RMUTSV
SK074051

bk000

รายงานการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งเสริมโปรตีนจากงาดำ

Development of protein enriched hard tofu from black sesame

ต41.21
พ128
2556

พงษ์เทพ เกิดเนตร Pongthep Kertnat
ปัญญรัศม์ ลือขจร Panjaras Leukajorn

เต้าหู้
เต้าหู้ -- การผลิต.

คณะศิลปศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2556

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งเสริมโปรตีนจากงาดำ

พงษ์เทพ เกิดเนตร[1] และ ปัญญรัศม์ ลือขจร[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งเสริมโปรตีนจากงาดำ โดยศึกษาหาปริมาณงาดำและชนิดของสารตกตะกอนที่เหมาะสม ได้แก่ งาดำ 3 ระดับ คือร้อยละ 2 , 4 และ 6 และสารตกตะกอน 2 ชนิด คือแมกนีเซียมซัลเฟต และ แคลเซียมซัลเฟต พบว่า ปริมาณงาดำที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 2 และใช้แมกนีเซียมซัลเฟตร้อยละ 3 ของน้ำหนักวัตถุดิบในการตกตะกอน โดยผลิตภัณฑ์ได้ค่าสี L* a* และb* เท่ากับ 43.98, 1.1 และ 4.42 ตามลำดับ ค่าความชื้น ร้อยละ72.9 และผลการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ความชอบรวม ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดที่ระดับคะแนนปานกลาง (6.85) และไม่มีความแตกต่างจากเต้าหู้แข็งเสริมงาดำสูตรอื่นๆ ($p \geq 0.05$) แต่แตกต่างจากสูตรที่ 6 (งาดำร้อยละ 6, ใช้แคลเซียมซัลเฟต) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และยังพบว่าผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งเสริมงาดำมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นเมื่อเติมงาดำเพิ่มขึ้น โดยมีค่าไขมัน,โปรตีน,คาร์โบไฮเดรต, เส้นใยและเถ้า ร้อยละ 5.36, 17.53, 7.55, 0.13 และ 2.13 ตามลำดับ

คำสำคัญ : เต้าหู้, ถั่วเหลือง,งาดำ

[1] คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ. เมือง จ. สงขลา

Development of Protein Enriched Hard Tofu from Black Sesame

Pongthep Kertnat[1] and Panjaras Leukajorn[1]

Abstract

The aim of this study was to develop protein enriched hard tofu from black sesame. The optimum of black seasame (2, 4 and 6 percents) and two types of coagulants (magnesium sulfate, calcium sulphate) were investigated. The results showed that the optimum of black sesame and types of coagulants was 2 percent and magnesium sulfate 3% of raw material, With the L*, a* and b* and moisture were 43.98, 1.1, 4.42 and 72.9 percent respectively. The sensory evaluation found that the overall acceptability was the most accepts (6.85) with non significance ($p \geq 0.05$) from others formular but difference significance ($p \leq 0.05$) from formular 6 (6% black sesame, calcium sulphate) The nutrition value of total formular was increased by increasing the black sesame. The chemical of the product were analyzed. Fat, protein, carbohydrate, fiber and ash were 5.36, 17.53, 7.55, 0.13 and 2.13 respectively.

Keyword: tofu, soybean, black seasame

[1] Faculty of Liberal Art. Rajamangala University of Technology Srivijaya, Maung, Songkhla.

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

การวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งเสริมโปรตีนจากงาดำ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีโดยมีบุคคลต่างๆให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาแนะนำ รวมไปถึงการให้แนวคิดที่เป็นประโยชน์ และขอขอบคุณหลักสูตรสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ สาขาคหกรรมศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ในการใช้ห้องปฏิบัติการอาหาร ตลอดจนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการศึกษาครั้งนี้ ขอขอบคุณคณาจารย์สาขาคหกรรมศาสตร์ทุกท่านที่ให้กำลังใจ และให้คำปรึกษาต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนโครงการวิจัยจาก คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2556

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	
วัตถุประสงค์	
นิยามศัพท์	
กรอบแนวความคิด	
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	19
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	24
บทที่ 5 สรุปผล	29
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง	4
2.2 คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง (ร้อยละ)	4
2.3 คุณค่าทางโภชนาการของเต้าหู้	6
2.4 กรดอะมิโนชนิดต่างๆ ในเมล็ดงา และกากงาเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองกาก ถั่วเหลือง และไข่ไก่	12
2.5 คุณค่าทางโภชนาการของงาดำ	14
2.6 คุณค่าทางโภชนาการน้ำมันงา	14
2.7 การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของงาขาวและงาดำ	15
3.1 ชนิดของสารตกตะกอนและปริมาณงาดำ	20
4.1 ค่าสี L* a* และ b* และค่าความชื้นในเต้าหู้แข็งเสริมงาดำที่ระดับต่าง ๆ	25
4.2 ค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของเต้าหู้แข็งเสริมงาดำที่ระดับต่าง ๆ	25
4.3 คุณค่าทางโภชนาการของเต้าหู้แข็งเสริมโปรตีนจากงาดำ (สูตรที่1) กับสูตรมาตรฐาน	27
4.4 คุณสมบัติทางเคมีของเต้าหู้แข็งเสริมงาดำ (สูตรที่ 1) กับสูตรมาตรฐาน	28

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	กระบวนการผลิตเต้าหู้จากเมล็ดพืชที่มีโปรตีนสูง	7
3.1	ขั้นตอนการทำเต้าหู้แข็งเสริมงาดำ	21

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เต้าหู้เป็นอาหารชนิดหนึ่งที่ทำจากถั่วเหลือง มีลักษณะเป็นก้อน นุ่มนิ่ม สีขาวอ่อน โดยตัวของเต้าหู้จะไม่มีรสชาติ แต่สามารถปรุงแต่งรสได้ ทำให้มีสีและรสชาติแตกต่างกันไป เช่น หากนำไปหมักเกลือและผสมกับขมิ้น จะได้เต้าหู้ที่มีสีเหลือง มีรสเค็มและเก็บได้นานขึ้น เรียกว่า เต้าหู้เหลือง เป็นต้น นอกจากจะมีสีและรสชาติแตกต่างกันแล้วเต้าหู้แต่ละชนิดยังมีคุณค่าทางโภชนาการแตกต่างกันด้วย(จันทร และคณะ, 2546; อุบล, 2546) เต้าหู้ประกอบด้วยโปรตีน แร่ธาตุ และวิตามินต่าง ๆ ให้พลังงาน และไขมันชนิดอิ่มตัวต่ำ ไม่มีโคเลสเตอรอล นับได้ว่าเต้าหู้เป็นแหล่งโปรตีนที่มีประโยชน์สูงเช่นเดียวกับเนื้อสัตว์และนม จึงสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการประกอบอาหาร เพื่อควบคุมน้ำหนัก อาหารมังสวิรัติ และอาหารเพื่อสุขภาพได้เป็นอย่างดี (จันทร และคณะ, 2546; อุบล, 2546)ถึงแม้ว่าถั่วเหลืองจะเป็นเมล็ดพืชที่มีปริมาณโปรตีนสูง แต่ก็มีกรดอะมิโนที่จำเป็นบางชนิดในปริมาณน้อย เช่น เมไทโอนิน ลิวซีน เป็นต้น ซึ่งกรดอะมิโนพวกเมไทโอนินพบมากในเมล็ดงา ส่วนลิวซีนพบมากในลูกเดือย และข้าวโพด (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542; ณรงค์, 2538) สำหรับงาเป็นอาหารที่มีธาตุมาก คือ มีอยู่ 4.1 – 6.5 เปอร์เซ็นต์ ที่สำคัญคือ ธาตุเหล็ก ไอโอดีน สังกะสี แคลเซียม ฟอสฟอรัส เป็นธาตุสำคัญในการเสริมสร้างกระดูก นอกจากนั้นงายังเป็นอาหารที่อุดมไปด้วยวิตามินบี ซึ่งกลุ่มวิตามินบีนี้จะช่วยบำรุงประสาทหรืออาการไม่สบายต่าง ๆที่เกิดจากระบบประสาท งายังมีวิตามินอีสูง ซึ่งวิตามินตัวนี้มีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน ช่วยจับและทำลายอนุมูลอิสระซึ่งเป็นอันตรายต่อเซลล์

จากข้อมูลข้างต้นที่ได้กล่าวมาพบว่า “งา” จัดเป็นเมล็ดพืชที่ให้โปรตีน ต่างจากถั่วเมล็ดแห้ง คือ มีกรดอะมิโนที่ถั่วเมล็ดแห้งขาด ดังนั้นการบริโภคงาร่วมกับถั่วเมล็ดแห้งชนิดต่าง ๆ จะทำให้ร่างกายได้รับโปรตีนที่มีคุณภาพสมบูรณ์ และนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ให้มีโปรตีนที่มีความสมบูรณ์มากขึ้น โดยการใช้น้ำงาดำเสริมลงไปในในผลิตภัณฑ์เต้าหู้ อีกทั้งงาดำยังมีราคาถูก และหาง่ายในประเทศไทย เป็นการเพิ่มมูลค่าการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบทางการเกษตรของไทยให้กว้างขวางขึ้น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. ศึกษาชนิดของสารที่เหมาะสมในการทำเต้าหู้แข็งเสริมงาดำ
2. ศึกษาปริมาณงาดำคั่วบดที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้แข็งเสริมงาดำ
3. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และทางกายภาพในเต้าหู้แข็งเสริมงาดำ
4. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งเสริมงาดำ

นิยามศัพท์

เต้าหู้แข็ง ทำจากน้ำเต้าหู้ผสมกับดีเกลือ(แมกนีเซียมซัลเฟต) ที่ช่วยทำให้เกิดการตกตะกอนและกดทับเอาน้ำออก(นิตยสารชีวจิต)

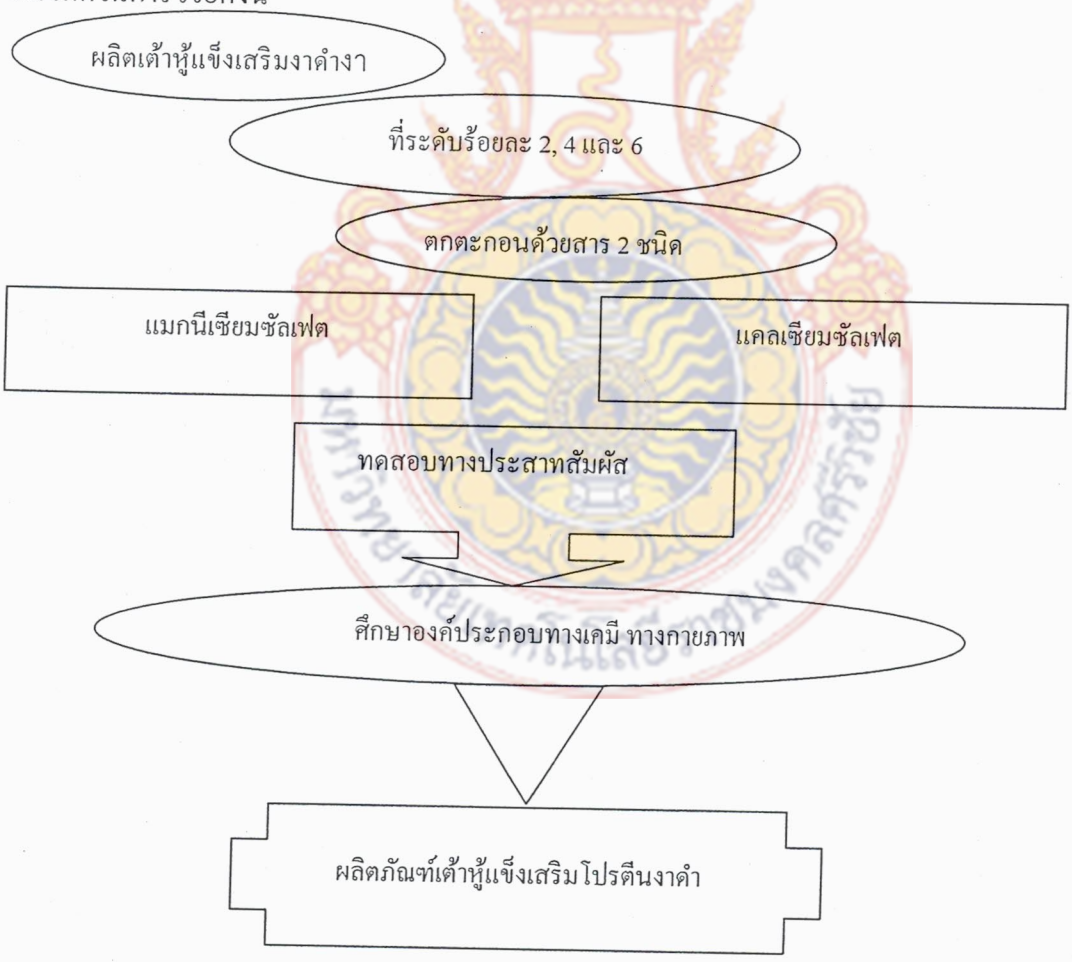
งาดำ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Sesamum orientale (L).* อยู่ในวงศ์ Pedaliaceae ชื่อสามัญคือ Sesame มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศเอธิโอเปีย

แมกนีเซียมซัลเฟต เรียกเป็นภาษาสามัญแบบฝรั่งว่า Epsom salts มีลักษณะเป็นผลึกสีขาวหรือใส คล้ายผงชูรส ไม่มีกลิ่น ละลายน้ำได้ รสเค็ม

แคลเซียมซัลเฟต ที่มีลักษณะ เป็นผงสีขาวคล้ายปูนขาว ได้จากการเผายิปซัม

กรอบแนวความคิด

การผลิตเต้าหู้แข็งเสริมงาดำโดยทำการศึกษาปริมาณงาดำคั่วบดต่อน้ำนมถั่วเหลือง มีแนวคิดในการวิจัยดังนี้



บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับถั่วเหลือง

1. ลักษณะและพันธุ์ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองมีชื่อสามัญว่า Soya bean, Soja bean, Chinese pea, Manchurian bean และ Soybean ในจำนวนชื่อสามัญทั้งหมดนี้ Soybean เป็นที่นิยมเรียก และยอมรับกันมากที่สุด ถั่วเหลืองอยู่ในวงศ์ตระกูล (family) Leguminosae, subfamily Papilionoideae และมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Glycine Max (L.)* Merr

ถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุก ลำต้นสูงประมาณ 1 - 2 เมตร ลำต้นสี่เหลี่ยมปกคลุมด้วยขนสีเทาขาว ใบเป็นใบประกอบแบบนิ้วมือ ใบประกอบด้วยใบย่อย 3 ใบ รูปร่างคล้ายรูปไข่ปลายแหลมใบค่อนข้างหนา ผิวมันทั้งด้านบนและด้านล่าง ดอกเป็นช่อสีขาวหรือม่วงแดง ออกดอกเมื่ออายุประมาณ 25 – 30 วันเก็บเกี่ยวอายุประมาณ 90 – 100 วัน ฝักแบนขาวติดเป็นกระจุกที่ข้อของต้น และกิ่งในฝักมีเมล็ด 3 - 5 เมล็ดรูปไข่เมล็ดกลม ผิวสีเหลืองมันตาค่อนข้างลึกสีน้ำตาลอ่อน (วิกิพีเดีย, สารานุกรมเสรี)

การปลูกถั่วเหลืองปัจจุบันมีอยู่ประมาณ 10 พันธุ์ ปรับปรุงโดยกรมวิชาการเกษตร คือ สจ.4 สจ.5 สุโขทัย 1 สุโขทัย 2 สุโขทัย 3 นครสวรรค์ 1 เชียงใหม่ 60 เชียงใหม่ 2 เชียงใหม่ 3 เชียงใหม่ 4 ถั่วเหลืองที่สถาบันวิจัยพืชไร่กรมวิชาการเกษตร ได้ดำเนินการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองขึ้นมาใหม่ คือ "พันธุ์ศรีสำโรง 1" ซึ่งให้ผลผลิตสูง มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น ทั้งยังสามารถต้านทานโรคราน้ำค้างได้ดี

