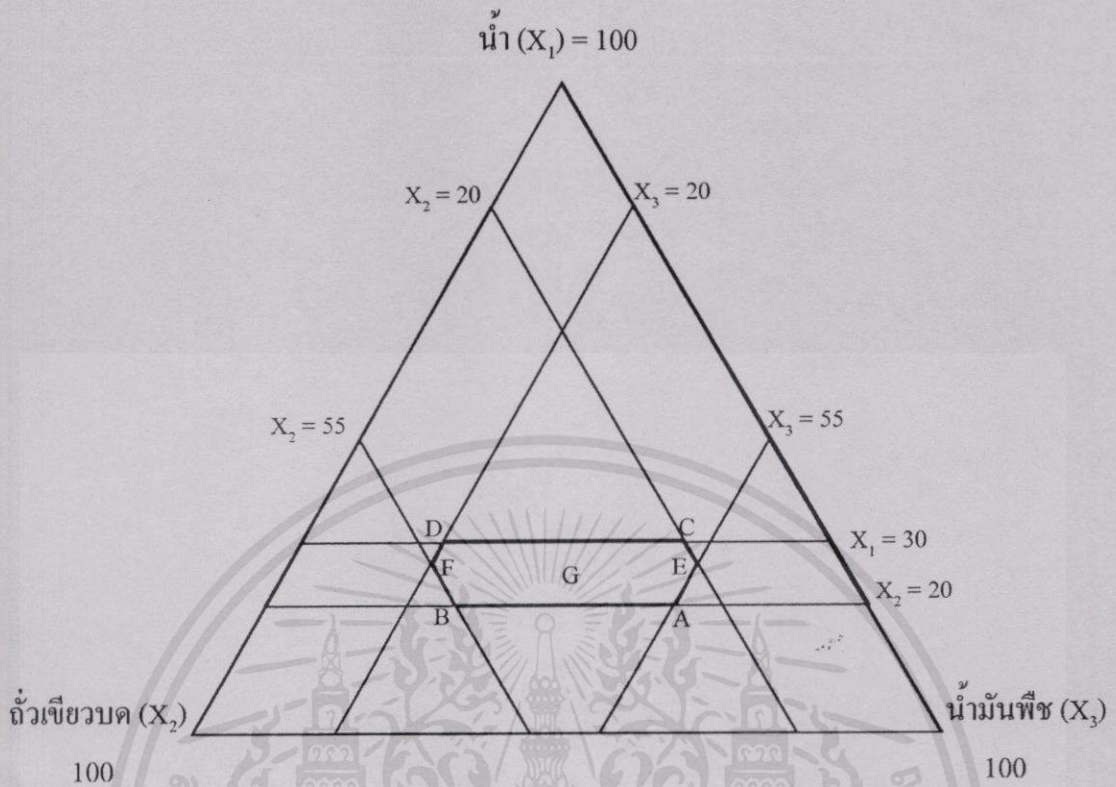
4.2 ผลของการศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของปัจจัยที่สำคัญ

จากขั้นตอนการกลั่นกรองและคัดเลือกปัจจัยที่สำคัญ พบว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมในด้านต่างๆ คือ น้ำ ถั่วเขียวบดละเอียด และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน จากนั้นนำทั้ง 3 ปัจจัยมาศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งการศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมในครั้งแรก จะมีการกำหนดปริมาณของปัจจัยแต่ละชนิด ดังนี้ น้ำ (X_1) เท่ากับ 20 – 30 กรัม ถั่วเขียวบดละเอียด (X_2) เท่ากับ 20 – 55 กรัม และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน (X_3) เท่ากับ 20 – 55 กรัม ส่วนปัจจัยอื่นๆ จะมีการกำหนดให้ใช้ในระดับค่า ดังนี้ ไข่ขาวสด 20 กรัม ไข่ขาวผง 2 กรัม โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง 2 กรัม และแป้งถั่วเขียว 2 กรัม ส่วนปริมาณเลซิทีนที่ใช้ในการศึกษา จะกำหนดให้เดิมที่ 5 กรัม เนื่องจากกระทรวงสาธารณสุข (2522) ได้รายงานว่ เลซิทีนสามารถเติมในอาหารได้ไม่จำกัดปริมาณ นอกจากนี้เลซิทีนยังมีประโยชน์ต่อร่างกาย และยังมีคุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์อีกด้วย

การศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของปัจจัย จะใช้แผนภาพการทดลองแบบ mixture designs รูปแบบสามเหลี่ยมด้านเท่า เนื่องจากมีปัจจัยที่ต้องการศึกษา 3 ปัจจัย คือ น้ำ ถั่วเขียวบดละเอียด และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน โดยกำหนดให้แต่ละปัจจัยอยู่ที่มุมของสามเหลี่ยมแต่ละมุม ซึ่งกำหนดค่าที่มุมแต่ละด้าน มีค่าเท่ากับ 100 และค่าที่ฐานของแต่ละด้าน มีค่าเท่ากับ 0 จากนั้นนำค่าของปัจจัยที่กำหนดแทนลงในแผนภาพ mixture design รูปแบบสามเหลี่ยมด้านเท่า จะได้แผนภาพการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 4.1

จากการจัดปัจจัยต่างๆ ลงในแผนภาพการทดลองแบบ mixture designs ดังแสดงในภาพที่ 4.1 จะได้จุดตัดร่วมกัน ซึ่งเป็นขอบเขตของการศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ซึ่งปัจจัยทั้ง 3 ชนิดคือ น้ำ ถั่วเขียวบดละเอียด และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน จะต้องรวมกันมีค่าเท่ากับ 100 และมีการกำหนดค่าของส่วนผสมอื่นๆ ให้เป็นค่าคงที่ จะได้ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 7 สูตรดังแสดงในตารางที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะฉิใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 การหาส่วนผสมของสูตรครั้งที่ 1 โดยใช้แผนการทดลองแบบ mixture design

ตารางที่ 4.9 ปริมาณของส่วนผสมของสูตรต่างๆที่ใช้ในการผลิตครั้งที่ 1

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณของส่วนผสม (กรัม)								
	ไข่ขาว สด	ไข่ขาว ผง	ISP	น้ำ	แป้งถั่วเขียว	ถั่วเขียวคุด ละเอียด	น้ำมัน	เลซิทิน	สีเหลือง
A	20	2	2	20	2	25	55	5	0.131
B	20	2	2	20	2	55	25	5	0.131
C	20	2	2	30	2	20	50	5	0.131
D	20	2	2	30	2	50	20	5	0.131
E	20	2	2	25	2	20	55	5	0.131
F	20	2	2	25	2	55	20	5	0.131
G	20	2	2	25	2	37.5	37.5	5	0.131

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำส่วนผสมทั้ง 7 สูตรมาผลิตตามกระบวนการผลิต ดังแสดงในภาพที่ 3.1 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมทั้ง 7 สูตรมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ (วัดค่าแรงเนียน) คุณภาพทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 4.10 และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับไข่แดงต้มสุกของไข่ไก่ โดยมีการให้คะแนนทางด้านประสาทสัมผัสแก่ผลิตภัณฑ์ ในด้านความเรียบเนียน ความรู้สึกเมื่อกัดคำแรก ความชุ่มน้ำของเนื้อ เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ความมันของเนื้อ และความชอบโดยรวม บนสเกลที่มีความยาว 15 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.2

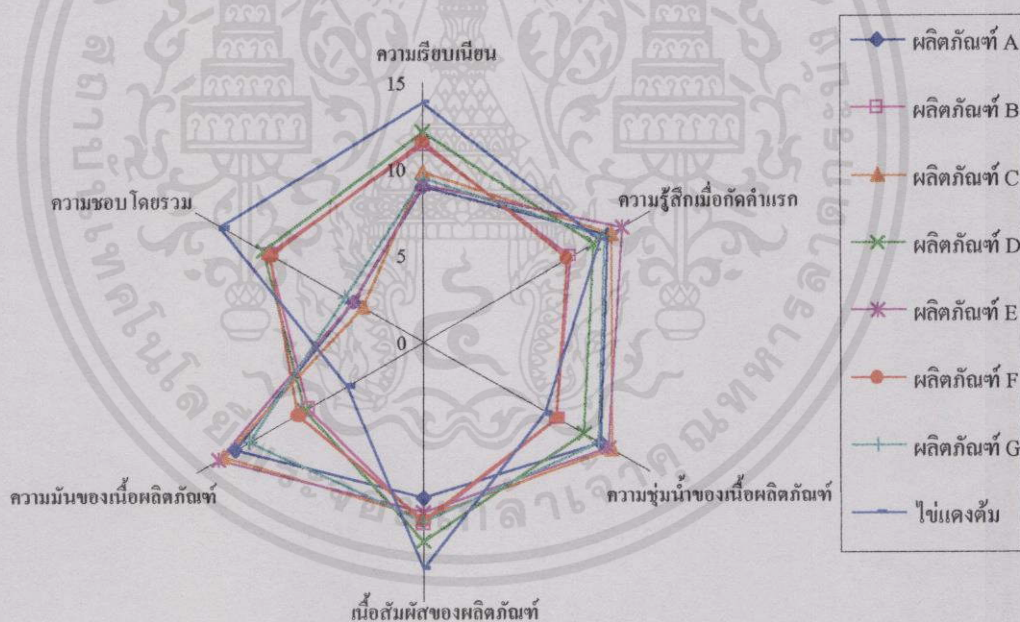
ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ได้จากการศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสม ครั้งที่ 1

ผลิตภัณฑ์	คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม			
	ค่าแรงเนียน (g)	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)
A	46 ^e	47.07 ^c	14.54 ^b	64.70 ^a
B	88.5 ^a	46.26 ^c	16.19 ^a	46.82 ^c
C	50.1 ^d	49.65 ^b	14.47 ^b	62.60 ^a
D	63.6 ^c	48.51 ^b	15.90 ^a	43.41 ^{cd}
E	32.6 ^e	52.85 ^a	14.34 ^b	63.60 ^a
F	70.1 ^b	40.85 ^d	15.94 ^a	41.01 ^d
G	40.8 ^f	48.65 ^b	14.69 ^b	55.63 ^b
ไข่แดงต้มสุก	60.6 ^c	48.22 ^{bc}	16.34 ^a	33.48 ^e

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การพิจารณาคุณภาพทางกายภาพ และคุณลักษณะทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ผลิตได้จากสูตรต่างๆ ที่ได้จากขั้นตอนการศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสม ครั้งที่ 1 แสดงผลดังตารางที่ 4.10 พบว่า ค่าแรงเนียนของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมสูตร D มีค่าใกล้เคียงกับไข่แดงต้มสุกของไข่ไก่ และไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมสูตร D เป็นสูตรที่มีการเติมน้ำระดับสูง คือ 30 กรัม ถั่วเขียวบดละเอียด 50 กรัม และน้ำมันเมล็ดคอกทานตะวัน 20 กรัม จะเห็นได้ว่า การเติมถั่วเขียวบดละเอียดในระดับสูง และการเติมน้ำและน้ำมันเมล็ดคอกทานตะวันในระดับต่ำ จะทำให้ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ได้มีความเหนียว และการเกาะตัวกันแน่น ส่งผลให้ค่าแรงเนียนของผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้นด้วย ดังนั้น การเติมน้ำลงในผลิตภัณฑ์จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่มขึ้น ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมทั้ง 7 สูตร

