

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง

(Red bean protein enriched Tofu)

รพ.
จ 535๓
2550

เลขหมู่.....

85403

เลขทะเบียน.....

วัน,เดือน,ปี 11 พ.ย. 2551

จัดทำโดย

นางสาวจิราภรณ์ แซ่ลิ้ม รหัสนักศึกษา 47040867

นางสาวชลดา ยั่งยืน รหัสนักศึกษา 47040869

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

Faculty of Agricultural Industry

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

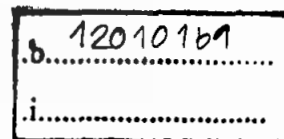
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพฯ 10520

King Mongkut's Institute of Technology

Ladkrabang

Bangkok 10520 Thailand



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง
(Red bean protein enriched Tofu)

จัดทำโดย

นางสาวจิราภรณ์ แซ่ลิ้ม รหัสนักศึกษา 47040867

นางสาวชลดา ยั่งยืน รหัสนักศึกษา 47040869

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....

..... ๒ / ๖.๓. / ๕๖

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(รศ.ดร. รุจิรา ตาปราบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นางสาวจิราภรณ์ แซ่ลิ้ม และนางสาวชลดา ช่างจีน. 2550 : เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง (Red bean protein enriched Tofu)

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.รุจิรา คาปราบ

บทคัดย่อ

การทดลองนี้คือการศึกษาการใช้โปรตีนถั่วแดงที่ระดับ 10% , 20% และ 30% ในการทดแทนโปรตีนถั่วเหลืองของการผลิตเต้าหู้ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบวิธี Preference test ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน โดยทดสอบทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ต่อผลิตภัณฑ์ทุกระดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญ แสดงว่าผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง


เมื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับเต้าหู้ถั่วเหลือง 100% (control) โดยการทดสอบด้านสีด้วยระบบ L a b color พบว่าเต้าหู้ control มีค่า a เป็น 0.15 ± 0.09 ค่า b เป็น 13.45 ± 0.46 และค่า L เป็น 82.52 ± 0.67 สำหรับเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 30% มีค่า a เป็น 3.75 ± 0.36 ค่า b เป็น 10.34 ± 0.66 และค่า L เป็น 70.36 ± 1.17 ค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์จะแปรผันตามปริมาณถั่วแดงที่เพิ่มขึ้น และการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยเครื่องวัด Texture พบว่าเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 30% มีค่า hardness น้อยสุด แต่มีค่า cohesiveness มากสุด

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิแช่เย็น 4°C เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ทดสอบความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ pH meter พบว่า pH ของผลิตภัณฑ์ลดลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งในสัปดาห์ที่ 3 ผลิตภัณฑ์เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงคือ เนื้อนิ่ม ชุ่ม มีเมือกสีเหลืองบนผิว และเริ่มมีกลิ่นเหม็น

.....จิราภรณ์.....แซ่ลิ้ม.....

.....ชลดา.....ช่างจีน.....

ลายมือชื่อนักศึกษา

..........

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

.....๓/๐๓/๕๑.....

วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่องเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดงในครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำมีความรู้สึกดีใจมาก และขอขอบพระคุณ รศ.ดร.รุจิรา คาปราบ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษในครั้งนี้ ที่ให้ความกรุณาสละเวลาอันมีค่ามาให้คำปรึกษาและแนะนำเรื่องต่างๆ พร้อมทั้งตรวจและแก้ไขข้อบกพร่องในการทำรายงานครั้งนี้ให้มีความสมบูรณ์เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณอาจารย์ชอุพร พิษกมุทร ที่ช่วยให้คำแนะนำต่างๆ และขอขอบคุณพี่นุที่คอยช่วยสอนการใช้เครื่องมือต่างๆ ให้คำแนะนำที่ดีทั้งเรื่องการทำปัญหาพิเศษและการดำเนินชีวิต

สุดท้ายขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว รวมทั้งเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือ สนับสนุน และเป็นกำลังใจในการทำสัมมนาครั้งนี้ให้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ผู้จัดทำ

21 มีนาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	ก
กิตติกรรมประกาศ.....	ข
สารบัญ.....	ค
สารบัญตาราง.....	ง
สารบัญภาพ.....	ฉ
สารบัญภาคผนวก.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์.....	2
2.1 ถั่วแดงหลวง.....	2
2.2 ถั่วเหลือง.....	3
2.3 โปรีดินในถั่วเหลือง.....	3
2.4 ความสำคัญของพืชตระกูลถั่ว.....	7
2.5 คุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดถั่ว.....	8
2.6 เค้าหัว.....	9
2.7 กระบวนการผลิตเค้าหัว.....	11
2.8 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตเค้าหัว.....	13
2.8.1 องค์ประกอบและความแตกต่างของถั่วเหลือง.....	13
2.8.2 อุณหภูมิในขั้นตอนการบดถั่วเหลือง.....	14
2.8.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำนมถั่วเหลือง.....	14
2.8.4 ชนิดของสารตกตะกอนโปรีดิน.....	14
2.8.5 ความเข้มข้นของสารตกตะกอนโปรีดิน.....	15
2.8.6 อุณหภูมิในการตกตะกอน.....	15
2.8.7 อัตราการผสมสารตกตะกอน.....	16
2.8.8 ระยะเวลาในการตกตะกอน.....	16
2.8.9 สภาวะในการเทใส่แบบพิมพ์.....	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	17
3.1 วัตถุประสงค์.....	17
3.2 อุปกรณ์.....	17
3.3 วิธีการทดลอง.....	17
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์การทดลอง.....	19
4.1 ผลการทดลองทำเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง.....	19
4.2 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง.....	19
4.3 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง.....	21
4.3.1 ผลการวิเคราะห์ด้านสีของผลิตภัณฑ์.....	21
4.3.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์.....	22
4.4 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง.....	25
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	27
เอกสารอ้างอิง.....	28
ภาคผนวก.....	29

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ปริมาณและชนิดของโปรตีนโดยการใช้ Ultracentrifuge แยกจากโปรตีนตัวเหลือง ที่ละลายน้ำได้.....	5
2.2 องค์ประกอบกรดอะมิโนของโปรตีนตัวเหลือง.....	6
2.3 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่ว.....	6
2.4 ตารางแสดงปริมาณสารอาหารในอาหารส่วนที่กินได้ 100 กรัม.....	7
2.5 สารอาหารในเต้าหู้ชนิดต่างๆ 100 กรัม.....	11
4.1 ผลการทดสอบการวัดเนื้อสัมผัสของเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดงที่ระดับต่างๆ ด้วยวิธี TPA.....	22
4.2 ผลการเปลี่ยนแปลงลักษณะของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 สัปดาห์.....	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 แผนผังกระบวนการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองและเต้าหู้.....	11
4.1 ลักษณะเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดงที่ระดับ 0% , 10% , 20 และ 30%.....	19
4.2 ผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง.....	20
4.3 ค่าสีของเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดงที่ระดับต่างๆ.....	21
4.4 ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์.....	23
4.5 ค่าความสามารถการเกาะรวมตัวของผลิตภัณฑ์.....	23
4.6 ค่าความชื้นหุ่นของผลิตภัณฑ์.....	24
4.7 ค่า pH ของเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดงที่เปลี่ยนแปลงขณะเก็บรักษาเป็นเวลา 3 สัปดาห์....	26



สารบัญภาคผนวก

	หน้า
ภาคผนวก ก.....	29
ภาคผนวก ข.....	32
ภาคผนวก ค.....	33



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ถั่วแดงเป็นถั่วที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง เป็นพืชที่มีโปรตีนและมีคุณค่าทางอาหารสูง อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ดี โดยต้องนำเมล็ดถั่วแดงไปต้มให้เปื่อย ก่อนนำไปเลี้ยงสัตว์ เมล็ดถั่วแดงเหลืองมีโปรตีนร้อยละ 20-25 ไขมันร้อยละ 1-2 และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 50-60 เมล็ด 100 กิโลกรัม ให้พลังงานเฉลี่ย 1,453 กิโลจูล เมล็ดมีไทอามิน ไนอาซิน กรดโฟลิก และเส้นใยสูง เมล็ดที่มีสีเข้มจะมีแทนนินสูง ซึ่งแทนนินจะลดคุณค่าอาหารของโปรตีน นอกจากนี้ถั่วแดงยังใช้ประโยชน์ในด้านใช้เป็นอาหารลดความอ้วนและเป็นอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน โรคไต ช่วยในการบำรุงหัวใจ บำบัดอาการใจสั่น ช่วยบำรุงระบบประสาท ลดอาการบวม น้ำ ช่วยขับปัสสาวะ บำรุงลำไส้ ลดคอเลสเตอรอล และยังมีกรดโฟลิกที่ช่วยบำรุงเลือดอีกด้วย แต่ในประเทศไทยยังไม่ค่อยมีผู้นิยมมากนัก เพราะเป็นพืชใหม่ และยังไม่รู้จักการใช้ประโยชน์ เช่น ถั่วแดงคั้นน้ำตาล หมูบถั่วแดง ถั่วแดงอบ แกงถั่วโอสถ ห่อหมก ถั่วสวย ชุบถั่วแดง เป็นต้น

จากที่ถั่วแดงมีประโยชน์ทางด้านคุณค่าทางอาหารมากมาย อีกทั้งยังมีนิยมนปลูกเป็นจำนวนมากทางภาคเหนือแต่ถั่วเหลืองส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นในปัญหาพิเศษครั้งนี้จึงได้มีการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ถั่วแดงให้เป็นทางเลือกของผู้บริโภคมากขึ้น โดยได้มีการนำถั่วแดงมาประยุกต์ในการทำเต้าหู้โดยใช้ทดแทนโปรตีนถั่วเหลือง ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เต้าหู้ที่มีโปรตีนสูงไขมันต่ำ ซึ่งเป็นทางเลือกใหม่สำหรับการบริโภคถั่วแดง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระดับการใช้โปรตีนถั่วแดงทดแทนโปรตีนถั่วเหลืองในการผลิตเต้าหู้
2. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง

ขอบเขตของปัญหาพิเศษ

1. ศึกษาถึงระดับการใช้โปรตีนถั่วแดงที่ระดับ 10% , 20% และ 30% ทดแทนโปรตีนถั่วเหลืองในการผลิตเต้าหู้
2. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิแช่เย็น 4°C เป็นเวลา 3 สัปดาห์ โดยทดสอบความเป็นกรด-ด่าง และตรวจลักษณะการเปลี่ยนแปลงภายนอกของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ถั่วแดงหลวง (Red kidney bean)

ถั่วแดงหลวง (Red kidney bean) เป็นพืชที่มีปลูกกันแพร่หลายในเขตอบอุ่น รวมทั้งในหลายๆพื้นที่ของเขตร้อนและกึ่งร้อน สันนิษฐานว่ามีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกาเนื่องจากเป็นพืชพื้นเมืองของประเทศเม็กซิโก เปรู และโคลัมเบีย โดยเมื่อประมาณ 8000 ปี มาแล้ว มีหลักฐานว่าบริเวณที่ปลูกถั่วแดงหลวงอย่างกว้างขวาง การแพร่กระจายของถั่วแดงหลวงเชื่อกันว่าเกิดขึ้นภายหลังจากที่โคลัมบัสเดินทางไปถึงทวีปอเมริกาในคริสต์ศตวรรษที่ 15 โดยได้มีการนำถั่วแดงหลวงไปปลูกในทวีปยุโรปจนกระทั่งกลายเป็นพืชที่สำคัญของทวีปยุโรปในเวลาต่อมา และขณะเดียวกันถั่วแดงหลวงก็ได้แพร่กระจายไปทวีปอื่นๆ โดยเฉพาะทวีปแอฟริกาและเอเชีย ปัจจุบันจัดเป็นพืชสำคัญของหลายๆประเทศในทวีปอเมริกา ยุโรป และแอฟริกา โดยเฉพาะทวีปอเมริกานั้น สามารถผลิตถั่วแดงหลวงประมาณร้อยละ 30 ของผลผลิตโลก และประเทศที่เป็นผู้ผลิตรายใหญ่ที่สุดในโลกคือ บราซิล

การปลูกถั่วแดงหลวงในประเทศไทย สันนิษฐานว่ามีชนนารีเป็นผู้นำเข้ามาให้ชาวไทยภูเขาตามหมู่บ้านต่างๆ แคว้นมาแพร่หลายนัก กระทั่งปี พ.ศ. 2516 โครงการหลวงพัฒนาชาวเขาได้นำพันธุ์ถั่วแดงหลวงจากต่างประเทศเข้ามาทดลองและส่งเสริมให้ชาวไทยภูเขาปลูกในหมู่บ้านต่างๆของท้องที่หลายๆอำเภอ ได้แก่ อำเภอฮอด แม่แจ่ม สันป่าคอง เชียงดาว ฝาง และอำเภอเมือง ของจังหวัดเชียงใหม่ จัดเป็นพืชทดแทนการปลูกฝิ่นที่สำคัญรองลงมาจากกาแฟ มีตลาดกว้างขวางและสามารถผลิตเป็นสินค้าส่งออกได้ แหล่งปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่ ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย พะเยา ลำปาง น่าน แม่ฮ่องสอน และเพชรบูรณ์ แต่ผลผลิตต่อไร่ที่เกษตรกรได้รับค่อนข้างต่ำ โดยเฉลี่ยประมาณ 60-80 กิโลกรัมต่อไร่