สำหรับพันธุ์ สจ.4 สจ.5 และ เชียงใหม่ 60 เป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในประเทศไทย สามารถปลูกถั่วเหลืองได้ทั้งปี ปีละ 3 ฤดู การปลูกอาจต้องปรับสภาพดินให้เหมาะสมก่อน pH ประมาณ 5.5 - 6.5 และเตรียมเมล็ดโดยการคลุกเชื้อไรโซเบียม การคลุกเชื้อไรโซเบียมต้องใช้เชื้อที่ใช้กับถั่วเหลืองเท่านั้น ถั่วเหลืองต้องการน้ำประมาณ 300 - 400 มิลลิลิตรตลอดฤดูปลูก ช่วงที่สำคัญที่ไม่ควรขาดน้ำคือ ช่วงการงอกและช่วงออกดอก อายุการเก็บเกี่ยวของถั่วเหลืองจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 60 - 110 วัน (วิกิพีเดีย, สารานุกรมเสรี)

2. องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีน และไขมันจากพืชมากที่สุดแหล่งหนึ่ง ปริมาณโดยประมาณของสารอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 2.1 จากตารางพบว่าในเมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนอยู่ถึงร้อยละ 34 รองลงมาคือ คาร์โบไฮเดรต และไขมันร้อยละ 26.7 และ 18.7 ตามลำดับ (ศรีสมวงศ์, 2548)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง

องค์ประกอบทางเคมี		ปริมาณ
พลังงาน	(กิโลแคลอรี)	411
ความชื้น	(ร้อยละ)	11
โปรตีน	(ร้อยละ)	34.0
ไขมัน	(ร้อยละ)	18.7
คาร์โบไฮเดรต	(ร้อยละ)	26.7
เส้นใย	(ร้อยละ)	4.7
เถ้า	(ร้อยละ)	4.8

ที่มา : ศรีสมวงค์ (2548)

ถั่วเหลืองสามารถนำมาทำอาหารที่คนทั่วไปรู้จักคือ ฟองเต้าหู้ เต้าหู้ น้ำเต้าหู้ เต้าหู้ยี้ เต้าฮวย ถั่วเน่า ถั่วงอกหัวโต ซีอิ้ว น้ำมันถั่วเหลือง และโปรตีนเกษตร ซึ่งล้วนมีคุณค่าต่อร่างกาย

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง (ร้อยละ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	เถ้า	เกลือ
ฟองเต้าหู้	7.1	51.7	25.4	11.9	3.9	-
น้ำเต้าหู้	92.5	3.4	1.5	2.1	0.5	-
ซีอิ๊ว	70-80	4.5-8.5	0.15	8.1	-	17-23
เต้าเจี้ยว	30-63	5-12	3-8	1-6	17-20	15-19
เต้าหู้ยี้	70.4	10.0	3.5	6.6	9.5	6.7
เต้าหู้แข็ง	68.4	11.9	6.5	-	-	-
เต้าหู้อ่อน	86.7	6.3	0.15	-	-	-
เต้าฮวย	92.7	2.7	0.06	4.2	0.43	-
ถั่วเน่า-สด	61.8	17.9	6.6	5.3	4.6	-

ที่มา : อุบล (ม.ป.ป.)

เต้าหู้และชนิดของเต้าหู้

เต้าหู้ กำเนิดมากกว่า 2,000 ปีในจีนแผ่นดินใหญ่ คนจีนบางกลุ่มถือว่าเต้าหู้เป็นอาหารที่มีคุณค่าสูงที่อยู่ในความธรรมดาสามัญ คนไทยเรียกเต้าหู้เพี้ยนมาจากภาษาจีนว่า 豆腐 อ่านว่า โตวฟู คนฮกเกี้ยนเรียกว่า ต้าวกั่ว คนญี่ปุ่นเรียกกันว่า โทฟุ (tofu) คนอังกฤษเรียก bean curd หรือบางครั้งก็เรียกทับศัพท์ว่า tofu เช่นกัน ส่วนชาวฝรั่งเศสเรียกว่า fromage de soja (ชีสถั่วเหลือง) (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี)

เต้าหู้ก้อนแรกเกิดขึ้นในประเทศจีน เล่าขานกันว่า เจ้าชายหลิวอัน (พระนัดดาของจักรพรรดิหลิวปัง กษัตริย์องค์แรกของราชวงศ์ฮั่น) สั่งให้พ่อครัวบดถั่วเหลืองให้เป็นผงแล้วนำไปต้มเป็นน้ำซุปด้วยเกรงว่ารสจะจืดเกินไป จึงโปรดให้พ่อครัวเติมเกลือลงไปปรุงรส เพื่อถวายพระมารดาซึ่งประชวรหนักจนไม่มีแรงที่จะเคี้ยวอาหารได้

น้ำซุปถั่วเหลืองนั้นค่อย ๆ จับตัวข้นเป็นก้อนสีขาวนุ่ม ๆ เมื่อพระมารดาเสวยแล้วถึงกับรับสั่งว่า "อร่อย" เจ้าชายจึงให้เหล่าพ่อครัวค้นหาสาเหตุ จึงพบว่าเกลือบางชนิดมีผลทำให้ผงถั่วเหลืองผสมน้ำเกิดการเกาะตัวขึ้นเป็นเต้าหู้

ชาวญี่ปุ่นรู้จักการปลูกถั่วเหลืองมานานแล้ว เต้าหู้เดินทางเข้ามาในญี่ปุ่นในสมัยนารา มีการบันทึกว่า เคนโตะ พระญี่ปุ่นนำเต้าหู้มาเผยแพร่หลังจากกลับมาจากการศึกษาพุทธศาสนาที่ประเทศจีน แต่ยังเป็นอาหารที่รับประทานกันในหมู่พระญี่ปุ่น ร้อยปีถัดมา เต้าหู้จึงได้มาเป็นส่วนหนึ่งในเมนูของชนชั้นขุนนางและซามูไร ส่วนประชาชนได้ลิ้มรสในสมัยเอโดะ

แต่พวกเขาเพิ่งรู้จักวิธีดัดแปลงถั่วเหลืองนำไปปรุงเป็นเต้าหู้เมื่อพุทธศตวรรษที่ 7 โดยทางพุทธศาสนา แต่ศาสนาพุทธในสังคมญี่ปุ่นสมัยนั้นเป็นศาสนาของชนชั้นกลางและชนชั้นสูงบทบาทเต้าหู้ในอาหารญี่ปุ่นจึงจำกัดไว้กับคนเฉพาะกลุ่มซึ่งแตกต่างจากจีนที่ไม่มีการแบ่งชนชั้น

วิธีการเตรียมอาหารจีนและญี่ปุ่นต่างกัน คือ คนจีนพยายามดัดแปลงเต้าหู้ในรูปแบบต่างๆ มากมาย เช่น อาจเปลี่ยนรูปทรงหรือรสชาติไป ในขณะที่คนญี่ปุ่นกลับพยายามรักษาความเรียบง่ายรวมทั้งรสชาติ รูปทรงและสีสันของเต้าหู้ให้คงไว้อย่างเดิมให้มากที่สุด พร้อมกับเสิร์ฟในจานหรือถ้วยที่สวยงามจนถือว่าเป็นศิลปะขั้นสูงแขนงหนึ่ง ถ้าแบ่งชนิดของเต้าหู้ตามลักษณะของเนื้อ ซึ่งมีความแตกต่างอยู่ที่ขั้นตอนการทำ จันทรและคณะ(2546)และ อุบล(2546) แบ่งชนิดเต้าหู้ได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. เต้าหู้แข็ง (Hard tofu)

มีลักษณะเป็นเต้าหู้ที่มีเนื้อแข็ง มีสีขาวนวล สำหรับวิธีการทำจะนิยมใช้ดีเกลือหรือเกลือแมกนีเซียมซัลเฟตช่วยในการตกตะกอน เมื่อตกตะกอนแล้วนำมาใส่ผ้าขาวบางที่ปูในพิมพ์ แล้วห่อให้เป็นก้อนและกดเอาน้ำออก ก็จะได้เต้าหู้แข็งสีขาว

2. เต้าหู้อ่อน (Soft tofu)

มีลักษณะเป็นเต้าหู้ที่มีสีขาวนวล มีวิธีการทำเช่นเดียวกับเต้าหู้แข็ง แต่นิยมใช้เจี๊ยะกอหรือแคลเซียมซัลเฟตช่วยในการตกตะกอน และในขั้นตอนการกดทับจะใช้น้ำหนักกดที่น้อยกว่าเต้าหู้แข็ง จึงได้ลักษณะเนื้อที่เนียนและอ่อนนุ่มกว่าเต้าหู้แข็ง

3. เต้าหู้หลอด (silken tofu)

มีลักษณะเป็นเต้าหู้ที่มีเนื้อนิ่ม สีขาวนวล เช่นเดียวกับเต้าหู้อ่อน แต่เนื่องจากวิธีทำต่างกัน คือ จะนำน้ำเต้าหู้มาบรรจุลงในหลอดพลาสติกแบบสุญญากาศไปพร้อมกับการตกตะกอนโปรตีนด้วยกลูโคโนเดลต้าแลคโตน (glucono-delta-lactone) โดยไม่มีการคน และไม่มีการกดทับเพื่อเอาน้ำออก ทำให้ได้เต้าหู้ที่มีความชื้นสูงและมีลักษณะที่ลื่นกว่าเต้าหู้อ่อน (ศิริพร, 2552)

คุณค่าทางโภชนาการ

เมื่อคำนวณคุณค่าทางโภชนาการของเต้าหู้โดยคิดจากปริมาณน้ำหนัก 100 กรัมสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 คุณค่าทางโภชนาการของเต้าหู้

สารอาหาร(น้ำหนัก 110กรัม)	ปริมาณ	
พลังงาน	46	แคลอรี่
ความชื้น	90.0	
โปรตีน	13.5	แคลอรี่
ไขมัน	1.9	แคลอรี่
คาร์โบไฮเดรต	2.9	แคลอรี่
เส้นใยอาหาร	0.1	กรัม
แคลเซียม	250	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	53	มิลลิกรัม
เหล็ก	14.0	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	7	หน่วยสากล
ไธอามีน	0.04	มิลลิกรัม
ไรโบฟลาวิน	0.18	มิลลิกรัม
ไนอะซีน	0.7	มิลลิกรัม

ที่มา : เกตมาตุ (2548)

จะเห็นได้ว่าเต้าหู้มีโปรตีนสูง สามารถใช้แทนเนื้อสัตว์ได้ มีแคลเซียมมากมายในการนำมาบำรุงร่างกาย พร้อมทั้งมีฟอสฟอรัส ธาตุเหล็ก และวิตามินที่ร่างกายต้องการมากมาย (เกตมาตุ , 2548)

กระบวนการผลิตเต้าหู้

โดยทั่วไป เต้าหู้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเมล็ดถั่วเหลืองมาล้าง แช่น้ำ และบดด้วยน้ำ ได้เป็นถั่วเหลืองบดเหลวข้น นำไปต้มให้เดือดแล้วกรองด้วยผ้าบาง ของเหลวที่ได้มีลักษณะคล้ายน้ำนม เรียกว่า น้ำนมถั่วเหลือง เมื่อเติมสารตกตะกอนโปรตีนลงในน้ำนมถั่วเหลืองร้อนจะเกิดการฟอร์มตัวของเคิร์ด (Curd) ที่สามารถอุ้มน้ำไว้ในโครงสร้างได้สูง จากนั้นนำเคิร์ดที่ได้ไปกดทับ จะได้ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า เต้าหู้ นอกจากถั่วเหลืองแล้วยังมีเมล็ดพืชชนิดอื่นๆ ที่มีโปรตีนสูงที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เต้าหู้ได้ เช่น เมล็ดกระเจี๊ยบเขียว เมล็ดถั่วลันเตา เมล็ดถั่วชิกพี เมล็ดถั่วเขียว เมล็ดถั่วเลนทิล และเมล็ดฟาวาบีน เป็นต้น โดยสามารถสรุปกรรมวิธีการผลิตเต้าหู้ได้ดังแผนภูมิซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การเตรียมเมล็ดพืช (การแช่น้ำ หรือ/และ การเอาเปลือกออก)
การปั่นละเอียดและการสกัด
⇩
การกรอง
⇩
การให้ความร้อน
⇩
การตกตะกอน
⇩
การกดให้ขึ้นเคิร์ด
⇩
ผลิตภัณฑ์เต้าหู้

ภาพที่ 2.1. กระบวนการผลิตเต้าหู้จากเมล็ดพืชที่มีโปรตีนสูง
ที่มา : (ศิริพร, 2552)

1. การเตรียมเมล็ดพืช (Preparing)

เริ่มจากนำเมล็ดพืชไปล้างน้ำสะอาด เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกต่าง ๆ นำไปแช่น้ำ 8 - 10 ชั่วโมง เพื่อให้โครงสร้างของเซลล์นุ่มลง และเพิ่มอัตราการสกัดสารอาหารให้เร็วขึ้นปกติปริมาณน้ำที่ใช้แช่จะมากกว่าปริมาณเมล็ดพืช 2 - 3 เท่า สำหรับเมล็ดพืชที่มีเปลือกหุ้มอาจเอาเปลือกออก (dehulling) ด้วย

2. การปั่นละเอียด (Grinding) และการสกัด (extracting)

เป็นการนำเมล็ดพืชไปบดหรือปั่นให้ละเอียด แล้วเติมน้ำสะอาดตามอัตราส่วนที่เหมาะสม แล้วปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นที่ระดับความเร็วสูงสุด นานประมาณ 3 นาที แล้วนำไปกรองเอากากออกด้วยผ้าขาว

บาง หรือนำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง ที่ระดับ 1000 - 1500 กรัม นาน 15 นาที อาจนำส่วนที่เป็นกากนี้ไปทำการสกัดอีกครั้งด้วยน้ำสะอาด

3. การให้ความร้อน (Heating)

เป็นการนำเอาสารละลายที่เตรียมได้จากเมล็ดไปให้ความร้อนด้วยการต้มจนเดือดหรือต้มที่อุณหภูมิ 80 - 100 องศาเซลเซียส นาน 10 - 20 นาที เพื่อให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพและอยู่ในภาวะที่พร้อมกับการตกตะกอนโปรตีน ในสภาวะปกติ ส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ของโมเลกุลโปรตีนจะอยู่ด้านในเมื่อได้รับความร้อนโมเลกุลโปรตีนจะคลี่ออกทำให้ส่วนที่ไม่ชอบน้ำออกมาอยู่ด้านนอกและจับกันเป็นเจลต่อไปแต่หากให้ความร้อนมากเกินไป หมู่ซัลฟ์ไฮดริลในโปรตีนจะถูก ออกซิไดซ์ด้วยอากาศ ส่งผลให้ความสามารถในการเกาะกันของเจลลดลง การให้ความร้อนยังมีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายสาร antinutritonal factors ในถั่วเหลืองดิบอีกด้วย

4. การตกตะกอน (coagulating)

เป็นการเติมสารตกตะกอนลงไปที่อุณหภูมิ 75 - 85 องศาเซลเซียส คนเล็กน้อยให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เกิดการตกตะกอน นาน 20 - 30 นาที จะได้ตะกอนสีขาวขุ่น ทั้งนี้การที่โปรตีนสามารถละลายอยู่ในน้ำได้มีเหตุผลหลัก 2 ประการ คือ ส่วนที่ชอบน้ำของโมเลกุลโปรตีนสามารถเกิดแรงดึงดูดทางไฟฟ้าเอาโมเลกุลของน้ำมาล้อมรอบโมเลกุลโปรตีนได้ และอีกสาเหตุหนึ่ง คือ บนโมเลกุลของโปรตีนมีประจุไฟฟ้าสุทธิสูงกว่าแรงดึงไฟฟ้าสถิต ทำให้โมเลกุลของโปรตีนอยู่ห่างกัน ไม่สามารถรวมตัวเข้าอยู่ใกล้กัน จึงไม่สามารถตกตะกอนลงมาได้ ดังนั้นปัจจัยใดก็ตามที่สามารถเพิ่มอันตรกิริยาระหว่างโปรตีนด้วยกันเอง (protein-protein interaction) หรือลดอันตรกิริยาระหว่างโปรตีนกับน้ำ (protein-water interaction) ทำให้ความสามารถในการละลายน้ำของโปรตีนลดลง ทำให้โปรตีนตกตะกอนในที่สุด (นิรนาม, 2551)

