การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ผสมงาดำ

DEVELOPMENT OF TOFU MIXED WITH BLACK SESAME

กาญจน์กนก วงศ์งาม
ธิดาพร งอสอน

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร
คณะอุตสาหกรรมอาหาร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ผสมงาดำ

DEVELOPMENT OF TOFU MIXED WITH BLACK SESAME

จัดทำโดย

กาญจน์กนก วงศ์งาม รหัสนักศึกษา 59080005

ธิดาพร งอสอน รหัสนักศึกษา 59080027

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

ปนัดดา นนทนำ

.....

...14.../...สิงหาคม.../...2563...

(ดร.ปนัดดา นนทนำ)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ผสมงาดำ
ชื่อนักศึกษา	กาญจน์กนก วงศ์งาม รหัสนักศึกษา 59080005
	ธิดาพร งอสอน รหัสนักศึกษา 59080027
หลักสูตร	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
พ.ศ.	2563
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. ปนัดดา นนทนำ

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มจากถั่วเหลืองผสมงาดำเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้งาดำผสมเข้ากับถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบในการผลิตเต้าหู้หลอด เพื่อเพิ่มประโยชน์และคุณค่าทางอาหารให้มากขึ้น งานวิจัยได้ทำการแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ผลจากการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 80 ลงในผลิตภัณฑ์เต้าหู้ผสมงาดำ ซึ่งพบว่าอิมัลซิไฟเออร์ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ผสมงาดำ ส่วนที่ 2 เมื่อศึกษาผลของการผสมน้ำงาดำที่ผ่านการให้ความร้อนต่อการผลิตผลิตภัณฑ์เต้าหู้ผสมงาดำ พบว่าการให้ความร้อนกับน้ำงาดำ จะมีผลทำให้เต้าหู้ผสมงาดำที่ได้มีค่าการเกาะติดกันในผลิตภัณฑ์ ความสามารถในการคืนตัวและค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูงขึ้น แต่จะมีค่าอัตราการขับน้ำ และค่าความสว่างที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เต้าหู้ที่ใช้น้ำงาดำที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนมาเป็นส่วนผสม และส่วนที่ 3 เมื่อทำการทดลองเพื่อศึกษาผลจากการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 20 Tween 40 และ Tween 80 ต่อคุณภาพของเต้าหู้ผสมงาดำ พบว่าการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ Tween 80 จะทำให้เต้าหู้ผสมงาดำที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่มีค่าความแข็ง ความสามารถในการคืนตัว และค่าความเหนียว ที่สูงเมื่อเทียบกับการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิดอื่น

คำสำคัญ: ถั่วเหลือง, งาดำ, เต้าหู้หลอด, อิมัลซิไฟเออร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Problem Title	Development of Tofu Mixed with Black Sesame
Student Name	Kankanok Wongngam Student ID 59080005
	Thidaporn Ngorsorn Student ID 59080027
Program	Bachelor of Science in Food-Science and Technology
Year	2020
Advisor	Asst. Prof. Dr. Panadda Nonthanum

ABSTRACT

Nowadays, tofu is popularly consumed among Asian people, some of European and American countries. It has been increasingly used in numerous culinary dishes, replacing dairy products due to comparatively low cost and high in protein bioavailability. The objective of this research was to apply black sesame mixed with soybean as raw material for packed tofu in order to enhance health benefit and nutritional values of the product. The study was divided into three parts. In the first part, the effect of the addition of emulsifier, Tween 80, on tofu mixed with black sesame was studied. It was found that Tween 80 did not affect the texture characteristics of tofu. The effect of heat treatment of black sesame milk on the quality of tofu was investigated in the second part. When heated black sesame milk was used as raw material, the adhesiveness, springiness and pH values of tofu was higher comparing to the ones using black sesame milk without thermal treatment. However, the tofu produced by heated black sesame milk showed darker color and lower syneresis values when compared to tofu product using unheated black sesame milk. The last part was to study the effect of adding emulsifiers (Tween 20, Tween 40 and Tween 80) on the quality of tofu. The addition of Tween 80 showed relatively high values of hardness, springiness and gumminess as in comparison with the addition of other emulsifiers.

Keywords: Soybeans, Black sesame, Packed soy tofu, Emulsifiers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ผสมงาดำ นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาช่วยเหลือของ ผศ.ดร. ปนัดดา นนทนำ อาจารย์ที่ปรึกษาวิชาปัญหาพิเศษ ที่สละเวลามาให้ความช่วยเหลือ สนับสนุนงบประมาณในการทำการทดลอง รวมถึงให้คำแนะนำปรึกษา และข้อคิดเห็นต่าง ๆ อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาระหว่างการดำเนินงานอีกด้วย

ขอขอบพระคุณนักวิทยาศาสตร์ คณาอาจารย์ท่านอื่น ๆ และบุคลากรในคณะอุตสาหกรรมอาหาร ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำในขั้นตอนต่าง ๆ ระหว่างการทดลองเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียน ตลอดจนคอยให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจเสมอมาโดยตลอดจนการทำปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กาญจน์กนก วงศ์งาม

ธิดาพร งอสอน

31 มิถุนายน 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญ (ต่อ)	V
สารบัญตาราง	VI
สารบัญตาราง (ต่อ)	VII
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ถั่วเหลือง	3
2.2 งาดำ	5
2.3 ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง	7
2.4 ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองผสมงาดำในท้องตลาด	11
2.5 ลักษณะเนื้อสัมผัส	12
2.6 ค่าสี	14
2.7 การขับน้ำ	15
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	16
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี	16
3.2 อุปกรณ์	16
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	17
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	23
4.1 ผลของการเติมอิมัลซิไฟเออร์ Tween 80 ต่อคุณภาพของเต้าหู้	23
4.2 ผลของการให้ความร้อนกับน้ำงาดำต่อคุณภาพของเต้าหู้ผสมงาดำ	25
4.3 ผลของชนิดอิมัลซิไฟเออร์ที่เติมต่อคุณภาพของเต้าหู้ผสมงาดำ	28
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม..... 32

ภาคผนวก..... 34

ภาคผนวก ก..... 35

ประวัติผู้เขียน..... 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเมล็ดแห้ง (กรัมต่อ 100 กรัมของส่วนที่รับประทานได้).....	4
2.2	องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดงาดำแห้ง (กรัมต่อ 100 กรัมของส่วนที่รับประทานได้).....	6
2.3	องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมถั่วเหลือง เปรียบเทียบกับน้ำนมวัว (ต่อน้ำหนัก 100 กรัม)...	9
2.4	องค์ประกอบทางเคมีของเต้าหู่อ่อน (ต่อน้ำหนัก 100 กรัม).....	11
3.1	การผสมสารอิมัลซิไฟเออร์.....	18
3.2	การผสมสารอิมัลซิไฟเออร์.....	19
3.3	การผสมสารอิมัลซิไฟเออร์.....	20
4.1	ค่าเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อทำการเติมอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween80 ปริมาณร้อยละ 1.....	23
4.2	ค่าสีของเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อทำการเติมอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween80 ปริมาณร้อยละ 1.....	24
4.3	ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าอัตราการขับน้ำของเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อทำการเติมอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween80 ปริมาณร้อยละ 1.....	25
4.4	ค่าเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อทำการต้มน้ำงาดำ.....	26
4.5	ค่าสีของเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อทำการต้มน้ำงาดำ.....	26
4.6	ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าอัตราการขับน้ำของเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อทำการต้มน้ำงาดำ.....	27
4.7	ค่าเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween80 Tween20 และ Tween40 ปริมาณร้อยละ 1.....	28
4.8	ค่าสีของเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween80 Tween20 และ Tween40 ปริมาณร้อยละ 1.....	29
4.9	ค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าอัตราการขับน้ำของเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween80 Tween20 และ Tween40 ปริมาณร้อยละ 1.....	30
ก.1	สัดส่วนเต้าหู้จากถั่วเหลืองปริมาณร้อยละ 100.....	36
ก.2	สัดส่วนเต้าหู้จากถั่วเหลืองปริมาณร้อยละ 70 และงาดำร้อยละ 30.....	36
ก.3	ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำที่มีการเติมสารไอโดรคอลลอยด์ชนิดต่าง ๆ โดยผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 70 และ 95 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในอัตราส่วนน้ำหนักแห้งของถั่วเหลืองและงาดำ : น้ำ เท่ากับ 1 : 4.....	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ก.4	ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำที่มีการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween80 ปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักรวมของน้ำนม โดยผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 70 และ 95 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในอัตราส่วนน้ำหนักแห้งของถั่วเหลืองและงาดำ : น้ำ เท่ากับ 1 : 4.....	41
ก.5	สัดส่วนเต้าหู้จากถั่วเหลืองปริมาณร้อยละ 100 และ 70 กรัม และงาดำปริมาณร้อยละ 30 กรัม โดยผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 95 และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ.....	43
ก.6	ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำที่มีการเติมสารไอโดรคอลลอยด์ชนิดต่าง ๆ โดยผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 95 และ 70 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วนน้ำหนักแห้งของถั่วเหลืองและงาดำ : น้ำ เท่ากับ 1 : 4.....	45
ก.7	ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำที่มีการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่าง ๆ โดยผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 95 และ 70 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วนน้ำหนักแห้งของถั่วเหลืองและงาดำ : น้ำ เท่ากับ 1 : 4.....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	เครื่อง Texture Analyzer.....	13
2.2	กราฟที่ได้จากการทำ Texture Profile Analysis.....	14
2.3	คุณสมบัติของสี 3 ลักษณะ คือ Hue Angle ความสว่างของสี และความอิ่มตัวของสี.....	15
ก.1	ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ Carrageenan ร้อยละ 0.2, Gelatin Powder ร้อยละ 0.2, Pectin ร้อยละ 0.2, Guargum ร้อยละ 0.1, Gellengum ร้อยละ 0.1, Gum Arabic ร้อยละ 0.2 และ Control ตามลำดับ.....	39
ก.2	ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ Starch ร้อยละ 1 และ 2, Gelatin ร้อยละ 1, Maltodextrin ร้อยละ 1 และ CMC ร้อยละ 1 ตามลำดับ.....	39
ก.3	ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween80 ร้อยละ 1 โดยการเติมผสมที่น้ำนมถั่วเหลือง งาดำ และน้ำนมถั่วเหลืองผสมงาดำ ตามลำดับ.....	41
ก.4	ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำโดยผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 95 และ 70 องศาเซลเซียส แถวบนผ่านการต้มงาดำ และแถวล่างไม่ต้มงาดำ ตามลำดับ.....	43
ก.5	ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อเติมสารไฮโรคอลลอยด์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ Carrageenan ร้อยละ 0.2, 0.4 และ 0.6 และ Maltodextrin ร้อยละ 5, 10 และ 15 ตามลำดับ.....	45
ก.6	ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ Tween80 ร้อยละ 1 ที่น้ำนมถั่วเหลืองและงาดำ Tween40 ร้อยละ 1 ที่น้ำนมถั่วเหลืองและงาดำ Tween20 ร้อยละ 1 เติมผสมที่น้ำนมถั่วเหลืองและงาดำ และ Control ตามลำดับ.....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผลิตภัณฑ์อาหารจากเมล็ดถั่วเหลืองเป็นที่รู้จักในแง่คุณประโยชน์ต่อสุขภาพ จึงได้รับความนิยมในกลุ่มผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวที่รู้จักกันเป็นอย่างดีในท้องตลาด ได้แก่ น้ำนมถั่วเหลืองหรือน้ำเต้าหู้ และผลิตภัณฑ์เต้าหู้นานาชนิด ทั้งเต้าหู้แข็ง เต้าหู้อ่อน เต้าฮวย ฯลฯ ในทางการค้าได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองให้มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้นสำหรับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย เช่น มีการผสมงาดำในนมถั่วเหลืองเพื่อเสริมแคลเซียมสำหรับสตรีวัยหมดประจำเดือน เพื่อช่วยป้องกันโรคกระดูกพรุน นอกจากนี้ยังมีการผสมจมูกข้าวญี่ปุ่นในน้ำนมถั่วเหลืองเพื่อช่วยบำรุงสมอง

เต้าหู้เป็นอาหารจากถั่วเหลืองที่อุดมไปด้วยคุณประโยชน์ มีโปรตีนสูงและย่อยง่าย จากการวิจัยพบว่าโปรตีนจากถั่วเหลืองไม่ได้มีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของร่างกายเท่านั้น แต่ยังมีผลต่อระดับคอเลสเตอรอลในเลือด โดยช่วยลดคอเลสเตอรอลร้าย เพิ่มคอเลสเตอรอลดี ช่วยป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจ โดยเฉพาะผู้มีปัญหาคอเลสเตอรอลสูง และยังมีวิตามินสูง แคลอรี่ต่ำ ไขมันและไฟเบอร์น้อย ร่างกายสามารถย่อยสลายโปรตีนในถั่วเหลืองได้ง่ายกว่าอาหารประเภทเนื้อสัตว์ จึงเหมาะสำหรับผู้ที่ควบคุมน้ำหนัก นอกจากวิตามินและแร่ธาตุแล้ว ถั่วเหลืองยังมีสารบางตัวที่มีประโยชน์ในการป้องกันโรคมะเร็ง ได้แก่ ไอโซฟลาโวน ซึ่งมีส่วนช่วยต้านมะเร็งเต้านม มะเร็งลำไส้ใหญ่ มะเร็งกระเพาะอาหาร และยังทำหน้าที่เป็นสารเอสโตรเจน เพื่อช่วยปรับสมดุลของฮอร์โมนในหญิงวัยหมดประจำเดือนได้ อีกทั้งผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงซึ่งประกอบด้วยโปรตีนมากกว่าร้อยละ 36, คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 30 และยังมีใยอาหาร วิตามิน และเกลือแร่ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยน้ำมันร้อยละ 20 ซึ่งทำให้ถั่วเหลืองเป็นพืชที่สำคัญที่สุดในการผลิตน้ำมันพืช (IITA, 2009) ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภคที่ต้องการความแปลกใหม่ในการรับประทานและเหมาะสำหรับผู้ที่ใส่ใจสุขภาพด้วย

ในงานวิจัยนี้ต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้จากเมล็ดถั่วเหลืองให้มีประโยชน์เชิงสุขภาพมากขึ้น จึงได้หาแนวทางที่จะช่วยเพิ่มประโยชน์เชิงสุขภาพให้แก่ผลิตภัณฑ์ โดยเพิ่มการผสมงาดำ ซึ่งมีการค้นพบว่าในเมล็ดงาดำมีสารเซซามินอยู่ภายใน ซึ่งสารดังกล่าวนี้สามารถช่วยในการยับยั้งการพัฒนาเซลล์ต้นกำเนิดของเซลล์สลายกระดูกที่ทำให้เกิดโรคข้อเสื่อมและโรคกระดูกพรุนได้ นอกจากนี้ยังช่วยในเรื่องของโรคสมอง ไม่ว่าจะเป็นเส้นเลือดอุดตันในสมองและเส้นเลือดแตกที่ทำให้เป็นโรคอัมพฤกษ์อัมพาต โดยสารเซซามินจะเข้าไปช่วยปกป้องเซลล์ประสาทที่ยังดีอยู่และช่วยฟื้นฟูเซลล์ประสาทที่เสื่อมสภาพ (ปรัชญา, 2559) ทั้งนี้งานวิจัยจะมุ่งเน้นไปที่การศึกษาผลของชนิดของสารอิมัลซิไฟเออร์และสารไฮโดรคอลลอยด์ในการช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส และพัฒนาสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ผสมงาดำให้มีลักษณะที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์เต้าหู้ปกติที่ไม่มีการผสมงาดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการผลิตเต้าหู้ผสมงาดำ

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของการใช้สารอิมัลซิไฟเออร์ในการผลิตเต้าหู้ผสมงาดำ ต่อสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้

1.2.3 เพื่อศึกษาสูตร สัดส่วน และสภาวะปัจจัยที่มีความเหมาะสมต่อกระบวนการผลิตเต้าหู้เสริมงาดำ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 เพื่อให้ทราบถึงกรรมวิธีการผลิตเต้าหู้ผสมงาดำ

1.3.2 เพื่อให้ทราบถึงผลของสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ เมื่อใช้งาดำเป็นองค์ประกอบ