มีค่าใกล้เคียงกัน คือมีค่าอยู่ในช่วง 40.85 – 52.85 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าใกล้เคียงกับ ไข่แดงคัมสุกของไข่ไก่ (48.22 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณโปรตีนของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมสูตร B D และ F มีค่าใกล้เคียงกับ ไข่แดงคัมสุกของไข่ไก่ (16.34 เปอร์เซ็นต์) เท่ากับ 16.19 15.90 และ 15.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมสูตร B D และ F เป็นสูตรที่มีการเติมถั่วเขียวบดละเอียดในระดับสูง ส่วนผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมสูตร A C E และ G จะมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าไข่แดงคัมสุกของไข่ไก่ เนื่องจากเป็นสูตรที่มีการเติมถั่วเขียวบดละเอียดในระดับต่ำ ส่วนปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมทุกสูตรจะมีค่าสูงกว่าไข่แดงคัมสุกของไข่ไก่ แต่ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมสูตร B D และ F จะมีปริมาณไขมันใกล้เคียงกับไข่แดงคัมสุกของไข่ไก่ (33.48 เปอร์เซ็นต์) เท่ากับ 46.82 43.41 และ 41.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมในกลุ่มนี้มีปริมาณไขมันต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมสูตร A C E และ G เนื่องจากผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมสูตร B D และ F เป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มที่มีการเติมน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันในระดับต่ำ



ภาพที่ 4.2 แผนภาพโยแมงมุมของคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมสูตรต่างๆ ที่ผลิตได้จากครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมทั้ง 7 สูตร เปรียบเทียบกับไข่แดงคั่วสุกของไข่ไก่ ดังแสดงในภาพที่ 4.2 พบว่าผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมในกลุ่มที่มีการเติมถั่วเขียวคั่วในระดับสูงและน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันในระดับต่ำ จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความเรียบเนียน ความแน่นเนื้อมากกว่า และมีความมันของเนื้อน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมในกลุ่มที่มีการเติมถั่วเขียวคั่วละเอียดในระดับต่ำ และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันในระดับสูง ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์สูตร B D และ F มีความชอบโดยรวมสูงกว่า และลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยรวมใกล้เคียงกับ ไข่แดงคั่วสุกของไข่ไก่มากกว่าผลิตภัณฑ์สูตร A C E และ G

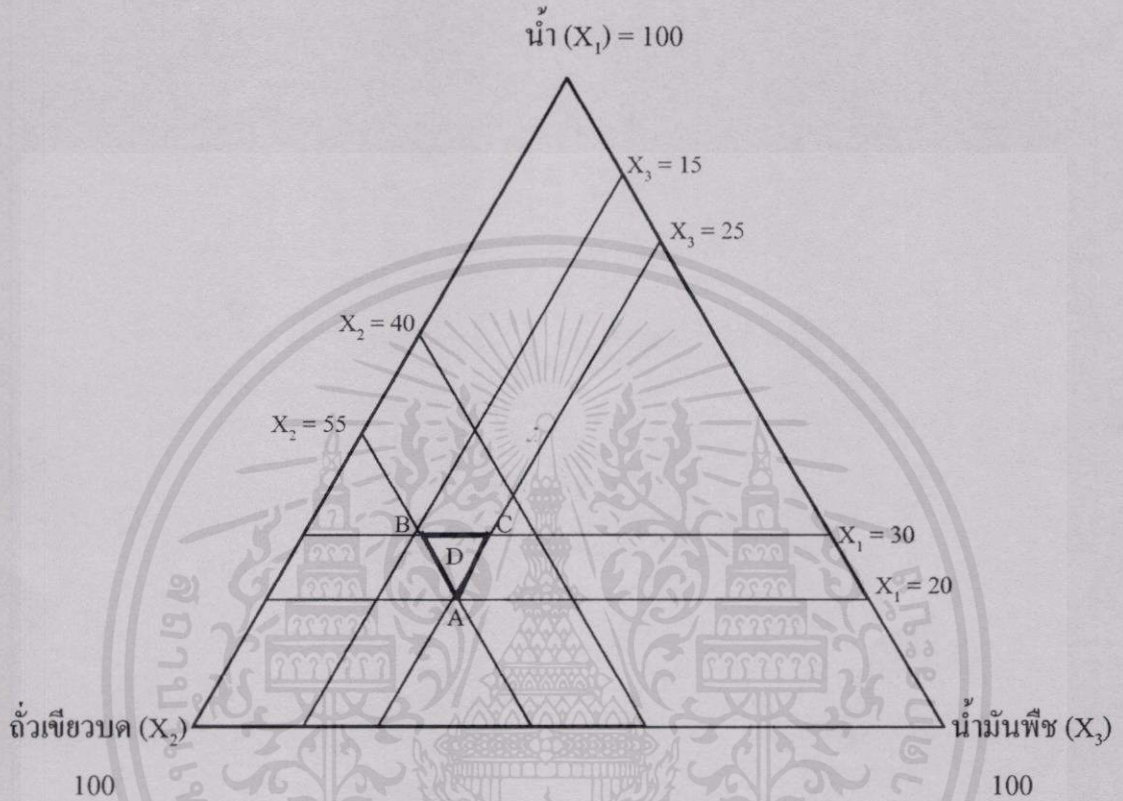
จากค่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ได้จากการศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสม ครั้งที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 4.2 สามารถสรุประดับที่เหมาะสมของปัจจัยทั้ง 3 ชนิด ที่มีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส เมื่อเปรียบเทียบกับไข่แดงที่ผ่านการคั่วในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที เพื่อใช้เป็นขอบเขตของการศึกษาในขั้นต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยที่สำคัญ 3 ชนิด ที่มีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ระดับที่เหมาะสมของปัจจัย		
	ปริมาณน้ำ	ปริมาณถั่วเขียวคั่ว	ปริมาณน้ำมันพืช
ความเรียบเนียน	ระดับสูง	ระดับสูง	ระดับต่ำ
ความรู้สึกลึกเมื่อกัดคำแรก	ระดับต่ำ	ระดับสูง	ระดับต่ำ
ความชุ่มน้ำของเนื้อผลิตภัณฑ์	ระดับต่ำ	ระดับสูง	ระดับต่ำ
เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์	ระดับสูง	ระดับสูง	ระดับต่ำ
ความมันของเนื้อผลิตภัณฑ์	ระดับต่ำ	ระดับสูง	ระดับต่ำ
ความชอบโดยรวม	ระดับต่ำ	ระดับสูง	ระดับต่ำ

จากตารางที่ 4.11 สามารถที่จะกำหนดขอบเขตใหม่ของการศึกษา เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม คือ ปริมาณน้ำ สามารถกำหนดให้อยู่ในระดับต่ำจนถึงระดับสูง เท่ากับ 20 – 30 กรัม ส่วนปริมาณถั่วเขียวคั่วละเอียด จะกำหนดให้อยู่ในช่วงระดับปานกลาง จนถึงระดับสูง เท่ากับ 40 – 55 กรัม เนื่องจากการใช้ถั่วเขียวคั่วละเอียดจะทำให้ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมมีคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส ใกล้เคียงกับไข่แดงที่ผ่านการคั่วในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที และปริมาณน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน จะกำหนดให้มีปริมาณต่ำกว่าระดับต่ำที่กำหนดไว้ เนื่องจากในผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่มีการเติมน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันในระดับต่ำ ยังคงมีปริมาณไขมันสูงกว่าไข่แดงคั่วสุกของไข่ไก่มาก ดังนั้นจึงพิจารณาให้ลดปริมาณน้ำมันเมล็ด

ดอกทานตะวันให้อยู่ในระดับ 15 – 25 กรัม จากนั้นนำค่าของปัจจัยที่กำหนดมาจัดลงในแผนภาพการทดลองแบบ mixture designs รูปแบบสามเหลี่ยมด้านเท่า เพื่อศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย เป็นครั้งที่ 2 ดังแสดงในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 การหาส่วนผสมของสูตรครั้งที่ 2 โดยใช้แผนการทดลองแบบ mixture design

จากการจัดปัจจัยที่กำหนดในครั้งที่ 2 ลงในแผนภาพการทดลองแบบ mixture design ดังแสดงในภาพที่ 4.3 หากจุดตัดร่วมกันซึ่งเป็นขอบเขตในการศึกษา เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ซึ่งจะได้สูตรที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไข่แดงทั้งหมด 4 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะตีพิมพ์ในสื่อใด ๆ ก็ตาม มิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ปริมาณส่วนผสมของสูตรต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตครั้งที่ 2

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณของส่วนผสม (กรัม)								
	ไข่ขาว	ไข่ขาวผง	ISP	น้ำ	แป้งข้าวเจ้า	ข้าวเหนียว	น้ำมัน	เลซิติน	สีเหลือง
A	20	2	2	20	2	55	25	5	0.131
B	20	2	2	30	2	55	15	5	0.131
C	20	2	2	30	2	45	25	5	0.131
D	20	2	2	25	2	52.5	22.5	5	0.131

นำส่วนผสมต่างๆ ในสูตรที่ได้จากการจัดส่วนผสมใส่ลงในแผนภาพการทดลองแบบ Mixture design มาผลิตตามกรรมวิธีการ ดังแสดงในภาพที่ 3.1 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมทั้ง 4 สูตร มาตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 4.13 และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับไข่แดงคัมสุกของไข่ไก่ พบว่า ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ผลิตได้จากขั้นตอนนี้มีค่าแรงเนียน อยู่ในช่วง 58.83 – 94.20 กรัมต่อตารางเซนติเมตร มีปริมาณความชื้นในช่วง 40.03 – 47.28 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 15.86 – 16.37 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณไขมันอยู่ในช่วง 36.91 – 43.15 เปอร์เซ็นต์

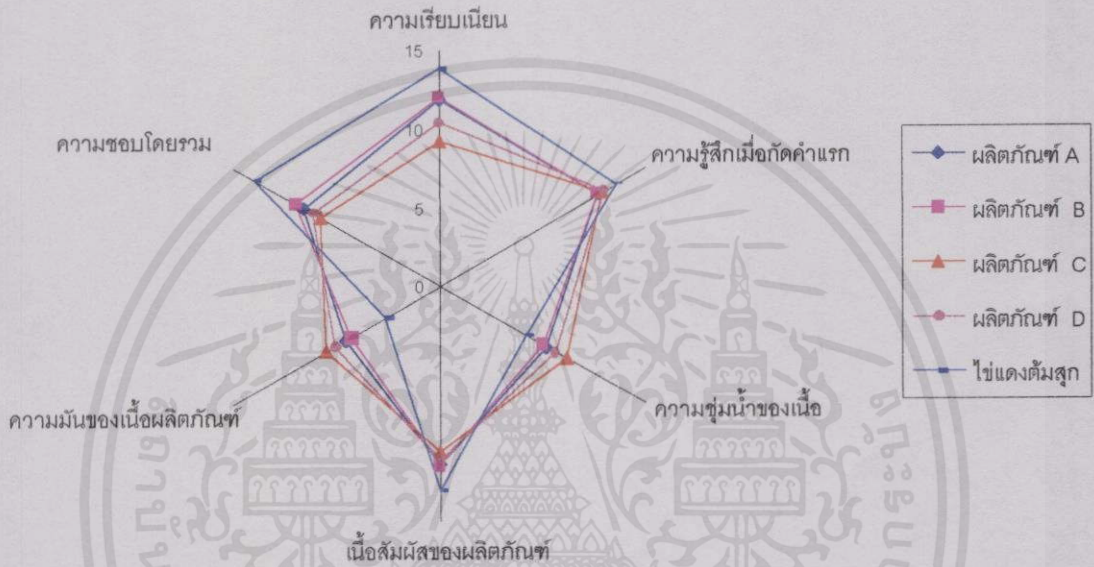
ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ได้จากการศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสม ครั้งที่ 2

ผลิตภัณฑ์	คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม			
	ค่าแรงเนียน	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)
A	94.2 ^a	40.03 ^b	16.37 ^a	42.32 ^a
B	70.26 ^b	47.28 ^a	16.30 ^a	36.91 ^c
C	58.83 ^c	46.51 ^a	15.86 ^b	43.15 ^a
D	77.03 ^b	42.69 ^b	16.06 ^{ab}	40.96 ^b
ไข่แดงคัมสุก	60.6 ^c	48.22 ^a	16.34 ^a	33.48 ^c