5. ชนิดของสารตกตะกอน

โดยทั่วไป สารตกตะกอนโปรตีนแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ เกลือ กรด และเอนไซม์ ซึ่งสารตกตะกอนที่นิยมใช้ในการผลิตเต้าหู้ ได้แก่ แคลเซียมซัลเฟต แมกนีเซียมซัลเฟล กลูโคโนเดลต้าแลคโตน เป็นต้น โดยการใช้สารตกตะกอนต่างชนิดกัน จะได้เต้าหู้ที่มีคุณภาพแตกต่างกันไป เช่น

การใช้ยิปซัม (Gypsum: $CaSO_4.2H_2O$) หรือแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต จะได้เต้าหู้ที่มีกลิ่นรสด้อยกว่า มีความสามารถในการเกาะกันต่ำกว่า เนื่องจากมีความสามารถในการละลายต่ำและยากต่อการผสม แต่ได้ปริมาณผลผลิตสูงกว่าการใช้ nigari เนื่องจากมีความสามารถในการจับกับน้ำได้ดี ใช้ทำได้ทั้งเต้าหู้แข็ง เต้าหู้อ่อน และเต้าหู้หลอด ทั้งนี้เมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นเวลานาน ประสิทธิภาพในการตกตะกอนของสารละลายแคลเซียมซัลเฟตจะลดลงจึงจำเป็นต้องเตรียมสารละลายแคลเซียมซัลเฟตใหม่ทุกครั้งก่อนการใช้งาน

การใช้งาน nigari ($MgCl_2.6H_2O$) หรือแมกนีเซียมคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต จะได้เต้าหู้ที่มีรสชาติดี มีกลิ่นรสที่หวาน แต่จะมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มลื่นน้อยกว่าการใช้แคลเซียมซัลเฟต และเนื่องจากมีความสามารถในการจับน้ำไม่ดี จึงได้ปริมาณผลผลิตต่ำ โดยปฏิกิริยาการตกตะกอนจะเกิดขึ้นเร็วมากและมีช่วงระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่แคบมาก ทั้งนี้ไม่นิยมใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เต้าหู้หลอด

การใช้แคลเซียมคลอไรด์หรือแคลเซียมอะซิเตท สามารถใช้แทนการใช้แคลเซียมซัลเฟตได้ เนื่องจากได้เต้าหู้ที่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเช่นเดียวกัน อีกทั้งสารสองตัวนี้ยังมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีกว่า จึงทำการเติมและผสมได้ง่าย ส่งผลให้ได้เต้าหู้ที่มีความสามารถในการเกาะกันมากกว่า ส่วนการใช้แมกนีเซียมซัลเฟตจะเกิดปฏิกิริยาในการตกตะกอนเร็วมาก ตะกอนจับตัวกันเป็นก้อนขนาดใหญ่ ทำให้ได้เต้าหู้ที่มีเนื้อแน่นเหนียวเหมือนยาง นิยมใช้ในการทำเต้าหู้แข็ง (เพลิน, 2545)

การใช้กลูโคโนเดลต้าแลคโตน จะได้เต้าหู้ที่มีเนื้อละเอียดและเรียบลื่นมีกลิ่นรสที่ดี ปริมาณผลผลิตสูง ต้นทุนต่ำ และเก็บได้นาน แต่มีคุณภาพทางโภชนาการต่ำกว่าการใช้สารตกตะกอนประเภทเกลือ สารนี้มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีขาว มีรสหวาน และไม่มีกลิ่น โดยผลการตกตะกอนจะเกิดจากการกระทำในรูปของกรดมากกว่ารูปของเกลือ กล่าวคือ เมื่อสารนี้ละลายในน้ำและได้รับความร้อน จะเกิดการไฮโดรไลซ์อย่างช้าๆ ได้เป็นกรดกลูโคนิก (gluconic scid) ทำให้ความเป็นกรดด่างของน้ำนมถั่วเหลืองเปลี่ยนแปลงไปเป็นกรด ส่งผลให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีนถั่วเหลืองได้ (เพลิน, 2545) โดยการใช้สารนี้จะมีอัตราการตกตะกอนที่ช้ากว่าการใช้เกลือพวกแคลเซียม แต่มีข้อได้เปรียบที่สำคัญ คือ หากใช้สารนี้ในปริมาณน้อยจะสามารถผสมน้ำนมถั่วเหลืองที่เย็นได้ จึงนิยมใช้ในการทำเต้าหู้หลอด

การใช้กรดอื่น ๆ เช่น กรดแลคติก น้ำผลไม้ตระกูลส้ม น้ำมะนาว น้ำส้มสายชู เป็นต้น การเติมกรดลงไปในน้ำนมถั่วเหลือง ทำให้ความเป็นกรดด่างลดลง ส่งผลทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของเต้าหู้ได้ โดยเต้าหู้ที่ใช้กรดแลคติกเป็นสารตกตะกอน จะมีกลิ่นรสที่ดี และเนื้อสัมผัสที่ลื่นกว่าการตกตะกอนด้วยกลูโคโนเดลต้าแลคโตน ส่วยเต้าหู้ที่ใช้น้ำผลไม้ตระกูลส้มเป็นสารตกตะกอน จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสและปริมาณผลผลิตที่แย่กว่าใช้สารตกตะกอนชนิดอื่นๆ

สารตกตะกอนประเภทเอนไซม์ที่มีการนำมาใช้ ได้แก่ เอนไซม์ปาเปน (papain) เอนไซม์โปรติเอส (protease) เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส (transglutaminase: TGase) เป็นต้น โดยเอนไซม์ปาเปนที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1 - 3 สามารถใช้ในการทำเต้าหู้หลอดได้ ทั้งนี้เอนไซม์ปาเปนจะถูกทำลายที่อุณหภูมิสูงกว่า 70 องสาเซลเซียส ส่วนการใช้เอนไซม์โปรติเอสเป็นสารตกตะกอนจะได้เต้าหู้ที่มีเนื้อสัมผัสเรียบลื่น และสำหรับเอนไซม์กลูตามิเนสต้องการแคลเซียมช่วยในการยึดสารตั้งต้นกับโครงสร้างของเอนไซม์หรือเร่งการเกิดอันตรกิริยาโดยตรงแต่หากเป็นเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่สกัดจากจุลินทรีย์ (microbial transglutaminase:MTGase) จะไม่ต้องการแคลเซียมในการเร่งการเกิดอันตรกิริยา โดยการใช้เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่สกัดจากจุลินทรีย์ จะได้เต้าหู้ที่มีความคงทนต่อการรีทอร์ทได้ดีกว่าการใช้สารตกตะกอนชนิดอื่นๆ

6. การกดให้ขึ้นเคิร์ด

ตักส่วนที่เป็นตะกอน ใส่ลงในพิมพ์ที่มีผ้าขาวบางปูไว้ และกดทับจากด้านบน เพื่อทำให้ตะกอนโปรตีนเกาะจับกันเป็นก้อน ส่วนที่เป็นน้ำจะถูกแยกออกมา โดยความแน่นของเนื้อเคิร์ดจะขึ้นอยู่กับแรงกดและระยะเวลาที่กด นิยมใช้แรงกดประมาณ 2 กิโลกรัม หรือความดัน 20 - 100 กรัมต่อตารางเซนติเมตร และ

ใช้เวลากดทับนานประมาณ 20 - 60 นาที จากนั้นทำให้เย็นแล้วนำไปตัดแบ่งและบรรจุ ทั้งนี้หากนำเต้าหู้ไปใส่ในน้ำเย็นจะเก็บได้นาน 1 - 14 วัน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายนอก

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพเต้าหู้

ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อกระบวนการผลิต ลักษณะ และคุณภาพเต้าหู้ มีดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิในขั้นตอนการบด

อุณหภูมิในการบดมีผลต่อคุณภาพของเต้าหู้ กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิในการบดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 50 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้ความแน่นเนื้อของเต้าหู้ลดลงเนื่องจากอุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณหมู่ซัลฟ์ไฮดริลจะถูกทำลาย ทำให้มีปริมาณลดลง (Liu, 1997)

2. อุณหภูมิในการตกตะกอน

อุณหภูมิของน้ำนมถั่วเหลืองในขณะเติมสารตกตะกอน มีผลต่ออัตราการตกตะกอนและคุณภาพของเต้าหู้ โดยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นและความยืดหยุ่นของเต้าหู้จะเพิ่มขึ้น กล่าวคือ ที่อุณหภูมิสูงโปรตีนจะมีพลังงานสูง จึงนำไปสู่การตกตะกอนอย่างรวดเร็ว ทำให้ได้เต้าหู้ที่มีร่างแหขนาดเล็ก ความสามารถจับกับน้ำต่ำ เนื้อสัมผัสแข็ง และปริมาณผลผลิตต่ำ ส่วนถ้ามีอุณหภูมิในขณะเติมสารตกตะกอนต่ำ จะเกิดการตกตะกอนได้ไม่สมบูรณ์ เต้าหู้ที่ได้มีน้ำมากและนิ่มเกินกว่าที่จะรักษารูปร่างไว้ได้ ทั้งนี้ช่วงอุณหภูมิในการตกตะกอนที่เหมาะสม คือ 70 – 80 องศาเซลเซียส โดยหากอุณหภูมิในการตกตะกอนต่ำกว่า 70 องศาเซลเซียส เต้าหู้ที่ได้มีลักษณะนิ่มเละ แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส เต้าหู้ที่ได้จะแข็งมีความสามารถในการเกาะกันและปริมาณผลผลิตต่ำ (Liu, 1997)

3. การผสมสารตกตะกอน

การเติมสารตกตะกอนด้วยวิธีเทลงไปในน้ำเต้าหู้โดยไม่มีการผสม จะได้เคิร์ดที่เรียบและแน่น และหากใช้อัตราผสมเร็วขึ้น เต้าหู้ที่ได้จะมีความแข็งและยืดหยุ่นมากขึ้น มีปริมาณของแข็งและโปรตีนเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำและการจับน้ำลดลง ทำให้ปริมาณผลผลิตต่ำโดยการใช้อัตราการผสมที่ความเร็วต่ำกว่า 250 รอบต่อนาที จะได้เต้าหู้ที่นิ่มและมีน้ำมาก มีปริมาณของแข็งและโปรตีนต่ำ แต่ถ้าหากใช้ความเร็วในการผสมสูงกว่า 250 รอบต่อนาที เต้าหู้จะมีรูหยาบๆ และได้ปริมาณผลผลิตต่ำ ทั้งนี้การใช้เวลาในการผสม 5, 10, 15 และ 20 วินาที ได้ปริมาณผลผลิตไม่แตกต่างกัน แต่การใช้เวลาในการผสม 30 วินาที จะได้ปริมาณผลผลิตลดลง (Liu, 1997)

4. ระยะเวลาในการตกตะกอน

ระยะเวลาในการตกตะกอนมีผลต่อลักษณะและคุณภาพของเต้าหู้ โดยถ้าให้เวลาในการตกตะกอนน้อยเกินไป จะเกิดการตกตะกอนได้ไม่สมบูรณ์ แต่หากให้เวลาในการตกตะกอนมากเกินไป อุณหภูมิของระบบจะลดลง ทำให้ยากต่อการขึ้นรูป ทั้งนี้ในการทำเต้าหู้หลอดนิยมใช้เวลาในการตกตะกอนนาน 30 นาที เต้าหู้อ่อนจะใช้เวลาในการตกตะกอนนาน 20 – 25 นาที ส่วนเต้าหู้แข็งจะใช้เวลาในการตกตะกอนนาน 10 – 15 นาที (Liu, 1997)

5. สภาวะในการเทใส่แบบพิมพ์

หลังจากการตกตะกอนโปรตีน เคิร์ดของเต้าหู้จะถูกทำให้แตก นำไปใส่ในแม่พิมพ์และกดทับเพื่อเอาน้ำเวย์ออกจากเคิร์ด มีผลทำให้เต้าหู้ที่ได้มีความแน่นเนื้อสูงขึ้น ซึ่งในขั้นตอนนี้ มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ อุณหภูมิของเคิร์ดขณะทำการเทใส่พิมพ์ แรงกดและระยะเวลาที่ใช้ในขณะกดทับ ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของเต้าหู้ดังนี้

ถ้าอุณหภูมิของเคิร์ดขณะทำการเทใส่พิมพ์สูงเกินไป โปรตีนจะไม่สามารถรวมตัว อย่างสมบูรณ์และยังคงมีน้ำเหลืออยู่ในเคิร์ด แต่หากอุณหภูมิขณะเทใส่พิมพ์ต่ำเกินไปจะทำให้สามารถกำจัดน้ำออกจากเคิร์ดได้ง่าย แต่โปรตีนจะเกิดการรวมตัวกันได้ไม่สมบูรณ์ โดยอุณหภูมิขณะเทใส่พิมพ์ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 68 – 70 องสาเซลเซียส ทั้งนี้ไม่ควรต่ำกว่า 65 องสาเซลเซียส

ในขณะกดทับ แรงกดจะช่วยให้โปรตีนเกิดการรวมตัวกันและทำให้ความแน่นเนื้อสูงขึ้น แต่ถ้าแรงกดสูงเกินไป จะเกิดการแตกของโครงสร้างร่างแหของเต้าหู้ และถ้าใช้ระยะเวลาในการกดทับนานเกินไป จะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมาก ทั้งนี้ในการทำเต้าหู้อ่อนอาจกดทับด้วยน้ำหนักน้อยๆ ก่อน หรือใช้ความดันประมาณ 2 – 4 กรัมต่อตารางเซนติเมตร นาน 5 นาที แล้ว จึงเพิ่มเป็น 15 กรัมต่อตารางเซนติเมตร นาน 10 – 15 นาที ส่วนการทำเต้าหู้แข็งควรใช้ความดัน 20 – 100 กรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลานาน 20 – 30 นาที (Liu, 1997)

งาและประโยชน์

งา (sesame) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Sesamum indicum L.* อยู่ในวงศ์ Pedaiaceae งาในปัจจุบันมีหลายพันธุ์ แตกต่างกันตามขนาดเม็ด รูปร่าง ลำต้น สีดอกและเมล็ด ระยะเวลาการปลูกการตกฝัก และอื่นๆ บางชนิดมีเมล็ดขาว ดำ เหลือง บางชนิดมีสีน้ำตาล แล้วแต่ชนิดของพันธุ์ (วิทย์, 2536) งาเป็นไม้พุ่มเนื้ออ่อนเป็นพืชล่มลุกชนิดหนึ่ง ปลูกในเขตร้อนชุมชื้นและเขตกึ่งร้อนชื้นเป็นส่วนใหญ่ งามีแหล่งกำเนิดอยู่ในประเทศเอธิโอเปียแล้วแพร่ไปยังอินเดีย จีน ยุโรป แอฟริกาเหนือ และเอเชียใต้ งาเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจไม่น้อยกว่าพืชทั้งหลาย จึงเป็นที่สนใจและปลูกกันมากทั่วประเทศ อีกทั้งงายังเป็นพืชที่มีระยะเวลาการปลูกสั้นประมาณ 4 - 6 เดือน เกษตรกรไทยจึงนำไปปลูกเป็นพืชหมุนเวียนเสริมรายได้ให้กับครอบครัว (นิรนาม, 2528) งาที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งตามลักษณะสีของเมล็ดได้ 3 ชนิด (นิรนาม, 2528) ดังนี้

งาดำ แบ่งออกเป็นงาดำบุรีรัมย์ ปลูกมากบริเวณแถบอำเภอสตึก จังหวัดบุรีรัมย์และอำเภอพยัมภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม ผลผลิตประมาณไร่ละ 60 - 90.00 กิโลกรัม งาดำนครสวรรค์ ปลูกมากแถบภาคกลางตอนบนและภาคเหนือ

งาขาวแบ่งออกเป็นงาขาวพันธุ์ไม้เมืองชัยบาดาล ปลูกกันมากในเขตอำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี อำเภอหนองไผ่ อำเภอวิเชียรบุรี และอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ละ 50 - 80 กิโลกรัม งาขาวพันธุ์พื้นเมืองเลย ปลูกมากในแถบอำเภอท่าลี่ อำเภอภูกระดึง จังหวัดเลย งาขาวพันธุ์ร้อยเอ็ดเป็นงาขาวพันธุ์ใหม่ เป็นงาขาวที่นำเข้าจากต่างประเทศ