1.3.3 เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ผสมงาดำให้แก่บริษัทและผู้ที่สนใจเพื่อต่อยอดผลิตภัณฑ์

1.3.4 สามารถนำไปเผยแพร่ในรูปแบบบทความวิจัยในวารสารวิชาการระดับชาติและ/หรือนานาชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถั่วเหลือง

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุกสูงราว 0.3-0.9 เมตร ลำต้นมีขนปกคลุม และมีใบประกอบแบบขนนก 3 ใบย่อย หูใบรูปไข่ ขนาด 3-7 มิลลิเมตร ฐานใบเป็นรูปลิ่มหรือกลม ปลายใบเรียวแหลม ช่อดอกแบบช่อกระจะ ก้านช่อดอกยาว 1-3.5 เซนติเมตร วงกลีบเลี้ยงมีขนหยาบแข็ง วงกลีบดอกมีสีม่วง หรือขาว กลีบกลางรูปไข่โคนกลีบคล้ายกันกลีบ ปลายกลีบเว้าตื้น กลีบคู่ข้างหยักมน กลีบคู่ล่างรูปไข่กลับ รังไข่เหนือวงกลีบ ผลแบบฝักแบบถั่วขนาด 40-75 x 8-15 มิลลิเมตร อวบน้ำ ขอบรูปขนาน มี 2-5 เมล็ด รูปร่างรี หรือรูปขอบขนาน ขั้วเมล็ดเป็นรูปรี (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดสุโขทัย, 2560)

- ต้นถั่วเหลือง ลำต้นตั้งตรงลักษณะเป็นพุ่ม แตกแขนงค่อนข้างมาก มีความสูงประมาณ 30-150 เซนติเมตร โดยความสูงจะขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของดิน ความชื้นและฤดูที่เพาะปลูก ลำต้นมีขนปกคุลม ต้นถั่วเหลืองยังแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ชนิดทอดยอดและชนิดไม่ทอดยอด เมื่อเมล็ดแก่ฝักจะแห้งและต้นจะตายตามไปด้วย จึงเป็นที่มาของชื่อ “ถั่วแม่ตาย”
- รากถั่วเหลือง มีระบบเป็นรากแก้ว หากเป็นดินร่วนอาจหยั่งรากลึกถึง 0.5-1 เมตร แต่โดยทั่วไปรากจะมีความลึก 30-45 เซนติเมตร ซึ่งประกอบไปด้วยรากแก้วที่เจริญมาจากรากแรกของต้น และมีรากแขนงที่เจริญมาจากรากแก้ว ส่วนบริเวณปมรากนั้นเกิดจากแบคทีเรียไรโซเบียมที่เข้าไปอาศัยอยู่
- ใบถั่วเหลือง ระยะต้นอ่อนจะมีใบเลี้ยง ใบจริงคู่แรกเป็นใบเดี่ยว โดยใบจริงที่เกิดขึ้นต่อมาจะเป็นใบประกอบ แบบ 3 ใบย่อย คือ มีใบย่อยด้านข้างอีก 2 ใบ และมีใบย่อยด้านปลาย 1 ใบ ลักษณะของใบมีรูปร่างหลายแบบ เช่น รูปไข่จนถึงเรียวยาว ส่วนที่โคนของก้านใบประกอบจะมีหูใบอยู่ 2 อัน และส่วนที่โคนของก้านใบย่อย มีหูใบย่อยอยู่ 1 อัน ที่ใบมีขนสีน้ำตาลหรือเทา
- ดอกถั่วเหลือง มีช่อดอกเป็นแบบกระจะ ดอกมีสีขาวหรือสีม่วง เมื่อดอกบานเต็มที่จะมีขนาดประมาณ 3-8 เซนติเมตร ในหนึ่งช่อดอกจะมีดอกตั้งแต่ 3-15 ดอก โดยช่อดอกที่เกิดบนยอดของลำต้นมักจะมีจำนวนดอกในช่อมากกว่าช่อดอกที่เกิดตามมุมใบ ดอกมีส่วนประกอบดังนี้ คือ ก้านช่อดอกและก้านดอกย่อย กลีบเลี้ยงที่อยู่นอกสุดมีสีเขียว สั้น มีอยู่ 2 กลีบและมีขนปกคุลม ถัดมาคือกลีบรองดอกที่อยู่ในชั้นถัดจากกลีบเลี้ยง ฐานติดกันมีแฉก 5 แฉก ถัดมาคือส่วนของกลีบดอกมีกลีบ 5 กลีบ ซึ่งมีกลีบใหญ่ 1 กลีบ กลีบกลางด้านข้าง 2 กลีบ และกลีบเล็ก 2 กลีบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ฝักถั่วเหลือง ออกฝักเป็นกลุ่ม กลุ่มละประมาณ 2-10 ฝัก มีขนสีเทาหรือสีน้ำตาลปกคลุมอยู่ มีความยาว 2-7 เซนติเมตร ในแต่ละฝักจะมีเมล็ดอยู่ประมาณ 1-5 เมล็ด ฝักอ่อนมีสีเขียว เมื่อสุกแล้วจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

เมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดอาจมีสีเหลือง สีเขียว สีน้ำตาล หรือสีดำ โดยเมล็ดจะมีขนาดและรูปร่างต่างกัน ลักษณะของเมล็ดมีตั้งแต่กลม รีจนถึงยาว หากเป็นเมล็ดขนาดเล็กจำนวน 100 เมล็ด จะมีน้ำหนักประมาณ 2 กรัม แต่ถ้าเป็นเมล็ดใหญ่อาจมีน้ำหนักมากว่า 40 กรัม แต่โดยทั่วไปแล้วจะมีน้ำหนักอยู่ที่ประมาณ 12-20 กรัม (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดสุโขทัย, 2560)

2.1.2 องค์ประกอบทางเคมี

ถั่วเหลืองมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ โปรตีนปริมาณร้อยละ 34 คาร์โบไฮเดรตและไขมันปริมาณร้อยละ 27 และ 19 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเมล็ดแห้ง (กรัมต่อ 100 กรัมของส่วนที่รับประทานได้)

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละ)
โปรตีน	34
คาร์โบไฮเดรต	26.7
ไขมัน	18.7
ความชื้น	11.1
แร่ธาตุ	4.8
เส้นใย	4.7

ที่มา: สุมาลี และวลัยทิพย์ (2541)

2.1.3 คุณประโยชน์

ถั่วเหลือง เป็นธัญพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากอุดมไปด้วยโปรตีน และสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อประกอบอาหารได้หลากหลายชนิด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องผ่านการหมักดอง เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำเต้าหู้ เต้าหู้ เต้าฮวย และผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านการหมักดอง เช่น เต้าเจี้ยว เต้าหู้ยี้ เป็นต้น นอกจากจะเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญแล้ว ในถั่วเหลืองยังพบสารกลุ่มไอโซฟลาโวน (Isoflavones) เช่น เจนีสทีน (Genistein) เดดซีน (Daidzein) และไกลซิทีน (Glycitein) ซึ่งจัดเป็นสารจากพืชที่มีฤทธิ์คล้ายกับฮอร์โมนเอสโตรเจน (Phytoestrogen) ฮอร์โมนที่มีหน้าที่สำคัญในการควบคุมการทำงานของระบบสืบพันธุ์เพศหญิง สำหรับงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์มีข้อมูลระบุว่าการบริโภคถั่วเหลืองมีผลช่วยลดอาการร้อนวูบวาบ (Hot Flashes) ในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนที่มีระดับฮอร์โมนลดลงตามวัย ลดระดับไขมันในเลือด และยังมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ มีผลช่วยป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจช่วยลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราเสี่ยงของการเกิดโรคอัลไซเมอร์ และมีผลต่อการเรียนรู้และจดจำ เป็นต้น สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับประโยชน์ของถั่วเหลืองต่อโรคมะเร็ง มีข้อมูลระบุว่าการบริโภคถั่วเหลืองมีผลช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดมะเร็งเต้านม และลดการแบ่งตัวของจำนวนเซลล์มะเร็งเต้านมได้ แต่ก็มีบางงานวิจัยระบุว่าถั่วเหลืองมีผลเพิ่มความรุนแรงของมะเร็งได้เช่นกัน นักวิจัยจึงยังคงทำการศึกษาทางคลินิกเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการบริโภคถั่วเหลืองกับมะเร็งเต้านมอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งและความรุนแรงของมะเร็งเต้านมอาจขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น พันธุกรรม พฤติกรรมการบริโภค การสูบบุหรี่ เป็นต้น สำหรับการเตรียมถั่วเหลือง ควรเลือกวัตถุดิบที่สะอาดและมีคุณภาพ เพื่อให้ปลอดภัยจากสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxin) ที่พบได้มากในธัญพืชทั่วไป และเป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็งตับ นอกจากนี้ควรระมัดระวังในผู้บริโภคบางรายที่อาจเกิดอาการแพ้ถั่วเหลืองได้ สำหรับการบริโภคถั่วเหลืองเพื่อให้ได้ผลต่อการป้องกันหรือรักษาโรคมะเร็ง อาจต้องมีการศึกษาข้อมูลทางคลินิกเพิ่มเติม และบริโภคอาหารที่มีประโยชน์หลากหลายชนิดในปริมาณที่เหมาะสม ควบคู่กับการออกกำลังกาย นอนหลับพักผ่อนให้เพียงพอ และไม่เครียด จะช่วยส่งเสริมสุขภาพให้แข็งแรง และลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคต่าง ๆ ได้ (จิราภรณ์, 2560)

2.2 งาดำ

2.2.1 ข้อมูลทั่วไป

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Sesamum indicum L.*

อยู่ในวงศ์: *Pedaliaceae*

งาดำ เป็นเครื่องเทศสมุนไพร มีอายุสั้น เจริญเติบโตได้ง่าย เป็นพืชล้มลุกขนาดเล็ก ลำต้นตั้งตรง ลำต้นมีลักษณะสี่เหลี่ยม มีเปลือกบาง มีขนหยาบ ๆ ปกคลุม ต้นมีสีเขียวเข้ม ใบเป็นใบเดี่ยว ออกตรงข้ามสลับกัน ใบมีลักษณะยาวรี ขอบใบหยัก มีเส้นกลางใบตามยาวเห็นชัด มีขนเล็ก ๆ ปกคลุม ผิวใบสากมือ มีสีเขียว ดอก ออกเป็นดอกเดี่ยว ออกที่ซอกใบและปลายยอด ก้านช่อดอกสั้น ดอกมีลักษณะทรงรี ทรงกรวยเล็ก มีสีขาวนวล หรือสีชมพู ตามสายพันธุ์ ผลเป็นฝัก มีลักษณะทรงกรวย ยาวรี ฝักอ่อนมีเปลือกสีเขียว ฝักแก่ผลแห้งจะมีสีน้ำตาล เมล็ดเล็ก เรียงอยู่ข้างในพู เมล็ดลักษณะแบนรี รูปไข่ มีกลิ่นหอม เมล็ดมีสีดำ

- ลำต้น เป็นพืชล้มลุกขนาดเล็ก มีอายุสั้น ลำต้นตั้งตรง ลำต้นมีลักษณะสี่เหลี่ยม มีเปลือกบาง มีขนหยาบ ๆ ปกคลุม ต้นมีสีเขียวเข้ม
- ใบ เป็นใบเดี่ยว ออกตรงข้ามสลับกัน ใบมีลักษณะยาวรี ขอบใบหยัก มีเส้นกลางใบตามยาวเห็นชัด มีขนปกคลุม
- ราก เป็นระบบรากแก้ว มีรากฝอยรากแขนงเล็ก ๆ มีลักษณะกลมแทงลงในดิน ออกบริเวณรอบลำต้น มีสีน้ำตาล
- ดอก ออกเป็นดอกเดี่ยว ออกที่ซอกใบและปลายยอด ก้านช่อดอกสั้น ดอกมีลักษณะทรงรี ทรงกรวยเล็ก สีขาวหรือสีชมพูตามสายพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผล เป็นฝัก มีลักษณะทรงกรวย ยาวรี มีร่องเป็นรอยเส้นยาว มีขนเล็ก ๆ ฝักอ่อนมีเปลือกสีเขียว ฝักแก่ผลแห้งจะมีสีน้ำตาล เมล็ดลักษณะแบนรี มีขนาดเล็ก ผิวลื่นมัน มีน้ำมันมีกลิ่นหอม เมล็ดมีสีดำ

2.2.2 องค์ประกอบทางเคมี

งาดำมีองค์ประกอบหลักได้แก่ กรดไขมันไม่อิ่มตัว ปริมาณร้อยละ 52.6 และโปรตีนปริมาณร้อยละ 25.59 และมีองค์ประกอบอื่น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดงาดำแห้ง (กรัมต่อ 100 กรัมของส่วนที่รับประทานได้)

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณร้อยละ
ไขมัน (กรดไขมันไม่อิ่มตัว)	52.60
โปรตีน	25.59
ใยอาหาร	6.34
คาร์โบไฮเดรต	5.44
ความชื้น	3.35
เถ้า	6.68

ที่มา: ศุภมาศ (2545)

2.2.3 คุณประโยชน์

งาดำสามารถช่วยรักษาอาการไอ โดยการทดลองในเด็กอายุ 2-12 ปี จำนวน 107 คน ที่มีอาการไอจากโรคหวัด โดยให้รับประทานน้ำมันงา 5 มิลลิลิตรก่อนนอนติดต่อกัน 3 วัน เพื่อลดความรุนแรงและความถี่ของการไอ ผลลัพธ์พบว่าในวันแรกอาการไอของเด็กที่รับประทานน้ำมันงาดีขึ้นกว่ากลุ่มรับประทานยาหลอก แต่อยู่ในระดับไม่มากนัก และเมื่อผ่านไป 3 วัน เด็กทั้ง 2 กลุ่มต่างมีอาการดีขึ้น และไม่พบว่าการใช้น้ำมันงาก่อให้เกิดผลข้างเคียงใด ๆ ศึกษาวิจัยผู้ป่วยที่บาดเจ็บในโรงพยาบาลทั้งหมด 150 คน โดยกลุ่มหนึ่งให้การรักษาด้วยการทาน้ำมันงาควบคู่ไปกับการรักษาปกติ ส่วนอีกกลุ่มให้การดูแลรักษาปกติเพียงอย่างเดียว พบว่าน้ำมันงาช่วยลดความรุนแรงของความเจ็บและส่งผลให้คนไข้รับประทานยาแก้ปวดน้อยลง

คณะแพทย์ศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้ค้นพบว่าในเมล็ดงาดำ มีสารเซซามินอยู่ภายใน ซึ่งสารตัวนี้สามารถที่จะช่วยในการยับยั้งการพัฒนาเซลล์ต้นกำเนิดของเซลล์สลายกระดูก ที่ให้เกิดโรคข้อเสื่อม โรคกระดูกพรุน ได้โดยจะเข้าไปทำให้แคลเซียมประสานกับกระดูกเพิ่มมากขึ้นนอกจากนี้ยังช่วยในเรื่องของโรคสมอง ไม่ว่าจะเป็นเส้นเลือดอุดตันในสมองเส้นเลือดแตก ที่ทำให้เป็นโรคอัมพฤกษ์ อัมพาต โดยสารเซซามินจะเข้าไปช่วยปกป้องเซลล์ประสาทที่ยังดีอยู่ และช่วยฟื้นฟูเซลล์ประสาทที่เสื่อมสภาพ สุดท้ายก็เป็นโรคมะเร็ง ที่ถือเป็นโรคที่เกิดมากเป็นอันดับ 1 ในขณะนี้ ซึ่งเซลล์มะเร็งนั้นจะแพร่กระจายไปอย่างรวดเร็ว เพราะมีเส้นเลือดใหม่ที่เกิดขึ้นมาแล้วไปสร้างการหล่อเลี้ยงให้กับเซลล์มะเร็งนั้น ๆ จากนั้นก็จะแพร่กระจาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปเรื่อยซึ่งสารเซซามิน ก็จะเข้าไปปกป้องเซลล์พร้อมกับตัดวงจรหรือลดเส้นเลือดใหม่ที่เป็นน้ำเลี้ยงให้กับเซลล์มะเร็งพร้อมกับค่อย ๆ ฟื้นฟูสภาพเซลล์ให้กลับคืนมา