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการจัดส่วนผสมลงในแผนภาพการทดลองแบบ Mixture design ในครั้งที่ 2 พบว่าผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมสูตร C มีค่าแรงเนียนใกล้เคียงกับไข่แดงคัมสุกของไข่ไก่ (60.6 กรัมต่อตารางเซนติเมตร) และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมสูตร B และ

C มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าไข่แดงต้มสุกของไข่ไก่ (48.22 เปอร์เซ็นต์) เพียงเล็กน้อย เท่ากับ 47.28 และ 46.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมสูตร A และ B มีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกับไข่แดงต้มสุกของไข่ไก่ (16.34 เปอร์เซ็นต์) เท่ากับ 16.37 และ 16.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมสูตร C มีปริมาณไขมันใกล้เคียงกับไข่แดงต้มสุกของไข่ไก่ (33.48 เปอร์เซ็นต์) เท่ากับ 36.91 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.13



ภาพที่ 4.4 แผนภาพใยแมงมุมของคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมสูตรต่างๆ ที่ผลิตได้จากครั้งที่ 2

เมื่อพิจารณาคุณภาพทางเคมี ร่วมกับลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ผลิตได้จากสูตรต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.13 และ ภาพที่ 4.4 พบว่า ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ผลิตได้จากสูตร B มีปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมันใกล้เคียงกับไข่แดงต้มสุกของไข่ไก่ และเมื่อพิจารณาลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม เปรียบเทียบกับไข่แดงต้มสุกของไข่ไก่ พบว่าไข่แดงต้มสุกของไข่ไก่ จะมีลักษณะร่วนแห้ง และมีลักษณะเนื้อที่เนียน ส่วนผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมทุกสูตร จะมีความแน่นเนื้อมากกว่า เนื่องจากเมื่อกัดไข่แดงต้มสุกของไข่ไก่ จะแตกออกจากกันได้ง่ายกว่าผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม จึงทำให้ผู้บริโภคตัดสินว่าผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมทุกสูตรมีความแน่นเนื้อมากกว่าไข่แดงต้มสุกของไข่ไก่ และมีลักษณะที่ชุ่มน้ำกว่า แต่ไม่ว่ากรณีผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมทุกสูตรยังคงมีความมันของผลิตภัณฑ์มากกว่าไข่แดงต้มสุกของไข่ไก่อยู่มาก เมื่อพิจารณาลักษณะโดยรวมแล้ว พบว่า ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมสูตร B มีลักษณะทางประสาท

สัมพัทธ์ทางด้านความเรียบเนียน ความรู้สึกเมื่อกัดคำแรก ความชุ่มน้ำของเนื้อ เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ความมันของเนื้อผลิตภัณฑ์ และความชอบโดยรวมใกล้เคียงกับไข่แดงคัมสุกของไข่ไก่ มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จากสูตร A C และ D

4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม

จากผลการศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของปัจจัยทั้ง 3 ชนิด ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม สามารถสรุปสูตรที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่มีคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยรวม ใกล้เคียงกับไข่แดงที่ผ่านการคัมในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที คือสูตรของผลิตภัณฑ์ B ซึ่งประกอบไปด้วย น้ำ 30 กรัม ถั่วเขียวคละละเอียด 55 กรัม และน้ำมันพืช 15 กรัม จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ได้มาตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลของค่าสี ค่าแรงเนียน และ องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมกับไข่แดงคัมสุกของไข่ไก่

คุณลักษณะ	ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม	ผลิตภัณฑ์ไข่แดงคัมสุก
ค่าสี		
ค่า L (ค่าความสว่าง)	84.37	85.64
ค่า a (+ สีแดง, - สีเขียว)	+4.30	+4.03
ค่า b (+ สีเหลือง, - สีนํ้าเงิน)	+37.39	+38.44
ค่าแรงเนียน (g)	70.26	60.60
ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	47.03	48.22
ปริมาณโปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	16.22	16.34
ปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	35.66	33.48
ปริมาณเถ้า (เปอร์เซ็นต์)	0.87	1.64
ปริมาณเยื่อใย (เปอร์เซ็นต์)	0.002	0.002
ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (เปอร์เซ็นต์)	0.118	0.318

ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ผลิตจากสูตร B ประกอบด้วย ไข่ขาวสด 20 กรัม ไข่ขาวผง 2 กรัม โปรตีนถั่วเหลือง 2 กรัม น้ำ 30 กรัม แป้งถั่วเขียว 2 กรัม ถั่วเขียวคละละเอียด 55 กรัม น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน 15 กรัม และ เลซิทิน 5 กรัม นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ ทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมเปรียบเทียบกับไข่แดงคัมสุกของไข่ไก่ แสดงผลดังตารางที่ 4.12 พบว่า

ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมมีค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 84.37 ค่า a ซึ่งมีค่าเป็นบวก หมายถึง ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมมีสีแดง เท่ากับ 4.30 และค่า b ซึ่งมีค่าเป็นบวก หมายถึง ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมมีสีเหลือง เท่ากับ 37.39 เมื่อเปรียบเทียบกับไข่แดงคัมสุกของไข่ไก่ พบว่า ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมมีสีเหลือง ส้ม ส่วนไข่แดงคัมสุกของไข่ไก่จะมีสีเหลืองอ่อน จากการวัดค่าแรงเฉือนพบว่าผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมมีการเกาะตัวกันมากกว่าไข่แดงคัมสุกของไข่ไก่ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมต้องใช้แรงในการตัดผลิตภัณฑ์มากกว่าไข่แดงคัมสุกของไข่ไก่ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมมีองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ ดังนี้ ปริมาณความชื้น 47.03 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีน 16.22 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมัน 35.66 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้า 0.87 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเยื่อใย 0.002 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณคาร์โบไฮเดรต 0.118 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของไข่แดงคัมสุกของไข่ไก่ ดังนี้ ปริมาณความชื้น 48.22 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีน 16.34 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมัน 33.48 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้า 1.64 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเยื่อใย 0.002 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณคาร์โบไฮเดรต 0.318 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้วัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตไม่มีโคเลสเตอรอลเป็นองค์ประกอบ จึงอาจกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ผลิตได้ เป็นผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอล

4.4 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม

นำผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมสูตร B ที่ผลิตได้ บรรจุในถุงพลาสติก high density polyethylene (HDPE) เพื่อศึกษาภาวะการเก็บรักษา โดยกำหนดภาวะในการเก็บรักษา 2 ภาวะ คือ การบรรจุในภาวะบรรยากาศปกติ และการบรรจุในภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมไว้ในตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส และตรวจติดตามปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถนับได้ (total viable count) ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 5 10 15 20 25 และ 30 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.15

จากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถนับได้ ของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 4 ± 2 องศาเซลเซียส โดยบรรจุในภาวะบรรยากาศปกติ และบรรจุในภาวะสุญญากาศ พบว่า ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่เก็บรักษาโดยบรรจุถุงพลาสติกในภาวะบรรยากาศปกติ สามารถเก็บรักษาได้นาน 15 วัน โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถนับได้ 2.9×10^5 โคโลนีต่อกรัม และผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่เก็บรักษาโดยบรรจุถุงพลาสติกในภาวะสุญญากาศ สามารถเก็บรักษาได้นาน 20 วัน โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถนับได้ 5.7×10^5 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งมาตรฐานของผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมบริโภค ได้กำหนดให้มีปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถนับได้ไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อกรัม (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2536)

ตารางที่ 4.15 ปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถนับได้ของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ภาวะการเก็บต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	ปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถนับได้ (โคโลนี / กรัมอาหาร)	
	บรรจุในภาวะบรรยากาศปกติ	บรรจุในภาวะสุญญากาศ
0	น้อยกว่า 30	น้อยกว่า 30
5	1.1×10^2	6.7×10^2
10	7.1×10^3	4.3×10^3
15	2.9×10^5	8.4×10^4
20	4.2×10^7	5.7×10^5
25	ND	6.2×10^6
30	ND	ND

ND = ไม่สามารถตรวจนับได้

4.5 การใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม

นำผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ผลิตโดยใช้สูตร B ซึ่งเป็นสูตรที่มีคุณภาพทางเคมี และมีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับไข่แดงต้มสุกของไข่ไก่ นำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด โดยนำไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอลที่มีขนาดความยาว 12 เซนติเมตร ใส่ในกระบอกสแตนเลส และเติมไข่ขาวสด จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 30 นาที และทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอดที่ได้มาศึกษาอายุการเก็บรักษา และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

4.5.1 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด

นำผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอดที่ผลิตได้ บรรจุในถุงพลาสติก HDPE เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษา โดยกำหนดภาวะในการเก็บรักษา 2 ภาวะ คือ การบรรจุในภาวะบรรยากาศปกติ และการบรรจุในภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอดไว้ในตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส และตรวจติดตามปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถนับได้ (total viable count) ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 5 10 15 20 25 และ 30 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถนับได้ของผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอดที่ภาวะการเก็บต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	ปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถนับได้ (โคโลนี / กรัมอาหาร)	
	บรรจุในภาวะบรรยากาศปกติ	บรรจุในภาวะสุญญากาศ
0	น้อยกว่า 30	น้อยกว่า 30
5	5.8×10^5	8.6×10^2
10	7.1×10^6	4.9×10^5
15	ND	2.9×10^6
20	ND	ND
25	ND	ND
30	ND	ND

ND = ไม่สามารถตรวจนับได้

จากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถนับได้ ของผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอดที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 4 ± 2 องศาเซลเซียส โดยบรรจุในภาวะบรรยากาศปกติ และบรรจุในภาวะสุญญากาศ พบว่า ผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอดที่เก็บรักษาโดยบรรจุถุงพลาสติกในภาวะบรรยากาศปกติ สามารถเก็บรักษาได้นาน 5 วัน โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถนับได้เท่ากับ 5.8×10^5 โคโลนีต่อกรัม และผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอดที่เก็บรักษาโดยบรรจุถุงพลาสติกในภาวะสุญญากาศ สามารถเก็บรักษาได้นาน 10 วัน โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถนับได้ เท่ากับ 4.9×10^5 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งมาตรฐานของผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมบริโภค ได้กำหนดให้มีปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถนับได้ไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อกรัม (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2536)

ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านลักษณะปรากฏขึ้น โดยพบว่า ส่วนที่เป็นไข่ขาวของผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด จะเปลี่ยนจากสีขาวไปเป็นสีเหลือง เกิดเนื่องมาจากการแพร่ของสีเหลืองที่ไข่เค็มลงในไข่แดงเทียมมายังส่วนที่เป็นไข่ขาว เพราะสีเหลืองที่ไข่เค็มในไข่แดงเทียมเป็นสีที่สามารถละลายในน้ำได้ และในไข่ขาวมีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้นจึงทำให้ไข่ขาวของผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอดมีลักษณะปรากฏทางด้านสีของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป เมื่อเก็บรักษาไว้ที่ระยะเวลา 3 วัน ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์ยังไม่เสื่อมเสีย ก็จะทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ทราบถึงการยอมรับของผู้บริโภค และแนวโน้มที่จะนำผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอดออกวางสู่ตลาด เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้พัฒนาขึ้นนี้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้แก่ผู้บริโภค หรือเพื่อให้ทราบข้อเสนอแนะต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้น

การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 5 ระดับ (5 – points hedonic scale) ประเมินผลผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน โดยใช้สถานที่แบบ CLT โดยมีกลุ่มอายุเป้าหมาย คือ อายุ 21 ปีขึ้นไป พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศชาย กลุ่มผู้บริโภคที่ทำการทดสอบมีอายุอยู่ในช่วงมากกว่า 50 ปี รองลงมาคือ 31 – 40 ปี ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีการศึกษาในระดับปริญญาตรี สำหรับอาชีพของกลุ่มผู้บริโภค ส่วนใหญ่เป็นข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ และทำธุรกิจส่วนตัว ซึ่งส่วนใหญ่มีรายได้ 5,000 – 10,000 บาทต่อเดือน และสถานภาพของกลุ่มผู้บริโภคจะมีครอบครัวแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคที่ทำการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์