งาดำแดง หรือเรียกว่างาเกษตร นิยมปลูกมากบริเวณในเขตภาคเหนือ และภาคกลางตอนบน ได้แก่ จังหวัดพิษณุโลก สุโขทัย นครสวรรค์ กำแพงเพชร ลพบุรี และแม่ฮ่องสอน

1. คุณลักษณะ

เมล็ดงาขนาดเล็กมีรสหวานเล็กน้อยมีผิวมัน เมล็ดงามีน้ำมันสูงประมาณร้อยละ 35 - 60 น้ำมันที่สกัดจากเมล็ดงาเป็นน้ำมันพืชที่มีคุณภาพสูง มีความคงทนต่อการเหม็นหืน เนื่องจากน้ำมันมีสาร Sesamin และ Sesamolin อยู่ตามธรรมชาติ ประมาณร้อยละ 0.5 – 1 ตามลำดับ สารทั้ง 2 ชนิด เป็นสารกันหืนธรรมชาติ ทำให้มีความต้านทานต่อการปฏิกิริยาออกซิเดชัน(oxidation reaction) ดังนั้นน้ำมันงาจึงไม่จำเป็นต้องใช้สารกันหืน ก็สามารถเก็บใช้ได้ตามปกตินอกจากนี้น้ำมันงายังประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) ประมาณร้อยละ 15 แต่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) ถึงร้อยละ 85 โดยมีกรดลิโนเลอิก (Linoleic acid) ประมาณร้อยละ 42 – 48 การมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง โดยเฉพาะกรดลิโนเลอิกจะช่วยควบคุมระดับโคเลสเตอรอลในเลือดไม่ให้มีมากเกินไปป้องกันไม่ให้หลอดเลือดแข็ง ป้องกันโรคหัวใจและโรคที่เกี่ยวกับหลอดเลือดบางชนิด รวมทั้งให้ความชุ่มชื้นแก่ผิวหนัง งามีโปรตีนประมาณร้อยละ 20 – 27 ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่สำคัญ (Essential amino acid) เช่น lysine ประมาณร้อยละ 2.9 Methionine ประมาณร้อยละ 3.3 ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าโปรตีนจากธัญพืชและถั่วต่าง ๆ (วีระศักดิ์และวิไลศรี, 2539)

ตารางที่ 2.4 กรดอะมิโนชนิดต่างๆ ในเมล็ดงาและกากงาเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองกากถั่วเหลือง และไข่ไก่

กรดอะมิโน	งาดำ[1]	งาขาว[1]	กากงา[2]	ถั่วเหลือง[1]	กากถั่วเหลือง[2]	ไข่ไก่ทั้งฟอง[1]
Arginine	12.5	11.8	5.11	7.3	3.18	6.2
Histidine	2.2	2.4	1.00	2.9	1.11	2.1
Lysine	2.9	3.5	1.22	6.8	2.73	6.3
Phenylalanine	6.2	6.3	3.29	5.3	3.82	5.7
Methionine	3.3	3.8	1.20	1.7	0.59	3.2
Leucine	8.9	7.4	2.73	8.0	3.39	9.0
Isoleucine	3.9	3.7	1.68	6.0	2.17	6.2
Valine	3.5	3.6	2.16	5.3	2.24	7.0
Threonine	3.6	3.9	1.49	3.9	1.72	4.9

ที่มา : [1] Block และ Weiss (1957)

[2] Scott et. at. (1984)

สำหรับที่รับประทานมังสวิรัติ จำเป็นต้องกินข้าวกล้อง ถั่วเหลือง และงา เป็นอาหารหลักเนื่องจากโปรตีนที่ได้จากถั่วเหลืองนั้นถือว่าเป็นโปนตีนที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากขาดกรดอะมิโน เมทไธโอนีน แต่เมทไธโอนีนมีมากในโปรตีนจากงาขาวกล้องและข้าวโพด ดังนั้นเมื่อกินข้าวกล้อง ถั่วเหลืองและงา จึงได้โปรตีนที่ครบสมบูรณ์ งาเป็นอาหารที่มีแร่ธาตุมาก คือมีอยู่ร้อยละ 4.1 - 6.5 ที่สำคัญคือ ธาตุเหล็ก ไอโอดีน สังกะสี แคลเซียม ฟอสฟอรัส งามีแคลเซียมมากกว่าพืชผักทั่วไป 40 เท่า มีฟอสฟอรัสมากกว่าพืชผักทั่วไป 20 เท่า ธาตุสองชนิดนี้เป็นธาตุสำคัญในการเสริมสร้างกระดูก เด็กในวัยกำลังเจริญเติบโตและสตรีในวัยหมดประจำเดือน ซึ่งมีความบกพร่องของฮอร์โมนเอสโตรเจนทำให้มีการดึงแคลเซียมออกจากกระดูก และมีโอกาสเป็นโรคกระดูกได้สูงจึงควรบริโภคงา อย่างไรก็ตาม อัตราส่วนของธาตุแคลเซียม และฟอสฟอรัสในงา ซึ่งอยู่ประมาณ 2:1 เป็นอัตราส่วนที่ไม่ได้สัดส่วน การมีธาตุใดธาตุหนึ่งมากเกินไปจะทำให้อัตราการดูดซึมลดต่ำลง อัตราส่วนที่เหมาะสมของธาตุอาหารทั้งสองชนิดในผู้ใหญ่ คือ 1:1 เด็กอ่อน 1.5:1 และเด็กโต 1.2:1 ดังนั้นเพื่อให้อัตราส่วนของธาตุอาหารทั้งสองชนิดอยู่ในระดับที่เหมาะสมจึงควรจะบริโภค ถั่วเหลืองร่วมกับงาในอัตราส่วน 1 : 2 และในถั่วเหลืองก็มีธาตุแคลเซียม และฟอสฟอรัสมากพอสมควร คือร้อยละ 0.24 และ 0.52 ตามลำดับ (นิรนาม,2533) นอกจากนั้นงายังเป็นอาหารที่อุดมไปด้วยวิตามินบี คือมีทั้งวิตามิน บี1, บี2, บี3, บี5, บี6 และบี9 ไบโอติน โคลิน ไอโนสิตอล กรดพาราอะมิโนเบนโซอิค ซึ่งวิตามินบีนี้จะช่วยบำรุงประสาทหรืออาการไม่สบายต่าง ๆ ที่เกิดจากระบบประสาท เช่น นอนไม่หลับ อ่อนเพลียเหน็บชา ปวดเส้นตามตัว เบื่ออาหาร ท้องผูกเมื่อยสายตา งามีวิตามินอยู่เกือบทุกชนิดเดียวคือ วิตามินบี12 และในงายังมีสารเลซิตินซึ่งเป็นสารอีกชนิดหนึ่งที่ช่วยลดโคเลสเตอรอลในเส้นเลือดได้ และยิ่งไปกว่านั้นยังมีนักวิทยาสตร์บางท่านเชื่อว่า สารเซซามอล ที่มีอยู่ในงา เป็นสารป้องกันมะเร็ง และทำให้ร่างกายแก่ช้าลง(พัชรี, 2548)

2. ประโยชน์ของงา

การเป็นอาหาร การบริโภคเมล็ดงาโดยตรง โดยนิยมคั่วให้หอมโรยใส่ขนม หรือ ผสมในอาหารต่างๆ (ถนอม, 2532) เช่น ถั่วแปบ ทองม้วน กระยาสารท ถั่วตัด หรือ ผสมในน้ำจิ้มสุกี้ยากี้ นำราดข้าวหมูแดง หรืออาจบริโภคเมล็ดงา โดยการคั่วงาขาวหรืองาดำ แล้วบดหรือปั่นให้ละเอียดก็ได้ นอกจากนั้น แป้งงาโปรตีนสูงที่ได้จากการสกัดน้ำมันงา ซึ่งมีคุณสมบัติ คือ มีโปรตีนสูง และไขมันต่ำ สามารถใช้ผสมกับแป้งถั่วเหลือง เพื่อทำผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนต่างๆ สำหรับการทำขนมอบต่าง ๆ และนิยมผสมแป้งที่ทำขนมอบทั่ว ๆ ไป เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี เพื่อเพิ่มกลิ่นและความทนต่อการเสื่อมเสียเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน (วีระศักดิ์ และวิไลศรี, 2539)

การรับประทานงาจะรับประทานทั้งเมล็ด โดยปกติจะใช้การคั่ว บางครั้งจะใช้การอบ ซึ่งการคั่วจะทำโดยคั่วในกระทะ ซึ่งต้องมีการคนอยู่ตลอดเวลา เพื่อป้องกันไม่ให้เมล็ดงาไหม้ หรือเกรียมจึงเกินไป สำหรับการอบจะอบในเตาอบไฟฟ้า เป็นเวลา 12 - 15 นาที ที่อุณหภูมิประมาณ 175 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้กลิ่นรสที่ดี ถ้าต้องการกลิ่นรสงาที่เข้มขึ้นจะเติมงาบด ลงไปผสมด้วย หรืออาจจะมีการพรมน้ำมันลงไปเล็กน้อยระหว่างการอบ

ตารางที่ 2.5 คุณค่าทางโภชนาการของงาดำ

คุณค่าทางโภชนาการ		งาดำดิบ	งาดำคั่ว
พลังงาน	(กิโลแคลอรี)	553	562
ความชื้น	(กรัม)	5.3	2.3
โปรตีน	(กรัม)	21.9	23.3
ไขมัน	(กรัม)	46.3	52.1
คาร์โบไฮเดรต	(กรัม)	12.1	0
Crude fiber	(กรัม)	9.9	16.1
Dietary Fiber	(กรัม)	-	15.7
เถ้า	(กรัม)	4.5	7.0
แคลเซียม	(มิลลิกรัม)	1,100	1452
ฟอสฟอรัส	(มิลลิกรัม)	570	-
เหล็ก	(มิลลิกรัม)	16.0	22.0
วิตามิน เอ	(IU)	35	60
ไทอามิน	(มิลลิกรัม)	0.82	0.97
ไรโบฟลาวิน	(มิลลิกรัม)	0.28	1.11
ไนอะซิน	(มิลลิกรัม)	4.1	1.5

ที่มา : กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2535)

ตารางที่ 2.6 คุณค่าทางโภชนาการน้ำมันงา

คุณภาพของอาหาร	คุณค่าทางโภชนาการ(ร้อยละ)
น้ำมันงาประมาณ	40-59
กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Oleic acid)	47
Lionleic acid ประมาณ	39
โปรตีน	17-18
คาร์โบไฮเดรต	9.0-17.2
แร่ธาตุ	2.3-2.33
กากและเยื่อใย	2.5-2.6
วิตามินอีและสารประกอบ Lignan สูง	

ที่มา : พัชรี (2548)

ตารางที่ 2.7 การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของงาขาวและงาดำ

คุณภาพของอาหาร	งาขาว		งาดำ	
พลังงาน	658.00	กิโลแคลอรี่	603.00	กิโลแคลอรี่
น้ำ	3.90	กรัม	4.20	กรัม
โปรตีน	20.90	กรัม	20.60	กรัม
ไขมัน	57.11	กรัม	48.20	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	15.00	กรัม	21.80	กรัม
เส้นใย	4.60	กรัม	9.90	กรัม
เถ้า	3.10	กรัม	2.50	กรัม
แคลเซียม	86.00	มิลลิกรัม	1228.00	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	650.00	มิลลิกรัม	584.00	มิลลิกรัม
เหล็ก	7.40	มิลลิกรัม	8.80	มิลลิกรัม
วิตามิน				
เบต้าแคโรทีน	-		-	
วิตามินเอรวม	-		-	
วิตามินอี	-		-	
ไทอะมีน	1.08	มิลลิกรัม	0.94	มิลลิกรัม
ไรโบฟลาวิน	0.11	มิลลิกรัม	0.27	มิลลิกรัม
ไนอะซิน	3.30	มิลลิกรัม	3.50	มิลลิกรัม
วิตามินซี	-		-	

ที่มา : พัชรี(2548)

ประโยชน์ของงาดำ

ใช้ทำอาหาร ขนมแล้วยังใช้ทำน้ำมันระเหย โดยบีบจากเมล็ด น้ำมันใส่บาดแผล ถูทาแก้เคล็ดขัดยอก พบว่างำดามีสาร beta-sitosterol ซึ่งมีฤทธิ์ ลดการอักเสบได้ ตามตำรายาไทยระบุว่าใบ ทำให้ผมดกดำ เมล็ด บำรุงกำลัง บำรุงร่างกาย น้ำมันงาบำรุงผิว ไม่ระบุส่วนใช้ ทำให้ร่างกายอบอุ่น บำรุงกำลัง ตำราแพทย์จีนโบราณจัดเป็นยาหวาน ฤทธิ์ปานกลาง บำรุงกาลัง ช่วยในการระบาย แก้ท้องผูก รักษาแผลในกระเพาะอาหาร ช่วยถอดพิษ ขับพยาธิตัวกลม หมอพื้นบ้านในชุมชนไทยใหญ่และชุมชนพม่าจะใช้น้ำมันงาทารักษาโรคปวดข้อ เคล็ดขัดยอก ข้อบวมและข้อเท้าแพลง เมล็ดงาดำมีน้ำมันสูงถึงร้อยละ 35 -57 น้ำมันที่สกัดได้เป็นน้ำมันที่ดีเยี่ยม คือ มีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง กรดนี้ช่วยควบคุมระดับโคเลสเตอรอลไม่ให้มีมากเกินไป ป้องกันไม่ให้หลอดเลือดแข็ง ป้องกันโรคหัวใจและโรคเกี่ยวกับหลอดเลือดบางชนิด โปรตีนในงามีมากเป็นที่จำเป็นสาหรับผู้ที่ถือมังสวิรัติ สำหรับผู้ที่ไม่รับประทานเนื้อจะพึ่งโปรตีนจากถั่ว ซึ่งเป็นโปรตีนที่ขาด

กรดอะมิโนที่ชื่อเมธิโอนีน ซึ่งเมธิโอนีนกลับมีมากในโปรตีนของงาดำ ดังนั้นถ้ากินถั่วพร้อมกับงาดำ เราจะได้รับโปรตีนครบถ้วน (พัชรี, 2548)

งาเป็นอาหารที่มีแร่ธาตุมาก ที่สำคัญคือ ธาตุเหล็ก ไอโอดีน สังกะสี แคลเซียม ฟอสฟอรัส งามีแคลเซียมมากกว่าพืชผักทั่วไปถึง 40 เท่า มีฟอสฟอรัสมากกว่าพืชผักทั่งไปถึง 20 เท่า ซึ่งธาตุสองตัวที่สำคัญในการเสริมสร้างกระดูก ฉะนั้นควรให้เด็กๆ กินงา กระดูกจะได้แข็งแรงเจริญเติบโตสูงใหญ่ สำหรับสุภาพสตรีในวัยหมดประจำเดือนจะบกพร่องในฮอร์โมนเอสโตรเจน ทำให้มีการดึงแคลเซียมออกมาจากกระดูก โอกาสที่จะเป็นโรคกระดูกเสื่อมมีมาก งายังเป็นอาหารที่อุดมไปด้วยวิตามินบี คือนอกจากจะมีวิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 3 อยู่มากแล้ว ยังมี วิตามินบี 5 วิตามินบี 6 วิตามินบี 9 ไบโอติน โคลิน ไอโนสิตอล กรอพาลาอะมิโนเบนโซอิก และเนื่องจากกลุ่มวิตามินบี ช่วยบำรุงประสาท ดังนั้น หากมีอาการไม่สบายต่างๆ ที่เกิดจากระบบประสาท เช่น นอนไม่หลับ อ่อนเปลี้ยเพลียแรง เป็นเหน็บชา ปวดเส้นตามตัว แขนขา เบื่ออาหาร ท้องผูก เมื่อยสายตา ควรหันมารับประทานงาเป็นประจำ "น้ำมันงา" (Sesame 0il หรือ Teel oil หรือ Benne oil หรือ gingelly oil) คือ การคิดค้นวิธีแปรรูปงาขาวได้รับความนิยมนำมาผลิตเป็นน้ำมัน เพราะมีกลิ่นหอม รสชาติดี เหมาะกับการปรุงอาหาร ส่วนงาดำนั้นใช้ทำยามีรสชาติขมนิดๆ แต่พบว่างาดำมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่า จึงใช้งาดำเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต ส่วนน้ำมันงาที่ได้จากการบีบงาโดยใช้ความร้อน (cold expeerssion) เรียกว่าน้ำมันงาเชย สตรีไทยโบราณใช้น้ำมันงาเชยประทินผิวให้ผิวสวยเนียน ส่วนแพทย์แผนโบราณใช้หุงผสมกับน้ำคั้นสมุนไพรต่างๆรวมกัน เคี่ยวจนเหลือแต่น้ำมัน สำหรับใช้ทาภายนอก เป็นยาทา ถู นวด มักใช้ผสมยาทา สำหรับกระดูกหัก ทานวดเคล็ด ยอก ปวด บวม หรือใช้บำรุงรากผม (พัชรี, 2548)