โดยผลการวิจัยในห้องทดลองที่ได้ร่วมกับนักศึกษาปริญญาโท ได้ทดสอบกับไข่ไก่ที่ปกติจากนั้นได้ทำการฉีดเซลล์หรือสารพิษเข้าไป ก็พบว่าไข่ไก่จะเกิดอาการเป็นพิษหรือคล้ายกับการเป็นมะเร็ง จากนั้นก็ทำการฉีดสารเซซามิน เข้าไปก็พบว่าการฟื้นฟูของเซลล์เริ่มกลับคืนมาและได้ทดสอบด้วยการฉีดสารเซซามินเข้าไปในไข่ไก่ปกติ แล้วเมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมงถึงฉีดสารพิษ หรือเซลล์มะเร็งเข้าไป ก็พบว่ามีการปกป้องเซลล์ได้มากกว่าไข่ไก่ที่ไม่ถูกฉีดสารเซซามินอย่างเห็นได้ชัด

2.3 ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง

ปัจจุบันได้มีการนำถั่วเหลืองมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารและส่วนประกอบของอาหารหลากหลายชนิด เนื่องจากได้มีการนำเทคโนโลยีด้านการปรับปรุงพันธุ์พืชมาใช้ร่วมกับถั่วเหลือง เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งได้รับความสนใจเป็นอย่างมากสำหรับผู้ที่บริโภคมังสวิรัติ และผู้แพ้แลคโตสในน้ำนมวัว อีกทั้งยังสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตให้สูงขึ้น เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่มีจำหน่ายโดยทั่วไปในท้องตลาด ได้แก่ น้ำนมถั่วเหลืองหรือน้ำเต้าหู้ และผลิตภัณฑ์เต้าหู้นานาชนิด ทั้งเต้าหู้แข็ง เต้าหู้อ่อน เต้าฮวย เป็นต้น ถั่วเหลืองมีคุณประโยชน์ต่อสุขภาพในการลดระดับคอเรสเตอรอลในเลือด ลดอาการวัยทอง และความเสี่ยงของโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ และโรคกระดูกพรุน (นิรนาม, 2545)

2.3.1 น้ำนมถั่วเหลือง

น้ำนมถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากถั่วเหลือง ซึ่งอุดมไปด้วยโปรตีน ทำให้ผู้ที่มีอาการแพ้น้ำนมวัวสามารถเลี่ยงมารับประทานโปรตีนจากน้ำนมถั่วเหลืองได้ อีกทั้งยังย่อยง่าย มีไขมันน้อย ทำให้น้ำนมถั่วเหลืองจัดเป็นอาหารที่มีคุณประโยชน์ต่อร่างกายและช่วยรักษาโรคได้ หรือซุปเปอร์ฟู้ด

2.3.1.1 กรรมวิธีในการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง

กรรมวิธีในการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองไม่มีวิธีมาตรฐาน ดังนั้นส่วนประกอบทางเคมี หรือคุณค่าทางโภชนาการจึงมีความแตกต่างกัน (สมชาย, 2553) สามารถสรุปขั้นตอนการผลิตได้ดังนี้

1) แช่ถั่วเหลือง

ก่อนการนำเมล็ดถั่วเหลืองแห้งไปแช่ ควรทำการล้างน้ำก่อนอย่างน้อย 3 ครั้ง และแช่น้ำให้เมล็ดนิ่มโดยมีปริมาณน้ำไม่น้อยกว่า 3 เท่าของน้ำหนักถั่วเหลือง เป็นระยะเวลา 1-20 ชั่วโมงขึ้นไป ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการแช่ หากใช้อุณหภูมิน้ำสูงจะทำให้เมล็ดถั่วเหลืองนิ่มเร็วกว่าการใช้อุณหภูมิน้ำต่ำ (วันชัย, 2557) โดยที่ถั่วจะมีการพองขึ้นปริมาณ 1-1.2 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เอาเปลือกถั่วเหลืองออก

การเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองจากถั่วเหลืองเต็มเมล็ดหรือถั่วเหลืองชีก ควรเอาเปลือกออกก่อนทำการแช่น้ำ เพื่อที่จะได้น้ำนมถั่วเหลืองที่มีสีขาว มีกลิ่นถั่วน้อย และไม่มีรสขม และเป็นการลดจำนวนจุลินทรีย์ที่มีอยู่ ทำให้ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้

3) บดถั่วเหลือง

การบดถั่วเหลืองให้ละเอียด อาจใช้โม่หิน เครื่องบด หรือเครื่องปั่น เติมน้ำเล็กน้อยเพื่อบดได้สะดวกมากขึ้น โดยอัตราส่วนของถั่วเหลืองต่อน้ำที่ใช้ในระหว่างการบดเป็น 1 ต่อ 100 กรัม (วันชัย, 2527)

4) กรองเอากากถั่วเหลืองออก

เป็นการทำเพื่อแยกเอาน้ำนมถั่วเหลืองที่ละลายน้ำได้ ออกจากส่วนที่ไม่ละลายน้ำ โดยการกรองอาจทำก่อนหรือหลังให้ความร้อนก็ได้ วิธีแบบญี่ปุ่นดั้งเดิมนิยมต้มถั่วเหลืองและบดก่อนนำไปกรอง การต้มจะช่วยลดความหนืดของน้ำนมถั่วเหลือง ทำให้กรองได้ง่ายมากขึ้น แต่อาจมีผลต่อการละลายของโปรตีน ส่วนวิธีการแบบจีน จะทำการกรองกากออกก่อนที่จะนำให้ความร้อน ซึ่งกากที่เหลือจะมีโปรตีนที่ละลายได้บางส่วนหลงเหลืออยู่ ดังนั้นอาจจะต้องมีการสกัดกากที่เหลือด้วยน้ำร้อนอีกครั้งเพื่อเพิ่มผลผลิต (Liu, 1997)

5) ให้ความร้อน

การต้มเป็นการให้ความร้อน มีข้อดี คือ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ช่วยทำให้สารบางชนิดในถั่วเหลืองที่ทำให้ร่างกายได้รับสารอาหารน้อยลง ยับยั้งเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (Lipoxygenase) ที่ทำให้เกิดกลิ่นถั่วเหลือง และทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพได้ง่ายขึ้น การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จะสามารถทำลายสารยับยั้งเอนไซม์ทริพซิน (Trypsin Inhibitor) ซึ่งเป็นสารต้านคุณค่าทางโภชนาการได้ แต่การใช้ความร้อนที่มากเกินไป อาจมีผลเสียต่อคุณค่าทางโภชนาการได้ คือ กรดอะมิโนซีสทีน (Cystine) และเมธิโอนีน (Methionine) จะถูกทำลายได้ร้อยละ 30 เมื่อถูกต้มในน้ำเดือดนาน 30 นาที (เพลินใจ, 2545)

2.3.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมถั่วเหลือง

น้ำนมถั่วเหลือง ในอดีตเป็นที่นิยมของชาวจีน แต่ในปัจจุบันได้กลายเป็นที่นิยมดื่มได้ทั่วไป เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับน้ำนมวัว แต่มีราคาถูกกว่ามาก จึงสามารถใช้เป็นอาหารเสริมดื่มแทนน้ำนมวัวได้ (สุมาลี และวลัยทิพย์, 2541) อีกทั้งน้ำนมถั่วเหลืองยังไม่มีน้ำตาลแลคโตสจึงทำให้ผู้ที่ดื่มน้ำนมวัวแล้วเกิดอาการท้องเสียสามารถดื่มได้ (คัดคนางค์, 2542) น้ำนมถั่วเหลืองยังมีโปรตีนใกล้เคียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับน้ำนมวัว มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวต่ำ ไม่มีคอเรสเตอรอล และแลคโตส จึงจัดเป็นอาหารที่เหมาะสำหรับผู้ที่สามารถบริโภคอาหารที่มีแลคโตสได้ (Salabrini, et al.; Wang, et al., 2003) และผู้บริโภคอาหารเจหรือมังสวิรัติ

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมถั่วเหลือง เปรียบเทียบกับน้ำนมวัว (ต่อน้ำหนัก 100 กรัม)

องค์ประกอบทางเคมี	น้ำนมถั่วเหลือง (กรัม)	น้ำนมวัว (กรัม)
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	44	59
น้ำ	90.8	88.6
โปรตีน	3.6	2.9
คาร์โบไฮเดรต	2.9	4.5
ไขมัน	2.0	3.3
เถ้า	0.5	0.7

ที่มา: Liu (1997)

2.3.1.3 คุณประโยชน์ของน้ำนมถั่วเหลือง

1) มีสารอาหารครบทั้ง 5 หมู่ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ และวิตามิน โดยเฉพาะปริมาณสารอาหารประเภทโปรตีนในน้ำนมถั่วเหลือง ซึ่งมีสูงเทียบเท่ากับเนื้อสัตว์
2) มีโปรตีนโกลบูลิน ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายครบทั้ง 10 ชนิด อีกทั้งยังเป็นโปรตีนชนิดที่ร่างกายดูดซึมได้ง่าย โดยร้อยละ 95 ของโปรตีนในน้ำนมถั่วเหลือง ร่างกายจะสามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด
3) ช่วยลดระดับคอเรสเตอรอล โดยองค์การอาหารและยา รวมถึงสมาคมโรคหัวใจของสหรัฐอเมริกา ได้ให้ข้อมูลว่าในน้ำนมถั่วเหลืองมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวในอัตราส่วนที่สูง ซึ่งจะช่วยลดคอเรสเตอรอลในเส้นเลือด ป้องกันการสะสมของไขมันในหลอดเลือดชั้นใน อันเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคหัวใจและความดันโลหิตสูงได้
4) เป็นแหล่งรวมวิตามิน โดยเฉพาะวิตามินบีรวม ไนอาซิน รวมทั้งวิตามินเอ วิตามินอี วิตามินดี และวิตามินซีในปริมาณเล็กน้อย
5) ช่วยบำรุงสมองและเพิ่มความจำ เนื่องจากในน้ำนมถั่วเหลืองอุดมไปด้วยสารอาหารอื่น ๆ นอกจากวิตามินและแร่ธาตุ ไม่ว่าจะเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงาน จึงช่วยบำรุงทั้งร่างกาย บำรุงสมอง และช่วยเพิ่มความสามารถในการจดจำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 เต้าหู้

เต้าหู้ (Tofu) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ทำมาจากถั่วเหลือง มีลักษณะเป็นก้อนแข็งหรืออ่อนนุ่ม มีสีเหลืองอ่อนหรือสีขาวนวล นิยมนำมาปรุงอาหารหลากหลายเมนู อาทิ ผัดเต้าหู้ แกงจืดเต้าหู้ เป็นต้น ถือเป็นอาหารที่นิยมของชาวจีน และยังนิยมใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการปรุงอาหารในช่วงเทศกาลกินเจอีกด้วย

2.3.2.1 ชนิด และความเข้มข้นของตัวตกตะกอน (Coagulation)

การทำเต้าหู้อ่อน นิยมใช้แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4.2H_2O$) ในปริมาณร้อยละ 2.7 ของน้ำหนักถั่วเหลืองแห้งที่ใช้ ซึ่งจะได้เต้าหู้ที่มีลักษณะเนื้อนุ่ม เนียน และมีความยืดหยุ่น

ในขณะที่การทำเต้าหู้แข็งจะใช้สารตกตะกอนสองชนิดผสมกัน คือ แคลเซียมซัลเฟต และแมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.4H_2O$) ในอัตราส่วน 4:1 ในปริมาณร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง แต่หากใช้แมกนีเซียมซัลเฟตเพียงอย่างเดียว จะทำให้เกิดการตกตะกอนเต้าหู้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ตะกอนจับตัวกันเป็นก้อนขนาดใหญ่ เมื่อตักลงพิมพ์ทำเป็นเต้าหู้ จะได้เต้าหู้ที่มีเนื้อแน่นเหนียวเหมือนยาง

เต้าหู้หลอด เป็นเต้าหู้ที่มีเนื้อเนียนมาก จะใช้การตกตะกอนดดยใช้สารกลูโคโนเดลต้าแลคโตน (Glucono-Delta-Lactone, GDL) ปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักถั่วเหลืองแห้งที่ใช้ ซึ่งเมื่อสารดังกล่าวได้รับความร้อน จะเกิดเป็นกรดกลูโคนิก (Gluconic Acid) ทำให้ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำนมถั่วเหลืองเปลี่ยนแปลงไปเป็นกรด ส่งผลให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีน (เพลินใจ, 2545)

2.3.2.2 ประโยชน์ของเต้าหู้

คุณค่าทางโภชนาการที่โดดเด่นของเต้าหู้ คือ โปรตีน เนื่องจากแหล่งโปรตีนจากเต้าหู้ เป็นโปรตีนที่ให้คุณค่ามากกว่าเนื้อสัตว์บางชนิดในปริมาณเท่ากันถึงสองเท่า โปรตีนที่ได้จากถั่วเหลืองแปรรูปประเภทนี้มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายถึง 8 ชนิด และยังเป็นโปรตีนที่ให้ไฟเบอร์หรือกากใยอาหารที่ช่วยในระบบย่อยอีกด้วย ลดคอเลสเตอรอล และลดระดับไขมันตีกลีเซอไรด์ในกระแสเลือดได้ นอกจากนี้ในถั่วเหลืองยังมีสารเลซิติน ซึ่งมีผลในการลดไขมัน และช่วยส่งเสริมการทำงานของระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับความทรงจำ และฮอร์โมนจากพืช ไฟโตเอสโทรเจน ที่มีการวิจัยพบว่ามีผลในการป้องกันมะเร็ง และมีผลดีต่อผู้หญิงวัยทอง คือช่วยชะลอภาวะหมดประจำเดือนรวมถึงลดความเสี่ยงในการเป็นมะเร็งเต้านม

2.3.2.3 องค์ประกอบทางเคมีของเต้าหู้

เต้าหู้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากถั่วเหลือง จัดเป็นอาหารที่ได้จากการตกตะกอนโปรตีนในน้ำนมถั่วเหลืองโดยสารตกตะกอน ลักษณะของโปรตีนที่ได้มีลักษณะเป็นของแข็งกึ่งเหลวที่เรียกว่า เจล มีสีเหลืองอ่อนหรือสีขาวนวล ปัจจุบันในประเทศไทยนิยมบริโภคเต้าหู้ในลักษณะที่เรียกว่า เต้าหู้หลอด (Packed Tofu)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบทางเคมีของเต้าหู่อ่อน (ต่อน้ำหนัก 100 กรัม)

องค์ประกอบทางเคมี	น้ำนมถั่วเหลือง (กรัม)
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	55
น้ำ	89
โปรตีน	4.8
คาร์โบไฮเดรต	2.9
ไขมัน	2.7
แร่ธาตุ	0.31

ที่มา: USDA Food Composition Database (2017)

2.4 ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองผสมงาดำในท้องตลาด

2.4.1 น้ำนมถั่วเหลืองผสมงาดำ

ปัจจุบันเครื่องดื่มทางเลือกสำหรับสุขภาพได้รับความนิยมมากในหมู่คนส่วนใหญ่ที่หันมาดูแลสุขภาพร่างกายของตัวเองมากขึ้น ซึ่งเครื่องดื่มประเภทน้ำนมถั่วเหลืองที่มีส่วนผสมของงาดำ จัดเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากงาดำถือเป็นธัญพืชที่มีสรรพคุณมหาศาล มีกลิ่นหอม มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสรรพคุณช่วยบรรเทาอาการปวดข้ออักเสบรูมาตอยด์ บำรุงกระดูก บำรุงผิวพรรณ บำรุงสายตา บำรุงหัวใจ และยังมีสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็งอีกด้วย งาดำมักนำมารับประทานกับอาหารอื่น ๆ เช่น ใส่ในขนมปัง และมักนำมาทำเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

2.4.2 เต้าผู้ผสมงาดำ

ผลิตภัณฑ์เต้าหู้ผสมงาดำ ยังไม่ได้รับความนิยม หรือเป็นที่แพร่หลายในตลาดมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องดื่มผสมงาดำ แต่ก็มีบริษัทที่ทำการผลิตเต้าหู้ผสมงาดำออกมาวางจำหน่ายในท้องตลาด คือ เต้าหู้ตราโมคิ ซึ่งเป็นเต้าหู้บุก สีครีม ไม่มีกลิ่น รสชาติจืด มีส่วนประกอบ ได้แก่ น้ำร้อยละ 55 โปรตีนจากถั่วเหลืองร้อยละ 35 น้ำมันถั่วเหลืองร้อยละ 4.5 แป้งมันฝรั่งร้อยละ 4 ผงบุกร้อยละ 1 เกลือร้อยละ 0.4 และทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0.1