ข้อมูลทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (เปอร์เซ็นต์)
เพศ	
ชาย	54
หญิง	46
อายุ	
21 – 30 ปี	23
31 – 40 ปี	26
41 – 50 ปี	22
มากกว่า 50 ปี	29
การศึกษา	
ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย	7
มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช.	16
อนุปริญญา / ปวส.	12
ปริญญาตรี	52
สูงกว่าปริญญาตรี	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารเชิงงานวิจัยสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)

ข้อมูลทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (เปอร์เซ็นต์)
อาชีพ	
นักศึกษา	17
พนักงานบริษัทเอกชน	12
ราชการ / รัฐวิสาหกิจ	26
แม่บ้าน / พ่อบ้าน	10
ธุรกิจส่วนตัว / ค้าขาย	26
อื่นๆ	9
รายได้ต่อเดือน	
น้อยกว่า 5,000 บาท	15
5,001 – 10,000 บาท	26
10,001 – 15,000 บาท	16
15,001 – 20,000 บาท	9
20,001 – 25,000 บาท	15
25,001 – 30,000 บาท	6
30,001 – 35,000 บาท	4
35,001 – 40,000 บาท	1
มากกว่า 40,000 บาท	8
สถานภาพ	
โสด	39
มีครอบครัว	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอค

ข้อมูล	ลักษณะ	ความถี่ (เปอร์เซ็นต์)
ความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอค	ไม่ชอบมากที่สุด	1
	ไม่ชอบ	13
	เฉยๆ	36
	ชอบ	39
	ชอบมากที่สุด	11
ราคาของผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอค	20 – 25 บาท	91
	26 – 30 บาท	7
	31 – 35 บาท	2
การรับทราบข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์	เคย	9
	ไม่เคย	91
ความเป็นไปได้ในการซื้อบริโภค	ซื้อบริโภค เพราะ ไม่มีโคเลสเตอรอล ดีต่อสุขภาพ สะดวก แพลกใหม่	67
	ไม่แน่ใจ เพราะ ยังไม่เคยทราบข้อมูลเกี่ยวกับตัวผลิตภัณฑ์	28
	ไม่ซื้อบริโภค เพราะ ไม่ชอบรสชาติ	5

จากการสอบถามเกี่ยวกับทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอคของผู้บริโภค จำนวน 100 คน ดังแสดงในตารางที่ 4.18 พบว่าผู้บริโภคจำนวน 36 เปอร์เซ็นต์ มีการตอบสนองต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอคอยู่ในระดับเฉยๆ และผู้บริโภคจำนวน 39 เปอร์เซ็นต์ มีการตอบสนองต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอคอยู่ในระดับชอบ และค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอค เท่ากับ 3.46 นั้นแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอคสามารถตอบสนองความชอบของผู้บริโภคอยู่ในระดับเฉยๆ (คะแนน เท่ากับ 3) ถึงชอบ (คะแนน เท่ากับ 4) โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.89 คือ ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในผลิตภัณฑ์แตกต่างกันน้อย นอกจากนี้ผู้บริโภคได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอค เพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ดียิ่งขึ้น นั่นคือ การเติมกลิ่นไข่ลงในผลิตภัณฑ์ เพื่อให้มีลักษณะเหมือนกับไข่แดงจริงๆ ขนาดบรรจุของผลิตภัณฑ์ควรมีขนาดเล็กกว่า 170 กรัม เพื่อให้เหมาะสมกับครอบครัวที่มีขนาดเล็ก และการ

ปรับปรุงชาติด้วยเครื่องปรุงต่างๆ เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภค ราคาที่ผู้บริโภคสามารถยอมรับได้ คือ ตั้งแต่ 20 – 25 บาท โดยผู้บริโภคร้อยละ 67 คิดว่าจะซื้อแน่นอน และในส่วนที่ไม่แน่ใจ เนื่องจากผู้บริโภคยังไม่เคยได้รับทราบข้อมูลเกี่ยวกับตัวผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด เพราะเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ และยังต้องมีการปรับปรุงในเรื่องของกลิ่นตัวของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม

ตารางที่ 4.19 จำนวนความถี่ระหว่างเพศกับความรูสึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด

เพศ	ความรู้สึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด					รวม (คน)
	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบ	เฉยๆ	ชอบ	ชอบมากที่สุด	
ชาย	0	6	21	24	3	54
หญิง	1	7	15	15	8	46
รวม (คน)	1	13	36	39	11	100

ตารางที่ 4.20 ค่าทางสถิติในการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างเพศกับความรู้สึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด

Statistic	Value	DF	Prob. F
Chi – square	5.824	4	.213 (>0.05)
Likelihood Ratio	6.281	4	.179 (>0.05)
Linear – by – linear Association	.036	1	.850 (>0.05)

ข้อมูลความถี่จากตารางที่ 4.19 เมื่อนำมาพิจารณาค่า Prob. F ของ Chi-square ระหว่างเพศกับความรูสึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด มีค่าเท่ากับ 0.213 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า Prob. F ที่กำหนดไว้ (> 0.05) แสดงให้เห็นว่า เพศไม่มีความสัมพันธ์ หรือไม่มีผลต่อความชอบในผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอดที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 จำนวนความถี่ระหว่างอายุกับความรูสึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด

อายุ (ปี)	ความรู้สึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด					รวม (คน)
	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบ	เฉยๆ	ชอบ	ชอบมากที่สุด	
21 – 30	0	3	10	9	1	23
31 – 40	1	4	6	11	4	26
41 – 50	0	3	10	6	3	22
มากกว่า 50	0	3	10	13	3	29
รวม (คน)	1	13	36	39	11	100

ตารางที่ 4.22 ค่าทางสถิติในการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับความรูสึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด

Statistic	Value	DF	Prob. F
Chi – square	18.832	24	.761 (>0.05)
Likelihood Ratio	16.435	24	.872 (>0.05)
Linear – by – linear Association	.809	1	.368 (>0.05)

ข้อมูลความถี่จากตารางที่ 4.21 เมื่อนำมาพิจารณาค่า Prob. F ของ Chi-square ระหว่างเพศกับความรูสึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด มีค่าเท่ากับ 0.761 ซึ่งมีความมากกว่าค่า Prob. F ที่กำหนดไว้ (> 0.05) แสดงให้เห็นว่า อายุไม่มีความสัมพันธ์ หรือไม่มีผลต่อความชอบในผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.23 จำนวนความถี่ระหว่างเพศกับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด

เพศ	การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด			รวม (คน)
	ซื้อ	ไม่แน่ใจ	ไม่ซื้อ	
ชาย	38	14	2	54
หญิง	29	14	3	46
รวม (คน)	67	28	5	100

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 ค่าทางสถิติในการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างเพศกับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ ไข่ต้มหลอด

Statistic	Value	DF	Prob. F
Chi – square	.774	2	.679 (>0.05)
Likelihood Ratio	.773	2	.679 (>0.05)
Linear – by – linear Association	.754	1	.385 (>0.05)

ข้อมูลความถี่จากตารางที่ 4.23 เมื่อนำมาพิจารณาค่า Prob. F ของ Chi-square ระหว่างเพศกับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด มีค่าเท่ากับ 0.679 ซึ่งมีความมากกว่าค่า Prob. F ที่กำหนดไว้ (> 0.05) นั้นแสดงให้เห็นว่า เพศไม่มีความสัมพันธ์ หรือไม่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอดที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.25 จำนวนความถี่ระหว่างอายุกับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด

อายุ	การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด			รวม (คน)
	ซื้อ	ไม่แน่ใจ	ไม่ซื้อ	
21 – 30	13	9	1	23
31 – 40	18	7	1	26
41 – 50	12	8	2	22
มากกว่า 50	24	4	1	29
รวม (คน)	67	28	5	100

ตารางที่ 4.26 ค่าทางสถิติในการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ ไข่ต้มหลอด

Statistic	Value	DF	Prob. F
Chi – square	21.327	12	.046 (<0.05)
Likelihood Ratio	20.571	12	.057 (>0.05)
Linear – by – linear Association	1.936	1	.164 (>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่จำกัดใดๆทั้งนี้ ข้อมูลความถี่จากตารางที่ 4.25 เมื่อนำมาพิจารณาค่า Prob. F ของ Chi-square ระหว่างอายุกับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด มีค่าเท่ากับ 0.046 ดังแสดงในตารางที่ 4.26 พบว่า มีนัยสำคัญทางสถิติ (< 0.05) นั่นคือ อายุมีความสัมพันธ์ หรือมีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไข่ต้ม

หลอดที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยผู้บริโภคที่มีอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป จะมีแนวโน้มที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด เมื่อมีการนำผลิตภัณฑ์ออกวางจำหน่าย

4.6 การคำนวณต้นทุนของผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด

ในการเตรียมผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด มีการนำโปรตีนจากไข่ขาว และโปรตีนจากพีชมาใช้เป็นส่วนประกอบ จะประกอบไปด้วย ต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม และต้นทุนของวัตถุดิบในส่วนของการเตรียมผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด

ต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม 1 แห่ง เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ขนาดความยาว 12 เซนติเมตร น้ำหนัก 130 กรัม เท่ากับ 4.46 บาท นำผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ผลิตได้ มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด ซึ่งใช้ไข่ขาวเป็นส่วนประกอบ ดังนั้นต้นทุนของผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด ขนาด 170 กรัม มีค่าเท่ากับ 5.86 บาท โดยการคำนวณต้นทุนดังกล่าวยังไม่ได้รวมค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิต และค่าใช้จ่ายทางการตลาด ดังแสดงในตารางที่ 4.25 และเมื่อเปรียบเทียบกับไข่ไก่ต้มสุกของไข่ไก่ พบว่าผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด 1 แห่ง ขนาด 170 กรัม จะเทียบเท่ากับไข่ไก่ 3.4 ฟอง ซึ่งจะเห็นได้ว่าไข่ไก่ 1 ฟอง น้ำหนัก 50 กรัม ราคาฟองละ 2.20 บาท ดังนั้นไข่ไก่ 3.4 ฟอง ซึ่งมีน้ำหนักเท่ากับ 170 กรัม จะมีราคาเท่ากับ 6.80 บาท ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด 1 แห่งมีต้นทุนที่ถูกกว่าไข่ไก่ เท่ากับ 0.94 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.27 ต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไข่แดงเทียม และผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด

วัตถุดิบ	ราคาต่อกรัม (บาท)	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	ต้นทุน (บาท)
ต้นทุนในส่วนผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม			
ไข่ขาวสด (35 บาท ต่อ 1 กิโลกรัม)	0.035	20	0.7
ไข่ขาวผง (160 บาท ต่อ 1 กิโลกรัม)	0.16	2	0.32
น้ำคั้น (5 บาท ต่อ 1 ลิตร)	0.005	30	0.15
โปรตีนถั่วเหลือง (165 บาท ต่อ 1 กิโลกรัม)	0.165	2	0.33
แป้งถั่วเขียว (25 บาท ต่อ 500 กรัม)	0.05	2	0.1
ถั่วเขียวผ่าซีก (19 บาท ต่อ 500 กรัม)	0.038	30	1.14
น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน (41บาท ต่อ 1 ลิตร)	0.041	15	0.615
เลซิทิน (50 บาท ต่อ 1 กิโลกรัม)	0.05	5	0.25
ไส้คอลลาเจน (85.5 บาท ต่อ 15 เมตร)	-	15 เซนติเมตร	0.855
ต้นทุนในส่วนผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด			
ไข่ขาวสด (35 บาท ต่อ 1 กิโลกรัม)	0.035	40	1.4
ถุงพลาสติก	-	1	-
รวม (บาท)			5.86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอล มีขั้นตอนในการดำเนินงาน คือ การกลั่นกรอง และคัดเลือกปัจจัยที่สำคัญที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอล การศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของปัจจัยที่สำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอลเปรียบเทียบกับไข่แดงที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอล และผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ผลการดำเนินงานสรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม โดยการกลั่นกรอง และคัดเลือกปัจจัยที่สำคัญ ซึ่งใช้การออกแบบการทดลองแบบ Plackett and Burman designs โดยใช้แบบแผน $N = 12$ เพื่อทำการกลั่นกรองและคัดเลือกปัจจัย 8 ปัจจัย ได้แก่ ไข่ขาวสด ไข่ขาวผง โปรตีนถั่วเหลือง น้ำ แป้งถั่วเขียว ถั่วเขียวบดละเอียด น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน และเลซิติน เมื่อพิจารณาความสำคัญทางด้านแรงเฉือน (shear force) และลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านความเรียบเนียน ความรู้สึกเมื่อกัดครั้งแรก ความชุ่มน้ำของเนื้อ เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ความมันของเนื้อ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่า น้ำ ถั่วเขียวบดละเอียด และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2. การศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพ ของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม ได้แก่ น้ำ ถั่วเขียวบดละเอียด และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบ mixture designs รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า ซึ่งมีการกำหนดขอบเขตของการศึกษาแต่ละปัจจัย ดังนี้ ปริมาณน้ำ 20 – 30 กรัม ปริมาณถั่วเขียวบดละเอียด 20 – 55 กรัม และปริมาณน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน 20 – 55 กรัม จะได้จำนวนของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งที่ 1 เท่ากับ 7 สูตร ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบกับไข่แดงต้มสุกของไข่ไก่ พบว่า ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ใช้ถั่วเขียวบดละเอียดในระดับสูง และใช้น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันในระดับต่ำ จะมีคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัสที่ดีกว่าการใช้ถั่วเขียวบดละเอียดในระดับต่ำ และใช้น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันในระดับสูง ดังนั้นในการหาปริมาณที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมครั้งที่ 2 จึงมีการกำหนดขอบเขตของการศึกษาใหม่ ดังนี้ ปริมาณน้ำ 20 – 30 กรัม ปริมาณถั่วเขียวบดละเอียด 40 – 55 กรัม และปริมาณน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน 15 – 25 กรัม ซึ่งผลจาก

การศึกษาพบว่า ผลผลิตกัญชาใบแดงเทียมที่ผลิตได้จากสูตร B ซึ่งประกอบไปด้วย ใบขาวสด 20 กรัม ใบขาวผง 2 กรัม โพรตีนถั่วเหลือง 2 กรัม น้ำ 30 กรัม แป้งถั่วเขียว 2 กรัม ถั่วเขียวคุดละเอียด 55 กรัม น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน 15 กรัม และ เกลือหิน 5 กรัม เป็นผลผลิตกัญชาที่มีคุณภาพทางกายภาพ มีองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ และลักษณะทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับใบแดงคัมสุกของใบไ้

3. ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลผลิตกัญชาใบแดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอลเปรียบเทียบกับใบแดงที่ผ่านการคัมในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที พบว่า ค่าสีของผลผลิตกัญชาใบแดงเทียมมีค่า L a และ b เท่ากับ 84.37, +4.30 และ +37.39 ตามลำดับ และค่าสีของใบแดงคัมสุกของใบไ้ มีค่า L a และ b เท่ากับ 85.64, +4.03 และ +38.40 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสีของผลผลิตกัญชาใบแดงเทียมจะมีสีเหลืองส้ม ส่วนสีของใบแดงคัมสุกของใบไ้จะมีสีเหลืองอ่อน ค่าแรงเฉือนของผลผลิตกัญชาใบแดงเทียม และใบแดงคัมสุกของใบไ้ มีค่าเท่ากับ 70.26 และ 60.60 กรัมตามลำดับ ค่าองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของผลผลิตกัญชาใบแดงเทียม มีค่าดังนี้ ปริมาณความชื้น 47.03 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีน 16.22 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมัน 35.66 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้า 0.87 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเยื่อใย 0.002 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณคาร์โบไฮเดรต 0.118 เปอร์เซ็นต์ และค่าองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของใบแดงคัมสุกของใบไ้ มีค่าดังนี้ ปริมาณความชื้น 48.22 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีน 16.34 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมัน 33.48 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้า 1.64 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเยื่อใย 0.002 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณคาร์โบไฮเดรต 0.318 เปอร์เซ็นต์

4. ผลผลิตกัญชาใบแดงเทียม สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส ได้นาน 15 วัน ในภาวะการบรรจุแบบบรรยากาศปกติ และ 20 วัน ในภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ นอกจากนี้ผลผลิตกัญชาใบคัมหลอด สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส ได้นาน 5 วัน ในภาวะการบรรจุแบบบรรยากาศปกติ และ 10 วัน ในภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อกรัม

5. จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลผลิตกัญชาใบคัมหลอด พบว่า กลุ่มผู้บริโภคส่วนใหญ่มีอายุมากกว่า 50 ปี รองลงมาคือ 31 – 40 ปี โดยผู้บริโภคให้การยอมรับผลผลิตกัญชาใบคัมหลอดอยู่ในระดับเฉยๆ (36 เปอร์เซ็นต์) ถึงชอบ (39 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้ผู้บริโภคมีการตอบสนองที่จะซื้อผลผลิตกัญชาใบคัมหลอดเมื่อมีวางจำหน่าย 67 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากผลผลิตกัญชาใบคัมหลอดเป็นผลผลิตกัญชาใหม่ เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการบริโภค

6. ต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด ได้มีการนำโปรตีนจากไข่ขาว และโปรตีนจากพืชมาใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร และ ยาว 12 เซนติเมตร โดยสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด ขนาด 170 กรัม ซึ่งมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 5.86 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับไข่ไก่ที่ขนาดเท่ากันแล้ว ต้องใช้ไข่ไก่เป็นจำนวน 3.4 ฟอง คิดเป็นจำนวนเงินเท่ากับ 6.80 บาท (คิดราคาไข่ไก่ฟองละ 2.20 บาท) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอดมีต้นทุนถูกกว่าไข่ไก่ เท่ากับ 0.94 บาท หรือ 16 เปอร์เซ็นต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. สีสื่อที่ใช้เติมลงในผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม จะเป็นสีที่สามารถละลายน้ำได้ เมื่อมีการนำผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม ไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด จะทำให้ส่วนไข่ขาวของผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด มีคุณลักษณะปรากฏทางด้านสีเปลี่ยนไป จึงควรมีการศึกษาถึงการใช้สีที่สามารถละลายในน้ำมันได้มาเติมลงในผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมแทน เช่น เบต้า-แคโรทีน
2. จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ได้มีการให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพ และคุณลักษณะที่ดียิ่งขึ้น ได้แก่ การปรุงรสให้แก่ผลิตภัณฑ์ เพื่อให้สะดวกแก่การบริโภค และการเติมกลิ่นไข่ลงในผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีการยอมรับมากขึ้น
3. มีการศึกษาการเติมแร่ธาตุ และวิตามินต่างๆ เพิ่มเติมลงในผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมมีคุณค่าทางโภชนาการ เท่ากับ ไข่แดงของไข่ไก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

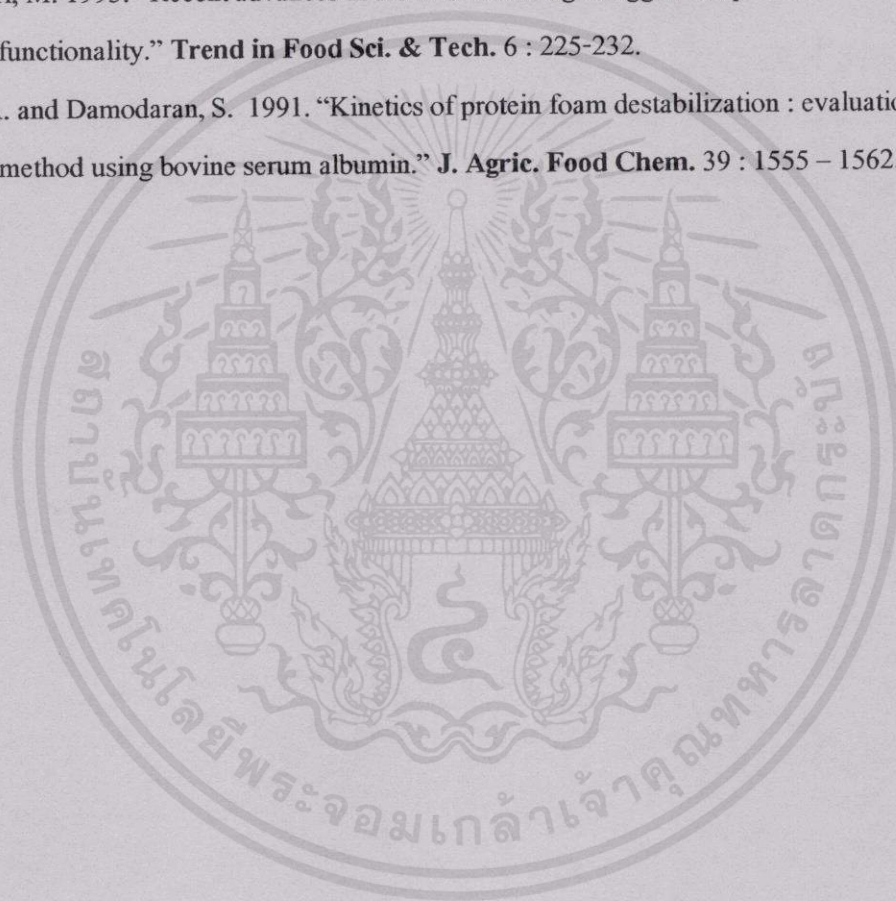
บรรณานุกรม

- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2536. **เกณฑ์คุณภาพของจุลชีวะวิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร**. ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. นนทบุรี.
- ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. **องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิธิยา รัตนพานนท์. 2529. **วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- เนื่อทอง วานานวัช. 2540. **“น้ำมัน ไขมัน และผลิตภัณฑ์”** ใน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปาริฉัตร หงสประภาส. 2542. **เคมีกายภาพของอาหาร : คอลลอยด์ อิมัลชัน และเจล**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พิมพร วัชรพงศ์กุล และวิไลลักษณ์ ศรีสุระ. 2532. **“โคเลสเตอรอลในอาหารไทย”** โภชนาการสาร. 23 : 202-212.
- เพิ่มพูน ศักดิ์เกษม. 2531. **ถั่วเขียว. ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร**, กรุงเทพฯ : พรสาน์.
- เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2536. **การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ไพโรจน์ วิริยจารี. 2535. **การวางแผนและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- วรรณวิบูลย์ กาญจนกฤษ. 2540. **“ไขมันและผลิตภัณฑ์”** ใน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักนโยบายและแผนสาธารณสุข. 2543. **สถิติสาธารณสุข พ.ศ. 2541**. กรุงเทพฯ : สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข.
- อรอนงค์ นัยวิกุล และลินดา พงศผาสุก. 2535. **อาหารเข้าจากรัฐชาติ**. *อุตสาหกรรมเกษตร*. 5(3) : 5-14.
- Ahmed, M. and Dickinson, E. 1991. **“Foaming of aqueous solutions of protein - propylene glycol alginate.”** *Food Hydrocolloid*. 4 : 395 – 402.
- Alder, L. and Pomeranz, Y. 1959. **“Use of lecithin production of bread containing defatted soya flour as a protein supplement.”** *J. Sci. Food Agric*. 10 (10) : 450-455.
- Anna, V.A. R. 1998. **“The consumer panel”** *Consumer sensory testing for product development*. The university of Georgia , Maryland : Aspen publishers, Inc.