2. การเป็นยารักษาโรค

งาดำนั้นใช้ทำยามีรสชาติขมนิดๆ แต่พบว่างาดำมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่า จึงใช้งาดำเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต ส่วนน้ำมันงาที่ได้จากการบีบงาโดยใช้ความร้อน (cold expeerssion) เรียกว่าน้ำมันงาเชย สตรีไทยโบราณใช้น้ำมันงาเชยประทินผิวให้ผิวสวย เนียน ส่วนแพทย์แผนโบราณใช้หุงผสมกับน้ำคั้นสมุนไพรต่างๆรวมกัน เคี่ยวจนเหลือแต่น้ำมัน สำหรับใช้ทาภายนอก เป็นยาทา ถู นวด มักใช้ผสมยาทา สำหรับกระดูกหัก ทานวดเคล็ด ยอก ปวด บวม หรือใช้บำรุงรากผม (พัชรี, 2548)

นิรนาม (2541) รายงานว่านอกจากงาจะเป็นอาหารที่มีคุณค่าสูงแล้ว งายังมีสรรพคุณด้านยาอีกด้วยสรรพคุณของงาในการใช้ยารักษาโรค พอจะรวบรวมได้ดังนี้

- รักษาอาการปวดเข่าข้อล้า รับประทานงาคั่ว วันละ 2 - 3 ช้อนโต๊ะ ประมาณ 2 - 3 อาทิตย์
- รักษาอาการอ่อนเพลีย รับประทานงาคั่วผสมข้าว วันละ 2 - 3 ช้อนโต๊ะ ประมาณ 2 -3 อาทิตย์
- รักษาอาการเหน็บชานำเมล็ดงา 1 ลิตร รำปลายข้าวสาร 1 ลิตร กระเทียมหั่นบางๆ 1 กำมือ มาคั่วให้สุก บดเป็นผงผสมน้ำผึ้ง น้ำตาล รับประทานประมาณ 1 เดือน

- รักษาอาการคัดจมูก รับประทานงาคั่วป่น 2 ช้อนโต๊ะ คลุกกับข้าวหรือผสมน้ำเต้าหู้ในช่วงเช้าใช้เวลา 2 - 3 วัน

- รักษาอาการหวัดแพ้อากาศ รับประทานงาวันละ 4 ช้อนโต๊ะ ประมาณ 1 เดือน

- รักษาอาการท้องผูก รับประทานงาคั่วใส่เกลือป่นเล็กน้อย ผสมกับข้าว

- รักษาอาการปวดประจำเดือน รับประทานงาผง ½ ช้อนชา วันละ 2 ครั้ง เป็นประจำ

- บำรุงสมอง ใช้งาผง 1 ส่วน ผงมะขามป้อม 1 ส่วน ผสมกับน้ำผึ้งรับประทานครั้งละ 1 - 2 ช้อนชา วันละ 1 ครั้ง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เสาวลักษณ์(2543) ได้ทำการศึกษาผลของสภาพกรด-เบส ต่อการจับก้อนของโปรตีนในน้ำนมถั่วเหลือง และศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำนมถั่วเหลืองที่อุณหภูมิต่างๆ โดยวิธีวัดค่า pH ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความขุ่น และเวลาการไหล พบว่าน้ำนมถั่วเหลืองเริ่มเกิดการจับก้อนเมื่อเติมสารละลายกรดที่มีความเข้มข้น 0.03 มิลลิโมลาร์ (pH ประมาณ 4) แต่เมื่อเติมสารละลายเบส พบว่าน้ำนมถั่วเหลืองไม่เกิดการจับก้อนเลย เมื่อให้ความร้อนกับน้ำนมถั่วเหลือง จะสังเกตผลได้เช่นกันว่าจะมีการจับก้อนเกิดขึ้นที่อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส

นิรนาม (2551)ได้ทำการศึกษาเรื่องการตกตะกอน (coagulaying)เป็นการเติมสารตกตะกอนลงไปที่อุณหภูมิ 75 - 85 องศาเซลเซียส คนเล็กน้อยให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เกิดการตกตะกอน นาน 20 - 30 นาที จะได้ตะกอนสีขาวขุ่น ทั้งนี้การที่โปรตีนสามารถละลายอยู่ในน้ำได้มีเหตุผลหลัก 2 ประการ คือ ส่วนที่ชอบน้ำของโมเลกุลโปรตีนสามารถเกิดแรงดึงดูดทางไฟฟ้าเอาโมเลกุลของน้ำมาล้อมรอบโมเลกุลโปรตีนได้ และอีกสาเหตุหนึ่ง คือ บนโมเลกุลของโปรตีนมีประจุไฟฟ้าสุทธิสูงกว่าแรงดึงไฟฟ้าสถิต ทำให้โมเลกุลของโปรตีนอยู่ห่างกัน ไม่สามารถรวมตัวเข้าอยู่ใกล้กัน จึงไม่สามารถตกตะกอนลงมาได้ ดังนั้นปัจจัยใดก็ตามที่สามารถเพิ่มอันตรกิริยาระหว่างโปรตีนด้วยกันเอง (protein-protein interaction) หรือลดอันตรกิริยาระหว่างโปรตีนกับน้ำ (protein-water interaction) ทำให้ความสามารถในการละลายน้ำของโปรตีนลดลง ทำให้โปรตีนตกตะกอนในที่สุด

ศิริพร(2552) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืช โดยทำการศึกษาอัตราส่วนของกากงาขาว ลูกเดือย และข้าวโพดที่เหมาะสมโดยวิเคราะห์ด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง (response suface methodology) แบบ mixture design พบว่า อัตราส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสม คือ กากงาขาวร้อยละ 69 ผสมกับลูกเดือยร้อยละ 31 (โดยน้ำหนัก) ทั้งนี้ไม่ใส่ข้าวโพดเนื่องจากข้าวโพดทำให้เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่ได้มีความสามารถในการเกาะกันต่ำ ส่วนสภาวะการให้ความร้อนที่เหมาะสม คือ การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที และทำการตกตะกอนด้วยการเติมแมกนีเซียมซัลเฟตร้อยละ 3 ของน้ำหนักวัตถุดิบและใช้เวลาตกตะกอนนาน 40 นาที ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ พบว่า เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชที่ได้มีปริมาณความชื้นร้อยละ 71.44 ±

0.11 โปรตีนร้อยละ 15.67 ± 0.02 ไขมันร้อยละ6.49 ± 0.04 เส้นใยร้อยละ 0.10 ± 0.01 เถ้าร้อยละ 2.07 ± 0.14 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 4.23 ± 0.09 (โดยน้ำหนักสด) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 2.3×10^{1} โคโลนีต่อกรัม ปริมาณยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ค่า TBA เท่ากับ 0.06 ± 0.00 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ความแข็งเท่ากับ 448.80 ± 4.95 กรัม ความยืดหยุ่นเท่ากับ 0.76 ± 0.05 ความสามารถในการเกาะกันเท่ากับ 0.45 ± 0.04 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เท่ากับ 0.99 ± 0.00 และร้อยละการขับน้ำออกจากเจลเท่ากับร้อยละ 20.74 ± 0.02 และการศึกษาโครงสร้างของเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า โครงสร้างของเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวธัญพืชประกอบไปด้วยอนุภาคที่มีลักษณะทรงกลมมาเกาะกันเป็นกลุ่มอย่างหลวมๆ โดยมีอนุภาคที่มีขนาดใหญ่และมีลักษณะเป็นแผ่นยาวแทรกอยู่ทั่วไป ช่องว่างมีขนาดใหญ่และไม่สม่ำเสมอ การศึกษาอายุการเก็บรักษา พบว่า เมื่อเก็บรักษาเต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชในกล่องพลาสติกปิดสนิทที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีอายุการเก็บรักษา 5 วัน ส่วนการทดสอบการยอมรับ พบว่า เต้าหู้อ่อน จากกากงาขาวและธัญพืชมีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมเท่ากับ 5.70 ± 1.15, 5.30 ± 1.25, 5.11 ± 1.31, 5.58 ± 1.40 และ 5.39 ± 1.23 ตามลำดับ และกลุ่มผู้บริโภคมีความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืชในระดับอาจจะซื้อและซื้อแน่นอนรวมร้อยละ 42.7 และไม่แน่ใจร้อยละ 37.7 โดยเหตุผลหลักที่สนใจซื้อคือเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยแบ่งเป็น

1. วัตถุดิบ ได้แก่

งาดำ ตราไร่ทิพย์ ผลิตโดย บริษัท ไร่ธัญญะ จำกัด จังหวัดนนทบุรี

ถั่วเหลืองซีก ตราไร่ทิพย์ ผลิตโดย บริษัท ไร่ธัญญะ จำกัด จังหวัดนนทบุรี

2. สารเคมี ได้แก่

แมกนีเซียมซัลเฟต/ดีเกลือ($MgSO_4.7H_2O$)

แคลเซียมซัลเฟต/เจ๊ียะกอ($CaSO_4.2H_2O$)

อุปกรณ์

อุปกรณ์แบ่งเป็น

1. อุปกรณ์แปรรูป ได้แก่

เครื่องปั่นของแห้ง	เครื่องปั่นผสม
อ่างผสมสแตนเลส	บล็อกเต้าหู้
ผ้าขาวบาง	

2. อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่

เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง	รุ่น ED Series	ยี่ห้อ Sartorius
ตู้อบลมร้อน	รุ่น W – GERMANY	ยี่ห้อ Memmert
ตู้ดูดความชื้น	รุ่น ED/FD	ยี่ห้อ Oven
เครื่องวิเคราะห์ค่าสี	รุ่น Color Flex	ยี่ห้อ Hunter Lab

วิธีการวิจัย

1. การศึกษาชนิดของสารตกตะกอนและปริมาณงาดำที่เหมาะสมในการทำเต้าหู้แข็ง

ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้(ภาพที่ 3.1)

1.1 การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

นำถั่วเหลืองแช่น้ำนาน 8 ชั่วโมง มาล้างทำความสะอาด ขยี้เอาเปลือกออก พักให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำถั่วเหลืองปั่นผสมกับน้ำสะอาดในปริมาณ 4 เท่า ด้วยความเร็วสูงสุด(ระดับ 2) นาน 2 – 3 นาที จนถั่วเหลืองละเอียด แล้วจึงกรองเอากากถั่วเหลืองออกด้วยผ้าขาวบาง เอาส่วนที่ได้ซึ่งเรียกว่า น้ำนมถั่วเหลือง

1.2 การเตรียมงาดำ

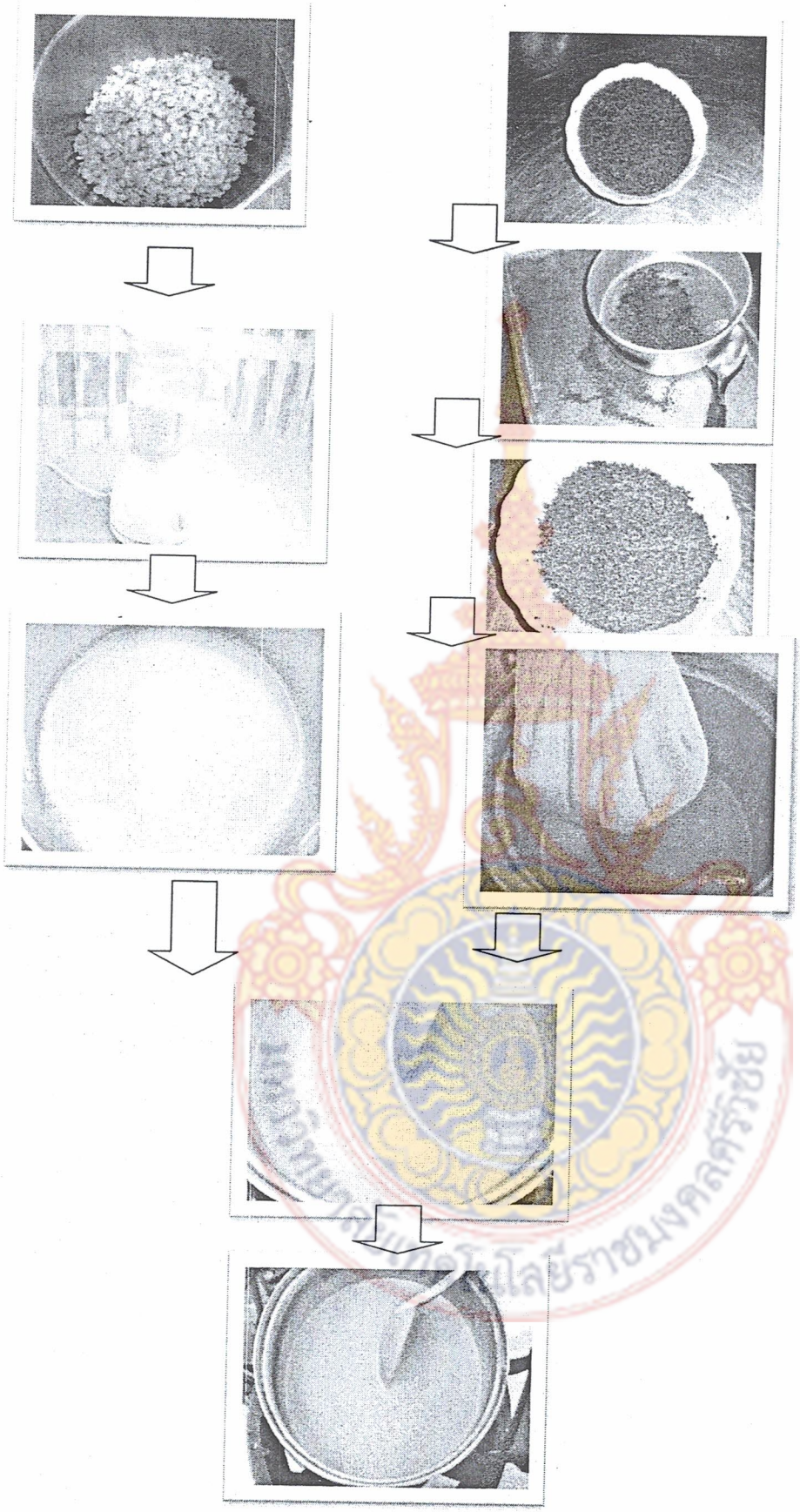
นำงาดำแช่น้ำประมาณ 8 – 10 นาที มาล้างทำความสะอาด 2 – 3 น้ำ จากนั้นนำไปผึ่งแดดให้แห้ง แล้วจึงแบ่งงาดำคั่วในกระทะพอประมาณ ใช้ไฟปานกลาง คนงาดำให้ทั่วตลอดเวลา ใช้เวลาประมาณ 20 – 25 นาที หรือจนกระทั่งงาดำสุก (เมล็ดงาดำแตกเริ่มมีกลิ่นหอม) ทิ้งให้เย็นประมาณ 15 นาที เมื่อคลายความร้อนจนอุณหภูมิเย็นลงแล้วจึงนำไปบดเป็นผงละเอียดด้วยเครื่องปั่นแห้ง และนำมาร่อนกับที่ร่อนแป้งอีกครั้ง เพื่อให้ได้งาดำที่มีความละเอียด