2.5 ลักษณะเนื้อสัมผัส

2.5.1 ความสำคัญของเนื้อสัมผัสในอาหารและการวิเคราะห์

สมบัติด้านเนื้อสัมผัสของอาหาร มีความสัมพันธ์กับคุณภาพของอาหารโดยตรง อีกทั้งยังเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค อาหารหลากหลายชนิดที่ผู้บริโภคใช้เนื้อสัมผัสเป็นเกณฑ์หลักเพื่อพิจารณาตัดสินการยอมรับ และมีผลต่อระดับความชอบ เช่น ความกรอบของอาหารขบเคี้ยว ได้แก่ มันฝรั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทอดกรอบ สัมพันธ์กับความชื้นของอาหาร ซึ่งความกรอบจะลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากดูดความชื้นจากบรรยากาศเข้าไป

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่องมือวัด (Texture Analysis) เป็นการการใช้เครื่องมือเพื่อจำลองแรงกระทำจากการสัมผัสของมนุษย์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แรงกระทำของฟันระหว่างการเคี้ยว การบด การตัด การดึง การหัก และวัดค่าที่ตอบสนองกับแรงกระทำในเชิงปริมาณ และยังมีการทดสอบแบบพิเศษที่เรียกว่า ค่าเค้าโครงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสทางกายภาพ (Texture Profile Analysis: TPA) ซึ่งเป็นการทดสอบโดยการใช้หัวทดสอบแบบแผ่นแบนซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่าขนาดของวัสดุ เป็นการให้แรงกด (Compression Test) ลงบนตัวอย่างอาหาร ขนาดมาตรฐาน 2 ครั้ง ซึ่งเป็นการจำลองการใช้ฟันบดอาหาร การทดสอบด้วยวิธี Texture Profile Analysis ประยุกต์ใช้วัดเนื้อสัมผัสของอาหารหลายชนิดอาหารที่พร้อมรับประทาน ได้แก่ แฮม ไส้กรอก เต้าหู้ เนยแข็ง ผัก ผลไม้ เจลลี่ เนื่องจากคุณภาพที่ได้สัมพันธ์กับการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation) โดยเนื้อสัมผัสในอาหารใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงลักษณะของส่วนประกอบและโครงสร้างภายในอาหาร ซึ่งสามารถแสดงผลออกมาในรูปแบบของพฤติกรรมการไหล การสูญเสียรูปร่างของอาหารจากแรงกลจากการบดเคี้ยว หรือการกดทับของแรงจากเครื่องมือ โดยความสำคัญของเนื้อสัมผัสในอาหารสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

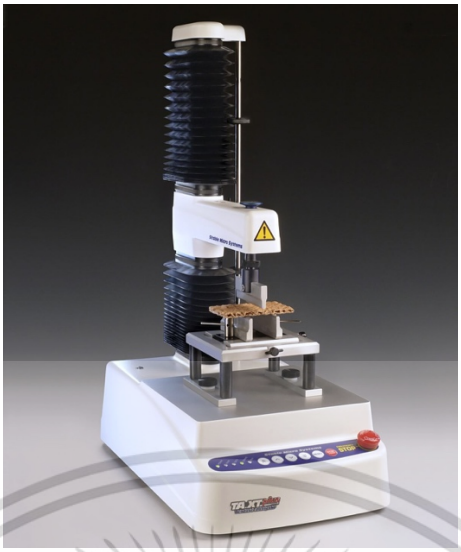
1) ใช้ประเมินแรงต้านทานของผลิตภัณฑ์ต่อแรงทางกลที่มากระทำ เช่น กระบวนการในระหว่างการเก็บเกี่ยว
2) ใช้วิเคราะห์คุณสมบัติของการไหลของผลิตภัณฑ์อาหารในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษา
3) ใช้เป็นตัวแทนในการกำหนดพฤติกรรมในการเคี้ยวอาหารของผู้บริโภค

(ธัญญาภรณ์, 2550)

2.5.2 วิธีการเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ (Imitative Measurement)

วิธีการนี้จะออกแบบเครื่องมือให้มีหลักการทำงานคล้ายกับการเคี้ยวของมนุษย์ โดยเป็นเครื่องมือที่สามารถหาค่าแรงกับระยะทาง หรือความเค้นกับความเครียดได้ ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดค่าด้วยวิธีการนี้ ได้แก่ Texture Analysis, Instron และ Lloyd เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



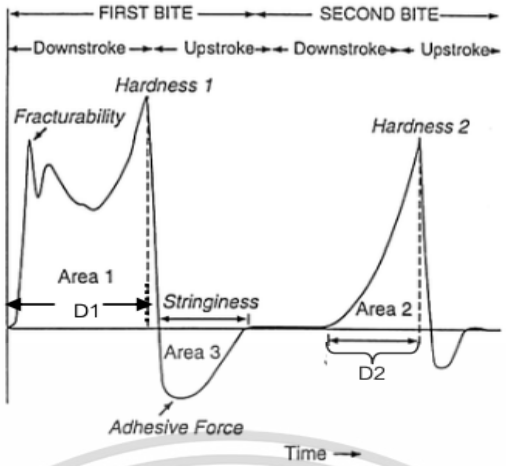
ภาพที่ 2.1 เครื่อง Texture Analyzer

ที่มา: Scancotec.com

2.5.3 ค่าเค้าโครงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสทางกายภาพ (Texture Profile Analysis)

การวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis หรือ TPA โดยใช้เครื่องมือนั้นจะคล้ายกับการทำ Texture Profile ด้วยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส กล่าวคือ จะมีการพรรณนาคำศัพท์เกี่ยวกับเนื้อสัมผัสของอาหาร โดย Texture Profile Analysis จะเป็นการวัดค่าพารามิเตอร์ของเนื้อสัมผัสของอาหารที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีแรงมากระทำ หลักการพื้นฐาน และเครื่องมือที่ใช้ในการวัด มีการออกแบบการเคี้ยวภายในปาก ซึ่งลักษณะของ Texture Profile ที่ได้จากการใช้เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัสจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำกับตัวอย่างต่อเวลา ผ่านการกดของหัววัด 2 ครั้ง ดังภาพที่ 2.2 โดยความสูงของกราฟคือแรงกดที่กระทำในแต่ละครั้ง ซึ่งจะแสดงค่าความแข็งของตัวอย่าง (Hardness) นอกจากนี้กราฟที่ได้ยังแสดงถึงแรงกดที่กระทำครั้งแรก ซึ่งทำให้เกิดการแตกหักหรือเสียรูปของชิ้นงาน (Fracturability) ขอบเขตของวัสดุที่สามารถเสียรูปก่อนที่จะเกิดการแตกหัก (Cohesiveness) อัตราการคืนรูปของวัสดุหลังจากถูกกด (Springiness) แรงที่ต้องใช้ในการแยกตัวอย่างที่เป็นกึ่งแข็งจนกระทั่งเสียรูป (Gumminess) แรงที่ใช้ในการบดตัวอย่างจนกระทั่งเสียรูป (Chewiness) และงานที่ใช้ในการเอาชนะแรงระหว่างพื้นผิวของตัวอย่างกับพื้นผิวของวัสดุ (Adhesiveness)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 กราฟที่ได้จากการทำ Texture Profile Analysis
ที่มา: พิมพ์เพ็ญ และจิราภา (2549)

จากคุณลักษณะดังกล่าวข้างต้น สามารถคำนวณหาค่าเค้าโครงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสต่าง ๆ ได้ดังนี้

1) Cohesiveness = $Area_2 / Area_1$
2) Springiness = $Distance_2 / Distance_1$
3) Gumminess = $Hardness_1$ x Cohesiveness
4) Chewiness = Gumminess x Springiness

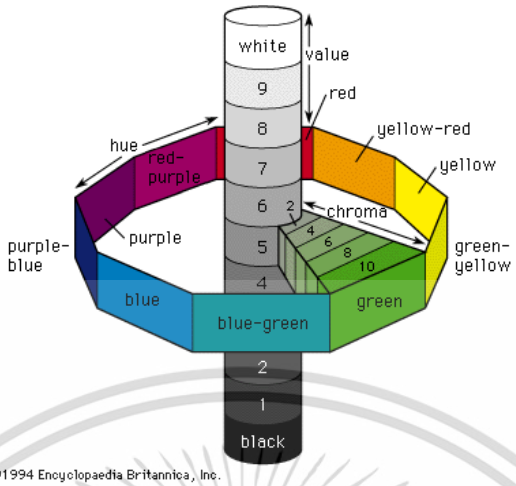
2.6 ค่าสี

2.6.1 พื้นฐานของสีหรือการสะท้อนแสง (Basic of Color/Reflectance)

สีสามารถอธิบายลักษณะของช่องว่างในภาพสามมิติหรือของแข็งที่สีเข้าไปเกี่ยวข้องด้วยการอธิบายถึง สีในรูปของ CIELAB หรือ L*, a*, และ b* (สัญชัย จตุรสิทธา, 2555)

ระบบ CIEL*a*b* เป็นการกำหนดค่าสีโดยใช้หลักการตามทฤษฎีคู่ตรงข้ามซึ่งมีอยู่ 3 คู่ คือสีแดงกับสีเขียว สีเหลืองกับสีน้ำเงิน และสีขาวกับสีดำ ค่าสีในระบบ L*, a*, b*, Chroma และ Hue Angle นี้พัฒนาขึ้นมาใช้โดยกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ซึ่งรวมกันเป็นคณะกรรมาธิการสร้างและพัฒนาระบบกำหนดสีให้เป็นมาตรฐานสากล (CIE) โดยค่าความสว่าง (L*) เป็นค่าบอกความสว่างของสี มีตั้งแต่ 0 ถึง 100 ค่าความเป็นสีแดงหรือสีเขียว (a*) มีค่าตั้งแต่ -120 ถึง 120 ค่าความเป็นสีเหลืองหรือน้ำเงิน (b*) มีค่าตั้งแต่ -120 ถึง 120 (วรรธกานต์ โสภา 2556 อ้างโดย ศศิภา เต็กอวยพร, 2554) แสดงในภาพที่ 2.3 โดยสีจะแปรเปลี่ยนจากขาวไปจนถึงดำ ส่วนค่าฮู (Hue Angle) หมายถึงชื่อของสี (แดงหรือเขียว) ค่าฮูมีมุมกว้างขึ้นจึงสามารถเห็นสีในลักษณะของสเปคตรัม (แดง, เหลือง, เขียว, น้ำเงิน และสีอื่น ๆ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 คุณสมบัติของสี 3 ลักษณะ คือ Hue Angle ความสว่างของสี และความอิ่มตัวของสี
ที่มา: ศศิภา เต็กอวยพร (2554)

2.6.2 เครื่องวัดสี (Colorimeter)

อุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้งานง่าย ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสง ตัวยึดตัวอย่าง (Cuvette) เซ็นเซอร์ความเข้มแสง วิธีการควบคุมแหล่งกำเนิดแสงและการรวมความเข้มของแสงที่ส่งเข้ามา โดยแสงที่ตกกระทบมักจะถูกกรองเพื่อให้มีวงแคบ วิธีการวัดสีใช้กันอย่างแพร่หลายในการวิจัยและอุตสาหกรรม เครื่องมือวัดค่าสีที่นิยมใช้ ได้แก่ Minolta, Chromameter และ Hunter Lab เครื่องวัดสีไม่สามารถนำไปใช้กับวัตถุดิบและอาหารที่มีพื้นผิวโค้ง ซึ่งพื้นผิวของวัตถุที่จะนำมาทำการวัดด้วยเครื่องวัดสีจะต้องมีสีที่สม่ำเสมอหรือเป็นสีเดียวกันทุกตำแหน่งบนวัตถุที่วัดเท่านั้น ซึ่งค่าสีที่วัดได้ด้วยเครื่องยังไม่ใกล้เคียงกับสีที่สายตามนุษย์รับรู้ได้

2.7 การขับน้ำ

การขับน้ำ (Syneresis) เป็นการหดตัวของอาหารประเภทเจลเมื่อตั้งทิ้งไว้ เนื่องจากมีของเหลวบางส่วนไหลออกมาจากเจล หรืออาจเกิดขึ้นจากการแข็งตัวของน้ำนม เช่น การขับน้ำออกของโยเกิร์ต วุ้น และสังขยา เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

ถั่วเหลืองซีก ตราไร่ทิพย์

งาดำ ตราไร่ทิพย์

3.1.2 สารเคมี

Glucono Delta Lactone (GDL)

Tween 20

Tween 40

Tween 80

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ในการเตรียมถั่วเหลืองและงาดำ

กะละมังพลาสติก	
เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง	Mettler Toledo, Model: MS3002S

3.2.2 อุปกรณ์ในการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง น้ำงาดำ และเต้าหู้ผสมงาดำ

ก้อนน้ำแข็ง (Ice Pack)	
เครื่องแก้ว	
เครื่องซีลถุง ขนาด 12 นิ้ว	ยี่ห้อ CHAMP รุ่น PFS-300
ผ้าขาวบาง	
เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง	Mettler Toledo, Model: MS3002S
เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง	Mettler Toledo, Model: ML203E/03
เครื่องปั่นเปียก	ยี่ห้อ Philips รุ่น HR2118/02
ตะแกรงสแตนเลสสำหรับใส่หลอดทดลอง	
ถุงพลาสติกทนความร้อนสำหรับบรรจุเต้าหู้	
เทอร์โมมิเตอร์	
ปิเปตต์	
อ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)	Memmert, Model: WB7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์เต้าหู้ผสมงาดำ

กระดาษฟอยล์

กล่องพลาสติกใสพร้อมฝาปิด

เครื่องแก้ว

เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง

เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analysis)

เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH Meter)

เครื่องวัดสี (Colorimeter)

ถุงพลาสติกสีดำ

ตะแกรงลวด

พลาสติกสำหรับห่ออาหาร

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 ผลของการเติมอิมัลซิไฟเออร์ Tween 80 ปริมาณร้อยละ 1

1) การเตรียมถั่วเหลืองซีก และงาดำ

นำเมล็ดถั่วเหลืองซีก และงาดำมาทำการแช่น้ำเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดดูดน้ำได้อย่างสมบูรณ์

2) การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง และน้ำงาดำ

นำเมล็ดถั่วเหลืองที่มีการบวมน้ำเต็มที่แล้ว ปริมาณ 280 กรัม มาผสมกับน้ำปราศจากไอออน (Deionized Water) ปริมาณ 560 กรัม แล้วจึงนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น เป็นเวลา 5 นาที นำถั่วเหลืองที่ผ่านการปั่นมากรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น จากนั้นจึงชั่งน้ำนมถั่วเหลืองปริมาณบีกเกอร์ 145 กรัม ไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

นำเมล็ดงาดำที่ผ่านการแช่น้ำ ปริมาณ 120 กรัม มาผสมกับน้ำปราศจากไอออน (Deionized Water) ปริมาณ 240 กรัม แล้วจึงนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น เป็นเวลา 5 นาที นำงาดำที่ผ่านการปั่นมากรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น จากนั้นจึงชั่งน้ำงาดำปริมาณบีกเกอร์ละ 45 กรัม ไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3) การผสมสารอิมัลซิไฟเออร์

นำน้ำนมถั่วเหลืองจากข้อ 1.2.1 มาผสมกับน้ำงาดำ ในข้อ 1.2.2 ให้มีอัตราส่วนระหว่างเมล็ดถั่วเหลืองต่อเมล็ดงาดำ เท่ากับ 70:30 ซึ่งในการผสม มีการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์คือ Tween80 ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักน้ำนมถั่วเหลืองรวมกับน้ำงาดำ จากนั้นนำไปละลายด้วยน้ำปราศจากไอออน ปริมาณ 8 มิลลิลิตร และทำการเติมลงในบีกเกอร์ต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 3.1 การผสมสารอิมัลซิไฟเออร์