- A.O.A.C. 1995. **Official Method of Analysis**. 16th ed., Virginia : The Association of Official Analytical Chemists.
- Burgaud, I. and Dickinson, E. 1990. "Emulsifying effects of food macromolecules in presence of ethanol." **J. Food Sci.** 55 : 875 – 876.
- Dexter, J.E., Matsus, R.R. and Morgan, B.C. 1983. Some factors influencing stickiness relationship to other cooking quality characteristics. **J. Food Sci.** 48 : 1545 – 1551.
- Fiora, F.A., Pilosof, A.M.R. and Bartholomai, G.B. 1990. Physicochemical properties of soybean proteins related to flow, viscoelastic, mechanical and water – holding characteristics of gels." **J. Food Sci.** 55 : 133 –136.
- Froning, G.W. 1988. "Nutritional and functional properties of egg proteins." in **Developments in food proteins-6**. UK : Elsevier Applied Science.
- Gacula, M.C. 1993. "Product optimization" **Design and analysis of sensory optimization**. USA : Food and nutrition press, Inc.
- George, M.G. and Herbert, M. **Low-cholesterol egg product and process**. U.S. patent no. 3941892, March 1976.
- Graham, H.D. 1977. "Egg protein." **Food colloids**. USA : AVI Publishing Company, INC.
- Houston Medical School. "Cholesterol." <http://www.med.uth.tmc.edu/ptnt/00000389.htm> : University of Texas. 1994.
- Hui, Y.H. 1996. "Sunflower oil" **Bailey's industrial oil & fat products vol. 2 : oils and oilSeeds**. 5th ed. USA : John Wiley & Sons, Inc.
- Kakalis, L.T., Baianu, I.C. and Kumosinski, T.F. 1990. "Oxygen – 17 and proton nuclear magnetic relaxation measurements of soy protein hydration and protein – protein interactions in solution." **J. Agric. Food Chem.** 38 : 639 – 647.
- KeShun Liu. 1997. "Chemistry and nutritional value of soybean components" **Soybeans : chemistry , technology and utilization**. UK : Chapman & Hall.
- Lii, C.Y. and Chang, S.M. 1981. Characterization of red bean (*Phaseolus radiatus* var. *Lurea*) starch and its noodle quality. **J. Food Sci.** 46(1) : 78 – 81.
- Lopez de Ogara, M.C., Delgado de Layno, A.M. Pilosof, M. and Macchi, R.A. 1992. "Functional properties of soy protein isolates as affected by heat treatment during isoelectric precipitation." **J. Am. Oil. Chem. Soc.** 69 : 184 – 187.

- Mao, L., Lee, K. and Erbersdobler, H.F. 1993. "Effects of heat treatment on lysine in soya protein." **J. Sci. Food Agric.** 62 : 307 – 309.
- Morrison, W.H., Hamilton, R.J. and Kalu, C. 1995. "Sunflowerseed oil" in **Developments in oils and fats.** UK : Chapman & Hall.
- Naber, E.C. 1991. "Cholesterol content of eggs :can and should it be changed?." **Fat and cholesterol reduced foods : technologies and strategies.** USA : Gulf Publishing Company.
- Nir, I., Feldman, Y., Aserin, A. and Garti, N. 1994. "Surface properties and emulsification behavior of denatured soy proteins." **J. Food Sci.** 59 : 606 – 610.
- Penkwan Chompreeda. 1998. "Processing of mungbean into food products." **Training course : quality evaluation and utilization of food legumes.** Bangkok : Kasetsart University.
- Petrucelli, S. and Anon, M.C. 1994. Relationship between the method of obtention and the structural and functional properties of soy protein isolates. II. Surface properties." **J. Agric. Food Chem.** 42 : 2170 – 2176.
- Prabhavat, S. 1987. "Utilization from mungbean." In **Seminar on mungbean at Ambassador Hotel, 16 – 20 November 1987.** Organized by Ministry of Agriculture and Cooperative , Kasetsart University and Asian Vegetable Research and Development Centre, Bangkok.
- Roberts, W.L. **Egg Replacer Composition and Method of Production.** U.S. patent no. 4103038, July 1978.
- Seeley, R.D., Hartmann , H.J. and Sidoti, D.R. **Cholesterol Free Egg Product.** U.S. patent no. 3987212, October 1976.
- Sugino, H., Nitoda, T. and Juneja, L.R. 1997. "General chemical composition of hen eggs." **Hen eggs : their basic and applied science.** USA : CRC Press , Inc.
- Szuhaj, B.F. 1983. "Lecithin Production and Utilization". **J. Am. Oil. Chem. Soc.** 60 : 306-309.
- Van Nieuwenhuzen, W. 1976. "Lecithin Production and Properties." **J. Am. Oil. Chem. Soc.** 53 :425-427.
- Vassiliou, E. **Simulated Raw Egg and Methods of Making and Packaging.** U.S. patent no. 5151293, September 1992.
- Vassiliou, E. **Simulated Egg-Yolk Compositions, Products, and Methods of Making.** U.S.patent no. 5340601, August 1994.

- Wagner, J.R. and Anon, M.C. 1990. "Influence of denaturation, hydrophobicity and sulfhydryl content on solubility and water absorbing capacity of soy protein isolates." **J. Food Sci.** 55 : 765 – 770.
- Wang, C.R. and Zayas, J.F. 1992. "Emulsifying capacity and emulsion stability of soy proteins compared with corn germ protein flour." **J. Food Sci.** 57 : 726 – 731.
- William, J.S. and Owen, J.C. 1995. "Functional properties of egg in foods." Chap.16 in **Egg Science and Technology**. 4th ed. New York : The Haworth Press, Inc.
- Yoshinori, M. 1995. "Recent advances in the understanding of egg white protein functionality." **Trend in Food Sci. & Tech.** 6 : 225-232.
- Yu, M.A. and Damodaran, S. 1991. "Kinetics of protein foam destabilization : evaluation of a method using bovine serum albumin." **J. Agric. Food Chem.** 39 : 1555 – 1562.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC. 1995)

วิธีวิเคราะห์

1. นำ Aluminium can อบที่อุณหภูมิ 130 ± 3 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่
2. ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 2 กรัม ด้วยตาชั่งละเอียด ใส่ใน Aluminium can
3. นำไปอบใน Hot air oven ที่อุณหภูมิ 130 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 – 3 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่
4. ปิดฝา และทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้น (dessicator)
5. ชั่งน้ำหนัก
6. คำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

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

2. การวิเคราะห์โปรตีนแบบ Buchi – Kjeldahl – System (AOAC. 1995)

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (Conc. Sulfuric ; H_2SO_4)
2. กรดบอริกความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์
3. กรอไฮโดรคลอริก 0.01 นอร์มัล
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 32 เปอร์เซ็นต์
5. คตะติสต์ (Catalyst) เตรียมโดยผสม โพตัสเซียมซัลเฟต (Potassium sulfate ; K_2SO_4) 8 กรัม กับ คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper sulfate ; $CuSO_4 \cdot 2H_2O$) 1 กรัม
6. อินดิเคเตอร์ผสม (Mixed Indicator)
 - ก. เตรียม Bromocresol green ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ และเตรียม Methyl red ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์
 - ข. ผสม Bromocresol green 10 มิลลิลิตร กับ Methyl red 2 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ใสลงในหลอดย่อย
2. เติมอะซิติก 7 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 15 มิลลิลิตร และ glass beads
3. นำหลอดย่อยตั้งในชุดย่อยโปรตีน ทำการย่อยจนได้สารละลายสีฟ้าใส ทิ้งให้เย็น
4. นำหลอดที่ย่อยเสร็จแล้ว ใสในเครื่องกลั่นโปรตีน (Buchi) เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 32 เปอร์เซ็นต์ 50 มิลลิลิตร ทำการกลั่นโดยตั้งเวลาไว้ 4-5 นาที เก็บก๊าซแอมโมเนียที่ได้ในสารละลายกรดบอริก 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 60 มิลลิลิตร ที่มีอินดิเคเตอร์อยู่ 2-3 หยด ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. นำส่วนที่กลั่นได้ไปไตเตรทกับกรดไฮโดรคลอริก 0.01 นอร์มัล จนสีน้ำเงินเปลี่ยนเป็นสีใส ไม่มีสี
6. คำนวณหาปริมาณโปรตีนจาก

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{N. \text{ HCl} \times \text{ml. HCl} \times 14 \times 6.25 \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC. 1995)

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างอาหารที่อบแห้งแล้ว ปริมาณ 2 กรัม สำหรับตัวอย่างที่มีไขมันสูง และ ปริมาณ 5 กรัม สำหรับตัวอย่างที่มีไขมันต่ำ ห่อด้วยกระดาษกรอง เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของตัวอย่าง นำตัวอย่างที่ห่อแล้วบรรจุใส่ใน thimble ปิดด้วยสำลี
2. นำทิมเบิลเข้าเครื่องสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus) เติมนิโตรเลียมอีเทอร์ในปริมาณเพียงพอที่จะให้เกิดการสกัดอย่างสมบูรณ์ลงในฟลาสก์ที่อบแห้ง และชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว นำฟลาสก์และชุดสกัดต่อเข้ากับคอนเดนเซอร์ ทำการสกัดโดยใช้เวลาประมาณ 5 ชั่วโมง
3. ระเหยตัวทำละลาย (Petroleum ether) ออกให้หมด โดยอบในตู้อบอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก
4. คำนวณหาปริมาณของไขมันจาก

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{ปริมาณไขมันที่สกัดได้}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

4. การวิเคราะห์หาปริมาณเต้า (AOAC. 1995)

วิธีการวิเคราะห์

1. อบ crucible ที่อุณหภูมิ 130 ± 3 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง
2. ทิ้งไว้ให้เย็นในโถสุญญากาศเป็นเวลา 30 นาที
3. ชั่งน้ำหนัก crucible ที่ผ่านการอบแห้งแล้ว เพื่อให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน
4. ชั่งตัวอย่างใส่ใน crucible ประมาณ 3 – 5 กรัม นำไปชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน
5. นำไปเผาใน furnace ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนกว่าจะได้เต้าสีเทาอ่อน ชั่งน้ำหนักหลังเผา
6. คำนวณหาปริมาณเต้า

$$\text{ปริมาณเต้า (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักเต้า}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

5. การวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใย (AOAC. 1995)

สารเคมี

1. 1.25 เปอร์เซ็นต์ กรดซัลฟูริก
2. 1.25 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมไฮดรอกไซด์
3. 95 เปอร์เซ็นต์ แอลกอฮอล์

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างน้ำหนัก 2 กรัม (Ws) ลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร
2. เติม 1.25 % กรดซัลฟูริก 200 มิลลิลิตร เติม glass beads ลงไป 2 – 3 เม็ด
3. วางบีกเกอร์ลงบน digestion apparatus แล้ววางคอนเดนเซอร์ทรงกลมบนบีกเกอร์ เปิดน้ำหล่อเย็นให้ไหลผ่าน คั้นให้สารละลายเดือดนาน 30 นาที คนสารละลายในบีกเกอร์ เพื่อไม่ให้ตัวอย่างเกาะติดข้างบีกเกอร์
4. กรองกากด้วยผ้ากรองบน Buchner funnel ล้างกากด้วยน้ำต้มเดือดประมาณ 50 – 75 มิลลิลิตร ล้างซ้ำอีกด้วยน้ำต้มเดือดจำนวน 50 มิลลิลิตร

