ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การผลิตแป้งเต้าหู้

(Production of Tofu flour)

โดย

นายสงวน สีคุณเมือง
นายสุภาพ นาหัวนิล

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

กิจเพ โลมมะ เชียงวงษ์ 23/ม.ค./43 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ (แทน)

(ป.กิจเพ โลมมะ เชียงวงษ์

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

( )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ปพ
ส1380
2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16678

การผลิตแป้งเต้าหู้

(Production of Tofu flour)

T096971

นาย สงวน สีคุณเมือง

นาย สุภาพ นาหัวนิล

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2543

ปพ.
ส1388ก
2543

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96971
วัน.เดือน.ปี.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สงวน สีคุณเมือง และ สุภาพ นาหัวนิล.2543:การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแป้งเต้าหู้ (Production of Tofu flour).ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร.คณะเทคโนโลยีการเกษตร.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.อาจารย์ที่ปรึกษา:ดร.ยุพร พืชกมุทร.อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม:อาจารย์ กัลยาณี โสมนัสเต็งพงศธร

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตแป้งเต้าหู้โดยศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการอบเต้าหู้ โดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60,70 และ 80 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมงแล้วนำมาบดเป็นแป้งโดยใช้เครื่องบดข้าว พบว่าการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แป้งเต้าหู้ที่ได้มีความเหมาะสมที่สุด โดยมีปริมาณความชื้นร้อยละ 5.65 ขนาดอนุภาค 22.75 ไมโครเมตร และมีค่าสี L80.84,a1.74 และ b20.75 และจากการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของแป้งเต้าหู้พบว่ามีปริมาณโปรตีนร้อยละ 41.44 ไขมันร้อยละ 21.37 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 27.96 เยื่อใยร้อยละ 0.68 และเถ้าร้อยละ 2.90 จากนั้นเมื่อนำมาทดแทน Accord ในส่วนผสมลูกชิ้นที่ร้อยละ 0.75,1.57,2.35 และ 3.31 ตามลำดับ แล้วนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า คะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นรสไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยลูกชิ้นที่ใช้แป้งเต้าหู้ร้อยละ 2.35 และ 3.31 ได้รับความยอมรับเท่ากับสูตรควบคุม (ใช้ Accord)

นาย สงวน สีคุณเมือง	----------	23/มี.ค./43
ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน/เดือน/ปี
สุภาพ นาหัวนิล	กัลยาณี โสมนัสเต็งพงศธร	
ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ยุพร พืชกมุทรที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์กัลยาณี โสมนัส เต็งพงศธร ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และอาจารย์ประมวล ศรีกาหลง ที่กรุณาให้คำแนะนำเกี่ยวกับเครื่องมือในการทดลอง ตลอดจนเจ้าหน้าที่นักวิทยาศาตร์ที่ให้ความกรุณาเกี่ยวกับเครื่องมือและสารเคมี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างยิ่งและคอยเป็นกำลังใจด้วยดีเสมอมาจนรายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ
คณะผู้จัดทำ
13 มีนาคม 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ค
บทที่ 1:คำนำ	1
บทที่ 2:วารสารปริทัศน์	2
บทที่ 3:อุปกรณ์การทดลอง	12
บทที่ 4:ผลการทดลอง	16
บทที่ 5:สรุปผล	20
บทที่ 6:วิจารณ์และข้อเสนอแนะ	21
เอกสารอ้างอิง	22
ภาคผนวก ก: ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของลูกชิ้นผสมแป้งเต้าหู้	24
ภาคผนวก ข:แบบทดสอบการประเมินผลทางประสาทสัมผัส	29
ภาคผนวก ค:วิธีการตรวจสอบและวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ	31
ภาคผนวก ง:รูปภาพในกระบวนการผลิตแป้งเต้าหู้	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	แสดงอุณหภูมิที่ใช้ในการตกตะกอน	8
2.	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเต้าหู้	9
3.	รูปแบบของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายของเต้าหู้	9
4	แสดงรายละเอียดการทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ และคุณภาพทางเคมีและกายภาพของแป้งเต้าหู้ที่ได้	16
5.	แสดงคุณสมบัติทางด้านเคมีของแป้งเต้าหู้ซึ่งได้จากอุณหภูมิในการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเทียบกับเต้าหู้สด	17
6.	แสดงคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นที่ใส่แป้งเต้าหู้	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงแป้งเต้าหู้ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60,70 และ 80 องศาเซลเซียส	41
2	แสดงผลิภัณฑ์ลูกชิ้นที่ผสมแป้งเต้าหู้ที่ร้อยละ 0.75,1.57,2.35 และ 3.31 เทียบกับลูกชิ้นที่ใส่ Accord	41
3	แสดงเครื่องบดแป้งเต้าหู้	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแป้งเต้าหู้
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตแป้งเต้าหู้
3. เพื่อศึกษาถึงการนำแป้งเต้าหู้ไปใช้ประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
คำนำ

ถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญและมีบทบาทต่ออุตสาหกรรมอันได้แก่ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมน้ำมันพืช และอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ นอกจากนี้ถั่วเหลืองยังเป็นแหล่งของโปรตีนที่สำคัญ ซึ่งถั่วเหลืองเป็นพืชตระกูลถั่วที่ได้รับความสนใจอย่างมากในการผลิตโปรตีนจากพืชมาใช้แทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ซึ่งมีราคาสูง เนื่องจากถั่วเหลืองมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีราคาถูก(น้ำทิพย์,2540) โดยมีองค์ประกอบที่เป็นโปรตีนในปริมาณสูง นอกจากนี้ยังมีไขมันในรูปของ polyunsaturated fatty acid (PUFA) มากกว่า 50 % วิตามินที่ละลายได้ในไขมัน รวมทั้ง thiamine nicotinic acid และ pathotenic acid ด้วย อย่างไรก็ตามถั่วเหลืองดิบจะมีองค์ประกอบของ anti-nutrition เช่น trypsin inhibitor และ Haemaglutenin อยู่ซึ่งสามารถถูกทำลายได้ด้วยความร้อน ดังนั้นกระบวนการแปรรูปจึงมีผลต่อการใช้ประโยชน์ของสารอาหาร (Beddows and Wong,1987)

เมล็ดถั่วเหลืองสามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด เช่น เต้าหู้ เต้าฮวย ซีอิ้ว และ นมถั่วเหลือง เป็นต้น (ลินจง,2538) แต่อย่างไรก็ตามสำหรับประเทศไทยการบริโภคถั่วเหลืองหรือผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองยังนับว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับประเทศอื่นในเอเชีย โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศจีน และ ญี่ปุ่น ในประเทศเหล่านี้ถั่วเหลืองถือได้ว่าเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญที่สุด โดยนิยมนำไปแปรรูปทำผลิตภัณฑ์เต้าหู้ (Tofu) (Kohyama และคณะ,1995)

เต้าหู้เป็นอาหารที่มีคุณค่าสูง มีสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เต็มเปี่ยมไปด้วยคุณค่าทางอาหารโดยเฉพาะสารโปรตีนที่มีในปริมาณสูงใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยนำเต้าหู้มาผลิตเป็นเต้าหู้ผงหรือแป้งเต้าหู้ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่แปลกใหม่ และเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ ซึ่งอาจสามารถนำมาทดแทนสารเคมีที่ทำหน้าที่อุ้มน้ำ(Water holding capacity)ในการผลิต ไส้กรอก อีมัลชั่น ลูกชิ้น หรือ หมูยอ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

เต้าหู้เป็นอาหารซึ่งนำเอาโปรตีนที่มีอยู่ในถั่วเหลืองมาใช้ในรูปแบบหนึ่งวิธีการที่จะนำเอาส่วนของโปรตีนในถั่วเหลืองออกมาใช้ประโยชน์นั้นมีผู้ทดลองและทดสอบอยู่หลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของโปรตีนในถั่วเหลืองเอง และความต้องการด้านคุณสมบัติของโปรตีนในผลิตภัณฑ์ เป็นหลักวิธีการที่นำมาใช้กันมีดังนี้

- การใช้วิธีตกตะกอนที่จุด Isoelectric point
- การแยกโดยใช้อนุมูลโลหะ (Metal cations)
- การใช้ความเย็น (Cryoprecipitation)

ในการแยกเอาโปรตีนออกเพื่อทำเต้าหู้วิธีการที่ใช้คือ การแยกโดยใช้อนุมูลโลหะ (Metal cations)

อนุมูโลหะที่ใช้กันอย่างกว้างขวางโดยทั่วไปคือ แคลเซี่ยม และ แมกนีเซี่ยม

ประวัติความเป็นมา

เต้าหู้คนญี่ปุ่นเรียก โตฟู (Tofu) คนเวียดนามเรียก แดนฟู (Dan fu) คนจีนเรียก เตาฟู (Teou fu) หรือเตาฟูโฮ(Tou fu ho) และฝรั่งเรียก Soybean curd

เต้าหู้ได้ทำขึ้นครั้งแรก ในราชวงศ์ฮาน (Han) สมัยไฮยนานวาง(Huai Nan Wang) คริสต์ศักราชที่ 22 ที่เมือง Luian

ลักษณะของเต้าหู้สดที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมี 3 ชนิด คือ เต้าหู้แข็ง หรือเต้าหู้เหลือง, เต้าหู้อ่อน และ เต้าฮวย เต้าหู้แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันในเรื่องสารที่ใช้ตกตะกอนให้เป็นเต้าหู้ ซึ่งทำให้เต้าหู้มีลักษณะแข็งอ่อนแตกต่างกัน สารที่ใช้ตกตะกอนเต้าหู้ได้ เช่น $MgSO_4.7H_2O$, $CaSO_4.2H_2O$, $CaCl_2.2H_2O$ และ Glucono Delta Lactone ส่วนรูปร่างลักษณะเฉพาะของเต้าหู้แต่ละชนิด ก็มีลักษณะแตกต่างกันตามแม่พิมพ์หรือภาชนะที่ใช้ใส่หรือประเพณีนิยมของผู้บริโภค เต้าหู้สดที่มีคุณภาพดีต้องไม่มีกลิ่น รสจืด และมีสีขาวนวล

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเต้าหู้

<u>ถั่วเหลือง</u>

ถั่วเหลืองจัดอยู่ใน Family leguminosae และ Subfamily Papiliokdeae มีชื่อทางวิทยาศาตร์ที่ใช้กันเป็นทางการในปัจจุบันคือ Glycine max pea,Manchurn bean และ Soybean เป็นที่ยอมรับกันมากที่สุด (กองส่งเสริมพืชพันธุ์,2531)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกถั่วเหลืองที่จะนำมาใช้ ทำเต้าหู้เพื่อที่จะให้ได้เต้าหู้ที่มีผลผลิตสูง (Yield) และได้เนื้อเต้าหู้ที่เหมาะสมจะต้องเลือกถั่วเหลืองที่ไม่เก็บไว้นานหลายเดือนหรือเป็นถั่วเหลืองเก่ากับ และควรเป็นถั่วเหลืองที่เก็บไว้นานเกินไปหรือเก็บในสภาวะที่ไม่เหมาะสมจะมีค่าของ NSI (Nitrogen Solubility Index) ต่ำลงทำให้การสกัดเอาโปรตีนออกมาในนมถั่วเหลืองน้อยลง (ณรงค์,2538)

ส่วนประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการ(สิระ,2534)

โปรตีนของถั่วเหลือง ถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีน 35-40 เปอร์เซ็นต์ แต่จะเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพไม่สมบรูณ์ คือ มีปริมาณของกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ (Sulfur containing amino acid) ที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ กรดอะมิโน เมทิลโอนีน+ซีสตีน (Methionine+Cystine) น้อย แต่มีปริมาณกรดอะมิโนไลซีน (Lysine) สูง โปรตีนในถั่วเหลืองจะถูกสะสมอยู่ในเซลล์ของเนื้อถั่วเหลือง โดยสะสมกันในลักษณะที่เรียกว่า Protein bodies หรือ Storage Proteins ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 2-20 ไมครอน แต่ส่วนใหญ่มีขนาด 5-8 ไมครอน และมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 200,000-600,000 ในสภาวะธรรมชาติ โมเลกุลของโปรตีนขนาดใหญ่เหล่านี้ยังสามารถจับตัวกันเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ได้อีกด้วยการเชื่อมกันของ disulfide linkage

ไขมันของถั่วเหลือง ถั่วเหลืองประกอบด้วยไขมันร้อยละ 21 น้ำมันถั่วเหลืองมีความสำคัญมากต่อโภชนาการของมนุษย์ คุณภาพของน้ำนมถั่วเหลืองสูงกว่าน้ำนมจากสัตว์และสูงกว่าไขมันเนยเนื่องจากน้ำมันถั่วเหลืองมีปริมาณกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ กรด Linoleic ร้อยละ 25.0-64.8 และกรด Linolenic ร้อยละ 0.3-12.1 ซึ่งกรดไขมันเหล่านี้จะช่วยทำให้ร่างกายทำงานเป็นปกติและเลซิทินที่มีอยู่ในถั่วเหลืองมีประโยชน์ต่อร่างกายมาก คือ ทำหน้าที่เป็นสาร antioxidant

คาร์โบไฮเดรตของถั่วเหลือง ถั่วเหลืองมีคาร์โบไฮเดรตประมาณร้อยละ 34 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวก gaclactans,pentosan และ hemicellulose ซึ่งร่างกายนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย มีรายงานว่าเพียงร้อยละ 40 ของคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ซึ่งร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ถั่วเหลืองแตกต่างจากพวก legumes ตรงที่ว่ามีแป้งน้อยมาก หรือไม่มีเลย ซึ่งทำให้ถั่วเหลืองเป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับคนที่เป็นโรคเบาหวานอย่างยิ่ง ส่วนน้ำตาลอิสระ (free sugar) ซึ่งละลายน้ำ ได้แก่ sucose,raffinose และ stachyose (สมชาย,2538)

ไวตามินและแร่ธาตุในถั่วเหลือง ถั่วเหลืองเป็นอาหารที่อุดมสมบรูณ์ไปด้วยไวตามิน และเกลือแร่ต่างๆ ไวตามินที่อุดมสมบรูณ์ได้แก่ Thaimine (B1),Riboflavin (B2),Niacin,D,E และ K จะพบว่ามีไวตามินแล้วถั่วเหลืองยังประกอบไปด้วยไบโอติน (Biotin)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคลิน(Choline) และโปแตสเซี่ยม(potassium) สำหรับแคลเซี่ยมนั้นเป็นธาตุที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในการเจริญเติบโตของกระดูกในร่างกาย โปแตสเซี่ยมร่างกายต้องการในการเสริมสร้างเนื้อต่างๆ และทำให้กล้ามเนื้อแข็งแรง ธาตุฟอสฟอรัสช่วยในการบำรุงประสาทและสมอง และธาตุเหล็กสำคัญในการบำรุงโลหิต (สมชาย,2538)

สารพิษในถั่วเหลือง (สมชาย,2538) มีสารซึ่งต่อต้านทางด้านโภชนาการของถั่วเหลืองซึ่แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่

1.Trypsin Inhibitor (TI) เป็นโปรตีนชนิดหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโน ซึ่งมีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ (30-40 % cystine) โปรตีนนี้จะไปยับยั้งปฏิกริยาของเอนไซม์ทริพซิน (Trypsin) ซึ่งเป็นเอนไซม์ในกระเพาะอาหารของเรา แต่ Trypsin Inhibitor นี้สามารถหยุดปฏิกิริยาของมันได้โดยการนึ่งถั่วเหลือง ด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 250 องศาฟาเรนไฮน์ เป็นเวลา 30-45 นาที หรือต้มในน้ำเดือด (212 องศาฟาเรนไฮน์) เป็นเวลา 15-20 นาที

2.Haemaglutinins ถั่วเหลืองประกอบด้วยโปรตีนอย่างน้อย 4 ชนิด ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เม็ดเลือดแดงจับกันเป็นก้อน ในการทดลองกับกระต่ายและหนูทดลองโปรตีนเหล่านี้เรียกว่า Haemaglutinins โปรตีนเหล่านี้จะถูกทำลายได้ด้วยความร้อน ดังนั้นจึงไม่มีปัญหาเกี่ยวกับ Haemaglutinins ในอาหาร ถ้าได้มีการให้ความร้อนที่เหมาะสมแก่ถั่วเหลืองในขั้นตอนของการแปรรูปถั่วเหลืองไปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ

3.Saponins เป็นพวก Complex glucosides ของ Triterpenoid alcohols มีอยู่ในถั่วเหลืองที่สกัดเอาน้ำมันออกแล้ว (defatted meal) ซึ่งมีในปริมาณร้อยละ 0.5 ถึงร้อยละ 3 ผสมลงในอาหารที่ใช้เลี้ยง ปรากฏว่า ไม่มีอันตรายต่อสุขภาพของสัตว์เหล่านี้แต่ประการใด ถึงแม้ว่าสารตัวนี้จะไม่ถูกทำลายด้วยความร้อนก็ตาม ก็ไม่มีผลร้ายปรากฏในแง่ปัญหาทางด้านโภชนาการ

ในการทดลองครั้งนี้จะใช้ถั่วเหลืองสายพันธุ์ สจ.4 ซึ่งในขณะที่เป็นต้นอ่อนจะมีสีม่วง ใบเลี้ยงสีเขียว ลำต้นเป็นแบบไม่ทอดยอด ใบย่อยแต่ละใบเป็นชนิดกว้าง คือ ตรงฐานใบกว้างจะค่อยๆ เรียวแหลมที่ปลายใบ ใบค่อนข้างหนา สีเข้ม มีขนสีน้ำตาลปกคลุมทั่วไป และขนมีลักษณะตั้ง ดอกสีม่วง เมื่อถั่วเหลืองเข้าสู่ระยะแก่ฝักจะเปลี่ยนจากสีเขียว เป็นสีเหลือง และฝักเมื่อแก่จะเป็นสีน้ำตาลเข้ม เมล็ดมีลักษณะค่อนข้างกลม ผิวสีเหลืองค่อนข้างจะด้าน ตาสีน้ำตาล ขนาดเมล็ดใหญ่คือ มีน้ำหนัก 100 เมล็ด หนัก 14-15 กรัม ลักษณะเด่นของถั่วเหลืองพันธุ์นี้คือ มีความต้านทานต่อโรคราสนิม เป็นพันธุ์ที่มีเมล็ดกลม มีเปลือกสีอ่อน ตาค่อนข้างมีสีน้ำตาลอ่อน (กรมส่งเสริมพืชพันธุ์,2531) เหมาะสำ หรับทำเต้าหู้หลอด แต่ถั่วเหลืองพันธุ์นี้มีถั่วหินปะปนอยู่มากทำให้มีปัญหาในการบด (ณรงค์,2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำ

น้ำที่เหมาะควรมีอุณหภูมิต่ำ สะอาด รสดี และมีราคาไม่แพง น้ำที่ใช้อาจมาจากแหล่งใดก็ได้ แต่ถ้าเป็นน้ำบ่อจะมีคุณภาพดีกว่าน้ำประปา ทั้งนี้เพราะว่าน้ำประปามีอุณหภูมิสูง และมักจะมีคลอรีนผสมอยู่ระหว่าง 0.025-2.00 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งอาจจะทำให้เต้าหู้มีกลิ่นผิดปกติและมีเนื้อนิ่มกว่าปกติ ถ้าจำเป็นต้องใช้น้ำประปาควรผ่านกระบวนการกำจัดคลอรีนเสียก่อน โดยนำไปกรองผ่านผงถ่าน นอกจากนี้ถ้าจำเป็นจะต้องใช้น้ำจากแหล่งอื่น วรมีการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ก่อนน้ำที่เหมาะสมควรมีปริมาณจุลินทรีย์ต่ำ และปริมาณคลอโรฟอร์มไม่เกิน 2 ต่อน้ำ 1 มิลลิลิตร

สารตกตะกอน

สารตกตะกอน สารที่ใช้ในการตกตะกอนโปรตีนเพื่อผลิตเป็นเต้าหู้นั้นมีหลายชนิดด้วยกัน เช่น Calcium Sulfate ($CaSo_4 .2H_2 O$),Calcium Chloride($CaCl_2 .2H_2O$),Magnesium Sulfate($MgSo_4$),Magnesium Chloride ($MgCl_2 .6H_2O$) และ Glucono Delta Lactone (GDL) จากการทดลอง(เกษตรศาสตร์,2531) ได้ให้ข้อสรุปในทางเดียวกันคือ พบว่า $CaSo_4$ เป็นสารตกตะกอนที่ให้เต้าหู้มีลักษณะที่ดี และ $CaSo_4$ เองก็มีราคาถูกหาได้ง่ายแล้วยังพบว่าหากใช้ $CaSo_4$ ในอัตราน้อยคือน้อยกว่า 0.008 Molar จะไม่เกิดการจับตัวเป็นเต้าหู้ แต่อาจจะทำให้น้ำนมนั้นมีลักษณะข้นขึ้นมาบ้างและถ้าใช้ $CaSo_4$ ประมาณ 0.01 Molar จะเกิดเป็นตะกอนบางส่วนที่ไม่สมบูรณ์ โดยที่ไม่สามารถนำมากดเป็นเต้าหู้ได้ ระดับการใช้ที่ควรจะใช้คืออยู่ในช่วง 0.02-0.04 Molar ของสารตกตะกอนทั้งหลายนี้ ยกเว้น GDL ซึ่งนิยมในการทำเต้าหู้หลอดนั้นมีราคาค่อนข้างสูง และมีอัตราในการใช้มักอยู่ในระดับไม่เกิน 1 %

อุณหภูมิที่ใช้ในการต้มน้ำเต้าหู้ก่อนการตกตะกอน

โดยน้ำเต้าหู้ก่อนการตกตะกอนจะนำมาต้มพร้อมการกวนที่อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10-15 นาที ก่อนเพื่อทำให้เกิดความเหมาะสมในการทำลายสารยับยั้งการดูดซึมและการย่อยสลายโปรตีน การให้ความร้อนนานถึง 30 นาที จะทำลายกรดอะมิโนบางตัวคือ Methionine และ Cystine สูงถึง 30 % การกวนน้ำเต้าหู้หลังการเติมตัวตกตะกอนจะทำให้เต้าหู้ที่ได้มีความชื้นลดลง และต่างกับการใส่สารตกตะกอนและไม่มีการกวนโดยมีระดับความแตกต่างของความชื้นถึง 7 %

ขั้นตอนการทำเต้าหู้

การทำเต้าหู้มีความเข้มข้นพอเหมาะ ลักษณะของเต้าหู้จะเป็นไปตามความต้องการและคงที่สม่ำเสมอได้ก็จะต้องเตรียมน้ำเต้าหู้ให้มีความข้น-ใสคงที่ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนของการทำและอัตราส่วนของน้ำที่ใช้เป็นเกณฑ์ กล่าวคือถั่วที่แช่นั้นจะต้องแช่ในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้องเล็กน้อยเช่นที่ 20-22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมงหรือค้างคืน 1 คืน ซึ่งจะทำให้ถั่วมีลักษณะนิ่มตัวดีและน้ำหนักจะเพิ่มเป็น 35 % จากนั้นจะนำมาบดในอัตราส่วนของน้ำที่พอเหมาะขณะบดคือ ถ้าใส่น้ำขณะบดมากถั่วที่ถูกบดจะหยาบ ทำให้โปรตีนในช่วงการสกัดน้อยลงและเป็นผลให้เต้าหู้มีเนื้อหยาบด้วย อัตราส่วนของถั่วต่อน้ำในขั้นสุดท้ายที่พอเหมาะคือ น้ำต่อถั่วเป็น 10 ต่อ 1 (โดยน้ำหนัก) โดยขั้นตอนการทำอาจกล่าวโดยสรุปเป็นแผนภูมิดังนี้

ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงการผลิตเต้าหู้

ที่มา เกษตรศาสตร์,2531

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการผลิตเต้าหู้

1.การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง ล้างถั่วให้สะอาด แช่น้ำ 5-6 ชั่วโมง ล้างให้สะอาดอีกครั้งบดถั่วเหลืองให้ละเอียด พร้อมทั้งเติมน้ำร้อนลงไปทีละน้อยในขณะบดถั่วเหลือง ทั้งนี้เพื่อสะดวกในการบดถั่วเหลืองและกำจัดกลิ่นถั่วเหลืองให้ลดน้อยลงเติมน้ำลงไปในถั่วเหลืองที่บดแล้วให้ได้เป็น 10 เท่า ของน้ำหนักถั่วเหลืองที่ใช้เริ่มแรก ต้มแล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง

วัตถุประสงค์ของการต้มคือ

ก.ทำลายสารต่อต้านคุณค่าทางโภชนาการในถั่วเหลือง (Antinutritional factors) ถั่วเหลืองเป็นแหล่งสารอาหารโปรตีนสูงแหล่งหนึ่งของมนุษย์แต่ถั่วเหลืองก็มีสารซึ่งเป็นตัวยับยั้งการย่อยสลายและการดูดซึมเพื่อนำโปรตีนไปใช้อยู่ด้วย ได้แก่ Trypsin inhibitors , Hemagglutinins, Saponins เป็นต้น สารดังกล่าวนี้จะถูกทำลายได้โดยความร้อน พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาคุณค่าทางโภชนาการได้มากที่สุด และไม่ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้เสียไปคือ การใช้ความร้อนประมาณ 93 องศาเซลเซียส นาน 10-15 นาที

ข.ทำให้น้ำนมถั่วเหลืองมีกลิ่นดีขึ้น

ค.ยืดอายุการเก็บรักษาน้ำนมถั่วเหลืองที่สกัดได้

ง.สกัดน้ำนมถั่วเหลืองได้ง่าย

จ.เปลี่ยนโปรตีนให้อยู่ในรูปที่ตกตะกอนได้ง่าย

2.การตกตะกอนโปรตีน เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด เพราะมีปัจจัยและสภาวะหลายอย่างที่เกี่ยวข้องอันมีผลต่อผลิตภัณฑ์ ได้แก่

2.1ปริมาณสารตกตะกอน

การใช้สารตกตะกอในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้น้ำเวย์(Whey) ซึ่งเป็นส่วนของน้ำนมเหลืองที่ตกตะกอนโปรตีนออกไปแล้วใส ถ้าหากใช้ในปริมาณที่น้อยเกินไปจะทำให้โปรตีนตกตะกอนไม่หมด น้ำเวย์จะขุ่น แต่ถ้าใช้สารในปริมาณมากเกินไปจะทำให้คุณภาพของเต้าหู้เสียไป เช่น การใช้ Glucono Delta Lactone มากกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักถั่วแห้งในการทำเต้าหู้อ่อนจะทำให้กลิ่นรสของเต้าหู้เสียไปคือ จะมีรสเปรี้ยว

2.2ความเข้มข้นของน้ำนมถั่วเหลือง ถ้าน้ำนมถั่วเหลืองมีความเข้มข้นมากปริมาณสารตกตะกอนที่ใช้ก็มากด้วย

2.3อุณหภูมิขณะทำการตกตะกอน อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการตกตะกอนคือ ถ้าอุณหภูมิสูง จะทำให้เกิดปฏิกริยาเร็ว ใช้สารตกตะกอนน้อยเต้าหู้ที่ได้มีเนื้อหยาบ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการตกตะกอนขึ้นอยู่กับชนิดของเต้าหู้และสารตกตะกอน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4การผสมขณะตกตะกอน ต้องไม่แรงนัก ถ้าคนแรงตะกอนจะแข็งกระด้างและมีฟองอากาศ

3.การกำจัดน้ำเวย์ น้ำใสๆ ที่เหลือจากการจับตัวเป็นก้อนของโปรตีน ต้องกำจัดออกไปส่วนหนึ่งก่อนที่จะนำก้อนโปรตีนใส่ลงในพิมพ์ ซึ่งจะทำให้เต้าหู้จับตัวเป็นก้อนได้ดีขึ้น

4.การกดทับ จะทำให้โปรตีนจับตัวเป็นก้อนแข็ง และลดความชื้นระยะแรกจะกดทับด้วยน้ำหนักน้อยแล้วค่อยๆ เพิ่มน้ำหนัก ระยะเวลาที่กดทับประมาณ 1-2 ชั่วโมง

หลังจากนั้น ยกพิมพ์แช่ลงในน้ำเย็น จะช่วยให้แกะเต้าหู้ออกจากพิมพ์ได้ง่าย โดยไม่ติดผ้ากรองที่ใช้รองพิมพ์

ตารางที่ 1 แสดงอุณหภูมิที่ใช้ในการตกตะกอน

ชนิดของเต้าหู้	สารตกตะกอน	อุณหภูมิ(°C)
เต้าหู้แข็ง	สารประกอบคลอไรด์	78-85
	แคลเซียมซัลเฟต	70-75
	แลคโตน	90
	น้ำมะนาว	80-90
	น้ำส้ม	80-90
เต้าหู้อ่อน	สารประกอบคลอไรด์	65-68
	แคลเซียมซัลเฟต	70
เต้าหู้หลอด	แลคโตน	85-90
	แคลเซียมซัลเฟต	90
เต้าฮวย	แคลเซียมซัลเฟต	70

ที่มา:เพียรชัย และ อำนวยโชค,2529

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของเต้าหู้ (น้ำหนักแห้ง)

ส่วนประกอบ	เต้าหู้(%)	ถั่วเหลือง(%)
โปรตีน	50	42.78
ไขมัน	29.20	19.70
คาร์โบไฮเดรต	15.80	27.26
เถ้า	5.00	5.58
เยื่อใย	0	4.68

ที่มา: เพียรชัย และ อำนวยโชค,2529

ตารางที่ 3 รูปแบบของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (Essential amino acid pattern) ของเต้าหู้

กรดอะมิโน	เต้าหู้	ถั่วเหลือง	FAO 1975
Isoleucine	4.3	4.2	4.2
Leucine	7.6	7.4	4.8
Lysine	5.0	6.4	4.2
Methionine+Cystine	2.4	2.3	4.2
Phenylalanine+Tyrosine	-	-	5.6
Threonine	3.2	3.6	2.8
Tryptophan	1.0	1.7	1.4
Valine	4.0	4.3	4.2

ที่มา: เพียรชัย และ อำนวยโชค,2529

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำแห้งแบบ Tray drying(กิตติพงษ์,มปพ)

เครื่องมือทำแห้งแบบตู้(Cabinet,Tray or Compartment Drier) เป็นเครื่องมือทำแห้งลมร้อนแบบไม่ต่อเนื่องซึ่งทำงานที่บรรยากาศ ลักษณะเครื่องมือจะเป็นตู้บุฉนวน มีถาดสำหรับใส่อาหารเรียงเป็นชั้นอยู่ภายใน ลมร้อนจะถูกบังคับให้ไหลหมุนเวียนโดยพัดลม การหมุนเวียนของอากาศอาจจะเป็นในแนวนอนขนานกับถาดใส่อาหาร หรือในแนวดิ่งผ่านทะลุถาดใส่อาหาร ความเร็วของลมร้อนที่นิยมใช้สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวนอน คือ 2-5 เมตร/วินาที ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งนิยมใช้ปริมาณอากาศร้อน 0.5-1.25 ลบ.ม./วินาที ต่อ ตร.ม. ของพื้นที่หน้าตัดของถาด แหล่งความร้อนที่ใช้อาจเป็นการเผาไหม้ของก๊าซ ไอน้ำ หรือจากขดลวดให้ความร้อนไฟฟ้า

โปรตีนถั่วเหลืองผง(Soy protein flour) (เกษตรศาสตร์,2531)

1.Soy Flour and Grits เตรียมได้โดยการบด defatted soy flaked ทั้ง flour และ grits มีส่วนประกอบทางเคมีเหมือนกันคือมีโปรตีนประมาณร้อยละ 50 แต่แตกต่างกันที่ขนาด คือ Soy grits จะมีขนาดใหญ่กว่า 100 mesh ส่วน Soy flour มีขนาด 100 mesh หรือละเอียดกว่า

2.Soy Protein Concentrate (SPC) มีโปรตีนประมาณร้อยละ 70 (drybasis) เตรียมได้โดยสกัดเอาน้ำตาลที่ละลายน้ำเถ้าและสารอื่นๆ (minor constituents) ออกจาก defatted soy flakes หรือ Soy flour ในทางการค้ามีวิธีการเตรียม SPC 3 วิธีคือ โดยการใช้ความร้อน,ใช้กรดเจือจางและใช้ alcohol leach

3.Isolated Soy Protein (ISP) เตรียมได้โดยการสกัด Soy flake ด้วยด่างหรือน้ำแล้วนำไปตกตะกอนด้วยกรด นำ Curd ที่ได้หลังจากการกรองหรือ Centrifuge มาล้างน้ำแล้วทำให้แห้งในรูป isoelectric form หรือจะนำ Curd ไปทำให้เป็นกลางก่อนที่จะนำไปทำแห้งให้อยู่ในรูป water-dispersible sodium proteinate ซึ่งทั้งสองวิธีนี้จะได้โปรตีนมากกว่าร้อยละ 90 (drybasis)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอสเฟต (phosphate) (เยาวลักษณ์,2536)

ฟอสเฟตเป็นสารประกอบ ที่ใช้เติมในน้ำหมักเนื้อเพื่อวัตถุประสงค์คือ ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (water-binding capacity) ทำให้เนื้อไม่สูญเสียน้ำหนักมากเกินไปขณะร้อน เนื้อมีความนุ่มและชุ่มน้ำเพิ่มขึ้นและมีรสชาติดี

บทบาทของสารฟอสเฟตที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อ คือ

การเพิ่มความนุ่ม โดยเป็นตัวทำให้ pH ของเนื้อเพิ่มขึ้นและช่วยให้โปรตีนของกล้ามเนื้อคลายตัว เนื่องจากสารแอคโตไมโอซินแยกออกจากกันเป็นเอคติน และไมโอซิน สารฟอสเฟตที่ใช้ในด้านนี้คือ พวกไพโรฟอสเฟต (pyrophosphate)

การเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ โดยทำให้เส้นใยโปรตีนยืดตัวล้อมรอบโมเลกุลน้ำพบว่าเกลือของกรดอ่อนให้คุณสมบัติได้ดีในข้อนี้คือ โซเดียมฟอสเฟต (sodium phosphate)

เพิ่มรสชาติ โดยการทำให้โมเลกุลของเนื้อสานกันเป็นตาข่าย สามารถกันกั้นไม่ให้เลือดและของเหลวในเนื้อไหลออกมา เนื้อจึงมีรสชาติดขึ้น

ช่วยให้โมเลกุลเนื้อยึดเกาะกันดี โดยการดึงโมเลกุลโปรตีนที่ละลายน้ำได้มารวมตัวกันทำให้เนื้อเหนียวและยืดหยุ่นดีขึ้น นิยมใช้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

ช่วยให้สีคงทน โดยทำหน้าที่ควบคุม pH ให้อยู่ในช่วง pH 6.0-6.6 จึงทำให้เนื้อมีสีแดงคงทนดีขึ้น ซึ่งเป็นผลทำให้การใช้ไนไตรทและกรดแอสคอร์บิคคงตัวเพิ่มมากขึ้น แต่คุณสมบัติในด้านการให้สีที่คงตัวของสารฟอสเฟตมีผลด้อยกว่าการใช้กรดแอสคอร์บิคและความสามารถนี้จะลดลงมากถ้ากระทบแสงสว่างจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์

ชนิดของสารประกอบฟอสเฟตที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

สารประกอบฟอสเฟตพวก alkaline phosphate เท่านั้นที่เหมาะสมต่อการใช้เพื่อปรับปรุง water binding capacity ของเนื้อสัตว์เพราะ acid phosphate จะทำให้ pH ของเนื้อลดลงและจะทำให้เกิดการหดตัว นอกจากนี้มีการใช้สารพวก Tripolyphosphate ร่วมกับสารประกอบฟอสเฟตของเนื้อเพิ่มขึ้น

กฎหมายกำหนดให้มีการเติมฟอสเฟตได้ โดยให้มีเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายได้ไม่เกินร้อยละ 5.0 ในขณะที่เนื้อจะมีฟอสเฟตในธรรมชาติอยู่ประมาณร้อยละ 0.01 ดังนั้นการใช้สารเหล่านี้ในระหว่างการหมักต้องหักลบออกด้วย

ในทางการค้าผลิตสารประกอบฟอสเฟตในรูปของผสมและให้ชื่อต่างๆ กันเช่น Accord,Fitcord,Kena,Fos accord,Tari complet K_3 และ Tari K_7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1.วัตถุดิบ

เมล็ดถั่วเหลือง (whole soybean) พันธุ์ สจ.4

2.เครื่องมือ

2.1เครื่องบดผสม(Blender)ตรา Phillips

2.2อุปกรณ์ในการทำเต้าหู้(บล๊อคไม้,ผ้าขาวบาง,ตะแกรง,ถ้วยตวงน้ำ, ภาชนะต่างๆที่จำเป็น)

2.3เครื่องชั่งหยาบ(Mettle รุ่น PE 3000)

2.4เครื่องชั่งละเอียด(Mettle รุ่น AE 50)

2.5เตาเผา (Muffle furnance)

2.6ตู้อบ (Hot air oven)

2.7เครื่องสกัดไขมัน (Soxhlet extraction)

2.8ชุดเครื่องย่อยและชุดเครื่องกลั่นหา nitrogen (โดยวิธี Kjeldahl method)

2.9ภาชนะหาความชื้น (miosture can)

2.10กลูซิเบิล (glucible)

2.11เครื่องแก้ว (volumetric flask,Erlenmeyer flask,Beakers,pipetts และ แท่งแก้ว)

2.12เครื่องวัดสี (chroma meter ของ Minalta)

3.สารเคมี

3.1แคลเซียมซัลเฟต ($CaSo_4.2H_2O$)

3.2เฮกเซน (Hexane)

3.3กรดซัลฟูริก (Conc.H_2So_4 93-98 %)

3.4กรดบอริก (Boric acid 2%)

3.5กรดไฮโดรคลอริค 0.01N

3.6โซเดียมไฮดรอกไซด์ 30 % (NaOH 30 %)

3.7คะตะลิส (catalyst) โดยใช้ $CuSo_4$:K_2SO_4(1:8)

3.8Mixed indicator (bromocresol green and Methyl red)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

4.1ขั้นตอนการผลิตเต้าหู้

4.1.1สูตรที่ใช้ในการผลิตเต้าหู้

ถั่วเหลืองแห้ง	400	กรัม
น้ำ	4	ลิตร
แคลเซียมซัลเฟต	12	กรัม

4.1.2การเตรียมสารตกตะกอน

เติม $CaSO_4.2H_2O$ ปริมาณ 3% ของน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง

4.1.3ขั้นตอนการผลิตดังนี้

1.ล้างถั่วเหลืองให้สะอาด แช่น้ำทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง จนเมล็ดถั่วพองและอมน้ำเต็มที่แล้วขยี้เอาเปลือกออกให้หมด

2.ปั่นถั่วเหลืองกับน้ำจนหมด กรองด้วยผ้าขาวบาง

3.ต้มน้ำนมถั่วเหลืองให้เดือดอุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียสนาน 3 นาที ยกลงทิ้งไว้ให้เดือดอุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที ยกลงทิ้งไว้ให้น้ำนมถั่วเหลืองลดอุณหภูมิเหลือประมาณ 80 องศาเซลเซียส

4.นำสารตกตะกอนที่เตรียมไว้คือ $CaSO_4.2H_2O$ ค่อยๆ เติมลงไปในน้ำนมถั่วเหลืองและคนเบาๆ จนได้ตะกอน

5.เทใส่พิมพ์ที่รองรับด้วยผ้าขาวบาง เอาของหนักทับไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อกดให้น้ำออก

6.แกะ Curd ที่ได้จากผ้าขาวบางนำไปแช่น้ำประมาณ 1 ชั่วโมง

4.2ขั้นตอนการผลิตแป้งเต้าหู้

1.ตัดเต้าหู้ที่ได้จากข้อ 4.1.3 เป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาด 1x1x1 เซนติเมตร นำมาอบที่อุณหภูมิ 60,70,80 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง จากนั้นนำเต้าหู้ไปบดด้วยเครื่องบดข้าว จึงได้แป้งเต้าหู้ โดยศึกษาถึงอุณหภูมิใดที่จะสามารถให้แป้งเต้าหู้ที่มีลักษณะดีที่สุด โดยนำไปทดสอบหาค่าสี,ขนาดอนุภาค,การละลาย และวัดค่าสี