ตัวอย่าง	การเติมสารอิมัลซิไฟเออร์	ปริมาณสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ (กรัม)
1	ไม่เติมอิมัลซิไฟเออร์ (ไม่ผสมงาดำ)	-
2	ไม่เติมอิมัลซิไฟเออร์ (ผสมงาดำ)	-
3	เติมอิมัลซิไฟเออร์ที่น้ำงาดำ	1.9000
4	เติมอิมัลซิไฟเออร์ที่น้ำนมถั่วเหลือง	1.9000
5	เติมอิมัลซิไฟเออร์ที่น้ำนมถั่วเหลืองผสมน้ำงาดำ	1.9000

4) การเติม Glucono Delta-Lactone (GDL)

ทำการชั่งสาร GDL จำนวนร้อยละ 1 ของน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง จากนั้นนำไปละลายด้วยน้ำ DI ปริมาณ 2 มิลลิลิตร และเติมลงในแต่ละบีกเกอร์

5) การบรรจุ

นำตัวอย่างของแต่ละบีกเกอร์มาบรรจุใส่ถุงที่ทำการซีลไว้ ปริมาณถุงละ 80 มิลลิลิตร จากนั้นจึงนำไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที

3.3.2 ผลของการต้มน้ำงาดำต่อสีของเต้าหู้ผสมงาดำ

1) การเตรียมถั่วเหลืองซีก และงาดำ

นำเมล็ดถั่วเหลืองซีก และงาดำมาทำการแช่น้ำเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดดูดน้ำได้อย่างสมบูรณ์

2) การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง และน้ำงาดำ

นำเมล็ดถั่วเหลืองที่มีการบวมน้ำเต็มที่แล้ว ปริมาณ 280 กรัม มาผสมกับน้ำปราศจากไอออน (Deionized Water) ปริมาณ 560 กรัม แล้วจึงนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น เป็นเวลา 5 นาที นำถั่วเหลืองที่ผ่านการปั่นมากรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น จากนั้นจึงชั่งน้ำนมถั่วเหลืองปริมาณบีกเกอร์ 145 กรัม ไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

นำเมล็ดงาดำที่ผ่านการแช่น้ำ ปริมาณ 120 กรัม มาผสมกับน้ำปราศจากไอออน (Deionized Water) ปริมาณ 240 กรัม แล้วจึงนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น เป็นเวลา 5 นาที นำงาดำที่ผ่านการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปั่นมากรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น จากนั้นจึงชั่งน้ำงาดำปริมาณบีกเกอร์ละ 45 กรัม ไปให้ความร้อนที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3) การผสมสารอิมัลซิไฟเออร์

นำน้ำนมถั่วเหลืองจากข้อ 1.2.1 มาผสมกับน้ำงาดำ ในข้อ 1.2.2 ให้มีอัตราส่วนระหว่างเมล็ดถั่วเหลืองต่อเมล็ดงาดำ เท่ากับ 70:30 ซึ่งในการผสม มีการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์คือ Tween80 ในปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักน้ำนมถั่วเหลืองรวมกับน้ำงาดำ จากนั้นนำไปละลายด้วยน้ำปราศจากไอออนปริมาณ 8 มิลลิลิตร และทำการเติมลงในบีกเกอร์ต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 3.2 การผสมสารอิมัลซิไฟเออร์

ตัวอย่าง	การเติมสารอิมัลซิไฟเออร์	ปริมาณสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ (กรัม)
1	ไม่เติมอิมัลซิไฟเออร์ และไม่ต้มน้ำงาดำ	-
2	เติมอิมัลซิไฟเออร์ที่น้ำนมถั่วเหลือง และไม่ต้มน้ำงาดำ	1.9000
3	เติมอิมัลซิไฟเออร์ที่น้ำงาดำ ที่ไม่ผ่านการต้ม	1.9000
4	ไม่เติมอิมัลซิไฟเออร์ และต้มน้ำงาดำ	-
5	เติมอิมัลซิไฟเออร์ที่น้ำนมถั่วเหลือง และต้มน้ำงาดำ	1.9000
6	เติมอิมัลซิไฟเออร์ที่น้ำงาดำที่ผ่านการต้ม	1.9000

4) การเติม Glucono Delta-Lactone (GDL)

ทำการชั่งสาร GDL จำนวนร้อยละ 1 ของน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง จากนั้นนำไปละลายด้วยน้ำ DI ปริมาณ 2 มิลลิลิตร และเติมลงในแต่ละบีกเกอร์

5) การบรรจุ

นำตัวอย่างของแต่ละบีกเกอร์มาบรรจุใส่ถุงที่ทำการซีลไว้ ปริมาณถุงละ 80 มิลลิลิตร จากนั้นจึงนำไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ผลของการเติมอิมัลซิไฟเออร์ Tween 20, Tween 40 และ Tween 80 ปริมาณร้อยละ 1

1) การเตรียมถั่วเหลืองซีก และงาดำ

นำเมล็ดถั่วเหลืองซีก และงาดำมาทำการแช่น้ำเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดดูดน้ำได้อย่างสมบูรณ์

2) การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง และน้ำงาดำ

นำเมล็ดถั่วเหลืองที่มีการบวมน้ำเต็มที่แล้ว ปริมาณ 280 กรัม มาผสมกับน้ำปราศจากไอออน (Deionized Water) ปริมาณ 560 กรัม แล้วจึงนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น เป็นเวลา 5 นาที นำถั่วเหลืองที่ผ่านการปั่นมากรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น จากนั้นจึงชั่งน้ำนมถั่วเหลืองปริมาณบีกเกอร์ 145 กรัม ไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

นำเมล็ดงาดำที่ผ่านการแช่น้ำ ปริมาณ 120 กรัม มาผสมกับน้ำปราศจากไอออน (Deionized Water) ปริมาณ 240 กรัม แล้วจึงนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น เป็นเวลา 5 นาที นำงาดำที่ผ่านการปั่นมากรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น จากนั้นจึงชั่งน้ำงาดำปริมาณบีกเกอร์ละ 45 กรัม ไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3) การผสมสารอิมัลซิไฟเออร์

นำน้ำนมถั่วเหลืองจากข้อ 1.2.1 มาผสมกับน้ำงาดำ ในข้อ 1.2.2 ให้มีอัตราส่วนระหว่างเมล็ดถั่วเหลืองต่อเมล็ดงาดำ เท่ากับ 70:30 ซึ่งในการผสม มีการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์คือ Tween20 Tween40 และ Tween80 ในปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักน้ำนมถั่วเหลืองรวมกับน้ำงาดำ จากนั้นนำไปละลายด้วยน้ำปราศจากไอออน ปริมาณ 8 มิลลิลิตร และทำการเติมลงในบีกเกอร์ต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 3.3 การผสมสารอิมัลซิไฟเออร์

ตัวอย่าง	การเติมสารอิมัลซิไฟเออร์	ปริมาณสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ (กรัม)
1	Tween 80 ที่น้ำนมถั่วเหลือง	1.9000
2	Tween 80 ที่น้ำงาดำ	1.9000
3	Tween 20 ที่น้ำนมถั่วเหลือง	1.9000
4	Tween 20 ที่น้ำงาดำ	1.9000
5	Tween 40 ที่น้ำนมถั่วเหลือง	1.9000
6	Tween 40 ที่น้ำงาดำ	1.9000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การเติม Glucono Delta-Lactone (GDL)

ทำการชั่งสาร GDL จำนวนร้อยละ 1 ของน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง จากนั้นนำไปละลายด้วยน้ำ DI ปริมาณ 2 มิลลิลิตร และเติมลงในแต่ละบีกเกอร์

5) การบรรจุ

นำตัวอย่างของแต่ละบีกเกอร์มาบรรจุใส่ถุงที่ทำการซีลไว้ ปริมาณถุงละ 80 มิลลิลิตร จากนั้นจึงนำไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที

3.3.4 การวิเคราะห์คุณภาพ

3.3.4.1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ

1) ค่าเนื้อสัมผัส (Texture Analysis)

นำตัวอย่างเต้าหู้หลอดผสมงาดำมาทำการตัดด้วยมีดให้มีขนาดความสูง 4 เซนติเมตร แล้วนำมาวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyser รุ่น TA.HD Plus (Stable Micro System, Godalming, UK) โดยใช้หัวกด P50 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 50 มิลลิเมตร กดให้เสียรูปร่างเป็นระยะร้อยละ 40 ความเร็วในการทดสอบ Pre-Test Test Speed และ Post Speed เท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที เพื่อนำไปหาค่าความแข็ง (Hardness) การยึดติด (Adhesiveness) ความยืดหยุ่น (Springiness) ความเป็นเนื้อเดียวกัน (Cohesiveness) พลังงานการเคี้ยวอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว (Gumminess) และความเคี้ยวได้ (Chewiness)

2) ค่าสี (Color Analysis)

นำตัวอย่างเต้าหู้หลอดผสมงาดำมาทำการตัดด้วยมีดให้มีขนาดความหนา 2 เซนติเมตร มาทำการตรวจวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) ชนิด Minolta Chroma Meter รุ่น CR-400 โดยใช้ระบบการวัดแบบ CIELAB และ L*C*h ซึ่งค่าการวัดสีค่า L* แสดงถึงความสว่างของสี มีค่าตั้งแต่ 0-100 ยิ่งค่ามากแสดงว่ามีความสว่างมาก ค่า a* แสดงความเป็นสีเขียวและสีแดง หากมีค่าเป็นบวกจะแสดงถึงความมีสีแดง ถ้าเป็นลบจะแสดงถึงความมีสีเขียว ค่า b* แสดงความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน หากมีค่าเป็นบวกจะแสดงถึงความมีสีเหลือง ถ้าเป็นลบจะแสดงถึงความมีสีน้ำเงิน ค่า C* แสดงถึงค่าโครมา (Chroma) หรือความอิ่มตัวของสี ซึ่งจะมีค่าตั้งแต่ 0-100 โดยจะมีค่าเป็นศูนย์ที่จุดศูนย์กลาง และจะมีสีอิ่มตัวมากขึ้นเมื่อออกห่างจากจุดศูนย์กลาง และค่า h แสดงถึงค่ามุมของฮิว (Hue Angle) หรือสีสันต่าง ๆ ตั้งแต่ 0 - 360 องศาที่หมุนวนรอบแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ค่าอัตราการขับน้ำ (Syneresis)

นำตัวอย่างเต้าหู้หลอดผสมงาดำมาทำการตัดให้มีขนาดความหนาเท่ากับ 2 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น มาวางบนตะแกรงลวด ที่ถูกรองรับไว้บนโฟมแผ่น ขนาดความหนา 5 เซนติเมตร ซึ่งจะถูกวางในกล่องพลาสติกที่ถูกห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก และกระดาษฟอยล์ เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำเข้าและออก ของเหลวที่ไหลซึมออกมาจากเจลเต้าหู้จะถูกเก็บไว้ภายในกล่องขณะทำการเก็บรักษาภายในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปริมาณของเหลวที่ไหลออกมาจะนำไปคำนวณค่าอัตราการขับน้ำ

$$\text{อัตราการขับน้ำ } (\%) = \frac{\text{น้ำหนักของเหลวที่ไหลออกจากตัวอย่างเต้าหู้ใน } 24 \text{ ชั่วโมง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเต้าหู้}} \times 100$$

4) ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

นำตัวอย่างเต้าหู้หลอดผสมงาดำมาทำการบีบน้ำใส่บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นจึงทำการเปิดเครื่องวัดพีเอชโดยทำการปรับค่าเทียบมาตรฐานก่อนการใช้ โดยเทียบกับสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน (พีเอชเท่ากับ 4, 7 หรือ 10) อย่างน้อย 2 ค่า ที่มีค่าครอบคลุมในช่วงที่ต้องการวัด วิธีการวัดทำได้โดยล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำปราศจากไอออน (Deionized Water) หรือน้ำกลั่น (Distilled Water) และจึงซับด้วยกระดาษทิชชู่ จากนั้นจึงจุ่มอิเล็กโทรดลงในสารละลายที่ต้องการวัด รอให้ค่าคงที่แล้วทำการอ่านค่าและบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลของการเติมอิมัลซิไฟเออร์ Tween 80 ต่อคุณภาพของเต้าหู้

4.1.1 ผลของการเติมอิมัลซิไฟเออร์ Tween 80 ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้

อิมัลซิไฟเออร์มีส่วนสำคัญที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน อีกทั้งยังถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด (Zhao et al., 2009; Lent et al., 2008) และอิมัลซิไฟเออร์แต่ละชนิดยังทำหน้าที่ และมีประสิทธิภาพการทำงานที่แตกต่างกัน (McClements, 2005; Friberg et al., 2004) เนื่องจากสัดส่วนของไขมันในส่วนผสมที่จะนำมาผลิตเป็นเต้าหู้ของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ผสมงาดำมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นการนำอิมัลซิไฟเออร์มาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ อาจจะส่งผลให้เนื้อสัมผัสของเต้าหู้ผสมงาดำมีลักษณะที่ดีขึ้นได้ นอกจากนี้น้ำงาดำกับน้ำนมถั่วเหลืองมีสัดส่วนของปริมาณไขมันที่แตกต่างกัน ทำให้การเติมอิมัลซิไฟเออร์ลงในน้ำงาดำก่อนนำมาผสมกับน้ำนมถั่วเหลือง (ตัวอย่างที่ 3) หรือการเติมอิมัลซิไฟเออร์ลงในน้ำนมถั่วเหลืองก่อนนำมาผสมกับน้ำงาดำ (ตัวอย่างที่ 4) หรือการเติมอิมัลซิไฟเออร์ลงในน้ำนมถั่วเหลืองผสมงาดำโดยตรง (ตัวอย่างที่ 5) อาจจะส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้

ผลจากการศึกษาคุณสมบัติด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ผสมงาดำ พบว่าการเติมอิมัลซิไฟเออร์ลงไปในการผลิตเต้าหู้ผสมงาดำ ไม่ได้ส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ที่ได้เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยค่าความแข็ง (Hardness), ค่าการเกาะติดของผลิตภัณฑ์กับวัตถุอื่น (Adhesiveness), ความสามารถในการคืนตัว (Springiness), ค่าการเกาะติดกันในผลิตภัณฑ์ (Cohesiveness) และค่าความเหนียว (Gumminess) ของเต้าหู้ผสมงาดำที่มีการเติมอิมัลซิไฟเออร์ (ตัวอย่างที่ 3-5) และเต้าหู้ผสมงาดำที่ไม่มีการเติมอิมัลซิไฟเออร์ (ตัวอย่างที่ 2) มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ที่ผลิตจากถั่วเหลืองร้อยละ 100 (ตัวอย่างที่ 1) กับเต้าหู้ที่ได้จากใช้งาดำเพื่อทดแทนถั่วเหลืองในปริมาณร้อยละ 30 (ตัวอย่างที่ 2-5) พบว่าค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยเต้าหู้จากถั่วเหลืองผสมงาดำจะมีค่า Hardness, Springiness, Cohesiveness และ Gumminess ที่ลดลง แต่มีค่า Adhesiveness ที่เพิ่มมากขึ้น แสดงดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่าเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อทำการเติมอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 80 ปริมาณร้อยละ 1

ตัวอย่าง	Hardness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess
1	$558.45^{a}\pm25.73$	$75.69^{b}\pm4.14$	$0.67^{a}\pm0.01$	$0.94^{a}\pm0.01$	$377.75^{a}\pm22.97$
2	$212.09^{b}\pm10.83$	$144.44^{a}\pm10.28$	$0.29^{b}\pm0.09$	$0.77^{b}\pm0.09$	$51.70^{b}\pm15.04$
3	$220.92^{b}\pm17.85$	$132.45^{a}\pm18.15$	$0.23^{b}\pm0.03$	$0.78^{b}\pm0.06$	$50.71^{b}\pm3.02$
4	$222.98^{b}\pm18.75$	$147.87^{a}\pm3.41$	$0.23^{b}\pm0.01$	$0.73^{b}\pm0.02$	$50.63^{b}\pm1.66$
5	$217.98^{b}\pm9.97$	$119.11^{a}\pm37.18$	$0.24^{b}\pm0.02$	$0.77^{b}\pm0.09$	$51.25^{b}\pm1.84$

หมายเหตุ: การทำเครื่องหมายด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน บ่งชี้ว่าตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