5. เทกากกลับไปในบีกเกอร์เดิม เติม 1.25% โซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 200 มิลลิลิตร คัมสารละลายนาน 30 นาที
6. กรองกากบนกระดาษกรอง (ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนหลังจากอบที่อุณหภูมิ 130 ± 3 องศาเซลเซียส (W_b) แล้วล้างกากด้วย 1.25% กรดซัลฟูริกคัมจำนวน 25 มิลลิลิตร ล้างซ้ำอีกครั้งด้วยน้ำคัมเดือดจำนวน 50 มิลลิลิตร แล้วล้างกากด้วยแอลกอฮอล์จำนวน 25 มิลลิลิตร
7. นำกากที่ได้ใส่ลงไปใน crucible (ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนหลังจากอบที่อุณหภูมิ 130 ± 3 องศาเซลเซียส (W_a))
8. นำไปอบที่อุณหภูมิ 130 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก (W_c)
9. นำไปเผาใน furnace ที่อุณหภูมิ 600 ± 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที หรือจนกระทั่งกากเป็นสีเทา ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก (W_d)
10. หาปริมาณเชื้อโซ จาก

$$\text{ปริมาณเชื้อโซ (ร้อยละ)} = \frac{(W_c - W_b) - (W_d - W_a)}{W_s} \times 100$$

หมายเหตุ

W_s = น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)

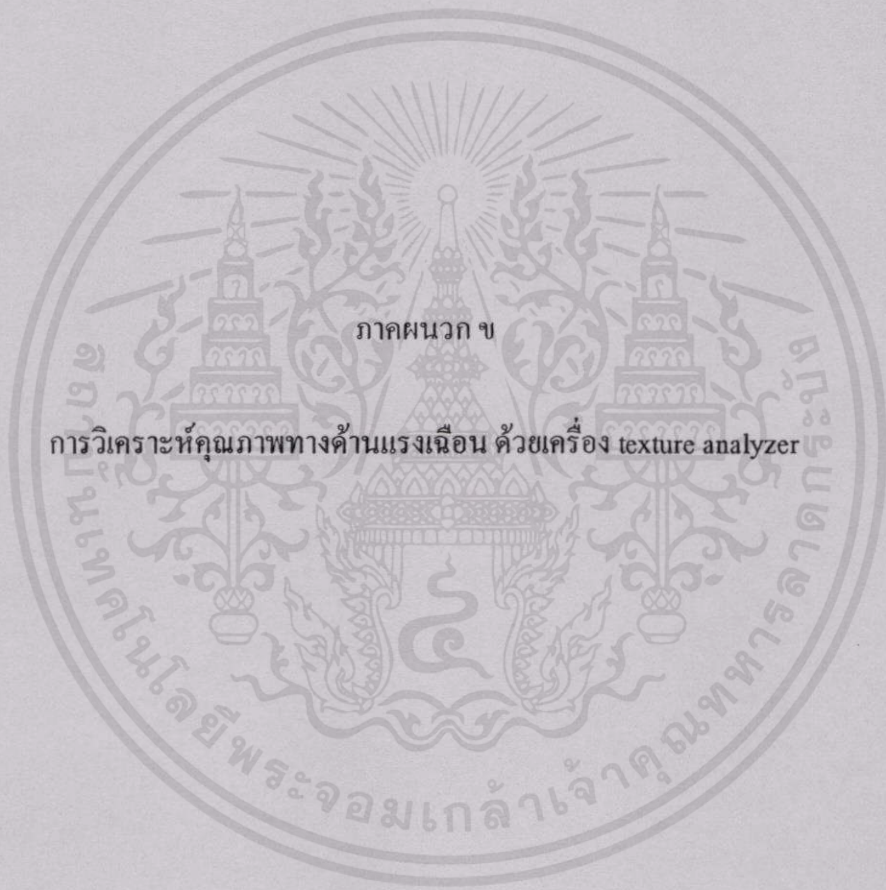
W_a = น้ำหนักของ crucible ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน (กรัม)

W_b = น้ำหนักของกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักแน่นอน (กรัม)

W_c = น้ำหนักกาก กระดาษกรอง และ crucible หลังจากอบที่อุณหภูมิ 130 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และทำให้เย็นใน desiccator (กรัม)

W_d = น้ำหนักกากที่เหลืออยู่ใน crucible หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 600 ± 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หรือจนกระทั่งได้สีเทา และทำให้เย็นใน desiccator (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



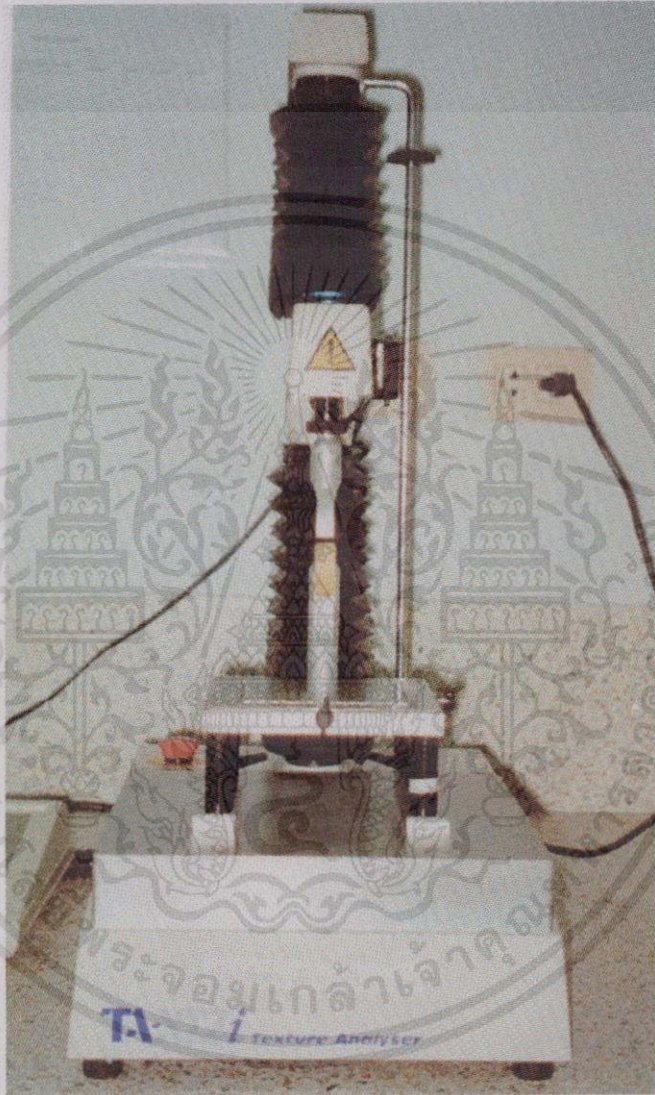
ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านแรงเนียน ด้วยเครื่อง texture analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์ค่าแรงเคี้ยวด้วยเครื่อง texture analyzer

อุปกรณ์

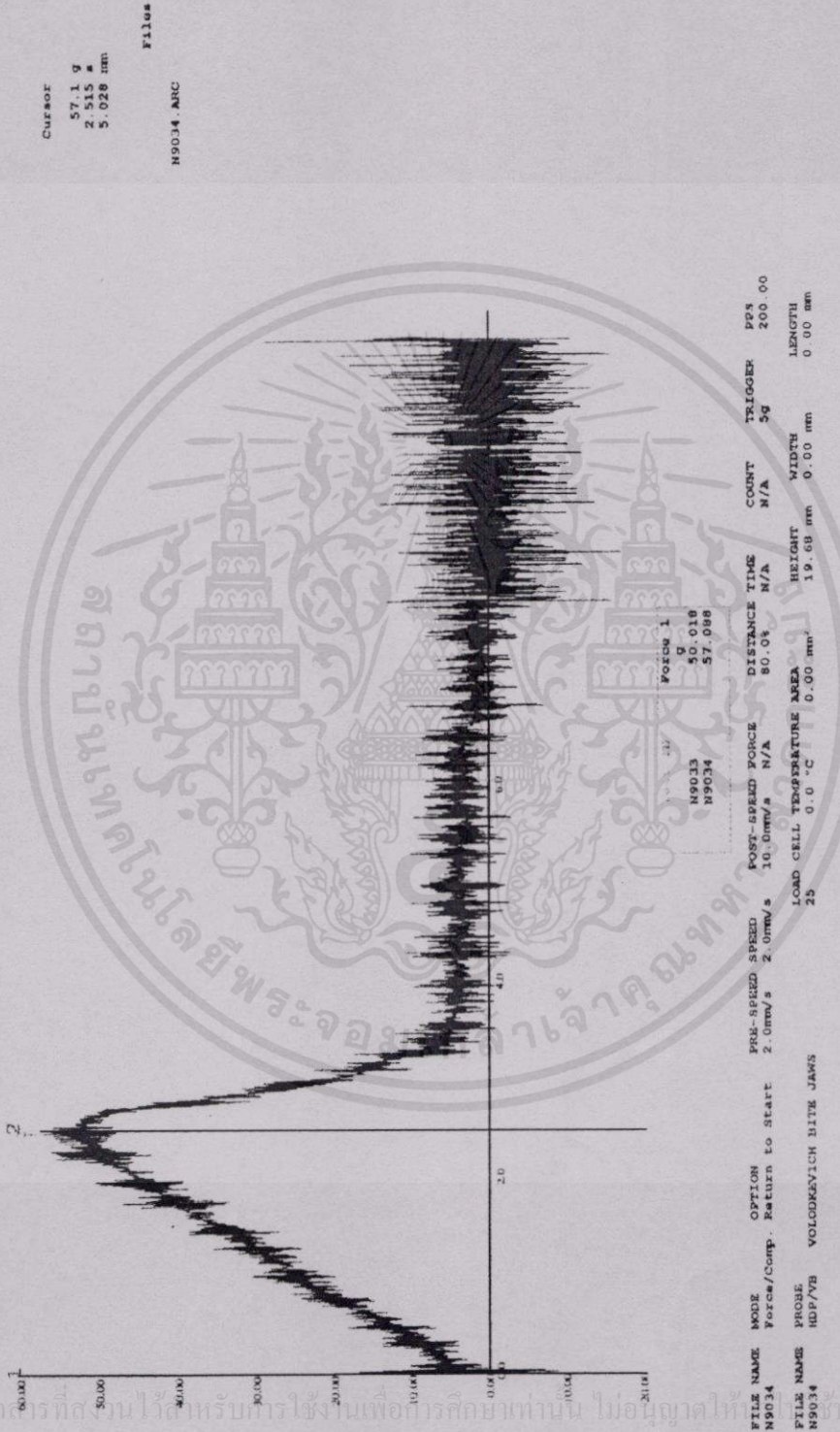
- หัววัด HDP/VB Volodkevich Bite Jaws



ภาพที่ ข1 เครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analyzer รุ่น TA – XT21) หัววัด HDP/VB Volodkevich Bite Jaws ที่ใช้ในการวัดค่าแรงเคี้ยวของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stable Micro Systems - Texture Expert



ภาพที่ ข2 กราฟค่าแรงเคลื่อนของไข่แดงตมสุกของไข่ไก่ที่วัดได้จากเครื่อง Texture Analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้ในห้องเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินผลทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ : ไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอล

ชื่อ _____ เพศ ชาย หญิง อายุ _____ ปี วันที่ทดสอบ _____

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ที่กำหนดให้ แล้วทำเครื่องหมาย (I) และใส่รหัส ลงบนเส้นให้ตรงกับความรู้สึกที่กำหนดในแต่ละลักษณะดังต่อไปนี้