1.3 การผลิตเต้าหู้แข็งเสริมงาดำ

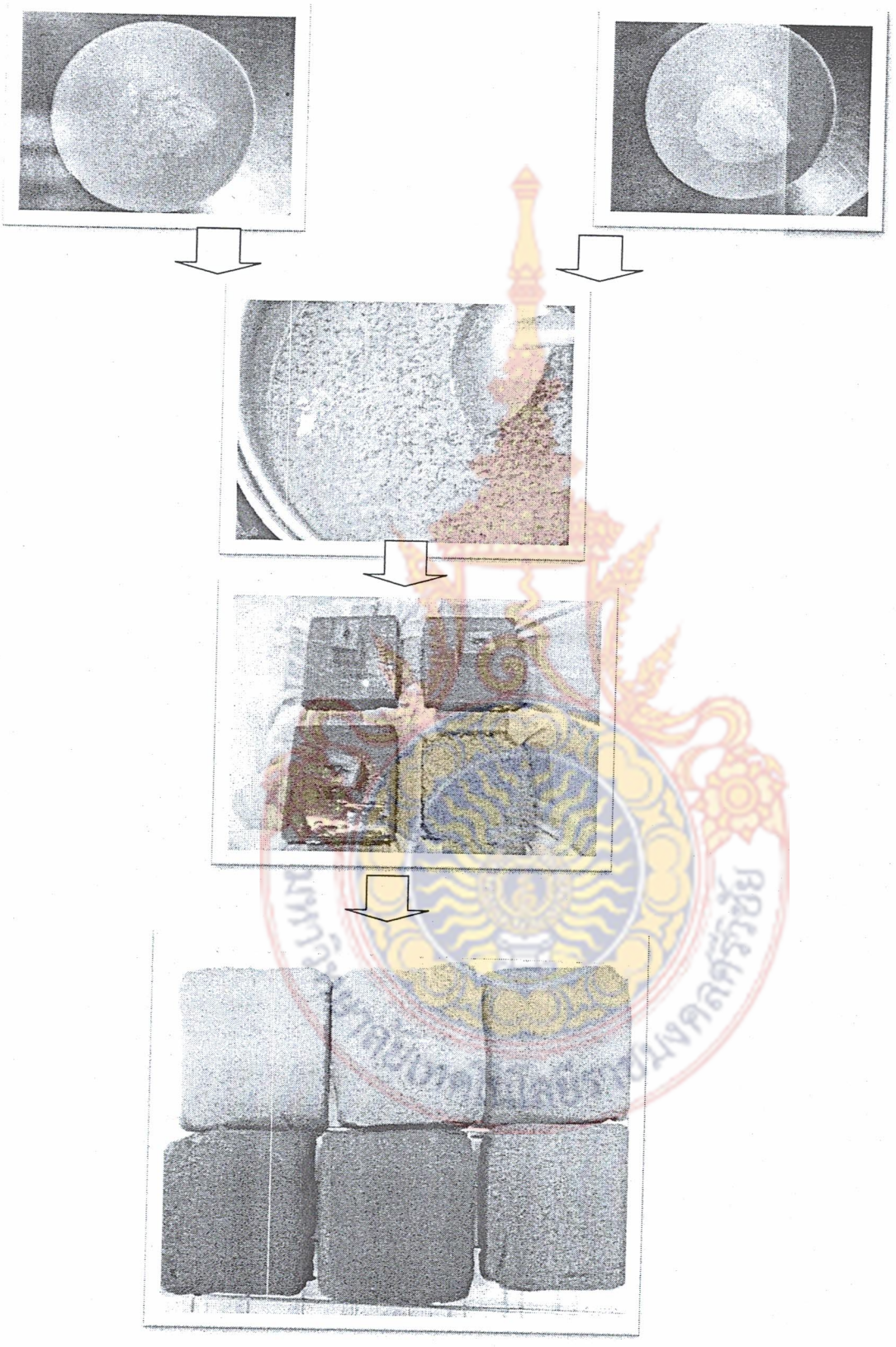
นำน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้จากข้อ 1.1. มาทำการเสริมงาดำที่ได้จากข้อ 1.2 จัดสิ่งทดลองแบบ 2X3 Factorial design 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 ปริมาณงาดำ 3 ระดับ (ร้อยละ 2, 4, และ 6) ของปริมาณน้ำนมถั่วเหลือง ปัจจัยที่ 2 สารตกตะกอน 2 ชนิด (แมกนีเซียมซัลเฟต และแคลเซียมซัลเฟต) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 3 ของน้ำหนักวัตถุดิบ ได้ 6 สิ่งทดลอง ดังตาราง 3.1. จากนั้นนำน้ำนมถั่วเหลืองผสมงาดำแต่ละสูตร ไปตั้งไฟนาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จากนั้นตั้งพักไว้ 2 – 3 นาที ให้อุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 75 – 85 องศาเซลเซียส จึงจะเติมสารช่วยตกตะกอน (สารที่ใช้จะต้องนำไปผสมกับน้ำให้ละลายประมาณ 2 ช้อนโต๊ะ) ค่อย ๆ คนเบา ๆ พอเข้ากันเพื่อตกตะกอนเต้าหู้ นำโปรตีนที่ตกตะกอนมาใส่พิมพ์เต้าหู้ แล้วทับด้วยของหนักน้ำหนักเฉลี่ย ประมาณ 15 กรัมต่อตารางเซนติเมตร เพื่อกำจัดน้ำออกเป็นเวลา 30 นาที จะได้ผลิตภัณฑ์เต้าหู้เสริมงาดำ นำเต้าหู้ที่ได้มานึ่งในลังถึงประมาณ 5 นาที

ตารางที่ 3.1 ชนิดของสารตกตะกอนและปริมาณงาดำ

สูตรที่	ชนิดสาร (ร้อยละ 3.0 ของน้ำหนักถั่วเหลือง)	ปริมาณงาดำ (ร้อยละ) ของน้ำนมถั่วเหลือง
1	แมกนีเซียมซัลเฟต	2
2	แมกนีเซียมซัลเฟต	4
3	แมกนีเซียมซัลเฟต	6
4	แคลเซียมซัลเฟต	2
5	แคลเซียมซัลเฟต	4
6	แคลเซียมซัลเฟต	6



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการทำเต้าหู้แข็งเสริมงาดำ



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการทำเต้าหู้แข็งเสริมงาดำ(ต่อ)

2. การทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

นำเต้าหู้แข็งเสริมงาดำทั้ง 6 สูตรมาทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยการนำเต้าหู้แข็งเสริมงาดำ ขนาดชิ้น 1x1x1ซม.ไปผ่านการให้ความร้อนโดยการนึ่งด้วยไอน้ำเป็นเวลาประมาณ 5 นาที จากนั้นนำเต้าหู้แข็งเสริมงาดำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน จำนวน 40 คน ด้วยสเกลแบบ 9 - point hedonic scale นำผลที่ได้วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of varience) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Duncan's new multiple range test

3. การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์

ทำการผลิตเต้าหู้ตามกระบวนการผลิตข้างต้น นำเต้าหู้ที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย ความชื้น และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ AOAC (AOAC, 1997) และวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab รุ่น Color Flex

4. การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการ 100 กรัม

โดยทำการเปรียบเทียบคุณค่าของโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย แคลเซียม และฟอสฟอรัส ในสูตรมาตรฐาน กับสูตรที่ได้รับการยอมรับทางด้านความชอบรวมมากที่สุด เพื่อดูว่าสารอาหารดังกล่าวเพิ่มขึ้นหรือลดลงมากน้อยเพียงใด

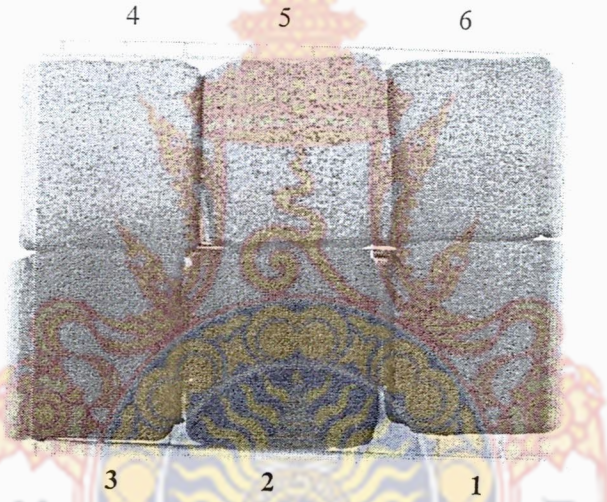
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเต้าหู้แข็งเสริมโปรตีนจากงาดำ

4.1.1 ลักษณะทางกายภาพทั่วไป

ผลการใช้สารแมกนีเซียมซัลเฟตในการตกตะกอนเต้าหู้แข็ง (สูตรที่ 1, 2 และ 3) พบว่า ลักษณะเต้าหู้ที่ได้เนื้อแน่น ผิวสัมผัสละเอียด นุ่มเล็กน้อย สีที่ได้เป็นสีเดียวกันทุกชิ้น (ขึ้นอยู่กับปริมาณงาดำที่ใส่ในแต่ละสูตร) ส่วนผลการใช้สารสารแคลเซียมซัลเฟตในการตกตะกอน (สูตรที่ 4, 5 และ 6) พบว่า ลักษณะเต้าหู้ที่ได้ เนื้อแน่น ผิวสัมผัสหยาบ ค่อนข้างแข็ง สีที่ได้ไม่เป็นสีเดียวกัน (เกิดจากการจับตัวของสารที่ใช้ เป็นเม็ดเล็กๆ สีขาว)



4.1.2 ค่าสีและความชื้น

ค่าสีของผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งเสริมงาดำ พบว่าค่า L* มีค่าอยู่ในช่วง 30.84 - 43.98, ค่า a* 1.1 - 2.07 และค่า b* 1.49 - 4.42 โดยพบว่าสูตรที่ 1 มีค่า L* สูงสุด คือ 43.98 (ตารางที่ 4.1)

ค่า L* ที่พบในผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งเสริมงาดำทั้ง 6 สูตร จะแสดงถึงค่าความสว่าง โดยมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 จะพบได้ว่าค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งเสริมงาดำสูตรที่ 2, สูตรที่ 3, สูตรที่ 4, สูตรที่ 5 และสูตรที่ 6 มีแนวโน้มค่าความสว่างลดลง ทั้งนี้ค่า L* ที่ได้แปรผกผันตามปริมาณของงาดำที่เติมลงไปตามลำดับ เนื่องจากยิ่งใช้ปริมาณงาดำมากจะทาให้เต้าหู้ที่ได้มีสีดำเข้มมากขึ้น

ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งเสริมงาดำทั้ง 6 สูตร อยู่ในช่วงร้อยละ 63.7 - 72.9 โดยพบว่าสูตรที่ 1 มีค่าความชื้นสูงที่สุด คือ ร้อยละ 72.9

ตารางที่ 4.1 ค่าสี L* a* และ b* และค่าความชื้นในเต้าหู้แข็งเสริมงาดำที่ระดับต่าง ๆ

สูตร	ค่าสี			
	L*	a*	b*	ความชื้น (ร้อยละ)
1	43.98±1.41	1.1±0.05	4.42±0.12	72.9 ±0.05*
2	34.60±1.08	2.07±0.03	4.26±0.15	72.3 ±0.05
3	32.64±1.05	1.76±0.04	3.46±0.09	63.7 ±0.05
4	37.03±1.11	1.23±0.05	2.39±0.16	67.7 ±0.05
5	32.61±0.97	1.56±0.04	1.94±0.18	65.1 ±0.05
6	30.84±1.23	1.28±0.03	1.49±0.13	63.9 ±0.05

หมายเหตุ : สูตรที่ 1 – 6 มีความหมายเช่นเดียวกับตารางที่ 3.1

* ค่าเฉลี่ย : $\bar{x}$±sd จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

4.2 ผลการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของเต้าหู้แข็งเสริมงาดำที่ระดับต่างๆ

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้แข็งเสริมงาดำทั้ง 6 สูตรต่อคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวม พบว่าผลคะแนนที่ได้อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง โดยที่เต้าหู้แข็งเสริมงาดำทั้ง 6 สูตร มีผลคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของเต้าหู้แข็งเสริมงาดำที่ระดับต่าง ๆ

สูตรที่	คุณลักษณะ					
	ลักษณะ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
1	6.38±0.19 ^{b}	6.73±0.20 ^{a}	7.10±0.16 ^{a}	6.60±0.21 ^{a}	6.58±0.23 ^{a}	6.85±0.19 ^{a}
2	6.73±0.16 ^{a}	6.75±0.16 ^{a}	6.80±0.14 ^{b}	6.50±0.18 ^{a}	6.72±0.20 ^{a}	6.83±0.15 ^{a}
3	6.75±0.17 ^{a}	6.72±0.18 ^{a}	6.70±0.17 ^{b}	6.23±0.19 ^{a}	6.45±0.21 ^{a}	6.62±0.16 ^{a}
4	6.50±0.18 ^{a}	6.73±0.16 ^{a}	6.48±0.17 ^{b}	6.27±0.19 ^{a}	6.60±0.19 ^{a}	6.57±0.17 ^{a}
5	6.50±0.19 ^{a}	6.50±0.16 ^{a}	6.55±0.17 ^{b}	6.20±0.19 ^{a}	6.57±0.19 ^{a}	6.48±0.19 ^{a}
6	6.20±0.21 ^{b}	6.13±0.19 ^{b}	6.37±0.17 ^{b}	5.70±0.22 ^{b}	6.13 ±0.24 ^{b}	6.07±0.19 ^{b}

หมายเหตุ : สูตรที่ 1 – 6 มีความหมายเช่นเดียวกับตารางที่ 3.1

4.2.1 ด้านลักษณะปรากฏ

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส(ตารางที่ 4.2) พบว่าคะแนนการยอมรับเฉลี่ยคุณลักษณะของเต้าหู้แข็งเสริมงาดำด้านลักษณะปรากฏ พบว่าคะแนนการยอมรับเฉลี่ยสูตรที่ 1 และสูตรที่ 6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 2, สูตรที่ 3, สูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 แต่ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏของเต้าหู้แข็งเสริมงาดำสูงที่สุดคือ สูตรที่ 3 เท่ากับ 6.75±0.17

4.2.2 คุณลักษณะด้านสี

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส(ตารางที่ 4.2) คุณลักษณะของเต้าหู้แข็งเสริมงาดำด้านสี พบว่าเต้าหู้แข็งเสริมงาดำสูตรที่ 1, สูตรที่ 2, สูตรที่ 3, สูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แต่แตกต่างจากเต้าหู้แข็งเสริมงาดำสูตรที่ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากยิ่งใช้ปริมาณงาดำมากจะทำให้เต้าหู้ที่ได้มีสีดำเข้มมากขึ้น สูตรที่ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับเฉลี่ยด้านสีสูงที่สุดคือ สูตรที่ 2 เท่ากับ 6.75±0.16

4.2.3 คุณลักษณะด้านกลิ่น

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส(ตารางที่ 4.2) ของเต้าหู้แข็งเสริมงาดำทางด้านกลิ่น พบว่าคะแนนการยอมรับเฉลี่ยเต้าหู้แข็งเสริมงาดำสูตรที่ 2, สูตรที่ 3, สูตรที่ 4 สูตรที่ 5 และสูตรที่ 6 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แต่แตกต่างจากเต้าหู้แข็งเสริมงาดำสูตรที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าสูตรที่ 1 มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว เป็นกลิ่นหอมของเมล็ดงาดำคั่วบด ซึ่งผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับเฉลี่ยทางด้านกลิ่นของเต้าหู้แข็งเสริมงาดำสูงที่สุด คือ 7.10±0.16

4.2.4 คุณลักษณะด้านรสชาติ

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส(ตารางที่ 4.2)คะแนนการยอมรับเฉลี่ยด้านรสชาติ พบว่าการเสริมปริมาณงาดำ โดยการแปรอัตราส่วนปริมาณงาดำต่อน้ำนมถั่วเหลืองในสูตรที่ 1, สูตรที่ 2, สูตรที่ 3, สูตรที่ 4, และสูตรที่ 5 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แต่แตกต่างจากเต้าหู้แข็งเสริมงาดำสูตรที่ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และพบว่าคะแนนการยอมรับเฉลี่ยทางด้านรสชาติของเต้าหู้แข็งเสริมงาดำสูงที่สุดคือ สูตรที่ 1 เท่ากับ 6.60±0.21 เนื่องจากงาดำไม่มีรสชาติ แต่ในทางกลับกันถั่วมีรสชาติหวานเมื่อเติมปริมาณงาดำเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ผลิตภัณฑ์เต้าหู้มีรสชาติที่หวานน้อยลง จึงส่งผลให้คะแนนความชอบด้านรสชาติมีแนวโน้มลดลง