4.1.2 ผลของการเติมอิมัลซิไฟเออร์ Tween 80 ต่อสีของเต้าหู้

ผลจากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ผสมงาดำที่มีการเติมอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 80 (ตัวอย่างที่ 3-5) เปรียบเทียบกับตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำที่ไม่มีการเติมอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 80 (ตัวอย่างที่ 2) พบว่า การเติมอิมัลซิไฟเออร์ไม่ทำให้ค่าสีของตัวอย่างมีความแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าสีของตัวอย่างเต้าหู้ที่มีการผสมงาดำ (ตัวอย่างที่ 2-5) กับตัวอย่างเต้าหู้ที่ไม่มีการผสมงาดำ (ตัวอย่างที่ 1) พบว่าตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำจะมีค่าความสว่าง (L*) ความสว่าง มีความเป็นสีเหลือง (b*) และมีค่าความเข้มของสี (C*) ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าสีของเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อทำการเติมอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 80 ปริมาณร้อยละ 1

ตัวอย่าง	L*	a*	b*	C*	h
1	$85.59^{a}\pm1.00$	$0.10^{c}\pm0.08$	$12.15^{a}\pm0.45$	$12.20^{a}\pm0.45$	$95.18^{a}\pm0.45$
2	$61.87^{b}\pm0.24$	$0.12^{c}\pm0.02$	$1.89^{b}\pm0.09$	$1.89^{b}\pm0.08$	$93.72^{a}\pm0.68$
3	$61.63^{b}\pm0.56$	$0.14^{c}\pm0.01$	$1.88^{b}\pm0.15$	$1.90^{b}\pm0.13$	$94.30^{a}\pm0.50$
4	$61.78^{b}\pm0.50$	$0.11^{c}\pm0.05$	$1.84^{b}\pm0.21$	$1.85^{b}\pm0.21$	$93.30^{a}\pm1.27$
5	$61.35^{b}\pm0.54$	$0.14^{c}\pm0.01$	$1.88^{b}\pm0.14$	$1.88^{b}\pm0.14$	$94.34^{a}\pm0.40$

หมายเหตุ: การทำเครื่องหมายด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน บ่งชี้ว่าตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ผลของการเติมอิมัลซิไฟเออร์ Tween 80 ต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และอัตราการขับน้ำของเต้าหู้

จากการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอัตราการขับน้ำ (Syneresis) ของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ผสมงาดำที่มีการเติมอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 80 (ตัวอย่างที่ 3-5) เปรียบเทียบกับตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำที่ไม่มีการเติมอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 80 (ตัวอย่างที่ 2) พบว่า การเติมอิมัลซิไฟเออร์ไม่มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอัตราการขับน้ำ (Syneresis) ของตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่า pH ของตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำมีค่าอยู่ในช่วง 5.93-5.96 และค่าอัตราการขับน้ำของตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำมีค่าอยู่ในช่วง 19.10-20.40 ซึ่งพบว่าตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำ (ตัวอย่างที่ 2) มีค่าอัตราการขับน้ำที่สูงกว่าตัวอย่างเต้าหู้ที่ผลิตจากถั่วเหลืองล้วนที่ไม่ผสมงาดำ (ตัวอย่างที่ 1) ประมาณ 2 เท่า และมี pH ที่สูงกว่า แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าอัตราการขับน้ำของเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อทำการเติมอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 80 ปริมาณร้อยละ 1

ตัวอย่าง	ความเป็นกรด-ด่าง	อัตราการขับน้ำ
1	$5.87^{b} \pm 0.01$	$11.18^{b} \pm 0.56$
2	$5.96^{a} \pm 0.01$	$20.40^{a} \pm 0.87$
3	$5.93^{a} \pm 0.02$	$19.10^{a} \pm 1.96$
4	$5.96^{a} \pm 0.06$	$19.10^{a} \pm 1.44$
5	$5.96^{a} \pm 0.03$	$19.53^{a} \pm 1.93$

หมายเหตุ: การทำเครื่องหมายด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน บ่งชี้ว่าตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

4.2 ผลของการให้ความร้อนกับน้ำงาดำต่อคุณภาพของเต้าหู้ผสมงาดำ

4.2.1 ผลของการให้ความร้อนกับน้ำงาดำต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ผสมงาดำ

เนื่องจากงาดำเกิดการเสียสภาพและเกาะเป็นกลุ่มก้อนหลังจากมีการให้ความร้อนในสภาวะเดียวกันกับที่มีการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่น้ำนมถั่วเหลือง (95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที) การเสียสภาพของงาดำนี้ อาจส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ที่ได้ ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองปั่นแยกถั่วเหลืองและงาดำ แล้วจึงนำน้ำงาดำที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน และน้ำงาดำที่ผ่านการให้ความร้อน (95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที) ไปผสมเข้ากับน้ำนมถั่วเหลืองที่ผ่านการให้ความร้อนเบื้องต้น (95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที) เพื่อศึกษาผลของการให้ความร้อนเบื้องต้นกับน้ำงาดำที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ผสมงาดำที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการศึกษาคุณสมบัติด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ผสมงาดำ ที่มีการผสมน้ำงาดำที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน (ตัวอย่างที่ 1-3) เปรียบเทียบกับการผสมน้ำงาดำที่ผ่านการให้ความร้อน (ตัวอย่างที่ 4-6) พบว่าค่า Hardness และ Gumminess ของทุกตัวอย่างมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนค่า Adhesiveness และ Springiness ของตัวอย่างที่ผสมงาดำที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน มีค่าต่ำกว่าของตัวอย่างที่มีการผสมน้ำงาดำที่ผ่านการให้ความร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อทำการต้มน้ำงาดำ

ตัวอย่าง	Hardness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess
1	$283.19^{a}\pm1.06$	$-54.79^{a}\pm1.61$	$0.50^{a}\pm0.05$	$0.28^{d}\pm0.02$	$27.69^{a}\pm1.25$
2	$287.55^{a}\pm14.30$	$-50.74^{a}\pm13.01$	$0.48^{a}\pm0.06$	$0.19^{f}\pm0.02$	$20.35^{a}\pm4.68$
3	$288.07^{a}\pm0.44$	$-52.95^{a}\pm2.11$	$0.55^{a}\pm0.07$	$0.24^{e}\pm0.02$	$25.41^{a}\pm2.15$
4	$282.98^{a}\pm14.37$	$-61.15^{b}\pm15.22$	$0.84^{b}\pm0.05$	$0.35^{c}\pm0.03$	$24.48^{a}\pm7.04$
5	$285.35^{a}\pm12.85$	$-60.66^{b}\pm2.15$	$0.90^{b}\pm0.00$	$0.54^{b}\pm0.00$	$23.78^{a}\pm7.21$
6	$287.56^{a}\pm3.59$	$-57.29^{b}\pm1.66$	$0.90^{b}\pm0.00$	$0.58^{a}\pm0.03$	$27.92^{a}\pm9.60$

หมายเหตุ: การทำเครื่องหมายด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน บ่งชี้ว่าตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

4.2.2 ผลของการให้ความร้อนกับน้ำงาดำต่อค่าสีของเต้าหู้ผสมงาดำ

จากการศึกษาผลของการให้ความร้อนกับน้ำงาดำต่อค่าสีของเต้าหู้ผสมงาดำ แสดงดังตารางที่ 4.5 พบว่าเต้าหู้ผสมงาดำที่ผลิตจากการผสมน้ำนมถั่วเหลืองเข้ากับน้ำงาดำที่ไม่ผ่านให้ความร้อน (ตัวอย่างที่ 1-3) มีค่าความสว่าง (L*), ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) และค่าความเข้มของสี (C*) ที่มากกว่าจากเต้าหู้ผสมงาดำที่ผลิตจากการผสมน้ำนมถั่วเหลืองเข้ากับงาดำที่ผ่านให้ความร้อน (ตัวอย่างที่ 4-6) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าเฉดสี (h) ของทั้ง 6 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ค่าสีของเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อทำการต้มน้ำงาดำ

ตัวอย่าง	L*	a*	b*	C*	h
1	60.17^{a}±0.72	0.05^{a}±0.51	1.61^{a}±0.16	1.66^{a}±0.10	97.55^{b}±18.41
2	60.26^{a}±0.16	-0.19^{a}±0.01	1.70^{a}±0.02	1.71^{a}±0.02	96.32^{b}±0.51
3	60.09^{a}±0.57	-0.18^{a}±0.06	1.65^{a}±0.08	1.66^{a}±0.07	96.21^{b}±1.98
4	56.82^{b}±0.03	-0.22^{a}±0.02	0.46^{b}±0.03	0.51^{b}±0.03	96.01^{b}±2.02
5	56.07^{b}±0.54	-0.07^{a}±0.03	0.47^{b}±0.03	0.48^{b}±0.03	98.55^{b}±3.47
6	56.40^{b}±0.22	0.17^{a}±0.00	0.42^{b}±0.05	0.47^{b}±0.04	96.84^{b}±4.32

หมายเหตุ: การทำเครื่องหมายด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน บ่งชี้ว่าตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2.3 ผลของการให้ความร้อนกับน้ำงาดำต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และอัตราการขับน้ำของเต้าหู้ผสมงาดำ

ผลจากการให้ความร้อนกับน้ำงาดำต่อค่าสีของเต้าหู้ผสมงาดำ พบว่าเต้าหู้ผสมงาดำที่มีการใช้น้ำงาดำที่ผ่านการให้ความร้อนเป็นส่วนผสม (ตัวอย่างที่ 4-6) จะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าอัตราการขับน้ำ (Syneresis) ที่แตกต่างจากตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนกับน้ำงาดำ (ตัวอย่างที่ 1-3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้น้ำงาดำที่ผ่านการให้ความร้อนมาใช้ในการผลิตเต้าหู้จะส่งผลทำให้เต้าหู้ผสมงาดำที่ได้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่สูงขึ้น แต่จะมีค่าอัตราการขับน้ำที่ลดลง

ตารางที่ 4.6 ค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าอัตราการขับน้ำของเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อทำการต้มน้ำงาดำ

ตัวอย่าง	ความเป็นกรด-ด่าง	อัตราการขับน้ำ
1	5.73^{b} ± 0.03	7.11^{a} ± 0.15
2	5.75^{b} ± 0.02	7.17^{a} ± 0.95
3	5.77^{b} ± 0.01	7.10^{a} ± 0.23
4	5.84^{a} ± 0.02	6.67^{b} ± 0.59
5	5.86^{a} ± 0.02	6.41^{b} ± 0.49
6	5.86^{a} ± 0.01	6.51^{b} ± 0.49

หมายเหตุ: การทำเครื่องหมายด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน บ่งชี้ว่าตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลของชนิดอิมัลซิไฟเออร์ที่เติมต่อคุณภาพของเต้าหู้ผสมงาดำ

4.3.1 ผลของชนิดอิมัลซิไฟเออร์ที่เติมต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ผสมงาดำ

เนื่องจากการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ ส่งผลให้เต้าหู้ที่ได้มีลักษณะที่ไม่เกาะตัวกัน (ภาคผนวก ก.3 และ ก.6) ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการใช้อิมัลไฟเออร์ 3 ชนิด ได้แก่ Tween 80 Tween 20 และ Tween 40 ในปริมาณร้อยละ 1 ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ผสมงาดำ

ผลจากการศึกษาคุณสมบัติด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ผสมงาดำที่มีการเติม Tween 80 (ตัวอย่างที่ 1-2) Tween20 (ตัวอย่างที่ 3-4) และ Tween 40 (ตัวอย่างที่ 5-6) พบว่าตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำที่ผ่านการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 80 ที่น้ำนมถั่วเหลืองมีค่า Hardness แตกต่างจากตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำที่ผ่านการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 80 มีค่า Springiness แตกต่างจากเต้าหู้ผสมงาดำที่ผ่านการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 20 ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างจากเต้าหู้ผสมงาดำที่ผ่านการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 40 ($p > 0.05$) ในขณะที่ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำที่ผ่านการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 20 ที่น้ำนมถั่วเหลือง (ตัวอย่างที่ 3) มีค่าการเกาะติดกันในผลิตภัณฑ์ (Cohesiveness) สูงที่สุด และตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำที่ผ่านการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 80 ที่น้ำนมถั่วเหลือง (ตัวอย่างที่ 1) มีค่า Gumminess สูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำทั้ง 6 ตัวอย่างมีค่า Adhesiveness ที่ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.7 ค่าเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 80 Tween 20 และ Tween 40 ปริมาณร้อยละ 1

ตัวอย่าง	Hardness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess
1	$130.31^{a} \pm 14.80$	$-68.38^{a} \pm 27.40$	$0.73^{a} \pm 0.10$	$0.23^{cd} \pm 0.02$	$30.39^{a} \pm 4.81$
2	$81.83^{b} \pm 36.19$	$-65.15^{a} \pm 28.80$	$0.72^{a} \pm 0.16$	$0.21^{d} \pm 0.03$	$17.42^{c} \pm 9.82$
3	$83.43^{b} \pm 7.82$	$-62.98^{a} \pm 34.54$	$0.63^{b} \pm 0.08$	$0.33^{a} \pm 0.02$	$27.77^{ab} \pm 2.41$
4	$85.67^{b} \pm 4.73$	$-63.58^{a} \pm 14.65$	$0.65^{b} \pm 0.08$	$0.22^{d} \pm 0.04$	$18.55^{c} \pm 2.87$
5	$69.81^{b} \pm 5.56$	$-65.91^{a} \pm 52.58$	$0.67^{ab} \pm 0.09$	$0.28^{bc} \pm 0.03$	$19.43^{bc} \pm 2.259$
6	$73.87^{b} \pm 6.89$	$-66.96^{a} \pm 25.44$	$0.59^{ab} \pm 0.06$	$0.29^{ab} \pm 0.01$	$21.47^{bc} \pm 1.67$

หมายเหตุ: การทำเครื่องหมายด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน บ่งชี้ว่าตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลของชนิดอิมัลซิไฟเออร์ที่เติมต่อค่าสีของเต้าหู้ผสมงาดำ

จากการศึกษาผลของการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 80 (ตัวอย่างที่ 1-2) Tween 20 (ตัวอย่างที่ 3-4) และ Tween 40 (ตัวอย่างที่ 5-6) ที่ตัวกลางต่าง ๆ กัน ที่มีต่อค่าสีของตัวอย่าง พบว่าการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ต่างชนิดกันไม่มีผลต่อค่าความสว่าง (L*), ค่าความเป็นสีเหลือง (b*), ความเข้มของสี (C*) และค่าเฉดสี (h) ของตัวอย่าง อย่างไรก็ตามตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำที่ผ่านการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween20 จะมีค่าความเป็นสีแดง (a*) ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำที่ผ่านการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 40 แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าสีของเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 80 Tween 20 และ Tween 40 ปริมาณร้อยละ 1

ตัวอย่าง	L*	a*	b*	C*	h
1	$56.36^{b}\pm0.29$	$0.48^{ab}\pm0.03$	$1.42^{a}\pm0.01$	$1.40^{a}\pm0.02$	$71.30^{a}\pm0.93$
2	$56.39^{b}\pm0.07$	$0.42^{ab}\pm0.02$	$1.38^{a}\pm0.02$	$1.44^{a}\pm0.02$	$72.98^{a}\pm0.84$
3	$56.35^{b}\pm0.25$	$0.64^{a}\pm0.01$	$1.44^{a}\pm0.07$	$1.47^{a}\pm0.05$	$71.56^{a}\pm4.14$
4	$56.33^{b}\pm0.87$	$0.67^{a}\pm0.35$	$1.47^{a}\pm0.06$	$1.48^{a}\pm0.17$	$74.43^{a}\pm19.68$
5	$56.37^{b}\pm0.45$	$0.30^{b}\pm0.03$	$1.43^{a}\pm0.06$	$1.41^{a}\pm0.07$	$72.08^{a}\pm0.53$
6	$56.31^{b}\pm0.72$	$0.27^{b}\pm0.06$	$1.41^{a}\pm0.11$	$1.43^{a}\pm0.12$	$76.44^{a}\pm1.28$

หมายเหตุ: การทำเครื่องหมายด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน บ่งชี้ว่าตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.3.3 ผลของชนิดอิมัลซิไฟเออร์ที่เติมต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และอัตราการขับน้ำของเต้าหู้ผสมงาดำ

จากตารางที่ 4.9 ผลจากการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 80 (ตัวอย่างที่ 1-2) Tween 20 (ตัวอย่างที่ 3-4) และ Tween 40 (ตัวอย่างที่ 5-6) ที่ตัวกลางต่าง ๆ กัน พบว่าตัวอย่างที่มีการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ต่างชนิดกัน จะส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าอัตราการขับน้ำ (Syneresis) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 20 จะทำให้เต้าหู้ผสมงาดำมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุด และการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 40 จะทำให้เต้าหู้ผสมงาดำมีค่าอัตราการขับน้ำสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิดอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าอัตราการขับน้ำของเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween80 Tween20 และ Tween40 ปริมาณร้อยละ 1

ตัวอย่าง	ความเป็นกรด-ด่าง	อัตราการขับน้ำ
1	$5.49^{c} \pm 0.03$	$4.24^{c} \pm 2.05$
2	$5.46^{c} \pm 0.02$	$4.70^{c} \pm 1.32$
3	$5.67^{a} \pm 0.04$	$5.59^{b} \pm 0.86$
4	$5.66^{a} \pm 0.03$	$5.50^{b} \pm 1.62$
5	$5.59^{b} \pm 0.07$	$6.53^{a} \pm 0.57$
6	$5.57^{b} \pm 0.05$	$6.66^{a} \pm 0.63$

หมายเหตุ: การทำเครื่องหมายด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน บ่งชี้ว่าตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ผสมงาดำเมื่อทำการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 80 ปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักน้ำนมถั่วเหลืองรวมกับน้ำงาดำที่ตัวกลางต่าง ๆ กัน พบว่าผลิตภัณฑ์เต้าหู้ผสมงาดำจะมีจะมีค่าความแข็ง (Hardness) ค่าการเกาะติดของผลิตภัณฑ์กับวัตถุอื่น (Adhesiveness) ความสามารถในการคืนตัว (Springiness) ค่าการเกาะติดกันในผลิตภัณฑ์ (Cohesiveness) และค่าความเหนียว (Gumminess) ที่ต่ำกว่า แต่มีค่าอัตราการขับน้ำ (Syneresis) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์เต้าหู้ที่ไม่มีการผสมงาดำ

เมื่อทำการศึกษาผลจากการให้ความร้อนกับน้ำงาดำต่อผลิตภัณฑ์เต้าหู้ผสมงาดำ พบว่าการให้ความร้อนกับน้ำงาดำ จะมีผลทำให้เต้าหู้ผสมงาดำที่ได้มีค่าการเกาะติดกันในผลิตภัณฑ์ ความสามารถในการคืนตัว และค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูงขึ้น แต่จะมีค่าอัตราการขับน้ำ ค่าความสว่าง ความเป็นสีเหลือง และความเข้มสีที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เต้าหู้ที่ผสมน้ำงาดำและไม่ผ่านการให้ความร้อน

ในการทดลองเพื่อศึกษาผลจากการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 20 Tween 40 และ Tween 80 ปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักน้ำนมถั่วเหลืองรวมกับน้ำงาดำที่ตัวกลางต่าง ๆ กัน พบว่าผลิตภัณฑ์เต้าหู้ผสมงาดำที่ผ่านการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 20 จะมีค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูงขึ้น ส่วนการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ Tween 80 จะทำให้เต้าหู้ผสมงาดำที่ได้ มีค่าความแข็ง ความสามารถในการคืนตัว และค่าความเหนียว ที่สูงเมื่อเทียบกับการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิดอื่น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการศึกษาคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน และปริมาณคาร์โบไฮเดรต

5.2.2 ควรมีการศึกษาลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation)

5.2.3 ควรมีการศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรุณา วงษ์กระจ่าง, พัชรี ตั้งตระกูล, รัศมี สุภศรี, มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์, ชมดาว สิกขะมณฑล และสมจิต อ่อนเหม. 2554. ผลิตภัณฑ์เต้าหู้และนมถั่วเหลืองที่มีสาร GABA สำหรับผู้สูงอายุ. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2545. ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.nectec.or.th/sehoolnet/library/creat-web/10000/technology/10000-3085.html. (วันที่ค้นข้อมูล: 30 มิถุนายน 2563).

งาดำ Super Food ไทยราคาถูก กระดูกแข็งแรง เล็บผมสวยเลิศ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://goodlifeupdate.com/healthy-body/76328.html. (วันที่ค้นข้อมูล: 20 มิถุนายน 2563).

ธัญญาภร ศิริเลิศ. 2550. การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหาร. วรสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม ปีที่ 3 ฉบับที่ 1.

ภัคธีมา สุขพันธ์. 2552. การพัฒนาผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองเสริมพรีไบโอติกสำหรับผู้บริโภคสูงอายุ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

มนตรา ศรีษะแย้ม, นาถธิดา วีระปรียากูร และพนมพร ศรีบัวรินทร์. 2557. ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในหลอดทดลองของเมล็ดงาขาว ดำ และแดง. วรสารเภสัชศาสตร์อีสาน ปีที่ 10 ฉบับที่ 2.

สุพัตรา สุขเจริญ. 2555. การวัดสีของเนื้อโคโดยการเปรียบเทียบระบบวิเคราะห์เชิงภาพถ่ายและเครื่องวัดสี. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

สุมาลี ทองแก้ว และวลัยทิพย์ สายชลวิจารณ์. 2541. ถั่วเหลือง พืชมหัศจรรย์ของแผ่นดิน. สำนักพิมพ์หมอชาวบ้าน, กรุงเทพฯ.

เสาวลักษณ์ ศรีหงส์ทอง. 2543. ผลของกรด-เบสต่อการจับก้อนของโปรตีนในน้ำนมถั่วเหลือง. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

โสรยา เกิดพิบูลย์, จักรพงษ์ โสวะพันธ์, ประกาย ผิวทอง และอรอนงค์ ฐาปนพันธ์นิติกุล. 2554. ผลของอิมัลซิไฟเออร์และและเวลาที่ใช้ในการผสมต่อสมบัติเชิงกายภาพของฟักทองสเปรด. วรสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีที่ 16 ฉบับที่ 1.

อรรณพ ทัศนอุดม, วรรณภา สระพินครบุรี และเมธาวี อนะวัชกุล. 2557. การพัฒนากระบวนการผลิตเต้าหู้แข็งจากถั่วดำ. วรสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีที่ 42 ฉบับที่ 1.

Cai, T. and Chang, K.C. 1999. Processing effect on soybean storage proteins and their relationship with tofu quality. J. Agric. Food Chem. 47: 720-727.

Liu, K. 1997. Soybeans: Chemistry, Technology, and Utilization. Chapman & Hall, New York.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Saio, K., Kamiya, M. and Watanabe, T. 1969. Food processing characteristics of soybean 11S and 7S proteins. Agricultural and Biological Chemistry. 33: 1301–1308.

Sato, E. 2003. Effects of different kind of sesame materials on the physical properties of gomatofu (Sesame tofu). Food Hydrocolloids. 6(17): 901-906.

Sato, E., Shinbo, Y., Watanabe, M. and Nishinari, K. The effect of sesame oil contents on the mechanical properties of gomatofu (Sesame tofu). Journal of the society of rheology, Japan. 33(2): 101-108.

Smith, A.H. and Circle, S.J. 1972. 'Chemical composition of the seed' in soybeans: Chemistry and Technology. Pp. 61-69. Smith, Allan H. and Circle, Sidney Joseph, eds. Westport, Connecticut.

Temilade, I.B.O. and Olakanmi, O.O. 2012. Production of tofu from blends of soybean (*Glycine max* Merr) and sesame seed (*Sesamum indicum*). African Journal of Food Science. 6(14): 386-391.

Watanabe, T. 1997. Science of tofu. Kyoto, Japan: Food Journal Co. Ltd.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ลักษณะปรากฏของเต้าหู้ผสมงาดำ

ก.1 การเตรียมตัวอย่างที่มีการต้มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซสเซียส และ 95 องศาเซสเซียส เป็นเวลาอุณหภูมิละ 30 นาที

วิธีการเตรียมตัวอย่าง (ตัวอย่างควบคุม)

1) การเตรียมถั่วเหลืองซีก และงาดำ

นำเมล็ดถั่วเหลืองซีก และงาดำมาทำการแช่น้ำเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดดูดน้ำได้อย่างสมบูรณ์

2) การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

นำเมล็ดถั่วเหลืองที่มีการบวมน้ำเต็มที่แล้วมาผสมกับน้ำ DI (Deionized Water) ในอัตราส่วนต่างตามแต่ละการทดลอง แล้วจึงนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น เป็นเวลา 5 นาที นำถั่วเหลืองที่ผ่านการปั่นมากรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น จากนั้นชั่งน้ำนมถั่วเหลืองปริมาณ 145 กรัม ไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

3) การเตรียมน้ำงาดำ

นำเมล็ดงาดำที่ผ่านการแช่น้ำ มาผสมกับน้ำ DI (Deionized Water) มาผสมกับน้ำ DI (Deionized Water) ในอัตราส่วนต่าง ๆตามแต่ละการทดลอง แล้วจึงนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น เป็นเวลา 5 นาที นำงาดำที่ผ่านการปั่นมากรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น จากนั้นจึงชั่งน้ำงาดำปริมาณบีกเกอร์ละ 50 กรัม และไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

4) การเติม Glucono Delta-Lactone (GDL)

ทำการชั่งสาร GDL จำนวนร้อยละ 1 ของน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง จากนั้นนำไปละลายด้วยน้ำ DI ปริมาณ 2 มิลลิลิตร และเติมลงในแต่ละบีกเกอร์

5) การบรรจุ

นำตัวอย่างของแต่ละบีกเกอร์มาบรรจุใส่ถุงที่ทำการซีลไว้ ปริมาณถุงละ 80 มิลลิลิตร จากนั้นจึงนำไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 สัดส่วนเต้าหู้จากถั่วเหลืองปริมาณร้อยละ 100

ตัวอย่าง	อัตราส่วนของถั่ว : น้ำ	อุณหภูมิการต้ม (องศาเซลเซียส)	ลักษณะปรากฏ
1	1 : 5	70 และ 95	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน มีสีเทาเข้ม
2	1 : 5	95	เนื้อสัมผัสไม่เรียบเนียน เหมือนมีอนุภาคเล็ก ๆ มาเกาะรวมตัวกัน และอุ้มน้ำได้ไม่หมด มีสีเทาเข้ม และไม่สม่ำเสมอ
3	1 : 4	70 และ 95	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน แต่อุ้มน้ำได้ไม่หมด เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ 1 มีสีเทาเข้ม
4	1 : 4	95	เนื้อสัมผัสไม่เรียบเนียน และอุ้มน้ำได้ไม่หมด มีสีเทาเข้ม และไม่สม่ำเสมอ

ตารางที่ ก.2 สัดส่วนเต้าหู้จากถั่วเหลืองปริมาณร้อยละ 70 และงาดำร้อยละ 30

ตัวอย่าง	อัตราส่วนของถั่ว : น้ำ	อุณหภูมิการต้ม (องศาเซลเซียส)	ลักษณะปรากฏ
1	1 : 4	70 และ 95	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน มีฟองอากาศเกิดขึ้น มีสีเทาเข้ม
2	1 : 5	70 และ 95	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน มีฟองอากาศเกิดขึ้น และอุ้มน้ำได้ไม่ดี เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ 1 มีสีเทาเข้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการเตรียม (เติมสารไฮโดรคอลลอยด์)

1) การเตรียมถั่วเหลืองซีก และงาดำ

นำเมล็ดถั่วเหลืองซีก และงาดำมาทำการแช่น้ำเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดดูดน้ำได้อย่างสมบูรณ์

2) การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

นำเมล็ดถั่วเหลืองที่มีการบวมน้ำเต็มที่แล้ว ปริมาณ 280 กรัม มาผสมกับน้ำ DI (Deionized Water) ปริมาณ 560 กรัม แล้วจึงนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น เป็นเวลา 5 นาที นำถั่วเหลืองที่ผ่านการปั่นมากรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น จากนั้นชั่งน้ำนมถั่วเหลืองปริมาณ 145 กรัม ไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

3) การเตรียมน้ำงาดำ

นำเมล็ดงาดำที่ผ่านการแช่น้ำ ปริมาณ 120 กรัม มาผสมกับน้ำ DI (Deionized Water) ปริมาณ 240 กรัม แล้วจึงนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น เป็นเวลา 5 นาที นำงาดำที่ผ่านการปั่นมากรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น จากนั้นจึงชั่งน้ำงาดำปริมาณบีกเกอร์ละ 50 กรัม และไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

4) การผสมสารไฮโดรคลอลอยด์

นำน้ำนมถั่วเหลืองจากข้อ 2.1 มาผสมกับน้ำงาดำ ในข้อ 2.2 ให้มีอัตราส่วนระหว่างเมล็ดถั่วเหลืองต่อเมล็ดงาดำ เท่ากับ 70:30 ซึ่งในการผสม มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ต่าง ๆ ในปริมาณร้อยละของน้ำหนักน้ำนมถั่วเหลืองรวมกับน้ำงาดำตามแต่ละการทดลอง จากนั้นนำไปละลายด้วยน้ำ DI ปริมาณ 20 มิลลิลิตร

5) การเติม Glucono Delta-Lactone (GDL)

ทำการชั่งสาร GDL จำนวนร้อยละ 1 ของน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง จากนั้นนำไปละลายด้วยน้ำ DI ปริมาณ 2 มิลลิลิตร และเติมลงในแต่ละบีกเกอร์

6) การบรรจุ

นำตัวอย่างของแต่ละบีกเกอร์มาบรรจุใส่ถุงที่ทำการซีลไว้ ปริมาณถุงละ 80 มิลลิลิตร จากนั้นจึงนำไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำที่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่าง ๆ โดยผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 70 และ 95 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในอัตราส่วนน้ำหนักแห้งของถั่วเหลืองและงาดำ : น้ำ เท่ากับ 1 : 4

ตัวอย่าง	สารไฮโดรคอลลอยด์	ร้อยละ	ลักษณะปรากฏ
1	Control	-	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน อุ้มน้ำได้ดี มีฟองอากาศ
2	Carrageenan	0.2	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน แต่อุ้มน้ำได้ไม่ดี มีฟองอากาศ
3	Gelatin Powder	0.2	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน อุ้มน้ำได้ดี แต่มีลักษณะนิ่มกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ 1 มีฟองอากาศ
4	Gelatin Powder	1.0	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน มีความแน่นเล็กน้อย กดแล้วคืนตัว และอุ้มน้ำได้ไม่ดี มีฟองอากาศ
5	Pectin	0.2	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน แต่อุ้มน้ำได้ไม่ดี มีฟองอากาศ
6	Guar Gum	0.1	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน แต่อุ้มน้ำได้ไม่ดี มีฟองอากาศ
7	Gellangum	0.1	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน แต่อุ้มน้ำได้ไม่ดี มีฟองอากาศ
8	Gum Arabic	0.2	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน อุ้มน้ำได้ดี แต่มีลักษณะนิ่มกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ 1 มีฟองอากาศเล็กน้อย
9	Starch	0.5	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน แน่น กดแล้วคืนตัว แต่อุ้มน้ำได้ไม่ดี
10	Starch	1.0	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน แน่น กดแล้วคืนตัว แต่อุ้มน้ำได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ 8 และ 10
11	Starch	2.0	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน แน่น กดแล้วคืนตัว แป้งเกิดการตกตะกอนเกิดเป็นเจลอยู่รอบนอก
12	CMC	0.1	เนื้อสัมผัสไม่เรียบเนียน มีฟองอากาศ
13	CMC	1.0	เนื้อสัมผัสไม่เรียบเนียน และมีสีเทาเข้มมากว่าเมื่อเปรียบเทียบกับทุกตัวอย่า
14	Maltodextrin	1.0	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน แน่น กดแล้วคืนตัว แต่อุ้มน้ำได้ไม่ดี มีสีเทาอ่อนกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับทุกตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ก.1 ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ Carrageenan ร้อยละ 0.2, Gelatin Powder ร้อยละ 0.2, Pectin ร้อยละ 0.2, Guargum ร้อยละ 0.1, Gellengum ร้อยละ 0.1, Gum Arabic ร้อยละ 0.2 และ Control ตามลำดับ

ภาพที่ ก.2 ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ Starch ร้อยละ 1 และ 2, Gelatin ร้อยละ 1, Maltodextrin ร้อยละ 1 และ CMC ร้อยละ 1 ตามลำดับ

วิธีการเตรียมตัวอย่าง (เติมสารอิมัลซิไฟเออร์)

1) การเตรียมถั่วเหลืองซีก และงาดำ

นำเมล็ดถั่วเหลืองซีก และงาดำมาทำการแช่น้ำเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดดูดน้ำได้อย่างสมบูรณ์

2) การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

นำเมล็ดถั่วเหลืองที่มีการบวมน้ำเต็มที่แล้ว ปริมาณ 280 กรัม มาผสมกับน้ำ DI (Deionized Water) ปริมาณ 560 กรัม แล้วจึงนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น เป็นเวลา 5 นาที นำถั่วเหลืองที่ผ่านการปั่นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น จากนั้นชั่งน้ำนมถั่วเหลืองปริมาณ 145 กรัม ไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

3) การเตรียมน้ำงาดำ

นำเมล็ดงาดำที่ผ่านการแช่น้ำ ปริมาณ 120 กรัม มาผสมกับน้ำ DI (Deionized Water) ปริมาณ 240 กรัม แล้วจึงนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น เป็นเวลา 5 นาที นำงาดำที่ผ่านการปั่นมากรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น จากนั้นจึงชั่งน้ำงาดำปริมาณบีกเกอร์ละ 50 กรัม และไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

4) การเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองผสมงาดำ

นำเมล็ดถั่วเหลือง และเมล็ดดงาดำที่ผ่านการแช่น้ำ มาผสมกันในอัตราส่วนระหว่างเมล็ดถั่วเหลืองต่อเมล็ดงาดำ เท่ากับ 70 : 30 ในปริมาณทั้งหมด 280 กรัม มาผสมกับน้ำ ปริมาณ 560 กรัม แล้วจึงนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น จากนั้นชั่งน้ำนมถั่วเหลืองผสมงาดำปริมาณ 150 กรัม ไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

5) การผสมสารอิมัลซิไฟเออร์

นำน้ำนมถั่วเหลืองจากข้อ 2.1 มาผสมกับน้ำงาดำ ในข้อ 2.2 ให้มีอัตราส่วนระหว่างเมล็ดถั่วเหลืองต่อเมล็ดงาดำ เท่ากับ 70 : 30 ซึ่งในการผสม มีการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ คือ Tween 80 ในปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักน้ำนมถั่วเหลืองรวมกับน้ำงาดำ จากนั้นนำไปละลายด้วยน้ำ DI ปริมาณ 20 มิลลิลิตร

6) การเติม Glucono Delta-Lactone (GDL)

ทำการชั่งสาร GDL จำนวนร้อยละ 1 ของน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง จากนั้นนำไปละลายด้วยน้ำ DI ปริมาณ 2 มิลลิลิตร และเติมลงในแต่ละบีกเกอร์

7) การบรรจุ

นำตัวอย่างของแต่ละบีกเกอร์มาบรรจุใส่ถุงที่ทำการซีลไว้ ปริมาณถุงละ 80 มิลลิลิตร จากนั้นจึงนำไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำที่มีการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 80 ปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักรวมของน้ำนม โดยผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 70 และ 95 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในอัตราส่วนน้ำหนักแห้งของถั่วเหลืองและงาดำ : น้ำ เท่ากับ 1 : 4

ตัวอย่าง	สารอิมัลซิไฟเออร์	การผสม	ลักษณะปรากฏ
1	Tween80	น้ำนมถั่วเหลือง	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน แน่น กดแล้วคืนตัว แต่อุ้มน้ำได้ไม่ดี มีสีเทาเข้ม
2	Tween80	งาดำ	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน แน่น กดแล้วคืนตัว มีสีเทาเข้ม
3	Tween80	น้ำนมถั่วเหลืองผสมงา	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน แน่น มีสีเข้มที่สุดเมื่อเปรียบเทียบจากทั้งหมด

ภาพที่ ก.3 ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Tween 80 ร้อยละ 1 โดยการเติมผสมที่น้ำนมถั่วเหลือง งาดำ และน้ำนมถั่วเหลืองผสมงาดำ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 การเตรียมตัวอย่างที่มีการต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซสเซียส เป็นเวลา 15 นาที และอุณหภูมิ 70 องศาเซสเซียส เป็นเวลา 45 นาที

วิธีการเตรียมตัวอย่าง (ตัวอย่างควบคุม)

1) การเตรียมถั่วเหลืองซีก และงาดำ

นำเมล็ดถั่วเหลืองซีก และงาดำมาทำการแช่น้ำเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดดูดน้ำได้อย่างสมบูรณ์

2) การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

นำเมล็ดถั่วเหลืองที่มีการบวมน้ำเต็มที่แล้ว ปริมาณ 280 กรัม มาผสมกับน้ำ DI (Deionized Water) ปริมาณ 560 กรัม แล้วจึงนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น เป็นเวลา 5 นาที นำถั่วเหลืองที่ผ่านการปั่นมากรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น จากนั้นชั่งน้ำนมถั่วเหลืองปริมาณ 145 กรัม ไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3) การเตรียมน้ำงาดำ

นำเมล็ดงาดำที่ผ่านการแช่น้ำ ปริมาณ 120 กรัม มาผสมกับน้ำ DI (Deionized Water) ปริมาณ 240 กรัม แล้วจึงนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น เป็นเวลา 5 นาที นำงาดำที่ผ่านการปั่นมากรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น จากนั้นจึงชั่งน้ำงาดำปริมาณบีกเกอร์ละ 50 กรัม และทำการพักไว้

4) การเติม Glucono Delta-Lactone (GDL)

ทำการชั่งสาร GDL จำนวนร้อยละ 1 ของน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง จากนั้นนำไปละลายด้วยน้ำ DI ปริมาณ 2 มิลลิลิตร และเติมลงในแต่ละบีกเกอร์

5) การบรรจุ

นำตัวอย่างของแต่ละบีกเกอร์มาบรรจุใส่ถุงที่ทำการซีลไว้ ปริมาณถุงละ 80 มิลลิลิตร จากนั้นจึงนำไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 สัดส่วนเต้าหู้จากถั่วเหลืองปริมาณร้อยละ 100 และ 70 กรัม และงาดำปริมาณร้อยละ 30 โดยผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 95 และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ตัวอย่าง	อัตราส่วนของถั่ว : งา	สถานะการต้มงา	ลักษณะปรากฏ
1	100 : 0	ไม่ต้มงาดำ	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน เนื้อแน่น และไม่มีฟองอากาศ มีสีเทาเข้ม
2	70 : 30	ไม่ต้มงาดำ	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน เนื้อแน่นน้อยกว่าตัวอย่างที่ 1 เล็กน้อย และไม่มีฟองอากาศ มีสีเทาอ่อน
3	70 : 30	ต้มงาดำ	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน เนื้อแน่นน้อยกว่าตัวอย่างที่ 1 เล็กน้อย และไม่มีฟองอากาศ มีเข้มขึ้นกว่าตัวอย่างที่ 2

ภาพที่ ก.4 ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำโดยผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 95 และ 70 องศาเซลเซียส แถวบนผ่านการต้มงาดำ และแถวล่างไม่ต้มงาดำ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการเตรียมตัวอย่าง (เติมสารไฮโดรคอลลอยด์)

1) การเตรียมถั่วเหลืองซีก และงาดำ

นำเมล็ดถั่วเหลืองซีก และงาดำมาทำการแช่น้ำเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดดูดน้ำได้อย่างสมบูรณ์

2) การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

นำเมล็ดถั่วเหลืองที่มีการบวมน้ำเต็มที่แล้ว ปริมาณ 280 กรัม มาผสมกับน้ำ DI (Deionized Water) ปริมาณ 560 กรัม แล้วจึงนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น เป็นเวลา 5 นาที นำถั่วเหลืองที่ผ่านการปั่นมากรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น จากนั้นชั่งน้ำนมถั่วเหลืองปริมาณ 145 กรัม ไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3) การเตรียมน้ำงาดำ

นำเมล็ดงาดำที่ผ่านการแช่น้ำ ปริมาณ 120 กรัม มาผสมกับน้ำ DI (Deionized Water) ปริมาณ 240 กรัม แล้วจึงนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น เป็นเวลา 5 นาที นำงาดำที่ผ่านการปั่นมากรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น จากนั้นจึงชั่งน้ำงาดำปริมาณบีกเกอร์ละ 50 กรัม และทำการพักไว้

4) การผสมสารไฮโดรคลอลอยด์

นำน้ำนมถั่วเหลืองจากข้อ 2.1 มาผสมกับน้ำงาดำ ในข้อ 2.2 ให้มีอัตราส่วนระหว่างเมล็ดถั่วเหลืองต่อเมล็ดงาดำ เท่ากับ 70 : 30 ซึ่งในการผสม มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ คือ Maltodextrin และ Carrageenan ในปริมาณร้อยละของน้ำหนักน้ำนมถั่วเหลืองรวมกับน้ำงาดำตามแต่ละการทดลอง จากนั้นนำไปละลายด้วยน้ำ DI ปริมาณ 20 มิลลิลิตร

5) การเติม Glucono Delta-Lactone (GDL)

ทำการชั่งสาร GDL จำนวนร้อยละ 1 ของน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง จากนั้นนำไปละลายด้วยน้ำ DI ปริมาณ 2 มิลลิลิตร และเติมลงในแต่ละบีกเกอร์

6) การบรรจุ

นำตัวอย่างของแต่ละบีกเกอร์มาบรรจุใส่ถุงที่ทำการซีลไว้ ปริมาณถุงละ 80 มิลลิลิตร จากนั้นจึงนำไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.6 ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำที่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่าง ๆ โดยผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 95 และ 70 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วนน้ำหนักแห้งของถั่วเหลืองและงาดำ : น้ำ เท่ากับ 1 : 4

ตัวอย่าง	สารไฮโดรคอลลอยด์	ร้อยละ	ลักษณะปรากฏ
1	Maltodextrin	1	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน ไม่แน่น ค่อนข้างเละ
2	Maltodextrin	5	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน ไม่แน่น ไม่มีฟองอากาศ
3	Maltodextrin	10	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน แน่น มีการคลายน้ำมาก ไม่มีฟองอากาศ
4	Maltodextrin	15	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน เนื้อแน่นที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 มีการคลายน้ำมาก ไม่มีฟองอากาศ
5	Carrageenan	0.1	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน ไม่แน่น ค่อนข้างเละ
6	Carrageenan	0.2	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน ไม่แน่น ไม่มีฟองอากาศ
7	Carrageenan	0.3	เนื้อสัมผัส เรียบเนียน ไม่แน่น ไม่มีฟองอากาศ
8	Carrageenan	0.4	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน มีส่วนของ Carrageenan ที่ไม่ละลายจับตัวกันเป็นก้อนขนาดเล็ก
9	Carrageenan	0.6	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน มีส่วนของ Carrageenan ที่ไม่ละลายจับตัวกันเป็นก้อนมากที่สุด

ภาพที่ ก.5 ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อเติมสารไฮโรคอลลอยด์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ Carrageenan ร้อยละ 0.2, 0.4 และ 0.6 และ Maltodextrin ร้อยละ 5, 10 และ 15 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการเตรียมตัวอย่าง (เติมสารอิมัลซิไฟเออร์)

1) การเตรียมถั่วเหลืองซีก และงาดำ

นำเมล็ดถั่วเหลืองซีก และงาดำมาทำการแช่น้ำเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดดูดน้ำได้อย่างสมบูรณ์

2) การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

นำเมล็ดถั่วเหลืองที่มีการบวมน้ำเต็มที่แล้ว ปริมาณ 280 กรัม มาผสมกับน้ำ DI (Deionized Water) ปริมาณ 560 กรัม แล้วจึงนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น เป็นเวลา 5 นาที นำถั่วเหลืองที่ผ่านการปั่นมากรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น จากนั้นชั่งน้ำนมถั่วเหลืองปริมาณ 145 กรัม ไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3) การเตรียมน้ำงาดำ

นำเมล็ดงาดำที่ผ่านการแช่น้ำ ปริมาณ 120 กรัม มาผสมกับน้ำ DI (Deionized Water) ปริมาณ 240 กรัม แล้วจึงนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น เป็นเวลา 5 นาที นำงาดำที่ผ่านการปั่นมากรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น จากนั้นจึงชั่งน้ำงาดำปริมาณบีกเกอร์ละ 50 กรัม และทำการพักไว้

4) การผสมสารอิมัลซิไฟเออร์

นำน้ำนมถั่วเหลืองจากข้อ 2.1 มาผสมกับน้ำงาดำ ในข้อ 2.2 ให้มีอัตราส่วนระหว่างเมล็ดถั่วเหลืองต่อเมล็ดงาดำ เท่ากับ 70:30 ซึ่งในการผสม มีการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ คือ Tween 20, Tween 40 และ Tween 80 ในปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักน้ำนมถั่วเหลืองรวมกับน้ำงาดำตาม จากนั้นนำไปละลายด้วยน้ำ DI ปริมาณ 20 มิลลิลิตร

5) การเติม Glucono Delta-Lactone (GDL)

ทำการชั่งสาร GDL จำนวนร้อยละ 1 ของน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง จากนั้นนำไปละลายด้วยน้ำ DI ปริมาณ 2 มิลลิลิตร และเติมลงในแต่ละบีกเกอร์

6) การบรรจุ

นำตัวอย่างของแต่ละบีกเกอร์มาบรรจุใส่ถุงที่ทำการซีลไว้ ปริมาณถุงละ 80 มิลลิลิตร จากนั้นจึงนำไปต้มที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.7 ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำที่มีการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่าง ๆ โดยผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 95 และ 70 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วนน้ำหนักแห้งของถั่วเหลืองและงาดำ : น้ำ เท่ากับ 1 : 4

ตัวอย่าง	สารอิมัลซิไฟเออร์	ร้อยละ	การผสม	ลักษณะปรากฏ
1	Control	-	-	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน แน่น ไม่มีฟองอากาศ
2	Tween 20	1	น้ำนมถั่วเหลือง	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน ไม่มีฟองอากา
3	Tween 20	1	งา	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน แน่นเล็กน้อย ไม่มีฟองอากาศ มีการคลายน้ำออกมามากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ 2
5	Tween 40	1	น้ำนมถั่วเหลือง	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน แน่นเล็กน้อย ไม่มีฟองอากาศ
6	Tween 40	1	งา	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน แน่นเล็กน้อย ไม่มีฟองอากาศ มีสีเทาเข้มมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ 4 และ 5
8	Tween 80	1	น้ำนมถั่วเหลือง	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน แน่น กดแล้วคืนตัว แต่อุ้มน้ำได้ไม่ดี ไม่มีฟองอากาศ มีสีเทาเข้ม
9	Tween 80	1	งา	เนื้อสัมผัสเรียบเนียน แน่น กดแล้วคืนตัว ไม่มีฟองอากาศ มีสีเทาเข้ม

ภาพที่ ก.6 ตัวอย่างเต้าหู้ผสมงาดำเมื่อเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ Tween 80 ร้อยละ 1 ที่น้ำนมถั่วเหลืองและงาดำ Tween 40 ร้อยละ 1 ที่น้ำนมถั่วเหลืองและงาดำ Tween 20 ร้อยละ 1 เติมผสมที่น้ำนมถั่วเหลืองและงาดำ และ Control ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวกาญจน์กนก วงศ์งาม
วัน เดือน ปี เกิด 6 ธันวาคม 2540
ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประสบการณ์ทำงาน ฝึกงานที่ Singapore Polytechnic, Singapore
ตำแหน่ง: Researcher
หัวข้อ: A Low-Glycemic Index Desserts for the Thais

ชื่อ-นามสกุล นางสาวธิดาพร งอสอน
วัน เดือน ปี เกิด 12 พฤษภาคม 2541
ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนจอมสุรางค์อุปถัมภ์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ประสบการณ์ทำงาน ฝึกงานที่บริษัท Kovic Kate International (Thailand)
ตำแหน่ง: Production, Quality Control (QC), Research & Development (RD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้