ลักษณะปรากฏ

ความเรียบเนียนของเนื้อผลิตภัณฑ์

ความรู้สึกลื่นปาก

ความรู้สึกเมื่อกัดคำแรก

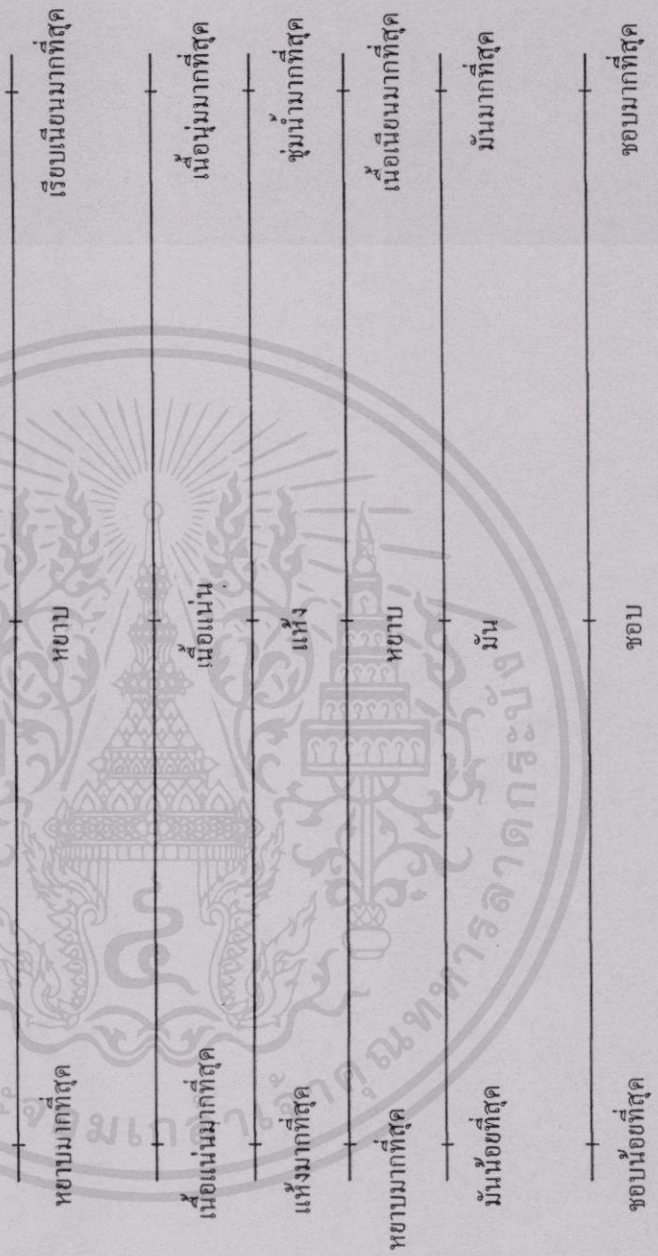
ความชุ่มน้ำของเนื้อผลิตภัณฑ์

เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

ความมันของเนื้อผลิตภัณฑ์

การยอมรับโดยรวม

ความชอบโดยรวม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้เพื่อการค้า การโฆษณา หรือการนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากบริษัทผู้จัดทำ

แบบสอบถาม
การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด

คำชี้แจง แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ของนางสาว จิตติมา อารักษ์วิชานันท์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในหัวข้อ “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอล” จึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่าน กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์และตอบแบบสอบถามให้สมบูรณ์ ขอรับรองว่าผลิตภัณฑ์ที่ท่านทดสอบได้ผ่านกรรมวิธีการผลิตที่มีคุณลักษณะที่ดีจึงมีความปลอดภัยในการบริโภค ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบ จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยครั้งนี้และจะไม่มีผลกระทบต่อท่านทั้งสิ้น ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมืออย่างดีมา ณ โอกาสนี้ด้วย

คำอธิบาย ผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการนำไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอลมาใช้เพื่อทดแทนไข่แดง ซึ่งผลิตจาก โปรตีนจาก ไข่ขาวและ โปรตีนจากพืชตระกูลถั่ว นอกจากนี้ยังใช้น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันเป็นแหล่งของไขมันในผลิตภัณฑ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากโคเลสเตอรอล และเป็นทางเลือกใหม่ให้แก่ผู้บริโภค ในการทดสอบครั้งนี้เป็นการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด ที่มีการนำไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอลที่ได้รับการพัฒนาแล้วมาใช้ประโยชน์

ขอขอบคุณในความร่วมมือ

ผู้ทำวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะครั้งใดก็ตาม อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำแนะนำ : กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ในวงเล็บ () ที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงกับความคิดเห็นของท่าน

เฉพาะเจ้าหน้าที่

ส่วนที่ 1 : ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

- () ชาย () หญิง

2. อายุ

- () 21 - 30 ปี () 31 - 40 ปี
() 41 - 50 ปี () มากกว่า 50 ปีขึ้นไป

3. วุฒิมัธยมศึกษาสูงสุดที่ได้รับ

- () ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย () มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช.
() อนุปริญญา / ปวส. () ปริญญาตรี
() สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

- () นิสิต / นักศึกษา () พนักงานบริษัทเอกชน / รับจ้าง
() ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ () แม่บ้าน / พ่อบ้าน
() ธุรกิจส่วนตัว / ค้าขาย () อื่นๆ โปรดระบุ.....

5. รายได้ต่อเดือน

- () น้อยกว่า 5,000 บาท () 5,000 - 10,000 บาท
() 10,001 - 15,000 บาท () 15,001 - 20,000 บาท
() 20,001 - 25,000 บาท () 25,001 - 30,000 บาท
() 30,001 - 35,000 บาท () 35,001 - 40,000 บาท
() มากกว่า 40,000 บาทขึ้นไป

6. สถานภาพ

- () โสด () มีครอบครัว

ID

A

B

C

D

E

F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่งาน วิชาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2 : ข้อมูลการทดสอบผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด

7. กรุณาทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด และทำเครื่องหมาย ✓ ให้ตรงกับความชอบของท่านที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด

	ผลิตภัณฑ์_____	
1 = ไม่ชอบมากที่สุด	<input type="checkbox"/>	
2 = ไม่ชอบ	<input type="checkbox"/>	
3 = เฉยๆ	<input type="checkbox"/>	
4 = ชอบ	<input type="checkbox"/>	
5 = ชอบมากที่สุด	<input type="checkbox"/>	

G

ข้อเสนอแนะที่มีต่อผลิตภัณฑ์_____

8. ท่านคิดว่าราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไข่ต้มหลอด บรรจุแบบสุญญากาศ ขนาดบรรจุ 170 กรัม (1 แท่ง)

() 20 – 25 บาท () 26 – 30 บาท
() 31 – 35 บาท () 36 – 40 บาท

H

9. ท่านเคยได้รับทราบข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์นี้ หรือไม่

() ไม่เคย () เคย โปรดระบุแหล่งข้อมูล_____

I

10. หากมีผลิตภัณฑ์นี้ออกวางจำหน่าย ท่านคิดว่าจะซื้อบริโภคหรือไม่

() ซื้ เพราะ.....
() ไม่แน่ใจ เพราะ.....
() ไม่ซื้ เพราะ.....

J

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑1. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส และค่าแรงเหวี่ยงของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ได้จากขั้นตอนการกลั่นกรองและคัดเลือกปัจจัย

สิ่งทดลอง	ความเรียบเนียน	ความรู้สึกลึกเมื่อกัดคำแรก	ความชุ่มน้ำของเนื้อ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความมันของเนื้อ	ความชอบโดยรวม	ค่าแรงเหวี่ยง (g)
1	11.28 ^a	7.68 ^c	7.24 ^{cf}	7.83 ^{fg}	6.37 ^h	7.53 ^{bc}	124.26 ^b
2	9.45 ^{cd}	9.57 ^{cd}	9.21 ^c	8.69 ^{def}	7.21 ^{gh}	7.28 ^c	80.48 ^{de}
3	9.34 ^{cd}	7.39 ^d	8.22 ^d	8.01 ^{efg}	7.82 ^{fg}	7.47 ^{bc}	99.47 ^c
4	8.89 ^d	9.18 ^d	9.32 ^c	9.37 ^{bcd}	8.89 ^{def}	8.60 ^{ab}	67.69 ^{cf}
5	9.37 ^{cd}	7.52 ^c	6.85 ^f	7.36 ^g	6.78 ^{gh}	7.48 ^{bc}	93.73 ^{cd}
6	10.30 ^{bc}	11.30 ^{ab}	11.47 ^a	10.27 ^b	11.33 ^a	8.01 ^{abc}	53.72 ^f
7	9.61 ^{cd}	11.70 ^a	11.37 ^a	9.92 ^{bc}	10.45 ^{ab}	7.85 ^{abc}	51.58 ^{fg}
8	11.26 ^a	7.98 ^c	7.98 ^{ic}	10.24 ^h	7.78 ^{fg}	8.61 ^{ab}	95.50 ^{cd}
9	10.10 ^{bc}	10.23 ^{bcd}	10.36 ^b	9.78 ^{bc}	9.85 ^{bcd}	7.59 ^{bc}	80.75 ^{ic}
10	11.53 ^a	11.74 ^a	11.55 ^a	11.29 ^a	10.13 ^{bc}	7.86 ^{abc}	35.46 ^g
11	11.74 ^a	4.98 ^f	5.57 ^f	8.80 ^{de}	6.93 ^{gh}	7.75 ^{bc}	255.91 ^a
12	9.47 ^{cd}	10.36 ^{bc}	9.85 ^{bc}	9.22 ^{cd}	8.36 ^{cf}	7.70 ^{bc}	61.03 ^f

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูซึ่งจบเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์
ไข่แดงเทียมที่ได้จากการศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสม ครั้งที่ 1

ผลิตภัณฑ์	ความเรียบ เนียน	ความรู้สึกลมเมื่อ กัดคำแรก	ความชุ่มน้ำ ของเนื้อ	ลักษณะเนื้อ สัมผัส	ความมัน ของเนื้อ	ความชอบ โดยรวม
A	9.01 ^a	12.18 ^{ab}	11.71 ^a	8.96 ^c	12.40 ^a	4.64 ^c
B	11.41 ^b	9.70 ^c	8.77 ^b	10.44 ^{bc}	7.63 ^b	10.22 ^b
C	9.82 ^c	12.36 ^{ab}	12.41 ^a	10.09 ^{bc}	13.16 ^a	4.02 ^c
D	12.14 ^b	11.18 ^b	10.56 ^a	11.48 ^{ab}	7.74 ^b	10.44 ^b
E	9.10 ^c	11.32 ^a	12.22 ^a	9.84 ^{bc}	12.96 ^a	4.60 ^c
F	11.55 ^b	9.58 ^c	8.80 ^b	10.31 ^{bc}	8.27 ^b	10.04 ^b
G	9.47 ^c	11.93 ^{ab}	11.61 ^a	10.34 ^{bc}	11.42 ^a	5.17 ^c
ไข่แดงต้ม สุก	13.80 ^a	12.87 ^a	6.22 ^c	13.02 ^a	3.94 ^c	13.37 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง
สถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์
ไข่แดงเทียมที่ได้จากการศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสม ครั้งที่ 2

สิ่งทดลอง	ความเรียบ เนียน	ความรู้สึกลมเมื่อ กัดคำแรก	ความชุ่มน้ำ ของเนื้อ	ลักษณะเนื้อ สัมผัส	ความมัน ของเนื้อ	ความชอบ โดยรวม
A	11.89 ^b	11.59 ^b	7.75 ^b	11.35 ^b	6.82 ^b	9.87 ^{bc}
B	11.98 ^b	11.54 ^b	7.51 ^b	11.39 ^b	6.56 ^b	10.42 ^b
C	9.18 ^d	11.84 ^b	9.19 ^a	10.58 ^b	8.29 ^a	8.64 ^d
D	10.33 ^c	11.91 ^b	8.22 ^b	11.03 ^b	7.60 ^{ab}	9.15 ^{cd}
ไข่แดงต้ม สุก	13.80 ^a	12.87 ^a	6.22 ^c	13.02 ^a	3.94 ^c	13.37 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง
สถิติ ($p < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวจิตติมา อารักษ์วิชานันท์ เกิดวันที่ 23 สิงหาคม พ.ศ. 2518 ที่จังหวัดราชบุรี สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ร.ร. เบญจมาธราชลัย กรุงเทพฯ และสำเร็จการศึกษาวissenschaftบัณฑิต (วท.บ.) ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร จากมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ปีการศึกษา 2539 และเข้าศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร ในปี พ.ศ. 2542 และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2545



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้