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ถั่วแดงหลวงมีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Phaseolus vulgaris* (L.) ชื่อพ้องคือ *P. esculentus* Salisb. เป็นพืชในวงศ์ Leguminosae วงศ์ย่อย Papilionoideae มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษหลายชื่อ ได้แก่ common bean, field bean, navy bean, red kidney bean และ marrow bean เป็นพืชที่มีลักษณะเป็นพุ่มหรือเถาเลื้อย แต่พวกที่มีลักษณะเป็นพุ่มจะได้รับ

ความนิยมในการปลูกเชิงการค้ามากกว่า เป็นพืชที่มีระบบรากแข็งแรง มีปมไนโตรโพลีโอเลท สีฟ ที่รากสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้

พันธุ์ ถั่วแดงหลวงที่นำมาปลูกในประเทศไทยเป็นพันธุ์ที่ใช้ประโยชน์จากเมล็ดแห้งคือ ปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวฝักแก่และกะเทาะเอาเมล็ดแห้งนำไปบริโภค เป็นพวกที่มีชื่อสามัญว่า red kidney bean มีเมล็ดขนาดใหญ่ ยาว 1.5 เซนติเมตร หรือยาวกว่า รูปร่างเมล็ดคล้ายรูปไต พันธุ์ที่ปลูก ได้แก่ Montcalm, California และ Royal ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เมล็ดมีสีแดงเข้ม และพันธุ์ Moniton ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เมล็ดมีสีชมพู ปัจจุบันพันธุ์ที่เกษตรกรในโครงการหลวงใช้ปลูกเป็นส่วนใหญ่คือ พันธุ์ Canadian Wander

ความสำคัญ ถั่วแดงหลวงเป็นถั่วที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ใช้ประโยชน์โคข บริโภคทั้งในรูปเมล็ดสด เมล็ดแห้ง และฝักอ่อน เช่น ฝักสดและเมล็ดใช้ปรุงอาหาร รับประทาน ในรูปฝักสดหรือสัคค เมล็ดแห้งใช้ทำขนมหวาน นอกจากนี้ในบางประเทศยังใช้ใบอ่อนประกอบ อาหารได้อีกด้วย สำหรับในประเทศไทยตะวันตกนั้นมีการใช้ประโยชน์จากถั่วแดงหลวงกว้างขวางคือ นอกจากจะใช้ฝักอ่อนปรุงอาหารในรูปฝักแล้วยังผลิตฝักอ่อนบรรจุกระป๋องหรือ แช่แข็ง และยัง ส่งออกอาหารกระป๋องในรูปเมล็ดแห้งที่ปรุงอยู่ในซอสมะเขือเทศอีกด้วย

เมล็ดถั่วแดงมีโปรตีนร้อยละ 20-25 ไขมันร้อยละ 1-2 และคาร์โบไฮเดรตถึงร้อยละ 50-60 เมล็ด 100 กิโลกรัม ให้พลังงานเฉลี่ย 1453 กิโลจูล เมล็ดมีโทอามีน ในอาซีน กรดโฟลิก และเส้นใยสูง เมล็ดที่มีสีเข้มจะมีแทนนินสูง ซึ่งแทนนินจะลดคุณค่าทางอาหารของ โปรตีน การใช้ประโยชน์หรือการบริโภคถั่วแดงหลวงคล้ายกับถั่วพุ่ม จึงสามารถใช้ทดแทนกันได้ ในบางครั้ง ซึ่งเป็นการดีของพืช 2 ชนิดนี้ปลูกในสภาพที่แตกต่างกัน มีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตแตกต่างกัน โคขที่ถั่วแดงหลวงต้องการอุณหภูมิที่ต่ำกว่าถั่วพุ่ม ดังนั้นในประเทศ แถบร้อนที่ต้องนำเข้าผลิตภัณฑ์ถั่วแดงหลวงอาจปลูกถั่วพุ่มทดแทนเพื่อลดการนำเข้าได้

2.2 ถั่วเหลือง

ถั่วเหลือง (Soybean) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Glycine max*, (L.) Merril. เป็นพืชที่ จัดอยู่ในระหว่างกลุ่มของพืชตระกูลถั่ว (Legumes) และ พืชน้ำมัน (Oilseeds) ถั่วเหลืองมีปริมาณ โปรตีน ประมาณร้อยละ 40 ซึ่งมากกว่าพวก Legumes แต่มีปริมาณไขมันประมาณร้อยละ 20 ซึ่งน้อยกว่าพวก Oilseeds ถั่วเหลืองจัดเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญอันดับหนึ่งของโลก น้ำมันจากถั่ว เหลืองเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดีมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) สูง คือมีปริมาณ กรดไลโนเลอิก (Linoleic acid) และกรดไลโนเลนิก (Linolenic acid) ร้อยละ 52 และ 7.4 ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดไขมันทั้งหมด กรดไขมันชนิดนี้มีประโยชน์ต่อร่างกาย คือสามารถลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือด ซึ่งเท่ากับเป็นการช่วยลดภาวะหลอดเลือดแข็งและโรคหัวใจขาดเลือด ถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีนจากพืชที่สำคัญแต่คุณภาพของโปรตีนจะดีน้อยกว่าโปรตีนที่ได้จากสัตว์ เมื่อรับประทานข้าวหรือธัญชาติและอาหารอื่นๆ ร่วมกับถั่วเหลืองหรือผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองจะช่วยเสริมคุณภาพของโปรตีนให้สมบูรณ์เท่าเทียมโปรตีนจากเนื้อสัตว์ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยเกลือแร่ และวิตามินต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแคลเซียมฟอสฟอรัส เหล็ก และโปแตสเซียม สำหรับแคลเซียมเป็นธาตุที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในการเจริญเติบโตของกระดูกในร่างกาย ธาตุเหล็กสำคัญในการบำรุงโลหิต และธาตุฟอสฟอรัสช่วยในการบำรุงประสาทและสมอง ถั่วเหลืองจะมีวิตามินเอ, บี1, บี2 และซี จะพบวิตามินบี2 มากกว่าพืชอื่นๆ

ปัจจุบันการใช้ถั่วเหลืองมาผลิตเป็นนํ้านมถั่วเหลืองหรือ โยเกิร์ตไปเรียกกันว่า “ นํ้าเต้าหู้ ” มีมากขึ้น ทั้งนี้เพราะผู้บริโภคเกิดความรู้ความเข้าใจในคุณค่าทางโภชนาการของนํ้านมถั่วเหลืองมากขึ้น ประกอบกับนํ้านมถั่วเหลืองสามารถใช้เป็นอาหารเสริมดื่มแทนนมวัวได้ดีพอสมควร นับได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ประชาชนคนไทยบริโภคกันอย่างแพร่หลายมาเป็นเวลานานแล้ว (เรวดี, 2545)

2.3 โปรตีนในถั่วเหลือง

โปรตีนในถั่วเหลืองจะถูกสะสมอยู่ในเซลล์ของเนื้อถั่วเหลือง โดยสะสมกันเป็นที่เรียกว่า Protein bodies หรือ Storage Proteins ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 2-20 ไมครอน แต่ส่วนใหญ่มีขนาด 5-8 ไมครอน และมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วงของ 200,000-600,000 ในสภาวะธรรมชาติ โมเลกุลของโปรตีนขนาดใหญ่เหล่านี้ยังสามารถจับตัวกันเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ได้อีกด้วยการเชื่อมกันของ disulfide linkage

ในการเรียกชื่อของโปรตีนในปัจจุบันนั้นยังไม่มียุทธศาสตร์การเรียกชื่อที่ใช้กันแต่เนื่องจากได้มีนักวิจัยค้นคว้าและกำหนดชื่อเรียกกันตามลักษณะต่างๆ เช่น ใช้บรรทัดฐานของ Sedimentation Coefficient (S) ซึ่งสัมพันธ์กับขนาดของโมเลกุลของโปรตีนโดยค่าของ Sedimentation properties จะขึ้นอยู่กับสภาพของ buffer condition, pH และปัจจัยอื่นๆ เช่น ionic strength เป็นต้น ในส่วนของ Protein bodies นั้น โปรตีนส่วนใหญ่เป็นโปรตีนที่ชื่อว่า globulin ซึ่งเป็นโปรตีนที่สามารถละลายได้ดีในสารละลายเกลือเจือจาง globulin ในถั่วเหลืองประกอบด้วย fraction ของ 2S, 7S, 11S และ 15S โดยมี fraction ของ 7S และ 11S เป็นองค์ประกอบหลัก (ตารางที่ 2.1) การฟอร์มเจลของ

โปรตีนถั่วเหลืองจะเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับโมเลกุลของ 7S และ 11S globulin การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างใดๆ ของโมเลกุลทั้งสองจะมีผลต่อการเกิดเจล

ตารางที่ 2.1 ปริมาณและชนิดของโปรตีนโดยการใช้ Ultracentrifuge แยกจากโปรตีนถั่วเหลืองที่ละลายน้ำได้

Fraction	เปอร์เซ็นต์ของทั้งหมด	ชนิดของโปรตีน	น้ำหนักโมเลกุล
2S	22	- Trypsin Inhibitor	8,000-21,500
7S	37	- Cytochrome C	12,00
		- Hemagglutinins	110,000
		- Lipoxygenases	102,000
		- β -Amylase	61,700
		- 7S-Globulin	180,000-210,000
11S	31	- 11S-Globulin	350,000
15S	11	-	600,00

ที่มา : วนิตา (2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบกรดอะมิโนของโปรตีนถั่วเหลือง Amino acid composition of soybean protein* (based on human requirements)

Essential amino acids	meal	Nonessential amino acids	meal
Lysine	6.9	Arginine	8.4
Methionine	1.6	Histidine	2.6
Cystine	1.6	Tyrosine	3.9
Tryptophan	1.3	Serine	5.6
Threonine	4.3	Glutamic acid	21.0
Isoleucine	5.1	Aspartic acid	12.0
Leucine	7.7	Glycine	4.5
Phenylalanine	5.0	Alanine	4.5
Valine	5.4	Proline	6.3
		Ammonia	2.1

ที่มา : ชูศักดิ์ (2547)

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่ว (กรัมต่อ 100 กรัมส่วนที่กินได้)

เมล็ดถั่ว	แคลอรี	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	แร่ธาตุ	คาร์โบไฮเดรต
ถั่วเหลือง (<i>Glycine max</i>)	335	8	38.0	18.0	4.7	31.3
ถั่วลิสง (<i>Arachis hypogaea</i>)	343	5	25.6	43.4	2.5	23.4
ถั่วเขียว (<i>Phaseous aureus</i>)	340	11	23.9	1.3	3.4	60.4
ถั่ว Pigeon (<i>Cajanus cajan</i>)	343	11	20.9	1.7	3.5	62.9
ถั่ว Chick (<i>Cicer arietinum</i>)	358	11	20.1	4.5	2.9	61.5
ถั่ว Lentil (<i>Lens esculenta</i>)	346	11	24.2	1.8	2.2	60.8
ถั่ว Kidney (<i>Phaseous vulgaris</i>)	341	11	22.1	1.7	3.8	61.4

ที่มา : อรอนงค์ (2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงปริมาณสารอาหารในอาหารส่วนที่กินได้ 100 กรัม

ชื่ออาหาร	Cal Unit แคลอรี	Fat gm ไขมัน	CHO gm คาร์โบไฮ เดรต	Fiber gm ใย อาหาร	Protein gm โปรตีน	Ca mg แคล เซียม	P mg ฟอส ฟอรัส	Fe mg เหล็ก	Vitamins				
									A I.U	B1 mg	B2 mg	Niacin mg	C mg
ถั่วเหลือง	403	17.7	33.5	4.9	34.1	226	554	8.4	80	1.10	0.31	2.2	-
ถั่วเขียว	356	1.0	64.6	4.3	24.4	125	340	5.7	130	0.66	0.22	2.4	10
ถั่วดำ	340	1.6	61.0	4.2	22.7	110	382	6.5	17	0.59	0.22	2.3	1
ถั่วแระ (แห้ง)	339	1.2	63.4	4.4	20.4	103	224	4.9	267	0.49	0.21	2.2	0
ถั่วแดง	335	1.0	64.5	5.4	18.5	80	400	5.0	-	0.30	0.21	2.4	9
ถั่วลิสง	303	19.4	21.8	1.1	15.0	56	245	2.1	33	0.97	0.18	.7	11

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

2.4 ความสำคัญของพืชตระกูลถั่ว

พืชตระกูลถั่วจัดเป็นพืชที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายประการดังต่อไปนี้

1. การใช้ประโยชน์ในการบริโภคเป็นอาหารประจำวัน สามารถนำมาบริโภคได้หลายรูปแบบทั้งในลักษณะของการบริโภคสดแบบฝัก เช่น ถั่วฝักยาว ถั่วแขก ใช้เป็นผักสดจิ้มน้ำพริกหรือเป็นเครื่องเคียงขนมจีน ใช้ในการประกอบอาหารคาวหวานหลายชนิด เช่น ผัดฝัก แกงมัสมั่น ขนมหั้วส่วน ถั่วเขียวต้มน้ำตาล ซาลาเปาไส้ถั่วแดง ฯลฯ บางชนิดสามารถนำไปปลูกโรยเกลือ เป็นอาหารว่าง เช่น ถั่วแระ บางชนิดสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อบริโภค เช่น นมถั่วเหลือง เต้าหู้ หรือหมักเป็นเครื่องปรุงรส เช่น ซีอิ๊ว เต้าเจี้ยว เป็นต้น
2. การใช้ประโยชน์ในการส่งเสริมสุขภาพ พืชตระกูลถั่วนอกจากจะใช้ประโยชน์สำหรับการบริโภคเป็นอาหารประจำแล้ว พืชตระกูลถั่วโดยเฉพาะถั่วเมล็ดแห้งหลายชนิดยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหาโภชนาการที่สำคัญของประชากรโลก เช่น ใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับทารก เด็กก่อนวัยเรียน หญิงมีครรภ์ หญิงให้นมบุตร ใช้ประโยชน์ไขมันไม่อิ่มตัวและกรดไขมันจำเป็นที่มีอยู่ในถั่ว ในการช่วยลดปัญหาภาวะไขมันอุดตันในหลอดเลือดที่จะนำไปสู่ปัญหาโรคหัวใจขาดเลือดและการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นอัมพาต เนื่องจากเลือดไปเลี้ยงสมองไม่พอ และใยอาหารที่ได้รับจากการบริโภค
ถั่วยังช่วยในการทำงานของระบบขับถ่าย ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงจากการเป็น
โรคมะเร็งในลำไส้ใหญ่

3. ใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรม พืชตระกูลถั่วนี้ว่ามีบทบาทสำคัญในการพัฒนา
อุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ปุ๋ย สารเคมี น้ำมันพืช และ
ผลิตภัณฑ์อาหาร ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการผลิตระดับอุตสาหกรรมมีหลายชนิด เช่น
นมถั่วเหลือง เต้าหู้ วุ้นเส้น ซึอิ้ว เต้าเจี้ยว เนื้อเทียม

2.5 คุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดถั่ว

1. โปรตีน โดยทั่วไปถั่วเมล็ดแห้งมีปริมาณโปรตีนสูงตั้งแต่ร้อยละ 15-34 ซึ่งมากกว่าธัญพืช
และเนื้อสัตว์ที่มีโปรตีนเพียงร้อยละ 3.4-8.2 และ 17.2-23.6 ตามลำดับ โปรตีนของถั่ว
เมล็ดแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของกรดอะมิโนที่จำเป็นทั้ง 8 ชนิด แล้วพบว่า
เมทาไอโอไนน์มีสัดส่วนค่อนข้างต่ำ จึงทำให้คุณภาพของถั่วเมล็ดแห้งจัดได้ว่ามีคุณภาพ
ใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์เท่านั้น ดังนั้นหากมีการเสริมเมทาไอโอไนน์ลงในอาหารจากถั่วหรือใช้
ถั่วหลายชนิดผสมกัน หรือผสมกับอาหารชนิดอื่นที่มีเมทาไอโอไนน์สูง เช่น งา ข้าวเจ้า จะ
เป็นการทำให้โปรตีนมีคุณภาพสมดุลยิ่งขึ้น
2. ไขมัน ถั่วเมล็ดแห้งโดยทั่วไปมีปริมาณไขมันต่ำ ยกเว้น ถั่วลิสงและถั่วเหลืองที่มีปริมาณ
ไขมันสูงถึงร้อยละ 38.7 และ 18.7 ตามลำดับ ไขมันส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวถึง
ร้อยละ 85 และยังมีกรดไขมันที่จำเป็นคือ กรดลิโนเลอิกอยู่สูง ซึ่งช่วยในการ
เจริญเติบโตของทารกและเด็ก ช่วยลดคอเลสเตอรอลในเลือด นอกจากนี้ยังมีสารประกอบ
ไขมันอีกชนิดหนึ่งเรียกว่า “เลซิธิน” (lecithin) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเซลล์หุ้มสมอง
และเซลล์ประสาท ช่วยดูดซึมและขนส่งไขมัน ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด และ
ยังทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์อีกด้วย
3. คาร์โบไฮเดรต ถั่วเมล็ดแห้งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตประมาณร้อยละ 60 ยกเว้นถั่วลิสง
และถั่วเหลืองมีคาร์โบไฮเดรตน้อยเพียงร้อยละ 15.6 และ 26.7 ตามลำดับ
คาร์โบไฮเดรตในถั่วเมล็ดแห้งส่วนใหญ่เป็นสคาร์ซ์แคในถั่วเหลืองพบว่าเป็นประเภท
น้ำตาล เช่น ซูโครส (sucrose) ราฟิโนส (raffinose) สตาซีโอส (stachyose) และ
เวอร์บาโคส (verbacose) เนื่องจากร่างกายไม่มีเอนไซม์ย่อยน้ำตาลประเภทราฟิโนส สตา
ซีโอส และเวอร์บาโคส ทำให้น้ำตาลดังกล่าวตกค้างและถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ได้ก๊าซหลายชนิดเกิดขึ้น เป็นผลให้เกิดอาการอืดอืดที่เรียกว่า อาการท้องอืดจากอาหารไม่ย่อย ยังมีผลทำให้ร่างกายนำน้ำคาลไปใช้ประโยชน์ได้ไม่เต็มที่ ดังนั้นอาจนำประโยชน์นี้ไปใช้กับผู้ที่ต้องการจำกัดปริมาณการบริโภคคาร์โบไฮเดรต เช่น ผู้ป่วยโรคเบาหวาน

4. กลีออแร่ ถั่วเมล็ดแห้งมีกลีออแร่หลายชนิด เช่น ถั่วเหลืองมีกลีออแร่ที่สำคัญ ได้แก่ โปแตสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม โซเดียม และซัลเฟอร์ ปริมาณกลีออแร่หลายชนิดในถั่วเมล็ดแห้งมีมากกว่าในข้าวเจ้าและข้าวสาลี
5. วิตามิน ถั่วเมล็ดแห้งจัดเป็นแหล่งอาหารที่ดีของวิตามินที่ละลายน้ำ โดยเฉพาะวิตามินบี ส่วนวิตามินซีและวิตามินที่ละลายในไขมัน เช่น วิตามินเอและวิตามินดี จัดว่ามีน้อย

2.6 เต้าหู้ (Tofu)

เต้าหู้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นเจลสามารถที่จะอุ้มน้ำไว้ในโครงสร้างได้สูงสามารถผลิตโดยนำถั่วเหลืองมาล้าง แช่วน้ำ และ บดคั่วจนน้ำ ได้เป็นถั่วเหลืองบดเหลวขึ้น นำไปต้มให้เดือดแล้วกรองด้วยผ้า ของเหลวที่ได้มีลักษณะคล้ายน้ำนม เรียกว่า น้านมถั่วเหลือง เมื่อเติมสารตกตะกอนโปรตีนได้แก่ สาร bittern สาร nigari สารยิปซัม (gypsum) หรือน้ำส้มสายชูลงในน้านมถั่วเหลืองร้อนจะเกิดการฟอร์มตัวของเคิร์ด (curd) จากนั้นนำเคิร์ดที่ได้ไปกดทับก็จะได้เต้าหู้ เต้าหู้ที่วางจำหน่ายโดยทั่วไปมีหลายชนิด แต่เมื่อพิจารณาจากปริมาณน้ำที่ถูกกำจัดออกและคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของเต้าหู้แล้ว สามารถแบ่งเต้าหู้ออกได้ 3 ชนิดคือ ชนิดอ่อน (soft หรือ silken) ชนิดแข็ง (firm) และชนิดแข็งพิเศษ (extra firm) ปกติแล้วเต้าหู้จะมีขั้นตอนการผลิตที่คล้ายคลึงกันยกเว้นอัตราส่วนของน้ำต่อถั่วเหลือง ชนิดและความเข้มข้นของสารตกตะกอน รวมทั้งปริมาณของเวย์ (whey) ที่ถูกบีบอัดออกไป (ชูศักดิ์, 2547)

เต้าหู้ที่มีคุณภาพดีจะต้องมีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่ม เรียบ แน่น เกาะติดกัน ไม่เป็นยาง (rubbery) และไม่แข็งเกินไป ดังนั้นลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้จึงเป็นสิ่งสำคัญ มีผลต่อคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคสภาวะต่างๆ ในการผลิตเต้าหู้ เช่น อุณหภูมิ ชนิดและความเข้มข้นของสารที่ช่วยให้ง่ายต่อการคนและอัตราส่วนระหว่างน้ำกับถั่วเหลืองจะมีผลต่อคุณภาพและผลผลิต (yield) ของเต้าหู้ นอกจากนี้การผลิตเต้าหู้โดยใช้ถั่วเหลืองพันธุ์ต่างๆ จะทำให้คุณภาพและผลผลิตของเต้าหู้แตกต่างกันด้วย เนื่องจากถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกัน (วรลักษณ์, 2544)

เต้าหู้อ่อน (Soft หรือ Silken tofu หรือ kinugoshi-tofu) ทำจากนํ้านมถั่วเหลือง ซึ่งมีปริมาณของแข็งอยู่ร้อยละ 10-12 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ประกอบด้วยความชื้นประมาณร้อยละ 88-90 และโปรตีนร้อยละ 6 มีลักษณะเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มคล้ายเนยแข็งชนิดอ่อน แต่ก็ยังมีความแข็งพอที่จะคงรูปร่างอยู่ได้ภายหลังถูกตัด การผลิตเต้าหู้อ่อนทางการค้าสามารถใช้กลูโคโนแลคโตน (glucono- δ -lactone, GDL) หรือสารละลายแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต (calcium sulfate dehydrate) ความเข้มข้นต่ำๆ โดยผสมสารละลายของสารตกตะกอนกับนํ้านมถั่วเหลืองให้เข้ากัน บรรจุลงภาชนะบรรจุและปิดผนึก หลังจากนั้นแช่ในนํ้าร้อนอุณหภูมิ 80-95 องศาเซลเซียส นานประมาณ 50 นาทีเพื่อทำให้โปรตีนถั่วเหลืองเกิดการตกตะกอนแล้วนำไปแช่ในนํ้าเย็น เก็บรักษาในตู้เย็น เต้าหู้ชนิดนี้เมื่อนํ้านมถั่วเหลืองเกิดการตกตะกอนจะไม่มีกรแตกเอาเวร้อออกจากเคิร์ด ทำให้มีปริมาณสารอาหารอยู่ในเต้าหู้อ่อนสูงและมีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่ม

เต้าหู้ชนิดแข็งและชนิดแข็งพิเศษเป็นเต้าหู้ที่ผ่านการบีบอัดเคิร์ด ซึ่งจะมีขั้นตอนที่สำคัญ 2 ขั้นตอน คือ เริ่มต้นกวนสารตกตะกอนในนํ้านมถั่วเหลืองขณะร้อนอย่างรวดเร็วและทั่วถึง จากนั้นขั้นที่ 2 ทำให้เคิร์ดที่เกิดขึ้นแตก และบีบอัดเคิร์ดนั้น ถ้ามีการปรับนำหนักของวัสดุที่ใช้กด จะทำให้แรงกดเพิ่มขึ้นส่งผลต่อความแน่นเนื้อของเต้าหู้ เต้าหู้ที่เนื้อสัมผัสมีความแน่นเนื้อสูงจะมีปริมาณนํ้าต่ำทำให้ง่ายต่อการจัดการ และมีลักษณะคล้ายเนื้อหรือเนยแข็งและช่วยให้เต้าหู้คงรูปอยู่ได้ในขณะให้ความร้อน ดังนั้นเต้าหู้ที่ผ่านการบีบอัดจึงเป็นเต้าหู้ที่เหมาะสมสำหรับการทอดทั้งแบบคั่ว (pan-frying) และแบบลึก (deep-frying) และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze-drying) รวมทั้งการใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารอื่นๆ หรือในรูป เมื่อพิจารณาตามวิธีหรือขั้นตอนในการแปรรูปแล้ว สามารถที่จะแบ่งเต้าหู้ออกได้หลายชนิด ได้แก่ เต้าหู้ธรรมดา เต้าหู้แช่เยือกแข็ง เต้าหู้แช่เยือกแข็งแห้ง เต้าหู้ทอดนํ้ามัน เต้าหู้ขี้ และเต้าหู้หมัก เป็นต้น (Liu, 1997)

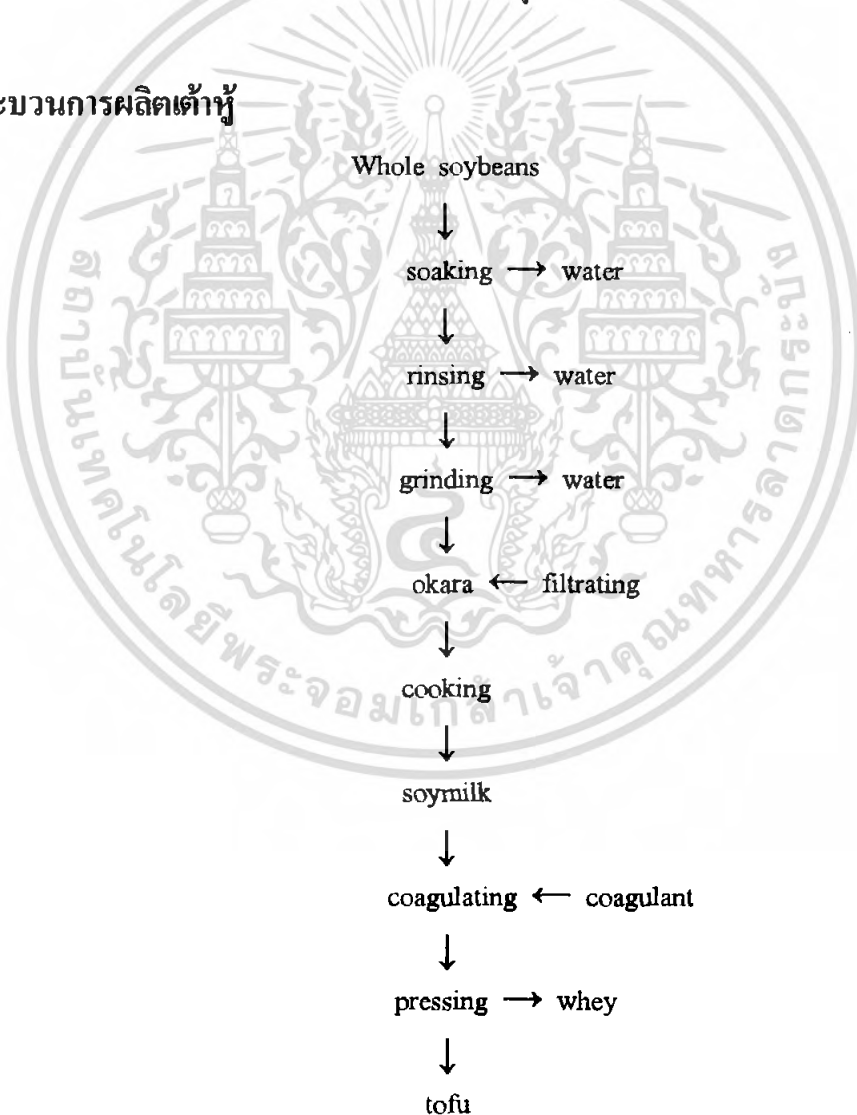
นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์เต้าหู้บรรจุถุงพลาสติก (packed tofu) ซึ่งประยุกต์กระบวนการผลิตจากการผลิตหู้อ่อนโดยหลังจากทำให้นํ้านมถั่วเหลืองเย็นลง แล้วเติมลงในถุงโพลีเอสเตอร์หรือโพลีโพรพิลีน ซึ่งบรรจุแคลเซียมซัลเฟตหรือกลูโคโนแลคโตนแล้วปิดผนึกถุงให้แน่นแล้วให้ความร้อนในอ่างนํ้าร้อนที่อุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียส นาน 50 นาที แล้วจึงลดอุณหภูมิลง นํ้านมถั่วเหลืองจะเกิดการตกตะกอนได้เป็นเต้าหู้ ซึ่งเต้าหู้ชนิดนี้จะง่ายต่อการขนส่งและเก็บรักษามากกว่าเต้าหู้อ่อน

ตารางที่ 2.5 สารอาหารในเต้าหู้ชนิดต่างๆ 100 กรัม

ผลิตภัณฑ์	แคลอรี หน่วย	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	โปรตีน (กรัม)	แคลเซียม (มก.)	ฟอสฟอรัส (มก.)	เหล็ก (มก.)
เต้าหู้แข็ง	135	6.0	8.1	12.5	188	222	5.6
เต้าหู้เหลือง	123	6.4	3.9	15.6	94	177	2.8
เต้าหู้ขาวอ่อน	63	0.4	4.1	7.9	150	104	2.2
เต้าหู้หลอด	-	-	-	3.8	19	49	1.0
ฟองเต้าหู้	461	14.9	28.4	47.0	245	949	9.5

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

2.7 กระบวนการผลิตเต้าหู้



รูปที่ 2.1 แผนผังกระบวนการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองและเต้าหู้

ที่มา : Liu (1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแช่น้ำ (soaking) นำถั่วเหลืองแห้งทั้งเมล็ดมาทำความสะอาด ชั่งน้ำหนัก และแช่น้ำทิ้งไว้ข้ามคืน โดยใช้น้ำในการแช่ถั่วประมาณ 2 ถึง 3 เท่าของปริมาณของถั่วเหลือง

การเทและล้างน้ำ (draining and rinsing) นำถั่วเหลืองที่ผ่านการแช่น้ำแล้วรินน้ำออกและล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ถึง 3 ครั้ง

การบด (grinding) บดถั่วเหลืองเปียกด้วยเครื่องมือ เติมน้ำสะอาดโดยให้มีอัตราส่วนของน้ำ : ถั่ว ประมาณ 6 : 1 ได้เป็นถั่วเหลืองบดเหลวข้น

การกรอง (filtering) นำถั่วเหลืองบดเหลวข้นมากรองผ่านถุงผ้าโดยการบีบอัดด้วยอุปกรณ์ที่เป็นไม้ ได้กากถั่วเหลืองซึ่งเรียกว่าโอคารา (okara) นำกากมาล้างด้วยน้ำร้อน กวน และบีบอัดอีกครั้งปริมาณสุดท้ายของน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้จะประมาณ 8-10 เท่าของปริมาณเดิม

การต้ม (cooking) นำน้ำนมถั่วเหลืองมาต้มให้เดือดหลีกเลี่ยงไม้ให้เกิดการไหม้ของน้ำนมถั่วเหลืองที่ก้นหม้อ ภายหลังจากน้ำนมถั่วเหลืองเดือดนาน 10 นาที เทใส่อีกภาชนะเพื่อทำให้น้ำนมถั่วเหลืองเย็นตัวลง

การตกตะกอนโปรตีน (coagulation) ทำการเตรียมสารละลายของสารตกตะกอนโปรตีนในระหว่างการทำเย็นน้ำนมถั่วเหลืองโดยการผสมผงของสารตกตะกอนกับน้ำร้อนให้เข้ากัน สารตกตะกอนที่นิยมใช้มี 2 ชนิด คือ อิปซัม (gypsum) ซึ่งเป็นผลึกของสารแคลเซียมซัลเฟตหรือไนการิ (nigari) มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแมกนีเซียมคลอไรด์ เมื่ออุณหภูมิของน้ำนมถั่วเหลืองลดลงเหลือ 78 องศาเซลเซียส เติมน้ำสารละลายของสารตกตะกอนลงไปแล้วกวนให้เข้ากันไม่ต่ำกว่า 30 วินาที จากนั้นบรรจุใส่ภาชนะและตั้งทิ้งไว้ให้เกิดการตกตะกอน

การบีบอัด (pressing) นำเคิร์ดของเต้าหู้มาทำให้แตกจากนั้นเทลงถาดแบนซึ่งห่อหุ้มด้วยผ้า จากนั้นตั้งผ้าที่อยู่ทั้ง 4 ด้านของถาดขึ้นแล้วทับไว้บนเคิร์ดภายในถาด นำผ้าไม้ที่มีขนาดเล็กกว่าถาดมาปิดทับด้านบนของเคิร์ดและทับผ้าไม้ไว้ด้วยก้อนอิฐนานประมาณ 30 นาที เวชจะถูกแยก ออกมาทำให้เต้าหู้มีความแน่นเนื้อสูงขึ้น ระดับของความแน่นเนื้อจะมีความสัมพันธ์อย่างมากกับแรงกดที่ใช้ในขั้นตอนนี้ สุดท้ายนำก้อนเต้าหู้ที่ได้ใส่ในภาชนะที่บรรจุน้ำเย็นไว้ภายใน เต้าหู้สามารถเก็บรักษาไว้ในน้ำเย็นได้นาน 1-14 วัน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของแต่ละฤดูกาล ปัจจุบันหากเก็บไว้ในตู้เย็นแล้วเปลี่ยนน้ำบ้างจะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาเต้าหู้ออกไปได้ประมาณ 1 สัปดาห์ (Liu, 1997)

2.8 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตเต้าหู้

2.8.1 องค์ประกอบและความแตกต่างของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองมีความแตกต่างอย่างมากมายในด้านของลักษณะปรากฏและองค์ประกอบทางเคมี ลักษณะปรากฏ ได้แก่ ขนาดของเมล็ด รูปร่าง สีของสะดือบนเมล็ดถั่วเหลือง (hilum) และ สีใบแรกของต้นอ่อนของถั่วเหลือง (cotyledon) มีผลกระทบต่อลักษณะกับคุณภาพของเต้าหู้ โดยพบว่าขนาดของถั่วเหลืองพันธุ์เดียวกันไม่ได้มีผลกระทบต่อคุณภาพและผลผลิตของเต้าหู้ องค์ประกอบทางเคมีจะมีผลต่อกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และผลผลิตของเต้าหู้ ซึ่งผลกระทบขององค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของถั่วเหลืองที่มีต่อคุณภาพเต้าหู้มีดังนี้ (Liu, 1997)

2.8.1.1 โปรตีน : โปรตีน 11S (glycinin) และ 7S (β -conglycinin) เป็นโปรตีนหลักของโปรตีนในถั่วเหลืองมีคุณสมบัติในการเกิดเจลด้วยความร้อน แต่มีคุณสมบัติทางกายภาพของเจลเต้าหู้ที่ได้แตกต่างกัน โดยโปรตีน 7S สามารถทนต่อความร้อนได้ต่ำกว่าโปรตีน 11S กล่าวคือโปรตีน 7S และ 11S มีอุณหภูมิของการสูญเสียสภาพที่ 70 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับที่ความเป็นกรดต่ำเป็นกลางและไม่เค็มเกลือ

2.8.1.2 กรดไฟติก : ถั่วเหลืองมีปริมาณกรดไฟติกคิดเป็นปริมาณมากกว่าสองในสามของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พบในถั่วเหลือง กรดไฟติกถูกสกัดออกจากเมล็ดถั่วเหลืองในระหว่างขั้นตอนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง ค่าความแข็งของเต้าหู้มีค่าลดลงเมื่อเติมกรดไฟติกและเต้าหู้ที่ผลิตจากโปรตีน 11S มีค่าความแข็งลดลงมากกว่าเต้าหู้ที่ผลิตจากโปรตีน 7S เนื่องจากกรดไฟติกทำปฏิกิริยากับไควาเลนซ์ คือ แคลเซียมและโปรตีน อีกทั้งยังทำให้เกิดตะกอนของคอลลอยด์ (colloidal precipitates) ซึ่งสามารถเก็บกักน้ำไว้ในโครงสร้างเจลเต้าหู้ได้มากขึ้น นอกจากนี้กรดไฟติกยังเกิดการแข่งขันกับโปรตีนในการตกตะกอน ดังนั้นถ้าถั่วเหลืองมีปริมาณกรดไฟติกอยู่สูงก็จำเป็นต้องใช้สารตกตะกอนโปรตีนในปริมาณที่สูงขึ้น อีกทั้งถั่วเหลืองที่มีกรดไฟติกในปริมาณสูงทำให้ค่าความเป็น กรดต่ำของน้ำมันถั่วเหลืองเมื่อเติมแคลเซียมซัลเฟตลดลงมากกว่าถั่วเหลืองที่มีปริมาณกรดไฟติกต่ำกว่า

2.8.2 อุณหภูมิในขั้นตอนการบดถั่วเหลือง

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในขั้นตอนการบด มีผลทำให้ความแน่นเนื้อของเต้าหู้ลดลง นอกจากนี้ยังพบว่า หมู่ซัลไฟไครลในโปรตีนถั่วเหลืองมีค่าลดลงเช่นกัน เนื่องจากผลของกิจกรรมเอนไซม์ไลพอกซิเจเนส

2.8.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมดของนํ้านมถั่วเหลือง

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีอยู่ในนํ้านมถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์อย่างมากกับอัตราส่วนระหว่างนํ้า : ถั่วเหลือง และอัตราส่วนระหว่างนํ้านมถั่วเหลือง : ถั่วเหลือง โดยอัตราส่วนนํ้า : ถั่วเหลืองเป็นนํ้าหนักรวมของนํ้าที่เติมลงไปนํ้านมถั่วเหลืองแห้งระหว่างขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ ขั้นตอนการแช่ถั่ว การบดและการต้ม รวมถึงนํ้าที่ใช้ล้างกากถั่วเหลืองในครั้งแรก การคั่วด้วยนํ้าหนักเริ่มต้นของถั่วเหลืองแห้ง อัตราส่วนของนํ้านมถั่วเหลือง : ถั่วเหลือง เป็นนํ้าหนักรวมของนํ้านมถั่วเหลืองที่ได้ การคั่วด้วยนํ้าหนักเริ่มต้นของถั่วเหลืองแห้ง แต่บางครั้งนํ้าจะถูกดูดซับอยู่ในกากถั่วเหลือง ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างนํ้านมถั่วเหลืองต่อถั่วเหลืองจึงมีค่าประมาณร้อยละ 92 ของอัตราส่วนระหว่างนํ้าต่อถั่วเหลือง จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนในเต้าหู้กับอัตราส่วนของนํ้าต่อถั่วเหลือง พบว่าอัตราส่วนที่ให้ปริมาณโปรตีน ในเต้าหู้สูงที่สุด คือ อัตราส่วนของนํ้าต่อถั่วเหลืองเท่ากับ 10 ต่อ 1

2.8.4 ชนิดของสารตกตะกอนโปรตีน

โดยทั่วไปแล้วจะมีสาร 3 ประเภทที่สามารถจะเป็นสารตกตะกอนโปรตีนได้ คือ เกลือกรด และเอนไซม์ สารตกตะกอนที่ใช้กันทั่วไปในการผลิตเต้าหู้ ได้แก่ แคลเซียมซัลเฟต ในกานี และกลูโคโนแลคเตดแลคโตนหรือที่รู้จักกันในชื่อ แลคโตน และสาร 2 ชนิดรวมกัน

2.8.4.1 สารตกตะกอนที่เป็นเกลือ : แคลเซียมซัลเฟตเป็นสารตกตะกอนโปรตีนที่นิยมใช้มากที่สุด เมื่อกว่า 2000 ปีที่ผ่านมาชาวจีนได้นำผลึกของหินสีขาวที่มีชื่อเรียกว่า อิปซัม (gypsum) ซึ่งอยู่ในรูปไดไฮเดรตของแคลเซียมซัลเฟตมาทำให้แตกและบดเพื่อนํามาทำเต้าหู้ ปัจจุบันในประเทศสหรัฐอเมริกามีการใช้อิปซัมที่มีความบริสุทธิ์สูงในการผลิตแคลเซียมซัลเฟต

โดยทั่วไปสารตกตะกอนโปรตีนแต่ละชนิดจะมีทั้งข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป แคลเซียมซัลเฟตจะเป็นสารตกตะกอนที่ได้รับความนิยมสูงที่สุด สามารถนำไปผลิตเต้าหู้ได้หลายชนิด เช่น เต้าหู้อ่อน (silken tofu) เต้าหู้แข็ง (firm tofu) เต้าหู้แข็งพิเศษ (extra firm tofu) เนื่องจากสารนี้สามารถเก็บนํ้าไว้ในเต้าหู้ได้ แต่เต้าหู้ที่ผลิตจากแคลเซียมซัลเฟตจะมีกลิ่นรสที่คืดอกกว่าเต้าหู้ที่ผลิตจากไนการีเล็กน้อย และเมื่อผสมแคลเซียมซัลเฟตกับนํ้าจะได้สารแขวนลอยที่ไม่คงตัวเนื่องจากแคลเซียมซัลเฟตมีความสามารถในการละลายจำกัด ทำให้เกิดปัญหาในการผสมกับนํ้านมถั่วเหลืองซึ่งจะมีผลต่อความสม่ำเสมอของเนื้อสัมผัสเต้าหู้ ดังนั้นในขั้นตอนการเตรียมควรมานํ้าแคลเซียมซัลเฟตมาผสมกับนํ้า ก่อนแล้วจึงค่อยใส่ลงในนํ้านมถั่วเหลือง

2.8.4.2 สารตกตะกอนที่เป็นกรด (acid coagulants) : กลูโคโนแลคเตดแลคโตนหรือแลคโตน เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกลูโคส นิยมใช้กันอย่างมากในอุตสาหกรรมอาหาร โดยใช้เป็นสารตกตะกอนโปรตีน และใช้เป็นสารที่ทำให้ค่าความเป็น

กรดต่างค่าลง โดย GDL เมื่อละลายน้ำจะได้เป็นกรดกลูโคนิก GDL เข้มข้น ร้อยละ 1 จะมีค่าความเป็นกรดต่าง 3.6 ภายใน 2 ชั่วโมง GDL มี ข้อแตกต่างพื้นฐานกับสารประกอบในกาลีและสารประกอบอิปซัม คือ GDL เกิดจากปฏิกิริยาของกรดมากกว่าเกลือ สารตกตะกอนชนิดนี้เหมาะสำหรับการผลิตเต้าหู้อ่อนในระดับอุตสาหกรรมเนื่องจาก เต้าหู้ที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสละเอียดเนียน นอกจากนี้ความร้อนในระดับพาสเจอร์ไรซ์ยังทำให้เต้าหู้มี อายุการเก็บนานขึ้นอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงด้านคุณค่าทางโภชนาการแล้ว เกลือแคลเซียมจะเพิ่มปริมาณแคลเซียมในเต้าหู้ให้สูงขึ้น แต่ถ้าต้องการเต้าหู้ที่มีคุณภาพดีขึ้นก็มักจะมีการใช้ GDL ร่วมกับเกลือแคลเซียมในการผลิตเต้าหู้

2.8.4.3 สารตกตะกอนที่เป็นเอนไซม์ : เอนไซม์ที่ทำให้โปรตีนถั่วเหลืองเกิดการรวมตัวกันเป็นพวกเอนไซม์โปรติโอไลติก ได้มีทดสอบประสิทธิภาพการรวมตัวกันของโปรตีนในน้ำนมถั่วเหลือง (soymilk-clotting efficiency) โดยใช้เอนไซม์โปรตีนสที่ทำงานที่สภาวะเป็นกรด (acidic proteinase) เป็นกลาง (neutral proteinase) และเป็นด่าง (alkaline proteinase) ซึ่งได้จากจุลินทรีย์ พืช และสัตว์ พบว่าเอนไซม์โปรตีนสามารถตกตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองได้ความสามารถในการทำให้เกิดการตกตะกอนของเอนไซม์เหล่านี้จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเกลือแคลเซียมคลอไรด์หรือแมกนีเซียมคลอไรด์ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าเกิดความแตกต่างของประสิทธิภาพในการทำให้เกิดการตกตะกอนและรสชาติของเต้าหู้ โดยมีเอนไซม์โปรตีนสที่ทำงานที่สภาวะเป็นกลางและเป็นด่างที่ได้จากจุลินทรีย์เท่านั้นที่มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการผลิตเต้าหู้ในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งเต้าหู้ที่ได้จากเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดนี้มีเนื้อสัมผัสเนียนอีกทั้งยังมีความคงตัวของอิมัลชันอยู่ในช่วงค่าความเป็น กรดต่างและอุณหภูมิที่กว้าง

2.8.5 ความเข้มข้นของสารตกตะกอนโปรตีน

ปริมาณสารตกตะกอนที่เติมจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพและปริมาณของเต้าหู้ เมื่อเติมสารตกตะกอนในปริมาณที่เหมาะสม เวย์ที่ได้จะมีลักษณะใสดีเหลืองเข้มพันหรือสีเหลืองอ่อนแต่ถ้าเติมในปริมาณมากเกินไปเวย์จะมีสีค่อนข้างเหลือง รสขมเล็กน้อย และเต้าหู้ที่ได้จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสหยาบ ถ้ามีการเติมในกาลีเล็กน้อย เวย์จะมีลักษณะขุ่นและยังคงมีน้ำนมถั่วเหลืองที่ไม่ตกตะกอนเหลืออยู่บ้างเล็กน้อย

2.8.6 อุณหภูมิในการตกตะกอน

อุณหภูมิของน้ำนมถั่วเหลืองในขณะที่เติมสารตกตะกอนโปรตีน จะส่งผลกระทบต่ออัตราการตกตะกอนและคุณภาพของเต้าหู้โดยที่อุณหภูมิสูง โปรตีนจะมีพลังงานมากทำให้เกิดการตกตะกอนอย่างรวดเร็ว เต้าหู้ที่ได้จะมีโครงข่ายแหวนขนาดเล็ก ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง เนื้อสัมผัสแข็ง และมีปริมาณผลผลิตค่าส่วนที่อุณหภูมิต่ำจะมีผลตรงกันข้าม ยิ่งถ้าอุณหภูมิต่ำมาก

จะทำให้การตกตะกอนของโปรตีนเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ เค้าหู้ที่ได้มีน้ำมากจนไม่สามารถคงรูปร่างอยู่ได้ ดังนั้นการเลือกอุณหภูมิในการตกตะกอนโปรตีนจึงขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารตกตะกอน การเติมสารตกตะกอน และชนิดของเค้าหู้ที่จะผลิต

2.8.7 อัตราการผสมสารตกตะกอน

เมื่ออัตราการผสมเพิ่มขึ้นปริมาณของแข็งและปริมาณโปรตีนในเค้าหู้เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณน้ำและการดูดซึมน้ำในเค้าหู้ลดลง ทำให้เค้าหู้มีความแน่นเพิ่มสูงขึ้น

2.8.8 ระยะเวลาในการตกตะกอน

ช่วงเวลาในการทำให้เกิดการตกตะกอนมีผลต่อคุณภาพของเค้าหู้โดยช่วงเวลานั้นมีผลให้การตกตะกอนไม่สมบูรณ์ แต่ถ้าเวลานานอุณหภูมิของระบบการตกตะกอนจะลดลงทำให้เกิดการตกตะกอนช้ายิ่งขึ้น ปกติแล้วสำหรับเค้าหู้อ่อนจะใช้เวลาประมาณ 30 นาที สำหรับเค้าหู้แข็งใช้เวลา 20 – 25 นาที และเค้าหู้แข็งพิเศษใช้เวลา 10 – 15 นาที

2.8.9 สภาพการเทใส่แบบพิมพ์ (molding condition)

หลังจากตกตะกอนโปรตีน เคิร์ดของเค้าหู้จะถูกทำให้แตก นำไปใส่ในแม่พิมพ์และกดทับเพื่อเอาเวร้อออกจากเคิร์ด มีผลทำให้เค้าหู้ที่ได้มีความแน่นเนื้อสูงขึ้น ชั้นตอนนี้มีปัจจัยต่างๆ มีผลต่อคุณภาพเค้าหู้ ได้แก่ อุณหภูมิของเคิร์ด แรงกดที่ใช้ และเวลาที่ใช้ในการกด ถ้าอุณหภูมิของเคิร์ดสูงเกินไป เจลโปรตีนจะไม่รวมตัวกันอย่างสมบูรณ์ และยังคงมีน้ำเหลืออยู่ในเคิร์ดแต่ถ้าอุณหภูมิต่ำมากจะส่งผลให้โปรตีนเกิดการรวมตัวกันไม่สมบูรณ์ แม้ว่าเวร้อจะถูกกำจัดออกได้ง่าย

ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 68 – 70 องศาเซลเซียส และไม่ควรมีต่ำกว่า 65 องศาเซลเซียส ส่วนแรงกดที่สูงจะช่วยให้โปรตีนเกิดการรวมตัวกันและทำให้ความแน่นเนื้อเพิ่มสูงขึ้นแต่ถ้าแรงกดสูงเกินไป ส่งผลให้เกิดการแตกของโครงร่างตาข่ายของเค้าหู้ วิธีแก้คือใช้แผ่นพลาสติกหนาปิดทับด้านบนของเคิร์ดไว้ นอกจากนี้ในการกดทับเคิร์ดถ้าใช้เวลานานเกินไปจะทำให้เกิดการสูญเสียเวร้อมาก โดยปกติเวลาในการกดทับเคิร์ดจะอยู่ในช่วง 15 – 25 นาที (ชูศักดิ์, 2547)

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองจะแบ่งเป็นสี่ลักษณะ คือ

1. ศึกษาระดับการใช้โปรตีนถั่วแดงทดแทนโปรตีนถั่วเหลืองในการผลิตเต้าหู้
2. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง
3. การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง
4. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง

3.1 วัตถุดิบ

- 3.1.1 เมล็ดถั่วเหลือง (Whole Soybean)
- 3.1.2 เมล็ดถั่วแดง (Whole Red kidney bean)
- 3.1.3 แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$)

3.2 อุปกรณ์

- 3.2.1 เครื่องบดผสม (Blender) National
- 3.2.2 อุปกรณ์ในการทำเต้าหู้ (กล่องพลาสติกตัดกัน , ผ้าขาวบาง , หม้อ , ทัพพี , กระดาษ)
- 3.2.3 เครื่องชั่งละเอียด
- 3.2.4 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter)
- 3.2.5 เครื่องแก้ว (กระจกดวง , ปีกเกอร์ , แท่งแก้ว)
- 3.2.6 อุปกรณ์และภาชนะสำหรับทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส สำหรับผู้ชิม 20 คน
- 3.2.7 เครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer รุ่น TA-XT2i)
- 3.2.8 เครื่องชั่งหยาบ
- 3.2.9 เครื่องวัดสี

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 ศึกษาระดับการใช้โปรตีนถั่วแดงทดแทนโปรตีนถั่วเหลืองในการผลิตเต้าหู้

ทดลองผลิตเต้าหู้ โดยใช้ $MgSO_4$ เป็นสารตกตะกอนโปรตีนในปริมาณ 4 % ของน้ำหนักถั่ว (w/w) และใช้ถั่วแดงทดแทนถั่วเหลืองในปริมาณร้อยละ 0 10 20 และ 30 ของน้ำหนักถั่วทั้งหมด (ดูในภาคผนวก ก)

3.3.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง

โดยเก็บตัวอย่างที่ใช้ทำการทดสอบในถุงพลาสติก (PE) หนา ปิดผนึกแน่นหนาในตู้แช่เย็นเพื่อรอการทดสอบในวันรุ่งขึ้น เมื่อจะทำการทดสอบจึงนำตัวอย่างมาหนึ่งให้สุก ในน้ำเดือด อุณหภูมิ 100 °ซ เป็นเวลา 15 นาที ทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาปีที่ 4 ของคณะอุตสาหกรรมเกษตร จำนวน 20 คน ตอบแบบสอบถาม (ภาคผนวกที่ ข) ให้คะแนนแบบ Hedonic scale point (preference test) ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดังแสดงในตารางที่ 1 นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; AOV) ด้วยวิธี Least Significant Difference, LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และใช้ Duncan multiple range test ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดลองทางประสาทสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 2 (ภาคผนวก ค)

3.3.3 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง

โดยทดสอบค่าสีและเนื้อสัมผัสของเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดงที่ระดับต่างๆ ด้วยเครื่องวัดค่าสี และเครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer รุ่น TA-XT2i) คูในภาคผนวก ก ตามลำดับ แสดงผลการทดสอบในตารางที่ 3 (ภาคผนวก ค)

3.3.4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง

นำเต้าหู้แข็งที่ทำจากถั่วเหลืองและที่ใช้โปรตีนถั่วแดงเสริมโปรตีนถั่วเหลือง เก็บในถุงพลาสติก(PE) หนา ปิดผนึกแน่นหนา ในตู้เย็น (อุณหภูมิ 4 °ซ) เป็นเวลา 0 1 2 และ 3 สัปดาห์ มาทำการตรวจสอบผล ดังนี้

3.3.4.1 ทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยดูสี กลิ่น และลักษณะการเปลี่ยนแปลงภายนอก

3.3.4.2 ทดสอบความเป็นกรด-ด่าง ทดสอบผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ 0 1 2 และ 3 สัปดาห์ ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ดังแสดงผลในตารางที่ 4 (ภาคผนวก ค)

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์การทดลอง

4.1 ผลการทดลองทำเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง

จากการทดลองทำเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง โดยใช้ปริมาณถั่วแดงทดแทนในอัตราส่วน 10% , 20% และ 30% พบว่า สามารถทำได้และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีแตกต่างกันคือ เต้าหู้จะมีสีเข้มกว่าเต้าหู้จากถั่วเหลือง 100% โดยจะมีสีเทาเข้มมากขึ้นตามปริมาณถั่วแดงที่เพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.1

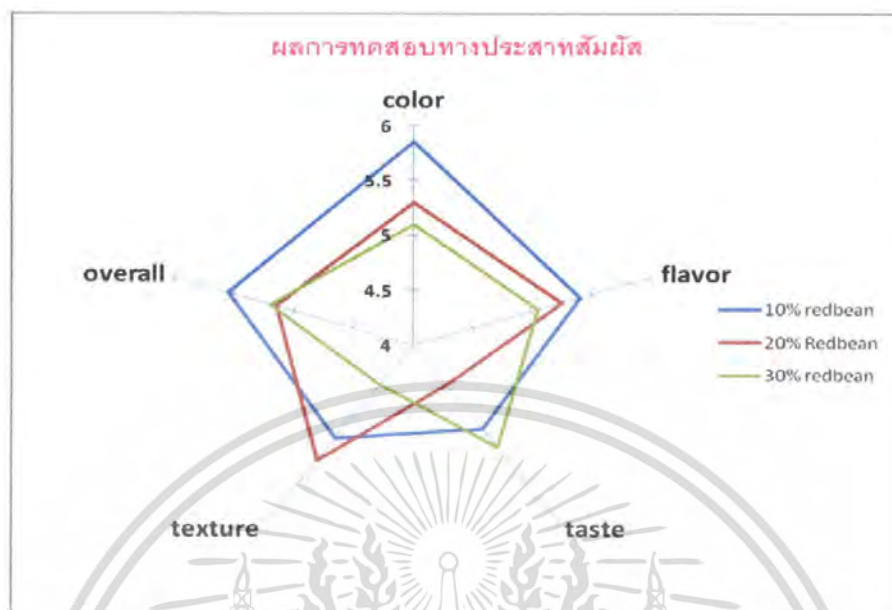


รูปที่ 4.1 ลักษณะเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดงที่ระดับ 0% , 10% , 20 และ 30%

4.2 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดงที่ระดับ 10% , 20% และ 30% โดยแสดงเป็นคะแนนความชอบในผลิตภัณฑ์ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมดังแสดงในรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง

จากผลการทดสอบความชอบต่อผลิตภัณฑ์ พบว่า

ด้านสี : เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 10% มีคะแนนความชอบเฉลี่ยมากกว่าเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 20% และ 30% แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าปริมาณของถั่วแดงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสี

ด้านกลิ่น : เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 10% มีคะแนนความชอบเฉลี่ยมากกว่าเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 20% และ 30% แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าปริมาณของถั่วแดงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกลิ่น

ด้านรสชาติ : เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 30% มีคะแนนความชอบเฉลี่ยมากกว่าเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 10% และ 20% แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าปริมาณของถั่วแดงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรสชาติ

ด้านเนื้อสัมผัส : เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 20% มีคะแนนความชอบเฉลี่ยมากกว่าเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 10% และ 30% แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าปริมาณของถั่วแดงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส

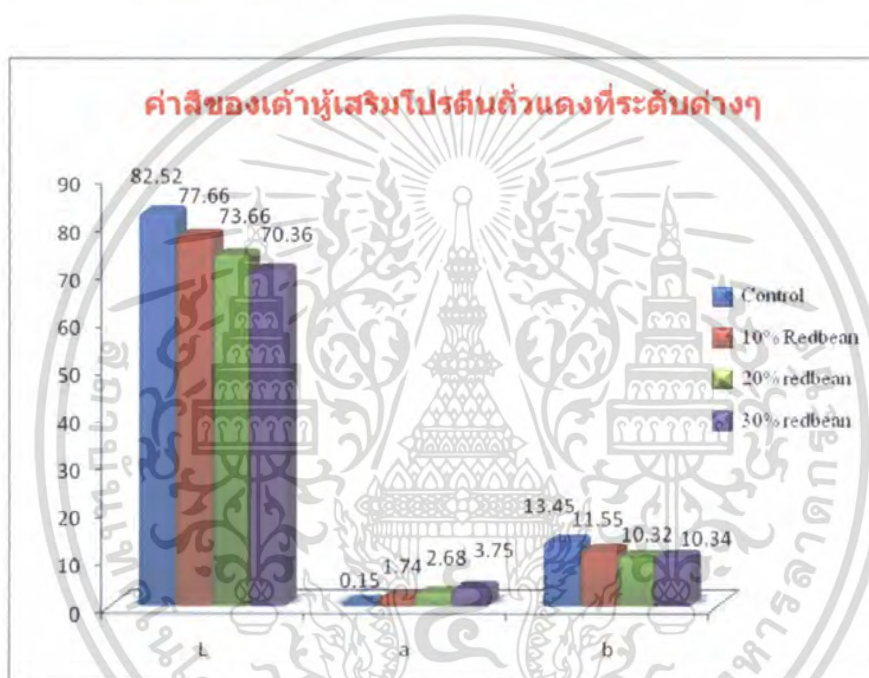
ด้านความชอบโดยรวม : เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 10% มีคะแนนความชอบเฉลี่ยมากกว่าเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 20% และ 30% แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นปริมาณถั่วแดงไม่มีผลต่อความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ด้านสีของผลิตภัณฑ์

ผลการทดสอบสีของเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดงที่ระดับต่างๆเปรียบเทียบกับเต้าหู้จากถั่วเหลือง 100% โดยการวัดด้วยเครื่องวัดสี แสดงผลด้วย Hunter color system ได้ผลดังแสดงในรูปกราฟแท่งที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ค่าสีของเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดงที่ระดับต่างๆ

จากรูปที่ 4.3 พบว่า ค่า L แสดงถึงความสว่าง โดยยิ่งมีค่ามากแสดงว่ามีความสว่างมาก แต่หากน้อยแสดงว่ามีสีค่อนข้างเข้ม จากผลการทดลองจะเห็นว่า ค่า L ที่วัดได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลิตภัณฑ์ที่เป็น control จะมีค่าความสว่างมากที่สุดรองลงมาคือ เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 10% , 20% และ 30% ตามลำดับ นั่นคือ สีของผลิตภัณฑ์จะเข้มขึ้นเมื่อปริมาณถั่วแดงเพิ่มขึ้น

ค่า a ที่เป็นบวกแสดงถึงความแดง ส่วนค่าลบแสดงความเป็นสีเขียว จากผลการทดลองค่า a ที่วัดได้เป็นบวก ซึ่งค่าบวกที่ได้นี้เป็นค่าที่น้อยมากนั่นคือ ผลิตภัณฑ์ไม่ได้แสดงความเป็นสีแดงมากนักแต่สีจะค่อนข้างเทาออกแดง ดังนั้นถ้าปริมาณถั่วแดงเพิ่มขึ้นเต้าหู้เสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรตีนถั่วแดงจะมีค่าความเป็นสีแดงมากขึ้นและค่า a ที่วัดได้นี้จึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกับค่า L

ค่า b ที่เป็นบวกแสดงถึงความเป็นสีเหลือง ส่วนค่าลบแสดงความเป็นสีน้ำเงิน จากผลการทดลองค่า b ที่วัดได้เป็นบวก นั่นคือผลิตภัณฑ์แสดงความเป็นสีเหลืองแต่ไม่มากนัก โดยผลิตภัณฑ์ที่เป็น control จะแสดงความเป็นสีเหลืองมากที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตัวอย่างเสริมโปรตีนถั่วแดงทั้ง 3 ระดับ

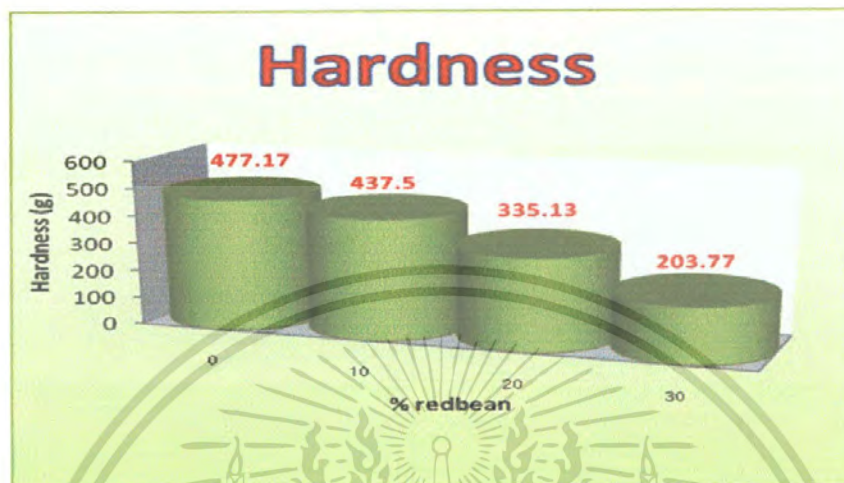
4.3.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

ผลการทดสอบด้านเนื้อสัมผัส โดยการวัดด้วยเครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างเสริมโปรตีนถั่วแดงที่ระดับต่างๆ เปรียบเทียบกับตัวอย่างจากถั่วเหลือง 100% ด้วยวิธี TPA ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการวัดเนื้อสัมผัสของตัวอย่างเสริมโปรตีนถั่วแดงที่ระดับต่างๆ ด้วยวิธี TPA

Sample	Hardness (g)	Cohesiveness	Springiness
Control (ตัวอย่างถั่วเหลือง 100%)	477.17±15.92	1.754±0.02	4.478±0.18
ตัวอย่างเสริมโปรตีนถั่วแดง 10 %	437.50±33.92	1.805±0.02	4.889±0.13
ตัวอย่างเสริมโปรตีนถั่วแดง 20 %	335.13±31.88	1.774±0.01	4.733±0.30
ตัวอย่างเสริมโปรตีนถั่วแดง 30 %	203.77±22.32	1.968±0.06	4.499±0.19

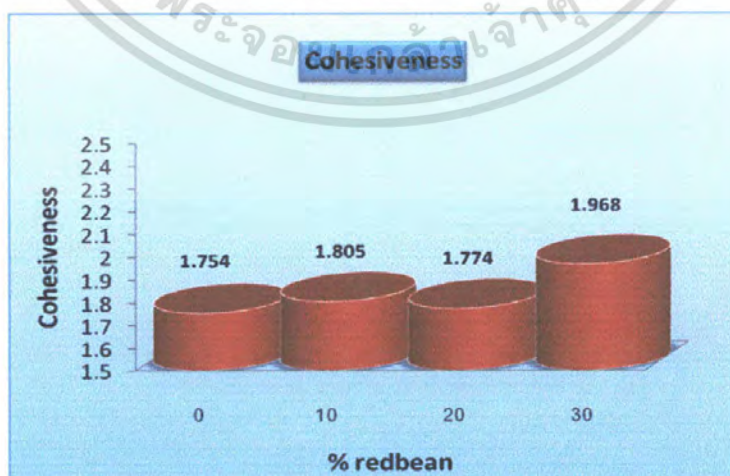
- ค่าความแข็ง (Hardness)



รูปที่ 4.4 ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 4.4 ค่า Hardness ซึ่งแสดงถึง ความแข็งของผลิตภัณฑ์พบว่า เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 30% มีค่าความแข็งน้อยที่สุดคือ 203.77 g และ control มีค่าความแข็งมากที่สุดคือ 477.17 g ดังนั้นค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์จะลดลงเมื่อปริมาณถั่วแดงเพิ่มขึ้น

- ค่าความสามารถเกาะรวมตัว (Cohesiveness)

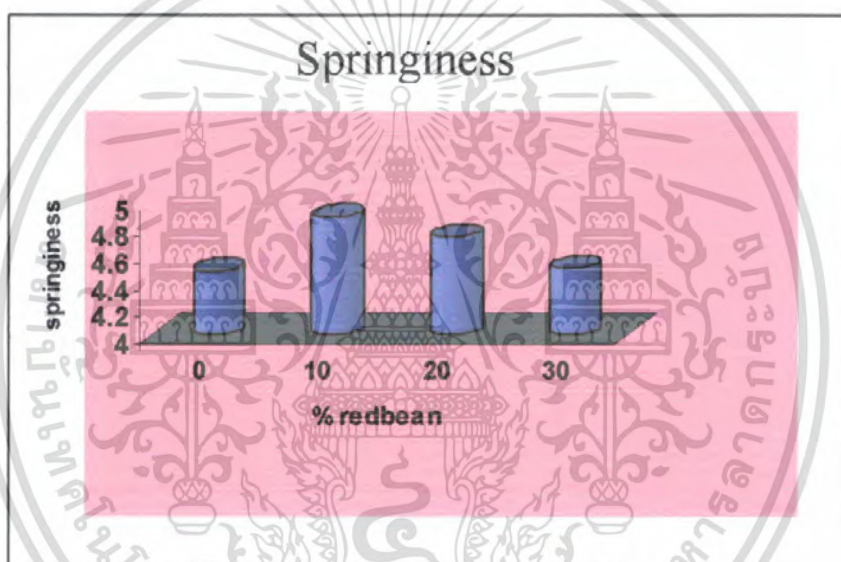


รูปที่ 4.5 ค่าความสามารถการเกาะรวมตัวของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.5 ค่า Cohesiveness ซึ่งแสดงถึง ความสามารถเกาะรวมตัว เป็นความแข็งแรงของพันธะภายในที่เกิดขึ้นในอาหาร แล้วทำให้อาหารทนต่อการเปลี่ยนรูปได้ระยะหนึ่งก่อนที่มันจะแตกเป็นชิ้นย่อยเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ พบว่า เค้าผู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 30% มีค่าการเกาะรวมตัวมากที่สุด แต่จากกราฟแสดงให้เห็นว่าค่าความสามารถเกาะรวมตัวของผลิตภัณฑ์ทุกระดับไม่มีความแตกต่างกัน

- ค่าความยืดหยุ่น (Springiness)



รูปที่ 4.6 ค่าความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 4.6 ค่า Springiness ซึ่งแสดงถึง ความยืดหยุ่น โดยเป็นระดับความสามารถในการคืนตัวกลับเหมือนเดิมเมื่อมีการถอนแรงกดออกไปจากผลิตภัณฑ์ พบว่า เค้าผู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 10% มีค่าความยืดหยุ่นมากที่สุด แต่จากกราฟแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ทุกระดับมีความยืดหยุ่นใกล้เคียงกัน

4.4 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง

- ด้านลักษณะการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์

จากการทดลอง เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นระยะเวลา 1 , 2 และ 3 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการเปลี่ยนแปลงลักษณะของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 สัปดาห์

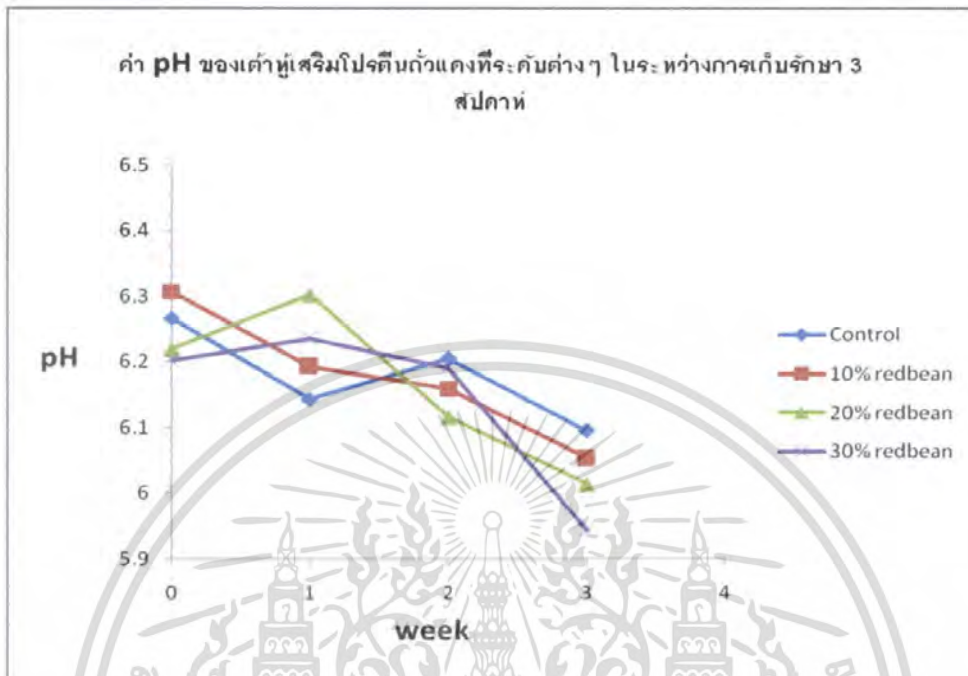
Sample	Appearance			
	0 week	1 week	2 week	3 week
Control	+	+	+	-
10% Red bean	+	+	+	-
20% Red bean	+	+	+	-
30% Red bean	+	+	+	-

หมายเหตุ เครื่องหมาย + คือ เต้าหู้มีลักษณะที่ดี เนื้อแน่น มีกลิ่นหอมของเต้าหู้
 เครื่องหมาย - คือ เต้าหู้มีลักษณะเสื่อมเสีย มีเมือกสีเหลืองที่ผิวเต้าหู้ เนื้อเริ่มนุ่ม ชุ่ม
 และมีกลิ่นเหม็น

จากตารางที่ 4.2 พบว่าในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นปกติเหมือนก่อนการเก็บรักษา และเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะเสื่อมเสียในสัปดาห์ที่ 3 คือ ผลิตภัณฑ์มีเมือกสีเหลืองที่ผิวเต้าหู้ เนื้อนุ่ม ชุ่ม และมีกลิ่นเหม็น

- ด้านค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์

ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 สัปดาห์ ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ค่า pH ของเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดงที่เปลี่ยนแปลงขณะเก็บรักษาเป็นเวลา 3 สัปดาห์

จากรูปที่ 4.7 พบว่า ค่า pH ที่ทดสอบในแต่ละสัปดาห์มีผลสอดคล้องกับลักษณะที่ปรากฏ นั่นคือ ค่า pH ของเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดงทุกระดับมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับ control และจากกราฟแสดงให้เห็นว่าในสัปดาห์ที่ 3 เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 30% มีค่า pH ต่ำที่สุด รองลงมาคือเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 20% ,10% และ control แสดงว่าถ้าผลิตภัณฑ์มีปริมาณถั่วแดงมาก โอกาสในการเสื่อมเสียจะมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณถั่วแดงน้อยในระยะเวลาที่เท่ากัน

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปผลได้ดังนี้

1. จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดงที่ระดับ 10% , 20% และ 30% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ยอมรับผลิตภัณฑ์ ดังนั้น เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 30% จึงสามารถนำมาเป็นตัวแทนในการทำการผลิตและพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นได้

2. จากผลการทดสอบทางกายภาพในด้านสีของผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับ control พบว่า เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 30% มีความเป็นสีแดงมากที่สุด แสดงว่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณถั่วแดงเพิ่มขึ้น แต่จากการสำรวจความชอบของผู้บริโภคในด้านสีของผลิตภัณฑ์พบว่า ผู้บริโภคไม่ชอบเต้าหู้ที่มีสีเข้ม เนื่องจากยังยึดติดกับเต้าหู้ที่มีสีขาวอยู่นั่นเอง สำหรับการทดสอบด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส พบว่า เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 30% มีค่าความแข็งน้อยที่สุด ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่าผลิตภัณฑ์อีก 2 ระดับ

3. สำหรับการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์พบว่า เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ค่าความเป็นกรด – ด่างของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มความเป็นกรดสูงขึ้น เห็นได้จากค่า pH ที่ลดลง โดยในสัปดาห์ที่ 3 ค่า pH ของผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำที่สุด และลักษณะปรากฏที่สังเกตได้คือ ผลิตภัณฑ์มีลักษณะผิดปกติจากเดิมคือ มีลักษณะเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรียที่ชอบความเย็น Psychrophilic bacteria ทำให้เต้าหู้มีลักษณะเนื้อนุ่ม ชุ่ม มีเมือก สีเหลือง และมีกลิ่นเหม็น ดังนั้นผลิตภัณฑ์เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดงมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 2 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4 °C

เอกสารอ้างอิง

- ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์. 2546. ครว้นิตยสารอาหารและวัฒนธรรม กินคืออยู่ที่. มีนาคม 2546
บริษัทสำนักพิมพ์แสงแดด จำกัด : 158-177
- อรอนงค์ นัชวิกุล. 2546. เมล็ดถั่ว พืชหัวและผลิตภัณฑ์. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : 377-379
- รมณี สงวนศิริกุล และคณะ. 2545. พืชตระกูลถั่วและผลิตภัณฑ์. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช : 195-207
- ชูศักดิ์ รั้วพร. 2547. ผลของการใช้ความดันสูงต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส
เต้าหู้อ่อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 37หน้า
- เรวดี เทพประดิษฐ์. 2545. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากกากถั่วเหลืองที่
เหลือจากการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาพัฒนา
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 3-7
- วนิดา วงษ์กุลลาบ. 2544. ปัจจัยที่มีผลต่อเนื้อสัมผัสของเจลโปรตีนถั่วเหลือง. สัมมนาระดับ
ปริญญาตรี. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระ
จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 2-7
- วรลักษณ์ ปัญญาธิพงศ์. 2547. การศึกษากระบวนการผลิตผงเต้าหู้เพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีน
ทดแทน. สัมมนาระดับปริญญาตรี. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 2-3
- Liu, K. 1997. Chemistry and nutritional value of soybean components. In Soybeans :
Chemistry, Technology, and Utilization : 165-199
- Malcolm Bourne. 2002. Food Texture and Viscosity : Concept and Measurement. 2nd Edition.
Academic Press. New York
- “ ใยอาหาร ” [online]. Available :
<http://thai.mindcyber.com/modules.php?name=Sections&op=viewarticle&artid=139&page=20>
- “ เต้าหู้ป้องกันมะเร็ง ” [online]. Available : <http://www.siamca.com/food/index.php?thisone=36>

ภาคผนวก ก

1. ขั้นตอนการทำเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง

ขั้นตอนที่ 1 : การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

1. ชั่งถั่วเหลืองในอัตราส่วนต่างๆ คือ 100% , 90% , 80% และ 70% ตามลำดับ
2. นำถั่วเหลืองมาล้างน้ำและคัดแยกเปลือกออก
3. แช่ถั่วเหลืองในน้ำสะอาดเป็นเวลา 16 ชม. เพื่อให้ถั่วเหลืองพองตัว
4. นำถั่วเหลืองที่แช่เสร็จแล้วมาล้างทำความสะอาดก่อนนำไปใส่ใน Blender และเติมน้ำตามอัตราส่วนถั่วเหลือง คือน้ำ เท่ากับ 1:7
5. ปั่นส่วนผสมให้ละเอียด จากนั้นนำมากรองแยกกากถั่วเหลือง 2 ครั้ง ด้วยผ้าขาวบาง เพื่อให้ได้น้ำนมถั่วเหลืองที่ไม่มีกากถั่วปน

ขั้นตอนที่ 2 : การเตรียมน้ำนมถั่วแดง

1. ชั่งถั่วแดง (ถั่วแดงหลวง) ในอัตราส่วนต่างๆ คือ 10,10 และ 30% ตามลำดับ
2. นำถั่วแดงมาล้างน้ำ (ไม่คัดเปลือกออก)
3. แช่ถั่วแดงในน้ำสะอาดเป็นเวลา 16 ชม. เพื่อให้ถั่วแดงพองตัว
4. นำถั่วแดงที่แช่เสร็จแล้วมาล้างทำความสะอาดก่อนนำไปใส่ใน Blender และเติมน้ำตามอัตราส่วนถั่วแดง คือน้ำ เท่ากับ 1:7
5. ปั่นส่วนผสมให้ละเอียด จากนั้นนำมากรองแยกกากถั่วแดง 2 ครั้ง ด้วยผ้าขาวบาง เพื่อให้ได้น้ำนมถั่วแดงที่ไม่มีกากถั่วปน

ขั้นตอนที่ 3 : การทำเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง

1. นำน้ำนมถั่วเหลืองจากขั้นตอนที่ 1 และน้ำนมถั่วแดงจากขั้นตอนที่ 2 มาผสมกันในอัตราส่วนต่างๆ คือ 100 : 0 , 90 : 10 , 80 : 20 , และ 70 : 30 ตามลำดับ
2. นำน้ำนมผสมที่ได้มาให้ความร้อนโดยการต้มให้ได้อุณหภูมิประมาณ 90°C นาน 25 - 30 นาที ระหว่างนั้นตักฟองที่เกิดขึ้นออก
3. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ให้น้ำนมมีอุณหภูมิประมาณ 75 °C
4. แยกแผ่นฟิล์มที่เกิดขึ้นที่ผนังหน้าของน้ำนมออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เติมสารตกตะกอน $MgSO_4$ 4% ที่ละลายน้ำเล็กน้อย ลงในน้ำนม (ข้อ 4) พร้อมกับคนเบาๆ เพื่อไม่ให้ตะกอนเด้าหุ้มมีความข้นมาก
6. ตั้งทิ้งไว้จนเกิดตะกอนประมาณ 30 นาที หรือจนกระทั่งเกิดการตกตะกอนได้เต็มที่
7. เตรียมพิมพ์เด้าหุ้มระหว่างการรอการตกตะกอน น้ำนมถั่วผสมโดยใช้ผ้าขาวบางรองบนพิมพ์ที่เตรียมไว้
8. ตักตะกอนที่ได้ใส่พิมพ์ที่เตรียมไว้โดยใช้กับที่ตักไม่ให้หนาเกินไป เพื่อจะได้มีพื้นที่เนื้อสัมผัสในการเชื่อมตักกันดี
9. เมื่อตักจนเต็มพิมพ์ ปิดด้วยแถบผ้าขาวบางที่เหลือ
10. ทำการปิดทับให้น้ำเวย์ออก โดยใช้แผ่นไม้อัดวางบนเด้าหุ้มและทับด้วยขวดน้ำที่มีน้ำอยู่ น้ำหนักประมาณ 2 kg จนเด้าหุ้มจับตัวกันแน่นขึ้น
11. นำเด้าหุ้มออกจากพิมพ์และมัดผ้าขาวบางให้พอดีกับเด้าหุ้ม หลังจากนั้นวางเด้าหุ้มบนไม้อัดพื้นเรียบ และวางไม้อัด แผ่นหนึ่งบนเด้าหุ้ม ทับด้วยขวดน้ำที่มีน้ำหนัก 3 kg และค่อยๆ เพิ่มน้ำหนักจนได้ 5 kg
12. ทับเด้าหุ้มทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อให้ น้ำเวย์ออกหมด และให้เนื้อเด้าหุ้มเกาะรวมกันเป็นเนื้อเดียวกัน
13. นำขวดน้ำและแผ่นไม้อัดออก แกะผ้าขาวบางออกจากเด้าหุ้มแต่ละอัน
14. นำก้อนเด้าหุ้มเก็บใส่ถุงพลาสติกหนา (PE) มัดผนึกและเก็บไว้ในตู้เย็น (อุณหภูมิ $4^{\circ}C$)

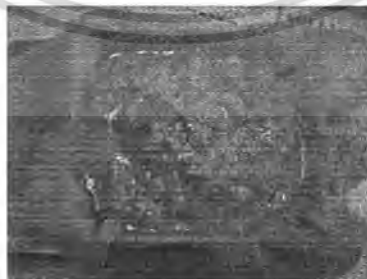
2. การตรวจวัดสีโดยเครื่องวัดสี Minolta

สีของเด้าหุ้มเสริมโปรตีนถั่วแดงทำการวัดด้วยเครื่องวัดสี Minolta โดยวัดในระบบ Hunter แล้วแสดงผลในเทอมของค่าแปร 3 เทอม คือ L , a , b ซึ่งค่า L (Lightness) หมายถึง ค่าความสว่างหรือความขาว ค่า a ที่เป็น + หมายถึง สีที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของสีแดง ค่า a ที่เป็น - หมายถึง สีที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของสีเขียว และค่า b ที่เป็น + หมายถึง สีที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของสีเหลือง และค่า b ที่เป็น - หมายถึง สีที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของสีน้ำเงิน

3. วิธีการวัดคุณสมบัติทางกายภาพโดยการกดด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-X2i
 - 3.1 ทำการทดสอบเทียบเครื่องมือวัดก่อนและตั้งค่าต่างๆในโปรแกรมให้เรียบร้อย
 - 3.2 นำตัวอย่างที่เตรียมไว้วางบนแท่นวัด
 - 3.3 กดตัวอย่างที่สูง 10 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร กดลงไปเพียง 30% deformation โดยใช้หัวกดขนาด 75 มิลลิเมตร ความเร็วของหัวกดเคลื่อนที่ลงมาก่อนสัมผัสตัวอย่าง (pre-test speed) 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วหัวกดขณะเคลื่อนที่ลงในตัวอย่าง (test speed) 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วหัวกดขณะเคลื่อนที่ขึ้นจากตัวอย่าง (post test speed) 10 มิลลิเมตรต่อวินาที
 - 3.4 ทำการวัดตัวอย่าง 3 ครั้งต่อตัวอย่าง
 - 3.5 ใช้วิธีวิเคราะห์เนื้อสัมผัส แบบ TPA Test



รูปเครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัสรุ่น TA-X2i



รูปเคิร์ดเค้าหู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แบบรายงานการทดสอบ

ชื่อ.....วันที่.....

ผลิตภัณฑ์ เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา และให้คะแนนความชอบตามสเกลที่
 ให้มาให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง กรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง

- 1 = ไม่ชอบมากที่สุด
 2 = ไม่ชอบปานกลาง
 3 = ไม่ชอบน้อยที่สุด
 4 = เฉยๆ/บอกไม่ถูกว่าชอบหรือไม่
 5 = ชอบน้อยที่สุด
 6 = ชอบปานกลาง
 7 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....
กลิ่น	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....
เนื้อสัมผัส	.....	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....
ข้อเสนอแนะ	.....	
		
		

ภาคผนวก ค

1. ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส

โดยมีผู้ทดสอบจำนวน 20 คน แบ่งเป็นหญิง 14 คน และชาย 6 คน

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผู้ทดสอบ	สี			กลิ่น			รสชาติ		
	RB10	RB20	RB30	RB10	RB20	RB30	RB10	RB20	RB30
1	6	5	5	5	6	6	6	5	6
2	5	5	6	6	6	6	4	4	5
3	7	6	6	7	6	3	3	6	5
4	4	5	3	5	5	4	3	5	4
5	7	6	5	7	4	3	3	6	5
6	6	5	5	4	5	5	6	5	6
7	6	4	4	4	4	4	6	2	4
8	7	6	5	6	6	7	6	5	6
9	6	4	3	6	3	4	6	5	4
10	6	4	6	4	5	6	6	5	5
11	7	6	4	6	5	3	2	2	4
12	7	6	5	6	5	4	6	5	4
13	7	6	5	6	6	4	7	5	6
14	5	4	5	6	5	5	6	6	4
15	7	5	7	6	5	6	7	5	6
16	5	6	7	5	6	7	5	3	7
17	3	5	7	4	6	7	2	3	5
18	7	6	4	5	6	7	6	4	7
19	5	6	5	6	6	6	4	5	6
20	4	6	5	4	5	4	5	3	4
รวม	117	106	102	108	105	101	99	89	103
เฉลี่ย	5.85	5.30	5.10	5.40	5.25	5.05	4.95	4.45	5.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ต่อ)

ผู้ทดสอบ	เนื้อสัมผัส			ความชอบโดยรวม		
	RB10	RB20	RB30	RB10	RB20	RB30
1	5	4	5	6	5	6
2	5	6	4	5	5	5
3	7	6	3	6	6	4
4	3	5	6	4	5	5
5	4	7	3	6	7	5
6	3	6	5	6	6	5
7	6	3	2	6	4	4
8	7	5	4	6	5	6
9	7	6	5	6	5	4
10	7	6	5	6	5	7
11	3	4	1	5	4	3
12	7	5	5	7	5	4
13	6	4	5	7	6	5
14	6	5	4	6	5	5
15	6	5	6	6	4	6
16	3	7	6	5	6	7
17	5	5	6	4	5	7
18	4	6	5	4	6	6
19	3	6	4	5	5	5
20	4	5	5	5	4	5
รวม	101	106	89	111	103	104
เฉลี่ย	5.05	5.30	4.45	5.55	5.15	5.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ 3 ระดับ

Sample	Color	Flavor	Taste	Texture	Overall
เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 10 %	5.85±1.23b	5.40±0.99a	4.95±1.61a	5.05±1.57a	5.55±0.89a
เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 20 %	5.30±0.80ab	5.25±0.85a	4.45±1.23a	5.30±1.03a	5.15±0.81a
เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 30 %	5.10±1.17a	5.05±1.43a	5.15±1.04a	4.45±1.36a	5.20±1.11a

2. ผลการทดสอบทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

การวัดสีของเต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดงที่ระดับต่างๆ เปรียบเทียบกับเต้าหู้จากถั่วเหลือง 100 %

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบสีด้วยเครื่องวัดสี

Sample	ค่า a	ค่า b	ค่า L
Control	0.15±0.09a	13.45±0.46b	82.52±0.67a
เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 10 %	1.74±0.16b	11.55±0.76a	77.66±1.08b
เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 20 %	2.68±0.27c	10.32±0.59a	73.66±0.82c
เต้าหู้เสริมโปรตีนถั่วแดง 30 %	3.75±0.36d	10.34±0.66a	70.36±1.17d

3. ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่าง

ตารางที่ 4 ผลการเปลี่ยนแปลง pH เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 3 สัปดาห์

Sample	pH			
	0 week	1 week	2 week	3 week
Control				
10% Red bean	6.266	6.143	6.205	6.095
20% Red bean	6.307	6.193	6.159	6.053
30% Red bean	6.219	6.302	6.116	6.014
	6.202	6.235	6.191	5.943

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้