2.ทำการทดลองผลิตแป้งเต้าหู้โดยใช้อุณหภูมิในการอบที่เหมาะสมที่เลือกได้จากข้อ 1 จากนั้นนำมาหาปริมาณสารอาหารของแป้งเต้าหู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.นำแป้งเต้าหู้ที่ได้มาเป็นส่วนผสมในการทำผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นโดยสัดส่วนร้อยละ 0.75 ,1.57,2.35,3.31 โดยใส่ทดแทนสาร Accord ซึ่งใช้เป็นสูตรควบคุมโดยมีสูตรในการผลิตลูกชิ้นดังนี้

สูตรและวิธีการทำลูกชิ้น (เกวลินและภูริตา,2541)

ส่วนประกอบ

เนื้อหมู	1/2	กิโลกรัม
เกลือ	11.3	กรัม
ผงชูรส	0.75	กรัม
แป้งมัน	20	กรัม
น้ำแข็งบด	400	กรัม
แป้งเต้าหู้	5,10,15,20	กรัม
(แทน Accord ในสูตร ควบคุมซึ่งใช้ 5 กรัม)		
โซเดียมไบคาร์บอเนต	0.5	กรัม
พริกไทย	6.25	กรัม

วิธีทำ

1.นำเนื้อหมูมาแล่ผังผืดและเอ็นออก บดให้ละเอียดและแช่เย็นจัด

2.นำเนื้อใส่เครื่องนวด เติมเกลือ แป้งเต้าหู้นวดนาน 10 นาที ใส่น้ำแข็ง 1/3 ของทั้งหมด

3.ผสมผงชูรส พริกไทย และน้ำแข็งส่วนที่เหลือ นวดจนเนียน

4.ปั่นส่วนผสมเป็นลูก ขนาดตามต้องการใส่ในน้ำอุ่น 50 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที จนลูกชิ้นลอย ตักไปต้มให้สุกในน้ำร้อน 80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที

5.เมื่อต้มลูกชิ้นจนสุกแล้วตักใส่น้ำเย็น แช่จนเย็น ผึ่งให้แห้งบรรจุถุงพลาสติกเก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพ

1.การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งเต้าหู้ได้แก่

1.1ความชื้น โดยวิธีอบไล่ความชื้นในตู้อบ (ยุพร และ วราวุฒิ,2539)

1.2ไขมัน โดยวิธีสกัดด้วยตัวทำละลาย (ยุพร และ วราวุฒิ,2539)

1.3โปรตีน โดยวิธี Kjeldahl method (ยุพร และ วราวุฒิ,2539)

1.4เถ้า โดยวิธีเผาในเตาเผา (ยุพร และ วราวุฒิ,2539)

1.5เยื่อใย (ยุพร และ วราวุฒิ,2539)

1.6คาร์โบไฮเดรต โดยการใช้การคำนวณ (ยุพร และ วราวุฒิ,2539)

1.7การวัดการละลาย (ดัดแปลงมาจาก Al kahtani และคณะ,1990)

1.8การวัดขนาดอนุภาค ด้วยกล้องจุลทัศน์ (ดัดแปลงมาจาก Al kahtani และคณะ,1990)

1.9การวัดค่าสี ด้วยเครื่อง colorimeter(Pilar cano และคณะ,1990)

2.การตรวจสอบทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นที่ได้จากการทดลองทั้ง 5 สูตรมาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี hedonic scale แบบ score 1-5 โดยผู้ชิมเป็นนักศึกษาภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร จำนวน 20 คนโดยมีการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นผสมแป้งเต้าหู้ดังนี้

2.1 กลิ่น

2.2 รสชาติ

2.3 เนื้อสัมผัส

2.4 ความชอบรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

1.กระบวนการผลิตแป้งเต้าหู้โดยการทำแห้งแบบตู้อบลมร้อน

ตารางต่อไปนี้แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับการทำแห้งแบบตู้อบลมร้อนและคุณภาพของแป้งเต้าหู้ที่ได้

ตารางที่ 4 แสดงรายละเอียดการทำแห้งแบบตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิต่างๆและคุณภาพทางเคมีและกายภาพของแป้งเต้าหู้ที่ได้

ลักษณะคุณภาพ	แป้งเต้าหู้อบที่อุณหภูมิ		
	60 องศาเซลเซียส	70 องศาเซลเซียส	80 องศาเซลเซียส
ความชื้น(%)	7.56^{A}	6.84^{B}	5.65^{C}
ขนาดอนุภาค(μm)	36.75^{A}	25.75^{B}	22.75^{B}
การละลาย(cm)[1/]			
-อุณหภูมิห้อง	4.6^{A}	3.8^{B}	3.6^{C}
-อุณหภูมิน้ำเดือด	3.4^{A}	2.6^{B}	2.4^{C}
ค่าสี			
-ค่าL	79.71^{A}	78.73^{A}	80.84^{A}
-ค่าa	1.56^{A}	1.67^{B}	1.74^{C}
-ค่าb	22.37^{A}	21.94^{A}	20.75^{B}
-ค่าΔE	34.43^{A}	34.34^{A}	34.11^{A}

หมายเหตุ อักษรที่ต่างกันตามแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

[1/] การละลายจะเป็นการวัดความสูงของตะกอน (cm) ที่ตกลงมาหลังจาก เวลา 10 นาที ถ้าความสูงของตะกอนมาก แสดงว่ามีการละลายได้น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางข้างต้นจะพบว่าในกระบวนการผลิตแป้งเต้าหู้โดยทำการอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60,70,80 องศาเซลเซียส นั้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส สามารถอบแห้งและได้ผลิตภัณฑ์แป้งเต้าหู้ที่มีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพเหมาะสม โดยพบว่ามีความชื้นต่ำที่สุดที่ร้อยละ 5.65 และมีขนาดอนุภาค 22.75 ไมโครเมตร แต่อย่างไรก็ตามที่อุณหภูมิในการอบสูงขึ้นสามารถทำลายเซลล์ของเต้าหู้ ให้มีคุณสมบัติการละลายน้ำไม่ดีเท่าที่ควร โดยพบว่าการละลายที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะละลายได้ไม่ดี และการละลายที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสโดยสังเกตได้จากมีการตกตะกอนลงมาน้อย จากค่าสีพบว่าค่าสีมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอุณหภูมิถ้าใช้อุณหภูมิสูงขึ้นจะให้ค่าL มีค่าที่.มากขึ้น ซึ่งหมายความว่าแป้งเต้าหู้มีความสว่างมากขึ้น สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการอบที่อุณหภูมิต่ำ(60-70 องศาเซลเซียส) ทำให้ได้แป้งเต้าหู้ที่มีความชื้นค่อนข้างสูงและแป้งเต้าหู้มีการจับตัวกันเป็นก้อน ซึ่งอาจทำให้มีสีเข้มขึ้นได้

2.ผลการตรวจสอบคุณภาพทางด้านสารอาหารของแป้งเต้าหู้

ตารางที่ 5 แสดงคุณสมบัติทางด้านสารอาหารของแป้งเต้าหู้ซึ่งได้จากอุณหภูมิในการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เทียบกับเต้าหู้สด(น้ำหนักแห้ง)

คุณสมบัติ	แป้งเต้าหู้(%)	เต้าหู้สด(%)*
โปรตีน	41.44	50
ไขมัน	21.37	29.20
คาร์โบไฮเดรต	27.96	19.80
เยื่อใย	0.68	0
เถ้า	2.90	5.00
ความชื้น	5.65	-

*ที่มา: สรจักร,2541

จากตารางจะเห็นว่าแป้งเต้าหู้มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าเต้าหู้สดอาจเป็นเพราะว่า โปรตีนในเต้าหู้เมื่อผ่านกระบวนการต่างๆ เช่นกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงๆกระบวนการบดอาจทำให้มีปริมาณโปรตีนลดลงในระหว่างกระบวนการผลิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
96971

3.ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

เมื่อนำผลิตภัณฑ์แป้งเต้าหู้ไปผสมในลูกชิ้นแทนสารAccordแล้วทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งได้ผลการทดสอบดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6 แสดงคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นผสมแป้งเต้าหู้

ปัจจัยคุณภาพ	ปริมาณแป้งเต้าหู้ที่ผสมไปในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นแต่ละสูตร (%)				
	Control*	0.75	1.57	2.35	3.31
เนื้อสัมผัส	3.38^{A}	2.38^{B}	3.30^{AB}	3.58^{A}	3.55^{A}
กลิ่นรส	3.30^{A}	3.02^{A}	3.65^{A}	3.40^{A}	3.25^{A}
รสชาติ	3.20^{AB}	2.98^{B}	3.20^{AB}	3.30^{AB}	3.88^{A}
ความชอบรวม	3.30^{AB}	2.65^{C}	3.10^{B}	3.60^{A}	3.58^{A}

*control หมายถึง ลูกชิ้นที่เติม Accord 0.75 % ในสูตร

หมายเหตุ:ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

คุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส

จากตารางพบว่าถ้าเติมแป้งเต้าหู้ในปริมาณร้อยละ 0.75 จะได้คะแนนในการทดสอบน้อย เป็นเพราะว่าเมื่อมีปริมาณแป้งเต้าหู้ในผลิตภัณฑ์น้อยเกินไปจนไม่สามารถแสดงสมบัติการอุ้มน้ำไว้ได้ ทำให้เนื้อสัมผัสมีลักษณะนิ่มเละ แต่เมื่อเพิ่มแป้งเต้าหู้ตั้งแต่ร้อยละ 1.57 ขึ้นไปจะทำให้ผู้ชิมเริ่มชอบมากขึ้น ผู้ชิมสามารถยอมรับผลิตภัณฑ์แป้งเต้าหู้ในระดับใกล้เคียงกับสูตรควบคุมที่เติม Accord

คุณลักษณะทางด้านกลิ่นรส

จะเห็นได้ว่าผู้ชิมไม่สามารถแยกออกได้ว่าผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นมีกลิ่นแป้งเต้าหู้โดยผู้ชิมมีความชอบเหมือนกับลูกชิ้นที่เติม Accord

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะทางด้านรสชาติ

ผู้ชิมไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างลูกชิ้นสูตรควบคุมที่ใช้ Accord กับลูกชิ้นที่เติมแป้งเต้าหู้ได้ โดยสังเกตุจากคะแนนความชอบทางด้านรสชาติโดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความชอบรวม

จะเห็นว่าถ้าเติมแป้งเต้าหู้ในปริมาณร้อยละ 2.35 ในสูตรลูกชิ้นเป็นต้นไปผู้ชิมจะชอบผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นในระดับคะแนนที่ไม่แตกต่างกับสูตรที่เติม Accord และที่ร้อยละ 1.57 อาจจะยอมรับได้บ้าง แค่ลูกชิ้นที่เติมแป้งเต้าหู้ร้อยละ 0.75 พบว่าผู้ชิมไม่ชอบและให้คะแนนความชอบแตกต่างจากสูตรอื่นและสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ที่เป็นเช่นนี้อาจเพราะการใช้แป้งเต้าหู้ปริมาณน้อยเกินไปจะได้ลูกชิ้นที่เนื้อสัมผัสที่นิ่มเละและเนื้อไม่แน่น จึงส่งผลต่อคะแนนความชอบรวมในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุป

1.จากการทดลองพบว่าเราสามารถผลิตแป้งเต้าหู้ โดยอบแห้งเต้าหู้ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสม

2.อุณหภูมิในการอบที่แตกต่างกันมีผลต่อลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของแป้งเต้าหู้ เช่น การอบที่อุณหภูมิสูงให้แป้งเต้าหู้มีความชื้นต่ำจะทำให้ความสามารถในการละลายน้ำดีขึ้น แต่อย่างไรก็ดีการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะสามารถทำลายเซลล์ของเต้าหู้ทำให้เกิดการคืนตัวได้ยาก

3.การเติมแป้งเต้าหู้ที่ร้อยละ 2.35 และ ร้อยละ 3.31 สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่ดี เทียบเท่ากับผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นที่เติมAccord

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16678

บทที่ 6
บทวิจารณ์และข้อเสนอแนะ

-ควรจะมีการศึกษาวิธีการอบแห้งแป้งเต้าหู้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายให้ดีขึ้น เพราะว่าการอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน อาจจะทำให้โครงสร้างของเซลในแป้งเต้าหู้เสียหายมากจนไม่สามารถคืนตัวได้ดี เมื่อนำไปละลายน้ำ จึงควรมีการปรับปรุงวิธีการอบโดยการศึกษาแบบ การทำแห้งแบบแช่แข็ง หรือ การทำแห้งแบบพ่นฝอย ซึ่งอาจมีผลต่อประสิทธิภาพในการละลายของแป้งเต้าหู้ให้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมพืชพันธุ์.2531.เอกสารวิชาการเรื่องถั่วเหลือง.กรมส่งเสริมการเกษตร.กรุงเทพฯ.65น.

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์.มปพ.กระบวนการแปรรูปอาหาร.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เกวลิน ชัยวัฒน์,ภูริตา ทัพพงษ์.2541.การศึกษาการผลิตสารสกัดจากยีสต์โดยการใช้หม้อนึ่งความดันไอเพื่อใช้เป็นสารเพิ่มกลิ่นรสในอาหาร,ปัญหาพิเศษ.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เกษตรศาสตร์,มหาวิทยาลัย.2531.ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป.2540.การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของเจลจากโปรตีนถั่วเหลือง.บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ณรงค์ นิยมวิทย์.2538.เต้าหู้หลอด.วารสารอาหาร.15(4):20น.

เพียรชัย ตั้งเมธากุล,อำนวยโชค ยอดแก้ว.2529.อาหารว่างจากเต้าหู้แข็ง.ปัญหาพิเศษ.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์.2536.เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซต.กรุงเทพมหานคร.

ลินจง สุขลำภู.2538.การกำจัดกลิ่นในน้ำนมถั่วเหลืองเพื่อทำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 13(2):7น.

วราวุฒิ ครูส่ง,ยุพร พืชกมุทร.มปพ.เอกสารประกอบการปฏิบัติการเคมี.ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร.คณะเทคโนโลยีการเกษตร.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.กรุงเทพฯ.

สิระ พงษ์รักษ์.2534.การใช้โปรตีนถั่วเหลืองในส่วนผสมเพื่อการผลิตไส้กรอก.ปัญหาพิเศษ.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สมชาย ประภาวัติ.2538.ถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง.ในเอกสารประกอบการฝึกอบรมเทคนิคการถนอมอาหารและการควบคุมคุณภาพ.สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารให้แก่บุคลากรสถาบันราชภัฏ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ.

สรจักร ศิริบริรักษ์.2541.เภสัชโภชนา เล่ม 1.พิมพ์ครั้งที่ 3.กรุงเทพฯ,317 หน้า.

Al-kahtani,H.A.and B.H. Hassan.1990.Spray drying of roselle (Hibiscus subdariffa L.) extract J.Food science.55:1073 – 1076.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Beddows C.G and J.Wong.1987.Optimization of yield and properties of siken tofu from soybeans.InternationalJournal of Food Science andTechnology.22:15pp.

Kohyama.K.Sano.Y.and Doi E. 1995.Rheological Characteristics and Gelation Mechanism of Tofu (Soybean Curd).J.Agric Food Chem.48:5pp.

Pilar Carno,M.A. MARIN and F. carmen.1990.Freezing of banana Slices:Infruence of maturity level and thermal treatment prior to freezing J. of food Sci.55 (4):1070-1072.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นที่ผสมแป้งเต้าหู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1.การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของลูกชิ้นผสมแป้งเต้าหู้ทางลักษณะเนื้อสัมผัส

ตารางภาคผนวกที่ 1: การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นผสมแป้งเต้าหู้

ANALYSIS OF VALIANCE TABLE

	df	sum of square	error mean square	f- value	prob.
Between	4	2.0225	0.51	6.67	0.30*
Within	5	0.3787	0.08		
Total	9	2.4012			

Coefficient of variation = 8.67 %

หมายเหตุ : * = significant 5% level

** = significant 1% level

ns = not significant

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและคะแนนการยอมรับโดยวิธี CRD

var.	number	Sum.	Average	SD.	SE
1	2.00	6.750	3.38	0.32	0.19
2	2.00	4.750	2.38	0.25	0.19
3	2.00	6.000	3.00	0.35	0.19
4	2.00	7.150	3.58	0.11	0.19
5	2.00	7.100	3.55	0.28	0.19
Total	10.00	31.750	3.17	0.52	0.16
Within				0.28	

ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

หมายเหตุ 1 คือ สูตรที่เติมแอคคอร์ด

2 คือ สูตรที่เติมแป้งเต้าหู้ ร้อยละ 0.75

3 คือ สูตรที่เติมแป้งเต้าหู้ร้อยละ 1.57

4 คือ สูตรที่เติมแป้งเต้าหู้ร้อยละ 2.35

5 คือ สูตรที่เติมแป้งเต้าหู้ร้อยละ 3.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณลักษณะด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นผสมแป้งเต้าหู้

	df	sum of square	error mean square	f- value	prob.
Between	4	0.4150	0.10	1.69	.286
Within	5	0.3063	0.06		
Total	9	0.7212			

Coefficient of variation = 7.44%

หมายเหตุ : * = significant 5 % level

** = significant 1 % level

ns = not significant

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและคะแนนการยอมรับโดย CRD

Var.	number	Sum	Average	SD	SE
1	2.00	6.600	3.30	0.14	0.17
2	2.00	6.050	3.02	0.25	0.17
3	2.00	7.300	3.65	0.28	0.17
4	2.00	6.800	3.40	0.14	0.17
5	2.00	6.500	3.25	0.35	0.17
Total	10.00	33.250	3.33	0.28	0.09

ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งคือไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

หมายเหตุ 1 คือ สูตรที่เติมแอคคอร์ด

2 คือ สูตรที่เติมแป้งเต้าหู้ร้อยละ 0.75

3 คือ สูตรที่เติมแป้งเต้าหู้ร้อยละ 1.57

4 คือ สูตรที่เติมแป้งเต้าหู้ร้อยละ 2.35

5 คือ สูตรที่เติมแป้งเต้าหู้ร้อยละ 3.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณลักษณะด้านรสชาติของลูกชิ้นผสมแป้งเต้าหู้

	Df	Sum of square	Errer mean squre	F- value	Prob
Between	4	0.9115	0.23	3.48	.101*
Within	5	0.3275	0.07		
Total	9	1.2390			

Coefficient of variation = 7.73%

หมายเหตุ : * = significant 5 % level

** = significant 1% level

ns = not significant

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและคะแนนการยอมรับโดยวิธี CRD

Var	number	Sum	Average	SD	SE
1	2.00	6.400	3.20	0.14	0.18
2	2.00	5.950	2.98	0.39	0.18
3	2.00	6.400	3.20	0.21	0.18
4	2.00	6.600	3.30	0.28	0.18
5	2.00	7.750	3.88	0.18	0.18
Total	10.00	33.100	3.31	0.37	0.12

ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

หมายเหตุ : 1 คือ สูตรที่เติมแอคคอร์ด

2 คือ สูตรที่เติมแป้งเต้าหู้ ร้อยละ 0.75

3 คือ สูตรที่เติมแป้งเต้าหู้ ร้อยละ 1.57

4 คือ สูตรที่เติมแป้งเต้าหู้ ร้อยละ 2.35

5 คือ สูตรที่เติมแป้งเต้าหู้ ร้อยละ 3.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณลักษณะด้านความชอบรวมของลูกชิ้นผสมแป้งเต้าหู้

	Df	Sum of square	Errer mean square	F- value	Prob
Between	4	1.2260	0.31	14.42	0.005*
Within	5	0.1062	0.02		
Total	9	1.3322			

Coefficient of variation = 4.49%

หมายเหตุ : * significant = 5% level

** significant = 1% level

ns = not significant

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและคะแนนการยอมรับโดยวิธี CRD

Var.	number	Sum	Average	SD	SE
1	2.00	6.600	3.30	0.07	0.10
2	2.00	5.300	2.65	0.00	0.10
3	2.00	6.200	3.10	0.21	0.10
4	2.00	7.200	3.60	0.21	0.10
5	2.00	7.150	3.58	0.11	0.10
Total	10.00	32.450	3.25	0.38	0.10
Within				0.15	

ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

หมายเหตุ 1 คือ สูตรที่เติมแอคคอร์ด

2 คือ สูตรที่เติมแป้งเต้าหู้ร้อยละ 0.75

3 คือ สูตรที่เติมแป้งเต้าหู้ร้อยละ 1.57

4 คือ สูตรที่เติมแป้งเต้าหู้ร้อยละ 2.35

5 คือ สูตรที่เติมแป้งเต้าหู้ร้อยละ 3.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกข
แบบทดสอบประเมินผลทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบประเมินผลทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์.....

ชื่อผู้ชิม.....

วันที่.....**ชุดที่**.....

ข้อปฏิบัติในการชิม

1. ชิมตัวอย่างโดยเรียงลำดับจากซ้ายไปขวา
2. ในระหว่างการชิมแต่ละตัวอย่างใช้น้ำบ้วนปากเพื่อป้องกันการสับสนในระหว่างตัวอย่าง
3. คุณลักษณะที่ต้องการของผลิตภัณฑ์ คือ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบรวม
4. พิจารณาคะแนนจาก 1-5 โดยแบ่งคะแนนตาม
    1. ไม่ชอบมาก
    2. ไม่ชอบ
    3. เฉยๆ
    4. ชอบ
    5. ชอบมาก

รหัสตัวอย่าง	กลิ่นรส	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม

ข้อเสนอแนะและวิจารณ์.....

.....

.....

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
วิธีการตรวจสอบและวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.การวิเคราะห์ทางเคมี

1.1การหาความชื้น(ยุพร และ วราวุฒิ,2539)

<u>อุปกรณ์การทดลอง</u>

1. aluminium can
2. hot air oven
3. ตาชั่งละเอียด
4. desiccator
5. tong
6.ช้อนตักสาร

<u>วิธีการทดลอง</u>

1.อบ Aluminium can พร้อมฝาที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง

2.ปิดฝาและนำไปทำให้เย็นใน desicator นาน 30 นาที

3.ชั่งน้ำหนักถ้วยพร้อมฝา ให้ได้น้ำหนักที่มีความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

4.ชั่งตัวอย่างลงไปประมาณ 3 กรัม(น้ำหนักที่แน่นอนทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

5.นำ Aluminium can ไปอบโดยไม่ต้องปิดฝา 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง

6.ปิดฝาและทำให้เย็นใน desicator นาน 30 นาที แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก

7.นำ Aluminium can ไปอบต่ออีก 1 ชั่วโมง

8.ปิดฝาและนำไปทำให้เย็นใน desicator นาน 30 นาที แล้วนำมาชั่งน้ำหนักโดย น้ำ หนักที่หายไปไม่ควรต่างจากครั้งแรกเกิน 0.0005 กรัม

9.คำนวณ % ความชื้นทั้งหมด

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสด-น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักสด}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (ยุพร และ วราวุฒิ,2539)

<u>อุปกรณ์</u>

1. ขวด kjeldahl flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร
3. เครื่อง condenser
4. เครื่องย่อยโปรตีน
5. erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
6. กระบอกน้ำกลั่น
7. ชุดไตเตรท

<u>สารเคมี</u>

1. กรดซัลฟูริคเข้มข้น (conc H_2SO_4 97%) reagent grade
2. กรดบอริค (Boric acid) 2% เตรียมจากสารละลายผลึกของกรดบอริค 10 กรัม ในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มเดือดและทิ้งให้เย็น ปริมาตร 500 ml เก็บสารละลายในขวดจุกแก้ว
3. กรดไฮโดรคลอริค 0.1 N
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 30% เตรียมจากละลายเกร็ดโซเดียมไฮดรอกไซด์ 150 กรัมในน้ำกลั่น 350 ml
5. Catalyst :

ซิลิเนียมไดออกไซด์ (SeO_2)	2.5	กรัม
โปตัสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4)	100	กรัม
คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$)	20	กรัม

ผสม Catalyst ทั้งสามเข้าด้วยกัน

6. Mixed indicator

6.1 เตรียม 0.1% Bromocresol green ใน95%แอลกอฮอล์และ 0.1% Methyl redใน95% แอลกอฮอล์

6.2 ผสม Bromocresol green จำนวน 10 มิลลิลิตรกับMethyl red จำนวน 2 มิลลิลิตรในขวดหยดสารละลายดังกล่าว 4 หยดมีปริมาตร 0.05มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ชั่งตัวอย่าง 1 กรัมลงในขวด kjeldahl flask ปริมาตร 250 มิลลิลิตร

2. เติม Catalyst 2 กรัม กรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร และboiling chips

3.นำ kjeldahl flask ตั้งบนเตาของชุดย่อยโปรตีนที่มีระบบดูดควันที่ดี ใช้ความร้อนต่ำ ประมาณ 5 นาทีก่อนเร่งความร้อนให้สูงขึ้น ย่อยโปรตีนจนได้สารละลายสีฟ้าใส (ประมาณ 1 ชั่วโมง) ขณะย่อยโปรตีนหมุนขวดเป็นระยะๆ

4.รอให้สารละลายเย็นและหมดควันก่อนเติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตรโดยแยกเติมที่ละ 5 มิลลิลิตร

5. เทสารละลายทั้งหมดลงใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ล้างขวดย่อยโปรตีน ด้วยน้ำกลั่นหลายๆครั้ง แล้วเทลงในขวดปรับปริมาตรจนถึงขีด

6. ทำ blank (ตั้งแต่ข้อ 1 – 6) โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง

7. เปิดชุดกลั่นโปรตีนและผ่านน้ำเย็นเข้าออก condenser โดยเปิดสวิทซ์เตาของชุดกลั่นให้ มีความร้อนเพียงพอในขณะเริ่มต้นกลั่นและป้องกันการ ไหลย้อนกลับของสารละลายที่ใช้เก็บแอมโมเนีย

8. ดูดกรดบอริค 10 มิลลิลิตร ใน Erlenmeyer flask 250 มิลลิลิตรที่แห้งและสะอาด หยด mixed indicator 4 หยด เขย่าให้ดีก่อนนำไปวางใต้เครื่องกลั่นโดยให้ปลาย condenser จุ่มในสารละลาย

9. ดูดสารละลายในข้อ (5) 5 มิลลิลิตร ลงในขวดกลั่น ล้างปิเปตด้วยน้ำกลั่น 2 – 3 ครั้งลงในขวดกลั่น เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 30 % จำนวน 3 มิลลิลิตร ประกอบเข้าชุดกลั่น

10. แอมโมเนียที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาจะผ่าน condenser ลงสู่สารละลายบอริค สีของสารละลายเปลี่ยนจากสีม่วง – น้ำเงิน (bluish purple) ไปเป็นเขียว – น้ำเงิน (bluish green) การเปลี่ยนสีเป็นอย่างรวดเร็วประมาณ 20 – 30 วินาที เมื่อสารละลายบอริคเปลี่ยนสีประมาณ 5 นาที ลดระดับของ erlenmeyer flask ให้ปลาย condenser อยู่เหนือระดับของของเหลว 1 เซนติเมตร ล้างปลาย condenser ด้วยน้ำกลั่น รอให้ปฏิกิริยาดำเนินต่อไปประมาณ 1 – 2 นาที ก่อนนำไปไตเตรทกับสารละลาย ไฮโดรคลอริค 0.1 N จนสีน้ำเงินเปลี่ยนไปเป็นใส – ไม่มีสี

11. ทำการทดลองเช่นเดียวกับ blank

12. คำนวณเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$= [(N_{acid}) (ml_{acid}) - (ml_{blank}) (N_{NaOH}) - (ml_{NaOH}) (N_{NaOH})]$

$[1400.67]$ / mg sample

% Crude protein = 6.25 x (% Nitrogen)

ml_{NaOH} = ml standard base needed to titrate sample

ml_{acid} = ml standard acid used for than sample

ml_{blank} = ml standard base needed to titrate 1 ml standard acid minus ml standard base needed to titrate reagent blank carried through method and distilled into 1 ml standard acid

N_{acid} = normality of standard acid

N_{base} = normality of standard base

การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน(ยุพรและวราวุฒิ,2539)

อุปกรณ์

1. thimble
2. ชุดสกัดไขมัน soxhled
3. extraction tube
4. hot air oven
5. tong
6. desiccator
7. ตาชั่ง

สารเคมี

1. petroleum ether

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งแล้ว 10 กรัมใน thimble ปิดตัวอย่างด้านบนด้วยสำลี
2. บรรจุ thimble ในชุดสกัดไขมัน soxhled โดย thimble อยู่ใน extraction tube ซึ่งด้านบนต่อกับ condenser ส่วนด้านล่างต่อกับ roundbottom flask ชนิด 2 คอ
3. ตวง petroleum ether จำนวน 150 มิลลิลิตร ในขวดแก้วก้นกลม ต่อสายยางนำ น้ำเข้า และออกจาก condenser ก่อนเปิดสวิทซ์ของเตา heating mantle ปรับระดับความร้อนอย่างเหมาะสมเพื่อให้ไอของ petroleum ether ควบแน่นหยดลงบนตัวอย่างต่อเนื่องนาน 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แยก petroleum ether ออกด้วย vacuum evaporator นำส่วนของไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ไล่ ether จนหมด นำไปทำให้เย็นใน desiccator ก่อนนำไปชั่งน้ำหนัก crude fat

5. คำนวณเปอร์เซนต์ไขมัน = $\frac{\text{น้ำหนักบีกเกอร์และไขมัน} - \text{น้ำหนักบีกเกอร์} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$

การวิเคราะห์ปริมาณไฟเบอร์(ยุพร และ วราวุฒิ,2539)

<u>อุปกรณ์</u>

1. digestion flask ขนาด 700 มิลลิลิตร
2. boiling chips
3. condenser
4. buchner funnel
5. กระดาษกรอง
6. กระดาษลิตมัส
7. เตาของชุดย่อย crude fiber
8. ผ้าขาวบาง
9. hot air oven
10 desiccator
11. ตาชั่ง

<u>สารเคมี</u>

1. กรดซัลฟูริค 0.255 N เตรียมจากการเจือจางกรดกำมะถันเข้มข้น 98.1% จำนวน 6.93 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร ถ้าใช้กรดซัลฟูริค 96% ใช้กรด 7.09 มิลลิลิตรเจือจางจนได้ปริมาตร 1 ลิตร

2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.313 N เตรียมจากโซเดียมไฮดรอกไซด์เกร็ด 1.25 กรัม ละลายน้ำจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3. Sintered glass crucible ที่ผ่านการล้างด้วยด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% ตามด้วยการล้างด้วยน้ำร้อนก่อนล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริค (1: 3) ล้างด้วยน้ำร้อนอีกครั้งก่อนทำให้แห้งและเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสนาน 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักเมื่อเย็นแล้วและเก็บใน desicator

4. สารละลายโปตัสเซียมซัลเฟต 10%

เตรียมจากละลาย K_2SO_4 10 กรัมละลายในน้ำกลั่นจนได้สารละลาย 100 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เอธิลแอลกอฮอล์ 95%

6. ผ้ากรองลินินชนิดละเอียด (45 threads per inch)

<u>วิธีการ</u>

1. ชั่งตัวอย่าง 2 กรัมในdigestion flask ขนาด 700 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นขวดแก้วก้นกลม เติมกรดซัลฟูริคที่ผ่านการต้มเดือดแล้วจำนวน 200 มิลลิลิตรและ boiling chips 2 – 3 ชิ้น ก่อนนำ condenser มาประกอบตอนบนของขวด

2.นำไปต้มบนเตาของชุดย่อย crude fiber โดยให้สารละลายเดือดนาน 30 นาที ต่อเนื่องกัน เขย่าขวดเพื่อไม่ให้ตัวอย่างเกาะบนผนังขวด

3. กรองกากด้วยผ้ากรองบน buchner funnel และใช้ปั๊มช่วยในการกรอง

4. ล้างกากด้วยน้ำเดือดจนหมดฤทธิ์กรด โดยทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส

5. เทกากกลับไปใน digestion flask เติมสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ผ่านการต้มเดือดจำนวน 200 ml ต้มส่วนผสมนาน 30 นาที กรองทันทีและล้างกากด้วยน้ำเดือดจนหมดฤทธิ์ด่าง

6. ล้างกากด้วยสารละลายโปตัสเซียมซัลเฟตร้อน

7. เทกากกลับไปในdigestion flaskอีกครั้งล้างตะกอนที่ติดผ้ากรองด้วยน้ำเดือดหลายๆครั้ง

8. เทกากในdigestion flaskผ่านไปในsintered glass crucibleล้างกากด้วยน้ำเดือดหลายครั้ง

9. ล้างกากด้วยแอลกอฮอล์จำนวน 30 มิลลิลิตร

10. อบ crucible พร้อมกากที่อุณหภูมิ100องศาเซลเซียสนาน2ชั่วโมงชั่งน้ำหนักเมื่อเย็นลง

11. นำไปเผาใน muffle furnace ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสนาน 30 นาที เพื่อขจัดสาร volatile organic

12. นำ crucible มาทำให้เย็นใน desiccator ก่อนชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่หายไปจะเป็นของ crude fiber (น้ำหนักข้อ 10 – 12)

13. คำนวณเปอร์เซ็นต์ crude fiber = $\frac{\text{น้ำหนัก crude fiber} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า(ยุพร และ วราวุฒิ,2539)

อุปกรณ์

1. Crucible
2. muffle furnace
3. desiccator
4. ตะเกียงบุนเซน
5. ตาชั่ง
6. Hot air oven
7. tong

วิธีการทดลอง

1. ล้าง Crucible ทำให้แห้งก่อนเผาใน muffle furnace นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน disiccator ก่อนนำมาชั่ง หาน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างใน Crucible จำนวน 10 กรัม
3. เผาตัวอย่างด้วยตะเกียงบุนเซนอย่างช้าๆจนเผาไหม้หมด(completely carbonized) จึงนำ dish วางในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสนาน 2 ชั่วโมง จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้า สีขาว
4. ชั่งน้ำหนักเถ้าด้วยตาชั่งละเอียด คำนวณเปอร์เซ็นต์เถ้าเช่นเดียวกับการคำนวณ crude fiber

การวัดการละลาย(ดัดแปลงมาจาก Al.Kahtani and Hassan,1990)

สารเคมีและอุปกรณ์

1.กระบอกตวง ขนาด 200 ml.
2.เครื่องให้ความร้อน (hot plate)
3.แท่งแก้ว
4.บีกเกอร์ 100 ml.
5.เครื่องชั่งน้ำหนัก
6.เทอร์โมมิเตอร์

วิธีการทดลอง

1.ต้มน้ำให้เดือด 90องศาเซลเซียส
2.นำตัวอย่างที่ชั่ง 10 กรัมนำมาละลายในน้ำเดือดเทใส่ในกระบอกตวงจับเวลา 10 นาทีวัดระยะทางที่แป้งตกตะกอนลงมา
3.ทำการละลายน้ำที่อุณหภูมิห้องจับเวลาและวัดระยะทางเช่นเดียวกับการทำกับน้ำเดือด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดขนาดอนุภาค (ดัดแปลงมาจาก Al kahtani และคณะ ,1990)

<u>สารเคมีและอุปกรณ์</u>

1.กล้องจุลทรรศ์

2.สไลด์ที่มีสเกลบอกตัวเลข

3.หลอดหยด

4.บีกเกอร์

5.เครื่องชั่งน้ำหนัก

<u>วิธีการทดลอง</u>

1.นำแป้งเต้าหู้ที่ที่ชั่งแป้ง 1 กรัมมาละลายในน้ำ 20 มล.

2.หยดสารละลายแป้งลงบนสไลด์ที่มีสเกลปิดด้วยกระจกสไลด์

3.ส่องด้วยกล้องจุลทรรศ์ขนาด eye piece 40

4.นำมาคำนวณหาขนาดอนุภาคของแป้ง

= 0.0025x ขนาดอนุภาคที่eye piece40 (ไมโครเมตร)

การวัดค่าสี(ดัดแปลงมาจาก Pilar cano และ คณะ,1990)

<u>สารเคมีและอุปกรณ์</u>

1.เครื่องวัดสี (chomameter ยี่ห้อ minolta)

<u>วิธีการทดลอง</u>

1.ทำการ calibrate เครื่องวัดสีโดยใช้ตลับเซลามิกสีขาวที่มีมากับเครื่อง

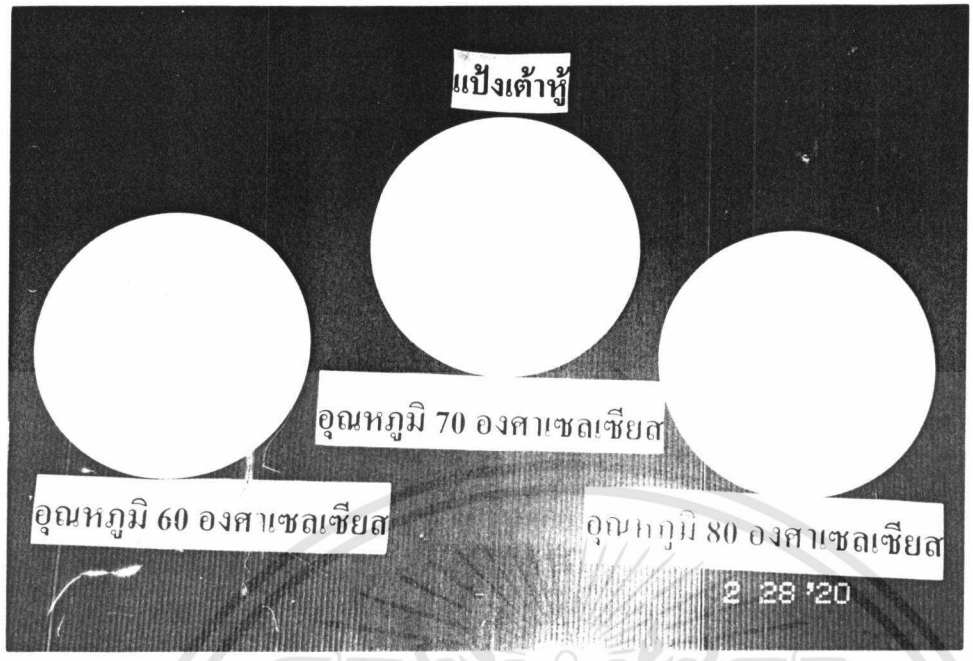
2.ตั้งค่าการวัดของเครื่องเป็นระบบ L, a, b

3.นำตัวอย่างใส่ในภาชนะนำมาวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
รูปภาพในกระบวนการผลิตแป้งเต้าหู้

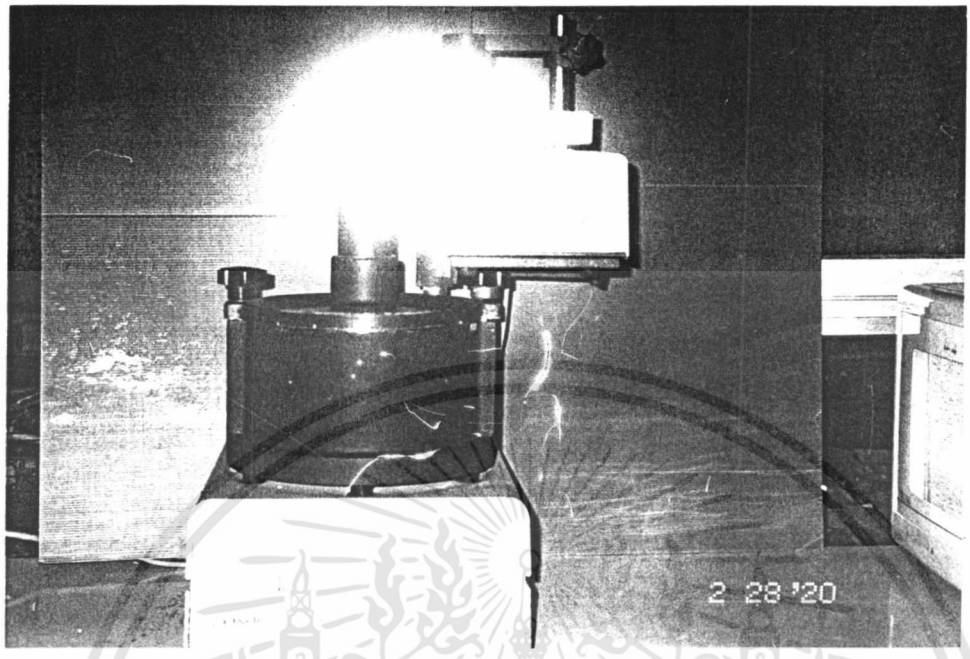
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 แสดงแป้งเต้าหู้ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60,70 และ 80 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 2แสดงลูกชิ้นที่ผสมแป้งเต้าหู้ที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 แสดงเครื่องบดแป้งเต้าหู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้