4.2.5 คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส(ตารางที่ 4.2) คะแนนการยอมรับเฉลี่ยคุณลักษณะของเต้าหู้แข็งเสริมงาดำทางด้านลักษณะด้านเนื้อสัมผัส พบว่าในสูตรที่ 1, สูตรที่ 2, สูตรที่ 3, สูตรที่ 4, และสูตรที่ 5 คะแนนการยอมรับเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แต่แตกต่างจากเต้าหู้แข็งเสริมงาดำสูตรที่ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และพบว่าคะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสของเต้าหู้แข็งเสริมงาดำสูงที่สุดคือ สูตรที่ 2 เท่ากับ 6.72±0.20 เนื่องจากงาดำเมื่อบดละเอียดแล้วจะได้เนื้อสัมผัสที่ละเอียด เมื่อ

เติมปริมาณงาดำเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จะส่งผลให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

4.2.6 คุณลักษณะด้านความชอบรวม

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส(ตารางที่ 4.2) คะแนนการยอมรับเฉลี่ยของเต้าหู้แข็งเสริมงาดำ ทางด้านคุณลักษณะความชอบรวม พบว่าคะแนนเฉลี่ยความชอบเต้าหู้แข็งเสริมงาดำสูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดที่ระดับคะแนนปานกลาง 6.85±0.19 คะแนน และไม่มีความแตกต่างจากเต้าหู้แข็งเสริมงาดำสูตรที่ 2, สูตรที่ 3, สูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 ($p \geq 0.05$) แต่แตกต่างจากเต้าหู้แข็งเสริมงาดำสูตรที่ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งเสริมงาดำทั้ง 6 สูตร สำหรับการยอมรับด้านสี กลิ่น รสชาติ หากเพิ่มปริมาณงาดำที่สูงขึ้นการยอมรับจะน้อยลง เนื่องจากมีสีดำเข้มเกินไป กลิ่นของงาดำแรงเกินไป และรสชาติของงาดำมากเกินไปกลบกลิ่นของถั่วเหลือง จึงสรุปว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งเสริมงาดำสูตรที่ 1 มากที่สุดและเป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุด

4.3 ผลการเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของเต้าหู้แข็งเสริมงาดำ

จากการเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของเต้าหู้แข็งเสริมโปรตีนงาดำสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นสูตรที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับสูงสุด กับสูตรมาตรฐาน พบว่าเต้าหู้แข็งเสริมงาดำสูตรที่ 1 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย แคลเซียม ฟอสฟอรัสและเมไทโอนินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งแปรผันตามปริมาณของงาดำที่เติมลงไป ทั้งนี้เพราะในงาดำมีองค์ประกอบเหล่านี้อยู่เช่นกัน ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 คุณค่าทางโภชนาการของเต้าหู้แข็งเสริมโปรตีนจากงาดำ (สูตรที่1) กับสูตรมาตรฐาน

คุณค่าทางโภชนาการ	สูตรมาตรฐาน	สูตรที่ 1	ปริมาณที่เพิ่ม	ปริมาณที่เพิ่ม(ร้อยละ)
โปรตีน	171	178.2	7.2	4.21
ไขมัน	88.5	110.70	22.2	25.08
คาร์โบไฮเดรต	167.5	176.05	8.60	5.13
เส้นใย	24.5	26	1.5	6.12
แคลเซียม	1,130	1,625	495	43.81
ฟอสฟอรัส	2,770	3,027	10	0.36
เมไทโอนิน	8.5	10	1.50	17.65

หมายเหตุ : สูตรที่ 1 มีความหมายเช่นเดียวกับตารางที่ 3.1

ตารางที่ 4.4 คุณสมบัติทางเคมีของเต้าหู้แข็งเสริมงาดำ (สูตรที่ 1) กับสูตรมาตรฐาน

องค์ประกอบ (ร้อยละ)	สูตรมาตรฐาน (%wet basis)	สูตรที่ 1
ความชื้น	71.44±0.11	72.9 ±0.05
โปรตีน	15.67±0.02	17.53±0.02
ไขมัน	4.23±0.09	5.36±0.08
คาร์โบไฮเดรต	6.49±0.04	7.55±0.08
เส้นใย	0.10±0.01	0.13±0.02
เถ้า	2.07±0.14	2.13±0.08

จากตารางที่ 4.4 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ พบว่าผลิตภัณฑ์เต้าหู้เสริมโปรตีนจากงาดำในปริมาณร้อยละ 2 มีการยอมรับมากที่สุด เมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณไขมัน โปรตีนคาร์โบไฮเดรต พบว่า มีค่าไขมันร้อยละ 5.36±0.08 โปรตีนร้อยละ 17.53±0.02 และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 7.55±0.08 นอกจากนี้มีเส้นใยและเถ้าร้อยละ0.13±0.02 และ 2.13±0.08 ตามลำดับ โดยทุกค่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรมาตรฐาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปริมาณงาดำที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้แข็งเสริมโปรตีน พบว่าผลการใช้สารแมกนีเซียมซัลเฟตในการตกตะกอนเต้าหู้แข็ง และใช้ปริมาณงาดำที่เหมาะสมร้อยละ 2 ในการผลิตเต้าหู้แข็ง ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด

ในการตรวจสอบทางกายภาพของปริมาณงาดำที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้แข็ง ค่าสีของผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งเสริมงาดำ พบว่าค่า L* มีค่าอยู่ในช่วง 30.84 - 43.98, ค่า a* 1.1 - 2.07 และค่า b* 1.49 - 4.42 โดยพบว่าสูตรที่ 1 มีค่า L* สูงสุด คือ 43.98±1.41

คุณค่าทางโภชนาการพบว่าปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเมไทโอนินมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกสูตรตามระดับที่งาดำเพิ่ม

ผลการตรวจสอบทางเคมี ผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งเสริมโปรตีนจากงาดำสูตรที่ 1 เมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณไขมัน โปรตีนคาร์โบไฮเดรต พบว่า มีค่าไขมันร้อยละ 5.36±0.08 โปรตีนร้อยละ 17.53±0.02 และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 7.55±0.08 นอกจากนี้มีเส้นใยและเถ้าร้อยละ0.13±0.02 และ 2.13±0.08 ตามลำดับ โดยทุกค่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรมาตรฐาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

เอกสารอ้างอิง

กองบรรณาธิการ. 2546. น้ำธัญพืช. เกษตรธรรมชาติ. 11: 19 – 31.

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณะสุข. 2535. คุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก. กรุงเทพฯ : 97 หน้า.

คณาจารย์ภาควิชาไร่นา. 2542. พิมพ์ครั้งที่ 1. "พืชเศรษฐกิจ". มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

จันทร วรากุลเทพ และคณะ. 2546. "เต้าหู้อาหารเพื่อสุขภาพ" .เพชรกะรัต สติวดิโอ.กรุงเทพฯ

จิตธนา แจ่มเมฆ อรอนงค์ นัยวิกุล และ ปริศนา สุวรรณาภรณี. 2535. ธัญชาติและผลิตภัณฑ์ ใน วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.497 น.

ชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ และคณะ. 2524. สมุนไพรอันดับที่ 02. โครงการศึกษาวิจัยสมุนไพร. กรุงเทพฯ.

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. "ธัญชาติและพืชผล". มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ถนอม ดวงงาม. 2532. งา ละทุ่ง ถั่วพุ่ม. ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี สถาบันวิจัยพืชไร่กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

นิรนาม. 2528. งา และประโยชน์น้ำมันงา. ข่าวกรมวิทยาศาสตร์บริหาร 109:23 – 24.

นิรนาม. 2551 ธัญพืช: ของขวัญจากธรรมชาติ. เกษตรกรรมธรรมชาติ. ฉบับที่ 1/2542: 18-25.

นิรนาม. 2551. บทที่1 การแยกและทำให้โปรตีนบริสุทธิ์โดยอาศัยคุณสมบัติด้านการละลาย (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.agro.cmu.ac.th./e_books/protein/Book-lesson_1.pdf(2551,19 มกราคม)

นิรนาม. 2541. งา : วิตามินและยา. เอกสารเผยแพร่งาอาหารต้านทานโรค. ชมรมมาลี ธีรพงษ์และชมรมยาอายุวัฒนะ, กรุงเทพฯ. หน้า 2

ม.ล.อุบล ดีสวัสดิ์. "เต้าหู้ เต้าฮวย" . บริษัท สำนักพิมพ์แม่บ้าน จำกัด. หน้า 20

พนอจิต และคณะ. 2545. การผลิตเครื่องดื่มนมธัญพืชจากถั่วเหลือง ข้าวกล้องเจ้า เม็ดบัว และลูกเดือย. รายงานวิจัย สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตกาฬสินธุ์

พะยอม ตันติวัฒน์. 2521 สมุนไพร. สมาคมสมุนไพรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ

เพลินใจ ตังคณากุล. 2545. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเต้าหู้. อาหาร32(2): 92 – 97.

วีระศักดิ์ อนัมบุตร และวิไลศรี ลิมปพยอม. 2539. คุณลักษณะ และการใช้ประโยชน์ของงา,

ศิริพร ดลภักนิยมกุล.การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืช. วิทยานิพนธ์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ศรีสมวงศ์ มานิตย์. 2548. การใช้ประโยชน์จากเมล็ดถั่วเหลือง. บี.เอส.การพิมพ์, เชียงใหม่

เสาวลักษณ์ ศรีหงษ์ทอง. การค้นคว้าแบบอิสระเชิงวิทยานิพนธ์.ผลของกรด – เบส ต่อการจับก้อนของโปรตีนในน้ำนมถั่วเหลือง.สาขาวิชาการสอนเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อาณดี นิติธรรมยง.โปรตีนจากถั่วเหลือง.สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล.

"แกะรอยเต้าหู้จากถั่วเหลืองสู่อาหารหลากแบบ". *นิตยสารชีวจิต* ฉบับวันที่ 1 กันยายน 2549 คอลัมน์ต้นทางสุขภาพดี.

เอกสารวิชาการ งา. ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานีสถาบัณวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

AOAC. 1997. Official method of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical chemist, Maryland. USA.

Liu, K.S. 1997. "Soybeans: chemistry, technology, and utilization, "1st ed. Aspen Publishere, Inc., Maryland.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งเสริมงาดำ

ชื่อ-นามสกุล.....

วันที่.....

คำชี้แจง

โปรดทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ตัวอย่างต่อไปนี้ และให้ระดับความชอบและไม่ชอบของผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่างโดยให้สเกลหรือระดับคะแนนที่เหมาะสมเพื่อแสดงให้เห็นว่า ท่านได้อธิบายความรู้สึกชอบหรือไม่ชอบในระดับใด โดยชิมตัวอย่างเรียงตามลำดับจากซ้ายมือไปขวามือ พร้อมทั้งให้คะแนนความชอบตามลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด
2 = ไม่ชอบมาก
3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
5 = ไม่สามารถบอกได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง
8 = ชอบมาก
9 = ชอบมากที่สุด

***ลักษณะเต้าหู้ที่ดีควรมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่น เนื้อเนียนละเอียดมีรสชาติจืดและมีกลิ่นของถั่วเหลืองเล็กน้อย

คุณลักษณะที่ประเมิน	รหัสตัวอย่าง/คะแนนความชอบ					
	721	145	987	544	120	252
ลักษณะปรากฏ						
สี						
กลิ่น						
รสชาติ						
เนื้อสัมผัส						
ความชอบรวม						

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ด้านลักษณะปรากฏ

Estimates

Measure: MEASURE_1

FACTOR 1	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	6.383[ab]	.195	5.992	6.774
2	6.733[a]	.163	6.407	7.060
3	6.750[a]	.170	6.409	7.091
4	6.500[a]	.183	6.133	6.867
5	6.500[a]	.188	6.123	6.877
6	6.200[ab]	.208	5.784	6.616

Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE_1

(I) FACTOR1	(J) FACTOR1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.(a)	95% Confidence Interval for Difference(a)	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.350(*)	.143	.018	-.637	-.063
	3	-.367(*)	.179	.045	-.725	-.008
	4	-.117	.210	.581	-.537	.304
	5	-.117	.226	.608	-.570	.336
	6	.183	.232	.433	-.281	.648
2	1	.350(*)	.143	.018	.063	.637
	3	-.017	.169	.922	-.354	.321
	4	.233	.183	.207	-.133	.599

	5	.233	.191	.226	-.149	.615
	6	.533(*)	.227	.022	.079	.988
3	1	.367(*)	.179	.045	.008	.725
	2	.017	.169	.922	-.321	.354
	4	.250	.129	.057	-.008	.508
	5	.250	.178	.167	-.107	.607
	6	.550(*)	.201	.008	.148	.952
4	1	.117	.210	.581	-.304	.537
	2	-.233	.183	.207	-.599	.133
	3	-.250	.129	.057	-.508	.008
	5	.000	.158	1.000	-.316	.316
	6	.300	.204	.146	-.108	.708
5	1	.117	.226	.608	-.336	.570
	2	-.233	.191	.226	-.615	.149
	3	-.250	.178	.167	-.607	.107
	4	.000	.158	1.000	-.316	.316
	6	.300	.167	.078	-.035	.635
6	1	-.183	.232	.433	-.648	.281
	2	-.533(*)	.227	.022	-.988	-.079
	3	-.550(*)	.201	.008	-.952	-.148
	4	-.300	.204	.146	-.708	.108
	5	-.300	.167	.078	-.635	.035

ด้านสี

Estimates

Measure: MEASURE_1

FACTOR 1	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	6.733[a]	.199	6.336	7.131
2	6.750[a]	.157	6.436	7.064
3	6.717[a]	.180	6.357	7.076
4	6.733[a]	.156	6.420	7.046
5	6.500[a]	.163	6.175	6.825
6	6.133[b]	.186	5.762	6.505

Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE_1

(I) FACTOR1	(J) FACTOR1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.(a)	95% Confidence Interval for Difference(a)	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.017	.129	.897	-.274	.241
	3	.017	.216	.939	-.415	.448
	4	.000	.192	1.000	-.384	.384
	5	.233	.209	.270	-.186	.653
	6	.600(*)	.245	.017	.110	1.090
2	1	.017	.129	.897	-.241	.274
	3	.033	.199	.868	-.365	.432
	4	.017	.162	.919	-.308	.341
	5	.250	.195	.205	-.140	.640
	6	.617(*)	.228	.009	.160	1.074
3	1	-.017	.216	.939	-.448	.415
	2	-.033	.199	.868	-.432	.365

	4	-.017	.119	.889	-.256	.222
	5	.217	.135	.114	-.053	.487
	6	.583(*)	.178	.002	.228	.939
4	1	.000	.192	1.000	-.384	.384
	2	-.017	.162	.919	-.341	.308
	3	.017	.119	.889	-.222	.256
	5	.233	.145	.112	-.056	.523
	6	.600(*)	.176	.001	.247	.953
5	1	-.233	.209	.270	-.653	.186
	2	-.250	.195	.205	-.640	.140
	3	-.217	.135	.114	-.487	.053
	4	-.233	.145	.112	-.523	.056
	6	.367(*)	.174	.040	.017	.716
6	1	-.600(*)	.245	.017	-1.090	-.110
	2	-.617(*)	.228	.009	-1.074	-.160
	3	-.583(*)	.178	.002	-.939	-.228
	4	-.600(*)	.176	.001	-.953	-.247
	5	-.367(*)	.174	.040	-.716	-.017

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ด้านกลิ่น

Estimates

Measure: MEASURE_1

FACTOR 1	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	7.100[b]	.162	6.776	7.424
2	6.800[b]	.139	6.521	7.079
3	6.700[ab]	.166	6.369	7.031
4	6.483[ab]	.165	6.153	6.814
5	6.550[ab]	.166	6.217	6.883
6	6.367[ab]	.173	6.021	6.712

Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE_1

(I) FACTOR1	(J) FACTOR1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.(a)	95% Confidence Interval for Difference(a)	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	.300(*)	.121	.016	.059	.541
	3	.400(*)	.174	.025	.053	.747
	4	.617(*)	.180	.001	.256	.977
	5	.550(*)	.218	.014	.114	.986
	6	.733(*)	.212	.001	.309	1.158
2	1	-.300(*)	.121	.016	-.541	-.059
	3	.100	.135	.463	-.171	.371
	4	.317(*)	.143	.031	.029	.604
	5	.250	.177	.164	-.105	.605
	6	.433(*)	.167	.012	.099	.768
3	1	-.400(*)	.174	.025	-.747	-.053
	2	-.100	.135	.463	-.371	.171

	4	.217	.134	.111	-.051	.485
	5	.150	.173	.390	-.197	.497
	6	.333	.192	.087	-.050	.717
4	1	-.617(*)	.180	.001	-.977	-.256
	2	-.317(*)	.143	.031	-.604	-.029
	3	-.217	.134	.111	-.485	.051
	5	-.067	.156	.672	-.380	.246
	6	.117	.170	.494	-.223	.456
5	1	-.550(*)	.218	.014	-.986	-.114
	2	-.250	.177	.164	-.605	.105
	3	-.150	.173	.390	-.497	.197
	4	.067	.156	.672	-.246	.380
	6	.183	.143	.204	-.102	.469
6	1	-.733(*)	.212	.001	-1.158	-.309
	2	-.433(*)	.167	.012	-.768	-.099
	3	-.333	.192	.087	-.717	.050
	4	-.117	.170	.494	-.456	.223
	5	-.183	.143	.204	-.469	.102

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ด้านรสชาติ

Estimates

Measure: MEASURE_1

FACTOR 1	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	6.600[a]	.204	6.192	7.008
2	6.500[a]	.179	6.142	6.858
3	6.233[a]	.192	5.848	6.618
4	6.267[a]	.187	5.892	6.641
5	6.200[a]	.194	5.813	6.587
6	5.700[ab]	.224	5.252	6.148

Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE_1

(I) FACTOR1	(J) FACTOR1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.(a)	95% Confidence Interval for Difference(a)	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	.100	.151	.511	-.203	.403
	3	.367	.225	.108	-.083	.817
	4	.333	.241	.171	-.148	.815
	5	.400	.233	.092	-.067	.867
	6	.900(*)	.260	.001	.380	1.420
2	1	-.100	.151	.511	-.403	.203
	3	.267	.147	.075	-.028	.561
	4	.233	.167	.168	-.101	.568
	5	.300	.191	.122	-.082	.682
	6	.800(*)	.202	.000	.396	1.204
3	1	-.367	.225	.108	-.817	.083
	2	-.267	.147	.075	-.561	.028

	4	-.033	.148	.822	-.329	.262
	5	.033	.166	.841	-.298	.365
	6	.533(*)	.177	.004	.179	.888
4	1	-.333	.241	.171	-.815	.148
	2	-.233	.167	.168	-.568	.101
	3	.033	.148	.822	-.262	.329
	5	.067	.158	.674	-.249	.382
	6	.567(*)	.163	.001	.241	.893
5	1	-.400	.233	.092	-.867	.067
	2	-.300	.191	.122	-.682	.082
	3	-.033	.166	.841	-.365	.298
	4	-.067	.158	.674	-.382	.249
	6	.500(*)	.137	.001	.227	.773
6	1	-.900(*)	.260	.001	-1.420	-.380
	2	-.800(*)	.202	.000	-1.204	-.396
	3	-.533(*)	.177	.004	-.888	-.179
	4	-.567(*)	.163	.001	-.893	-.241
	5	-.500(*)	.137	.001	-.773	-.227

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ด้านเนื้อสัมผัส

Estimates

Measure: MEASURE_1

FACTOR 1	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	6.583[a]	.230	6.122	7.044
2	6.717[a]	.202	6.312	7.121
3	6.450[a]	.210	6.030	6.870
4	6.600[a]	.192	6.216	6.984
5	6.567[a]	.192	6.182	6.952
6	6.133[ab]	.242	5.649	6.617

Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE_1

(I) FACTOR1	(J) FACTOR1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.(a)	95% Confidence Interval for Difference(a)	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.133	.134	.325	-.402	.136
	3	.133	.222	.551	-.311	.578
	4	-.017	.245	.946	-.506	.473
	5	.017	.245	.946	-.474	.507
	6	.450	.284	.118	-.118	1.018
2	1	.133	.134	.325	-.136	.402
	3	.267	.194	.175	-.122	.656
	4	.117	.206	.573	-.296	.529
	5	.150	.225	.507	-.300	.600
	6	.583(*)	.244	.020	.096	1.071
3	1	-.133	.222	.551	-.578	.311
	2	-.267	.194	.175	-.656	.122

	4	-.150	.138	.282	-.426	.126
	5	-.117	.176	.509	-.468	.235
	6	.317	.189	.100	-.062	.696
4	1	.017	.245	.946	-.473	.506
	2	-.117	.206	.573	-.529	.296
	3	.150	.138	.282	-.126	.426
	5	.033	.153	.829	-.273	.340
	6	.467(*)	.171	.008	.125	.808
5	1	-.017	.245	.946	-.507	.474
	2	-.150	.225	.507	-.600	.300
	3	.117	.176	.509	-.235	.468
	4	-.033	.153	.829	-.340	.273
	6	.433(*)	.173	.015	.087	.779
6	1	-.450	.284	.118	-1.018	.118
	2	-.583(*)	.244	.020	-1.071	-.096
	3	-.317	.189	.100	-.696	.062
	4	-.467(*)	.171	.008	-.808	-.125
	5	-.433(*)	.173	.015	-.779	-.087

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ด้านความชอบรวม

Estimates

Measure: MEASURE_1

FACTOR 1	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	6.850[a]	.187	6.476	7.224
2	6.833[a]	.148	6.538	7.129
3	6.617[a]	.159	6.298	6.936
4	6.567[a]	.170	6.226	6.907
5	6.483[a]	.193	6.096	6.870
6	6.067[b]	.193	5.681	6.452

Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE_1

(I) FACTOR1	(J) FACTOR1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.(a)	95% Confidence Interval for Difference(a)	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	.017	.116	.886	-.215	.248
	3	.233	.185	.211	-.136	.603
	4	.283	.195	.151	-.107	.673
	5	.367	.245	.140	-.124	.857
	6	.783(*)	.239	.002	.305	1.262
2	1	-.017	.116	.886	-.248	.215
	3	.217	.145	.140	-.073	.506
	4	.267	.165	.111	-.063	.597
	5	.350	.207	.096	-.064	.764
	6	.767(*)	.209	.001	.349	1.184
3	1	-.233	.185	.211	-.603	.136
	2	-.217	.145	.140	-.506	.073

	4	.050	.144	.729	-.238	.338
	5	.133	.148	.370	-.162	.429
	6	.550(*)	.158	.001	.235	.865
4	1	-.283	.195	.151	-.673	.107
	2	-.267	.165	.111	-.597	.063
	3	-.050	.144	.729	-.338	.238
	5	.083	.157	.598	-.232	.398
	6	.500(*)	.137	.001	.225	.775
5	1	-.367	.245	.140	-.857	.124
	2	-.350	.207	.096	-.764	.064
	3	-.133	.148	.370	-.429	.162
	4	-.083	.157	.598	-.398	.232
	6	.417(*)	.140	.004	.137	.696
6	1	-.783(*)	.239	.002	-1.262	-.305
	2	-.767(*)	.209	.001	-1.184	-.349
	3	-.550(*)	.158	.001	-.865	-.235
	4	-.500(*)	.137	.001	-.775	-.225
	5	-.417(*)	.140	.004	-.696	-.137

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

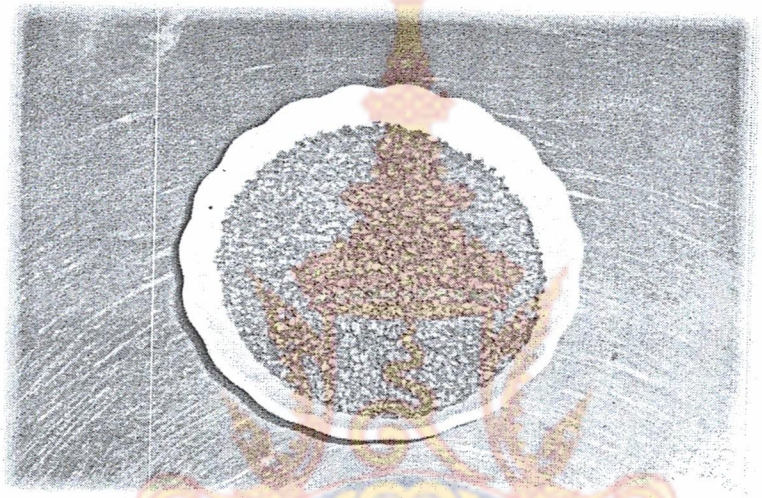
ภาคผนวก ค

ภาพแสดงวัสดุ และอุปกรณ์

1. วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการทดลองแบ่งเป็น

1.1 วัตถุดิบ ได้แก่

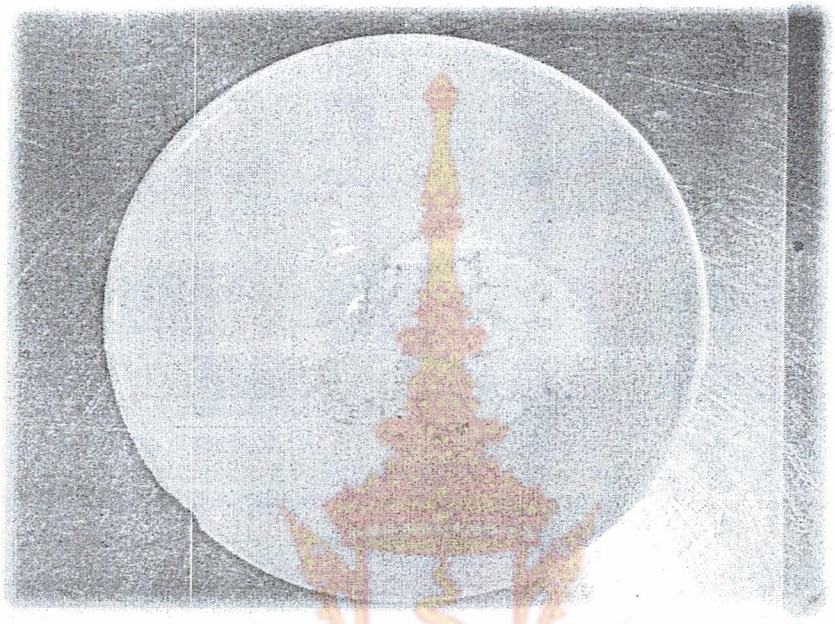


ภาพ ค. 1 งาดำ ตราไร่ทิพย์

ภาพ ค. 2 ถั่วเหลืองซีก ตราไร่ทิพย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

1.2 สารเคมี ได้แก่



ภาพ ค. 3 แมกนีเซียมซัลเฟต/ดีเกลือ $MgSO_4$

ภาพ ค. 4 แคลเซียมซัลเฟต/เจ๊ียะกอ $CaSO_4$

2. อุปกรณ์

อุปกรณ์แบ่งเป็น

2.1 อุปกรณ์แปรรูป ได้แก่

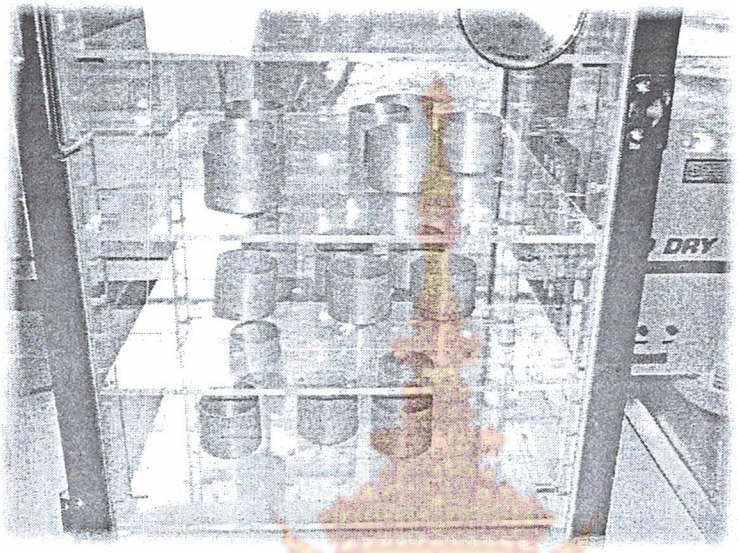
ภาพ ค. 5 เครื่องชั่ง
เครื่องปั่นของแห้ง
เครื่องปั่นผสม
อ่างผสมสแตนเลส
หม้อ
บล็อกเต้าหู้
ทัพพี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

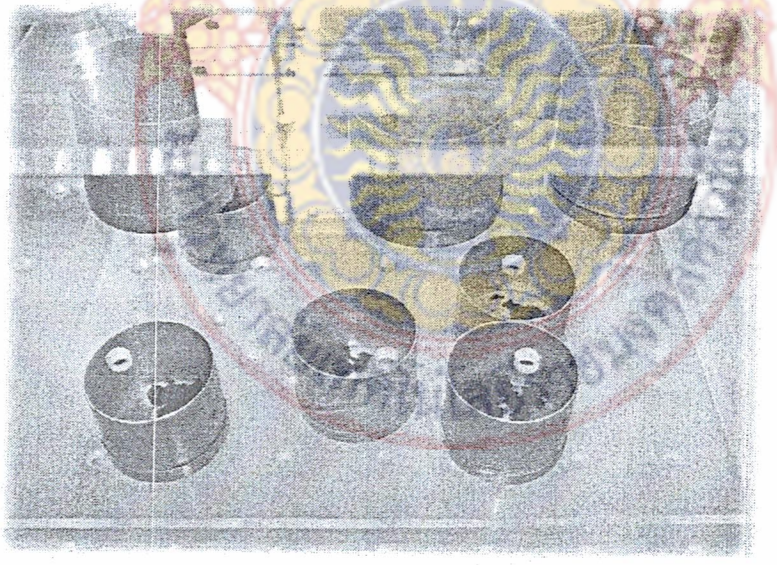
2.2 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่

ภาพ ค. 6 เครื่องชั่ง

ภาพ ค. 7 ตู้อบลมร้อน



ภาพ ค. 8 ตู้ดูดความชื้น



ภาพ ค. 9 ถ้วยวิเคราะห์ความชื้น

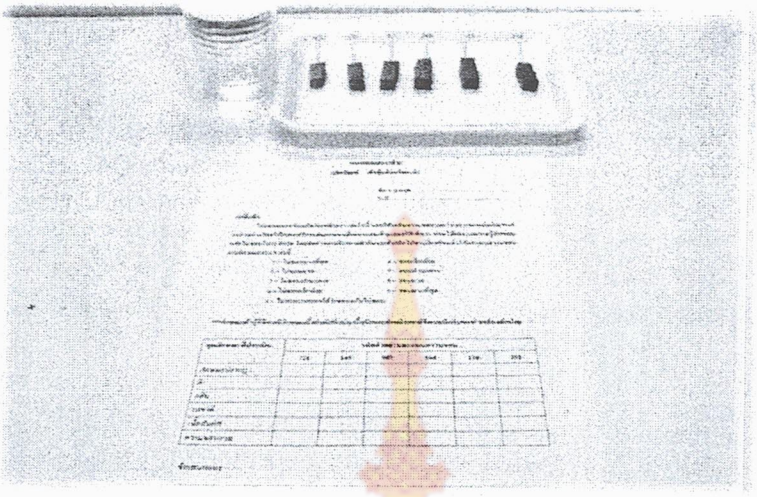
ภาพ ค. 10 เครื่องวิเคราะห์ค่าสี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ภาคผนวก ง

ภาพอุปกรณ์สำหรับการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส

ภาพที่ ง. 1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งเสริมงาดำที่ใช้ในการทดสอบชิม



ภาพที่ ง. 2 แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแบบ 9 point Hedonic Rating Scale

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย