

รายงานการวิจัย

เรื่อง

ผลของการใช้น้ำมะเขือเทศในการตกตะกอนโปรตีนจากถั่วเหลือง

Effect of Tomato Juice on Coagulate Protein from Soybean

นางปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา

วท.ม. (วิทยาศาสตร์การอาหาร)

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม

พ.ศ. 2545

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม

หัวข้อวิจัย	ผลของการใช้น้ำมะเขือเทศในการตกตะกอน โปรตีนจากถั่วเหลือง
ชื่อผู้วิจัย	นางปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา
โปรแกรมวิชา	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะ	เทคโนโลยีการเกษตร
สถาบัน	สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม
ปีที่ทำการวิจัย	2544
ปีที่พิมพ์	2545

บทคัดย่อ

จากการศึกษาผลของการใช้น้ำมะเขือเทศในการตกตะกอน โปรตีนจากถั่วเหลืองในกระบวนการทำเต้าหู้แข็ง โดยมีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ คือ 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 ในรูปกรดซิตริก ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าการใช้น้ำมะเขือเทศที่มีค่าเปอร์เซ็นต์กรด 0.2 โปรตีนจากถั่วเหลืองไม่มีการตกตะกอน ส่วนการใช้น้ำมะเขือเทศที่มีเปอร์เซ็นต์กรด 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 โปรตีนจากถั่วเหลืองมีการตกตะกอนและสามารถใส่พิมพ์อัดเป็นเต้าหู้แข็งได้ เต้าหู้แข็งที่ทำจากน้ำมะเขือเทศทุกระดับเปอร์เซ็นต์กรดมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้าและเส้นใย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าเต้าหู้แข็งที่ตกตะกอน โปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีเปอร์เซ็นต์กรดเป็น 0.5 ซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์กรดในระดับที่มีอยู่ในน้ำมะเขือเทศตามธรรมชาติมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการตกตะกอน โปรตีนในกระบวนการทำเต้าหู้แข็งมากที่สุด เนื่องจากผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะสูงที่สุด

Research Title	Effect of Tomato Juice on Coagulate Protein from Soybean
Name	Piyawan Supavititpatana
Program	Food Science and Technology
Faculty	Agricultural Technology
Institute	Rajabhat Institute Pibulsongkram
Year	2001
Printed	2002

Abstract

The effects of using tomato juice as a soybean-protein precipitant in hard tofu production were studied. The tomato juices at 6 levels of total acidity (as citric acid), 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 and 0.7% were used and the final products were evaluated by physical and chemical analysis including sensory evaluation. It was found that, at 0.2% total acidity, soybean-protein was not precipitated. While the soybean-protein was precipitated and the tofu can be packed in molds by using tomato juices at 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 and 0.7% total acidity. The results from physical and chemical analysis of tofu made from all levels of total acidity showed that moisture content, protein content, total fat, total ash and crude fiber were not statistically different. The results from sensory evaluation showed that tofu made from tomato juice at 0.5% total acidity which is normally found in natural tomato juice obtained the highest scores in all sensory characteristics.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องผลของการใช้น้ำมะเขือเทศในการตกตะกอนโปรตีนจากถั่วเหลือง ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม ซึ่งดำเนินการคัดเลือกจัดสรรการให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยโดยสำนักวิจัยและบริการวิชาการ ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณสำนักวิจัยและบริการวิชาการและสถาบันราชภัฏพิบูลสงครามที่เล็งเห็นถึงคุณค่าและประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำวิจัยเรื่องนี้ และขอขอบคุณทุกท่านที่ได้มีส่วนช่วยเหลือสนับสนุนให้งานวิจัยเรื่องนี้ได้ดำเนินการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ปิยวรรณ สุภวิทพัฒนา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	2
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	12
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	15
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	23
บรรณานุกรม	24
ภาคผนวก	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก วิธีการผลิตเต้าหู้แข็ง	27
ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี	28
ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	39
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	40
ประวัติผู้วิจัย	46

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
1	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของรงควัตถุระหว่างการแก่และการสุกของผลมะเขือเทศ	4
2	คุณค่าทางโภชนาการในน้ำหนัก 100 กรัมของมะเขือเทศ	5
3	องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง	6
4	องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง	10
5	คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมะเขือเทศ	15
6	คุณสมบัติของของผสมระหว่างน้ำมะเขือเทศกับน้ำมันถั่วเหลืองที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศทั้ง 6 ระดับ	16
7	ปริมาณผลผลิตของเต้าหู้แข็งที่ได้จากการตกตะกอนโปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ	17
8	คุณสมบัติทางเคมีของเต้าหู้แข็งที่ได้จากการตกตะกอนโปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรด 6 ระดับ	19
9	คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้แข็งที่ได้จากการตกตะกอนโปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรด 5 ระดับ	20

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์กรดของของผสมระหว่าง น้ำมะเขือเทศกับน้ำนมถั่วเหลืองที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของ น้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ	40
2.	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่างของของผสม ระหว่างน้ำมะเขือเทศกับน้ำนมถั่วเหลืองที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรด ของน้ำมะเขือเทศ 6ระดับ	40
3	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของเต้าหู้แข็งที่ได้ จากการตกตะกอน โปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรด ของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ	41
4	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ โปรตีนของเต้าหู้แข็งที่ได้ จากการตก ตะกอน โปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรด ของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ	41
5	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไขมันของเต้าหู้แข็งที่ได้ จากการตก ตะกอน โปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรด ของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ	42
6	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเถ้าของเต้าหู้แข็งที่ได้ จากการตก ตะกอน โปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรด ของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ	42
7	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเส้นใยของเต้าหู้แข็งที่ได้ จากการตก ตะกอน โปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรด ของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ	43

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความชอบด้านสีของ เต้าหู้แข็งที่ได้จากการตกตะกอน โปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผัน เปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ	43
9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส ของเต้าหู้แข็งที่ได้จากการตกตะกอน โปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผัน เปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ	44
10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความชอบด้านกลิ่นของ เต้าหู้แข็งที่ได้จากการตกตะกอน โปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผัน เปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ	44
11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความชอบด้านรสชาติ ของเต้าหู้แข็งที่ได้จากการตกตะกอน โปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผัน เปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ	45
12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความชอบด้าน ความชอบรวมของเต้าหู้แข็งที่ได้จากการตกตะกอน โปรตีนด้วย น้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ	45

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 คุณสมบัติการละลายของโปรตีนถั่วเหลืองในสภาวะของค่าความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ	7
2 . เค้าหุ้มแข็งที่ได้จากการตกตะกอนโปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ	18

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากการบริโภคในปัจจุบันผู้บริโภคต้องสัมผัสกับสารเคมีเป็นจำนวนมาก ฉะนั้นจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจที่จะนำผลผลิตจากธรรมชาติมาทำให้เกิดประโยชน์ในกระบวนการแปรรูป โดยเฉพาะน้ำมะเขือเทศซึ่งมีคุณสมบัติในการให้สีและมีความเป็นกรด ซึ่งความเป็นกรดนี้จะมีผลต่อการตกตะกอนของโปรตีนถั่วเหลือง ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาถึงผลของการใช้น้ำมะเขือเทศในการตกตะกอนโปรตีนจากถั่วเหลือง ซึ่งเป็นกระบวนการและขั้นตอนที่สำคัญที่จะนำไปสู่การผลิตเต้าหู้แข็ง ซึ่งจะทำให้ได้เต้าหู้แข็งที่มีคุณสมบัติพิเศษคือ มีสีของน้ำมะเขือเทศและปราศจากสารเคมี เนื่องจากใช้น้ำมะเขือเทศในการตกตะกอนโปรตีนแทนการใช้สารเคมี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคูณสมบัติทางเคมีของน้ำมะเขือเทศ
2. เพื่อศึกษาคูณสมบัติของเต้าหู้แข็งที่ใช้น้ำมะเขือเทศในการตกตะกอนโปรตีน

ขอบเขตการวิจัย

ใช้น้ำมะเขือเทศที่สุกเต็มที่และมีสีแดงจัดทั่วผล

นิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้อง

Hard tofu หมายถึง เต้าหู้แข็ง

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ทราบถึงคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมะเขือเทศ
2. ได้เต้าหู้แข็งที่มีการใช้น้ำมะเขือเทศในการตกตะกอนโปรตีนแทนการใช้สารเคมี

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

มะเขือเทศ

นิธิยาและคณัย (2533) กล่าวว่ามะเขือเทศจัดอยู่ในตระกูล Solanaceae, genus *Lycopersion* สำหรับมะเขือเทศที่ปลูกกันอยู่ทั่วไปนี้จัดอยู่ใน Species *L. esculentum* (Mill.) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและส่วนประกอบทางเคมีระหว่างการเจริญเติบโต การแก่และการสุกของมะเขือเทศเป็นดังนี้

1. **น้ำหรือความชื้น** ผลมะเขือเทศอ่อนจะมีปริมาณน้ำน้อยกว่าผลมะเขือเทศสุก ความชื้นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 91-93 ขณะที่ผลไม้กำลังเจริญเติบโตเป็นร้อยละ 92-95 ขณะที่ผลมะเขือเทศสุก

2. **น้ำตาล** ในผลมะเขือเทศมีน้ำตาลประมาณร้อยละ 1.5-4.5 และมีน้ำตาลประมาณร้อยละ 65 ของของแข็งที่ละลายได้ในผลมะเขือเทศ ชนิดของน้ำตาลที่พบส่วนใหญ่ได้แก่ น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุคโตสซึ่งมีปริมาณเท่า ๆ กัน ส่วนน้ำตาลซูโครสมีน้อยมาก ปริมาณน้ำตาลในผลมะเขือเทศจะมีหน้าที่เกี่ยวข้องในระยะเวลาการแก่และจะเพิ่มมากขึ้นในระยะการแก่และการสุก ปริมาณน้ำตาลมีความสำคัญต่อรสชาติของผลมะเขือเทศสุก ปริมาณน้ำตาลยังผันแปรขึ้นอยู่กับฤดูกาลอีกด้วย เช่น ในฤดูร้อนผลมะเขือเทศจะมีปริมาณน้ำตาลสูง เนื่องจากมีแสงแดดจัดและปริมาณน้ำตาลจะลดลงในผลมะเขือเทศอยู่ในที่ร่มหรือมีใบบัง

3. **แป้ง** ในผลมะเขือเทศมีปริมาณแป้งเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ผลอ่อนของมะเขือเทศที่อายุประมาณ 14 วัน มีแป้งประมาณร้อยละ 1-1.2 และปริมาณจะลดลงขณะที่ผลมะเขือเทศแก่และสุกเหลือเพียงร้อยละ 0.1-0.5 เท่านั้น ขณะที่ผลมะเขือเทศมีสีแดงปริมาณแป้งจะมีมากหรือน้อยยังขึ้นอยู่กับสภาวะระหว่างการสุกด้วย การลดลงของปริมาณแป้งไม่มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลระหว่างการแก่และการสุก

4. **ความเป็นกรดและปริมาณกรดอินทรีย์** ผลมะเขือเทศมีค่าความเป็นกรด - ด่างประมาณ 4.0-4.6 และปริมาณกรดทั้งหมดมีประมาณร้อยละ 0.39-0.64 ในรูปของกรดซิตริก ปริมาณกรดทั้งหมดนี้มีความสำคัญต่อกลิ่น รสชาติและการนำเอาผลมะเขือเทศไปทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ กรดที่พบมากที่สุดในการผลมะเขือเทศคือ กรดซิตริกและกรดมาลิกซึ่งมีรวมกันประมาณร้อยละ 60 ของกรดทั้งหมด

ขณะที่ผลมะเขือเทศแก่และเริ่มสุกจะมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นและจะค่อย ๆ ลดลงในระยะที่มะเขือเทศสุก โดยปริมาณกรดมาลิกจะลดลงก่อนและตามด้วยกรดซิตริก อัตราส่วนของกรดมาลิกต่อกรดซิตริก จะค่อย ๆ ลดลง เนื่องจากมีการเปลี่ยนกรดมาลิกเป็นกรดซิตริก อัตราส่วนของน้ำตาลต่อกรดมีค่า ประมาณ 6.25-11.30

5. กรดอะมิโน ระหว่างการแก่-สุกของผลมะเขือเทศมีปริมาณกรดอะมิโนอิสระทั้งหมดค่อนข้างคงที่ ยกเว้นกรดกลูตามิกจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นประมาณ 10 เท่า และกรดแอสปาร์ติกจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลมะเขือเทศแก่ที่มีสีเดียวกับผลมะเขือเทศสุกที่มีสีแดง ส่วนกรดแกมมา-อะมิโนบิวทิริก (γ -aminobutyric acid) จะค่อย ๆ ลดลงเหลือประมาณ 1/3 ส่วนระหว่างการสุก

6. โทมาตินและโซลานีน โทมาติน (Tomatine) และโซลานีน (Solanine) เป็น Glycosidic steroidal alkaloid พบอยู่ในผลมะเขือเทศซึ่งผลมะเขือเทศมีโทมาตินประมาณร้อยละ 0.087 และมีโซลานีนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ขณะที่ผลมะเขือเทศสุกปริมาณโทมาตินจะลดลงและลดลงเกือบหมดในผลมะเขือเทศที่สุก-แดงอยู่บนต้น ผลมะเขือเทศที่สุกค้ำตันจะมีปริมาณโทมาตินน้อยกว่าผลมะเขือเทศที่สุกโดยการบ่ม

7. วิตามิน ผลมะเขือเทศเป็นแหล่งของวิตามินซี ซึ่งมีประมาณ 12-13 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักสด ปริมาณวิตามินซีจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อผลมะเขือเทศสุก นอกจากนั้นในเนื้อมะเขือเทศที่มีสีส้มแดงของแคโรทีนสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้เมื่อบริโภคเข้าสู่ร่างกาย

8. รงควัตถุ คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุที่พบมากในเนื้อมะเขือเทศทั้งผลอ่อนและผลแก่ ขณะที่ผลมะเขือเทศเริ่มสุก ปริมาณคลอโรฟิลล์จะลดลงอย่างช้า ๆ และมีการสังเคราะห์รงควัตถุอื่นเพิ่มมากขึ้น คือมีการสังเคราะห์ไลโคปีน แคโรทีนและแซนโทฟิลล์ โดยเฉพาะสีแดงของผลมะเขือเทศสุกเป็นสารไลโคปีน ส่วนแคโรทีนจะให้สีส้ม การเปลี่ยนแปลงปริมาณของรงควัตถุระหว่างการแก่และการสุกแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของรงควัตถุระหว่างการแก่และการสุกของผลมะเขือเทศ

ระยะความแก่	ปริมาณรงควัตถุ (หน่วย O.D. ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)			
	แคโรทีน	ไลโคปีน	แซนโทฟิลล์	คลอโรฟิลล์
สีเขียว	1.270	0.00	0.194	2.869
สีเขียว-ขาว	0.966	0.00	0.214	2.055
เริ่มเปลี่ยนสี	1.431	0.195	0.979	1.701
สีแดงเข้ม	428,340.0	2,589,510.0	170,362.5	1.194

ที่มา: นิธิยาและคณะ (2533)

9. ปริมาณโปรตีน ระหว่างการเจริญเติบโต การแก่และการสุกของผลมะเขือเทศ จะมีการเปลี่ยนแปลงระดับของโปรตีน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของชนิดและปริมาณของเอนไซม์ต่าง ๆ โดยเฉพาะในช่วง climacteric rise จะมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีนเล็กน้อย

คุณค่าทางโภชนาการ

มะเขือเทศมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเป็นแหล่งโปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ นอกจากนี้ยังให้ผลผลิตตลอดปีและราคาถูกกว่าเนื้อสัตว์มาก คุณค่าทางโภชนาการของมะเขือเทศโดยเทียบจากน้ำหนักของมะเขือเทศส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม แสดงดังตารางที่ 2 (เกียรติเกษตร, 2536 และ ธัญนิต์, 2542)

ตารางที่ 5 คุณค่าทางโภชนาการในน้ำหนัก 100 กรัมของมะเขือเทศ

ธาตุอาหาร	¹ บรรจุกะป๋อง	¹ ซอส	¹ น้ำมะเขือเทศ	² ผลในส่วนที่รับประทานได้
ความชื้น (ร้อยละ)	94.0	69.0	94.0	93.2
พลังงาน (แคลอรี)	21.0	106.0	19.0	22.0
โปรตีน (กรัม)	0.8	1.8	0.8	1.1
ไขมัน (กรัม)	น้อยมาก	น้อยมาก	น้อยมาก	0.3
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	4.0	25.0	4.0	3.6
เส้นใยอาหาร (กรัม)	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	1.2
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	6.0	22.0	7.0	2.0
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	19.0	20.0	18.0	31.0
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.5	0.8	0.9	4.9
เบต้า-แคโรทีน (ไมโครกรัม)	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	373
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม)	217.0	363.0	227.0	222.0
วิตามินเอ (ไอ.ยู)	900.0	1,399.0	789.0	-
ไทอามีน (มิลลิกรัม)	0.05	0.09	0.05	0.06
ไรโบฟลาวิน (มิลลิกรัม)	0.03	0.07	0.03	0.04
ไนอาซีน (มิลลิกรัม)	0.7	1.8	0.8	0.9
กรดแอสคอบิก (มิลลิกรัม)	17.0	15.0	16.0	32.0

ที่มา : ¹ เกียรติเกษตร (2536)² รัชনীต์ (2542)

ถั่วเหลือง

วันชัย (2527) กล่าวว่าถั่วเหลืองมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Glycine Max (L) Merrill* เป็นพืชที่อยู่ในตระกูลของ *Leguminosae, subfamily papilionoideae* ซึ่งเป็นพืชตระกูลถั่วที่รู้จักกันดี โดยเฉพาะเป็นพืชดั้งเดิมของคนในแถบเอเชีย เช่น จีน เกาหลี ญี่ปุ่นและไทย ลักษณะโครงสร้างของเมล็ดถั่วเหลืองโดยทั่วไปแล้วจะเป็นรูปเมล็ดกลมรี มีน้ำหนักเมล็ดราว 90-200 มิลลิกรัม

โดยทั่วไปแล้วเมื่อเราบริโภคถั่วเหลืองในทางอาหารก็มักจะคิดถึงสารอาหาร โปรตีนที่เราจะได้รับจากถั่วเหลืองเป็นลำดับแรก ทั้งนี้เพราะโปรตีนเป็นสารอาหารหลักในถั่วเหลืองนั่นเอง โปรตีน

ในถั่วเหลืองส่วนใหญ่เป็นโปรตีนประเภทกลอบูลิน (Globulin) ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นชัดอันหนึ่งคือ จะไม่ละลายน้ำในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วงที่เรียกว่า Isoelectric points ซึ่งเป็นจุดที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 4.2-4.6 แต่จะยังละลายได้ในกรณีที่เติมเกลือของโซเดียมหรือแคลเซียมคลอไรด์ลงไป (วันชัย, 2527)

องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีนและไขมันจากพืชที่มากที่สุดแหล่งหนึ่ง ปริมาณโดยประมาณของสารอาหารดังแสดงในตารางที่ 3 จากตารางพบว่าในเมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนอยู่ถึงร้อยละ 34 รองลงมาคือ คาร์โบไฮเดรตและไขมันร้อยละ 26.7 และ 18.7 ตามลำดับ (ศรีสมวงศ์, 2542)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง

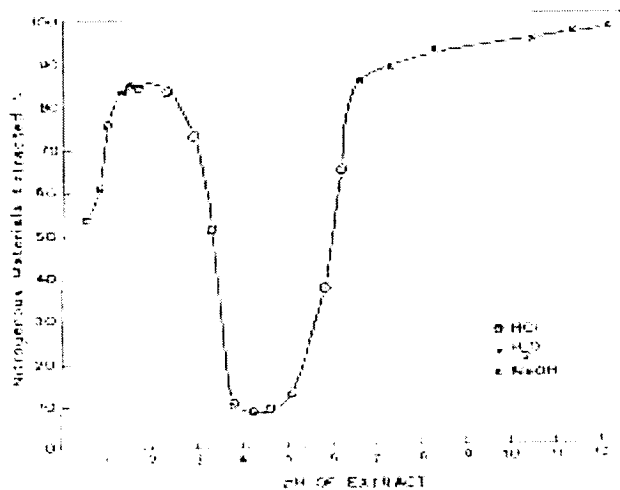
องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	411
ความชื้น (ร้อยละ)	11.1
โปรตีน (ร้อยละ)	34.0
ไขมัน (ร้อยละ)	18.7
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	26.7
เส้นใย (ร้อยละ)	4.7
เถ้า (ร้อยละ)	4.8

ที่มา : ศรีสมวงศ์ (2542)

การละลายของโปรตีน

โปรตีนถั่วเหลืองส่วนใหญ่เป็นโปรตีนประเภท โกลบูลินซึ่งมีคุณสมบัติเด่นชัดอีกชนิดหนึ่งคือ ไม่ละลายน้ำในสภาวะที่พีเอชในช่วงที่เรียกว่า จุดไอโซอิเล็กตริก (Isoelectric point) ซึ่งเป็นจุดที่มีพีเอช ประมาณ 4.2 – 4.6 ดังภาพที่ 1 แต่จะละลายได้ในกรณีที่เติมเกลือของโซเดียมหรือแคลเซียมคลอไรด์ลงไป ถ้าพีเอชสูงหรือต่ำกว่าจุดไอโซอิเล็กตริกโกลบูลินก็ยังคงสามารถละลายได้ในสภาวะที่ไม่มีเกลืออยู่ และจากการทดลองโดยใช้โปรตีนถั่วเหลืองที่สกัดน้ำมันออกแล้วนำมาละลายที่พีเอช 6.5 ซึ่งพบว่าประมาณร้อยละ 85 ของสารประกอบไนโตรเจน (Nitrogenous component ; ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโปรตีน) จะละลายได้และเมื่อใส่ด่างลงไปจะพบว่าค่าของการละลายจะเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 5 – 10 แต่ถ้าใส่กรดลงไปการละลายจะลดลงทันที และการละลายมีค่าต่ำสุดที่พีเอช

4.2 – 4.6 ซึ่งเป็นช่วงของไอโซอิเล็กตริก (Isoelectric region) นำโปรตีนที่ไม่ละลายในจุดนี้ไปใช้ในการเตรียมเป็นโปรตีนสกัดที่เรียกว่าโปรตีนไอโซเลต เมื่อเพิ่มปริมาณกรดลงไปอีกจนเลยจุดไอโซอิเล็กตริกจะพบว่าโปรตีนกลับละลายได้อีก โปรตีนถั่วหรือโกลบูลินนี้สามารถเปลี่ยนคุณสมบัติการไม่ละลายน้ำที่จุดไอโซอิเล็กตริก ได้โดยการใช้เอนไซม์เปปซิน (Pepsin) เอนไซม์นี้จะตัดขนาดของโมเลกุลให้เล็กลงซึ่งในการทำเป็นโกลบูลินแปรสภาพ (Modified globulin) ก็จะมีประโยชน์ในการนำไปใช้ในอาหารที่มีกรดรวมอยู่ด้วย เป็นต้น



ภาพที่ 1 คุณสมบัติการละลายของโปรตีนถั่วเหลืองในสภาวะของค่าความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ
ที่มา: วันชัย (2527)

การสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน (Denaturation)

ก. การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อน (Heat Denaturation) ในการนำเอาถั่วเหลืองไปเป็นอาหารจำเป็นต้องผ่านขั้นตอนของการให้ความร้อนต่าง ๆ ซึ่งมีผลทำให้สภาพของโปรตีนเปลี่ยนไป และผลลัพธ์ที่เราเห็นเป็นลักษณะต่าง ๆ เช่น การไม่ละลายน้ำของโปรตีนในน้ำ หรือในสารละลายเกลือ เป็นต้น (วันชัย, 2527)

โปรตีนจะมีการละลายได้ในน้ำลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อถูกความร้อนโดยลดลงจากร้อยละ 80 เหลือเพียงร้อยละ 20-25 ในระยะเวลาการให้ความร้อนเพียง 10 นาที การให้ความร้อนกับสารละลายของโปรตีนถั่วเหลืองที่มีความเข้มข้นสูงประมาณร้อยละ 7 จะทำให้มีค่าของความหนืด (Viscosity) เพิ่มขึ้นและทำให้เกิดเป็นเจล (Gel) ได้ซึ่งการให้ความร้อนนี้จะใช้เวลาเพียง 10 – 30 นาที ที่อุณหภูมิ 70 – 100 องศาเซลเซียส แต่ถ้าให้ความร้อนสูงเป็น 125 องศาเซลเซียส เจลนี้ก็จะเปลี่ยนสภาพไปเป็น

สารละลายได้อีกหรือการใช้สารเพิ่มการละลาย เช่น ซีททีอิน(Cysteine) โซเดียมซัลไฟด์ (Sodium sulfite) จะช่วยลดความหนืดและป้องกันการเกิดเป็นเจลของโปรตีน เนื่องจากการเชื่อมกันระหว่างโมเลกุลของโปรตีนที่เรียกว่า พันธะไดซัลไฟด์ (Disulfide bonds) และการเชื่อมกันระหว่างซัลไฮดริลไดซัลไฟด์ (Sulfhydryl Disulfide interchange) ก็จะช่วยให้เกิดความอยู่ตัวของโครงสร้างของโปรตีน (Protein network) รวมทั้งพันธะไดซัลไฟด์ภายในโมเลกุล (Intramolecular disulfide bonding) (วันชัย, 2527)

จ. การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากกรด-ด่าง การเปลี่ยนแปลงของการเป็นกรด-ด่างอย่างรุนแรงจะมีผลให้โปรตีนประเภทโกลบูลินในถั่วเหลืองเปลี่ยนสภาพไป กล่าวคือ ถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างสูง เช่น 12 จะทำให้เปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลย่อยของ 7 S, 11 S และโกลบูลินอื่น ๆ และปฏิกิริยาจะไม่กลับที่เดิมเมื่อปรับสภาวะของค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้เป็นกลางและถ้าค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำลง (เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.8 – 2.0, 0.6 Ionic strength) ก็ทำให้เกิดการแตกตัวของโครงสร้างระดับควอเตอร์นารี (Quaternary Structure) เป็นหน่วยย่อยและปฏิกิริยาไม่สามารถกลับที่เดิมได้เช่นกัน (วันชัย, 2527)

ค. การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนเนื่องจากตัวทำละลาย ตัวทำละลายต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโกลบูลิน ได้แก่ เมทานอล เอทานอล ไอโซโพรพานอล บิวทานอลและอะซีโตน เป็นต้น ตัวทำละลายเหล่านี้ถ้าอยู่ในรูปของสารละลายในน้ำจะมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้มากกว่าตัวทำละลายที่อยู่ในรูปของสารบริสุทธิ์ การทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของตัวทำละลายต่อโปรตีนนั้นจะเกิดขึ้นสมบูรณ์ในเวลาประมาณ 5 นาที (วันชัย, 2527)

การสกัดโปรตีนจากถั่วเหลืองมาใช้

ก. การใช้วิธีตกตะกอนที่ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เป็นไอโซอิเล็กทริกจากคุณสมบัติของโปรตีนดังกล่าวในถั่วเหลือง คือสามารถละลายได้ในสภาวะที่เป็นกลางและค่อนข้างและละลายได้ในสภาวะที่มีสภาพเป็นกรดที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 1-3 แต่จะไม่ละลายที่สภาวะที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.2 – 4.6 เรียกจุดนี้ว่าค่าความเป็นกรด-ด่างไอโซอิเล็กทริก ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างช่วงนี้โปรตีนในถั่วเหลืองส่วนใหญ่จะแยกตัวออกจากน้ำ ทำให้เราสามารถแยกเอาโปรตีนส่วนนี้ออกมาได้ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วถ้าเป็นโปรตีนที่เรียกว่าโกลบูลิน โปรตีนบางส่วนที่ยังสามารถละลายได้เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.2 – 4.6 เรียกว่า โปรตีนเวย์ (Whey Protein) ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นส่วนของโกลบูลินที่แตกตัวออกไปจับกับสารไฟเตต (Phytate) หรือจับกับสารที่มีขนาดโมเลกุล

เล็กอื่น ๆ โปรตีนจากถั่วเหลืองที่แยกออกมาโดยวิธีนี้จะสามารถสกัดเอาโปรตีนออกมาได้ถึงร้อยละ 90 ส่วนอีกร้อยละ 10 จะอยู่ในรูปของโปรตีนเวย์ (วันชัย, 2527)

ข. การแยกโดยใช้อนุมูลโลหะ (Metal cations) อนุมูลโลหะที่ใช้กันอย่างกว้างขวางโดยทั่วไปคือ แคลเซียมและแมกนีเซียม เป็นในการทำอุตสาหกรรมการทำเต้าหู้ เต้าฮวย เป็นต้น จากการทดลองพบว่า การใช้แคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 0.0175 นอร์มัล สามารถตกตะกอนโปรตีนออกจากสารละลายโปรตีนถึงร้อยละ 80 ซึ่งเป็นโปรตีนรวม (วันชัย, 2527)

ค. การใช้ความเย็นในการแยกโปรตีน (Cryoprecipitation) เป็นวิธีการที่ง่ายและนุ่มนวลแบบหนึ่งในการแยกเอาโปรตีนถั่วเหลืองออกจากสารละลายโปรตีน (Protein solution) ขั้นตอนจะเริ่มจากการสกัดโปรตีนจากถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 25 – 40 องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราส่วนของน้ำไม่มากแล้วเอาสารละลายโปรตีนนี้ไปทำให้เย็นที่ 0 องศาเซลเซียส โปรตีนจะมีลักษณะนุ่มและตกตะกอนออกมา เมื่อนำไปเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงที่อุณหภูมิเย็นก็จะได้โปรตีนแยกออกมา วิธีนี้สามารถแยกเอาโปรตีนออกมาได้ร้อยละ 70 – 88 และจากการวิเคราะห์ถึงชนิดของโปรตีน พบว่าส่วนใหญ่เป็นโปรตีนประเภท 11S จากการทดสอบพบว่าถ้าในสารละลายของโปรตีนนั้นมีปริมาณของเกลือหรือน้ำตาลซูโครสอยู่มากจะไม่ทำให้เกิดโปรตีนแยกตัวออกมาจากการใช้ความเย็น การที่จะแยกโปรตีน 11S ออกมามากขึ้นอาจทำให้ได้โดยการปรับสารละลายโปรตีน ให้มีความเข้มข้นของเกลือ แคลเซียมคลอไรด์นี้ 0.1 นอร์มัล หรือปรับสถานะของสารละลายให้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.4 ก่อนที่จะทำการแช่แข็ง (วันชัย, 2527)

ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง

ศรีสมวงศ์ (2542) กล่าวว่าจากองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วเหลืองในตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าถั่วเหลืองเป็นอาหารที่มีโปรตีนสูงแต่ราคาถูก ทุกคนสามารถหาซื้อมารับประทานได้เข้ากับยุคสมัยไอเอ็มเอฟ ซึ่งจะต้องใช้จ่ายอย่างประหยัด เมล็ดถั่วเหลืองนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิดทั้งอาหารคาวและหวาน เช่น เต้าหู้แข็ง เต้าฮวย น้ำเต้าหู้และอื่น ๆ ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีองค์ประกอบทางเคมีดังตารางที่ 4 และในที่นี้ขอกล่าวเฉพาะเรื่องของเต้าหู้แข็งเท่านั้น

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง

ผลิตภัณฑ์	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)					
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	เถ้า	เกลือ
ฟองเต้าหู้	71	51.7	25.9	11.9	3.9	-
น้ำเต้าหู้	92.5	3.4	1.5	2.1	0.5	-
ซีอิ๊ว	70-80	4.5-8.3	0.15	8.1	-	17.23
น้ำมัน	30-63	5-12	3.8	1-6	17.20	15-19
เต้าเจี้ยว	70.4	10.0	3.5	6.6	9.5	6.7
เต้าหู้	68.4	11.9	6.5	-	-	-
เต้าหู้แข็ง	86.7	6.3	0.15	-	-	-
เต้าหู้อ่อน	92.7	2.7	0.06	4.2	0.43	-
เต้าฮวย	61.8	17.9	6.6	5.3	4.6	-
ถั่วเน่า - สด	12.0	43.9	17.6	13.5	4.6	-
ถั่วเน่า - แห้ง	-	-	-	-	-	-

ที่มา : บุหพันธ์, 2534

เต้าหู้แข็ง

การทำเต้าหู้แข็งจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนํ้ามันถั่วเหลืองที่ประชาชนในประเทศจีนและญี่ปุ่นรับประทานกันมาก ทั้งนี้เพราะเต้าหู้มีคุณค่าทางโภชนาการสูงมากเพราะสามารถนำไปประกอบอาหารได้เกือบทุกชนิด จึงเหมาะที่จะใช้ทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ได้อย่างดี โดยเฉพาะในประเทศที่เนื้อสัตว์มีราคาแพงก็สามารถใช้เต้าหู้ทดแทนได้ จากความนิยมของประชาชนที่มีต่อเต้าหู้จึงได้มีการผลิตจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป ประกอบกับการทำเต้าหู้แข็งทำได้ง่าย (ปัญญาและสุรเชษฐ์, 2530)

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเต้าหู้แข็ง

อุณหภูมิมีผลต่ออัตราการเร็วของการตกตะกอนมาก ถ้าอุณหภูมิสูงปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ถ้าอุณหภูมิต่ำของนมสูงมากปริมาณของสารที่ใช้ตกตะกอนจะน้อยลงและเต้าหู้ที่ได้มีเนื้อแข็งหยาบ ปริมาณของเต้าหู้ที่ได้ระหว่างอุณหภูมิ 50 – 70 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างกันมากนัก นอกจากนี้ถ้าใช้อุณหภูมิสูงจะได้เต้าหู้ที่แข็งมาก อุณหภูมิที่ใช้กันจะอยู่ระหว่าง 65 – 95 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของเต้าหู้ (วัฒนา, 2534)

การกดให้เป็นก้อน การกดเป็นการทำให้ก้อนโปรตีนจับตัวกันเป็นก้อนแข็งตามลักษณะที่ต้องการและลดความชื้นลง ก่อนอื่นจะต้องเตรียมพิมพ์ให้พร้อม โดยปูผ้ากรองลงบนพิมพ์ ตักก้อนโปรตีนใส่ลงไปด้วยความระมัดระวังอย่าให้แตกตัว เมื่อตักก้อนโปรตีนใส่ลงในพิมพ์แล้ว พับชายผ้ากรองปิดทับด้วยของหนักในระยะแรกทับด้วยน้ำหนัก 2-4 กรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที แล้วเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 15 กรัมต่อตารางเซนติเมตรอีก 10-15 นาที (วัฒนา, 2534)

หลังจากกดจนได้เวลาแล้ว ยกพิมพ์ใส่ลงในน้ำเย็น คั่วเต้าหู้ออกแช่น้ำ การแช่น้ำจะช่วยแกะเต้าหู้ออกจากพิมพ์ได้ง่ายโดยไม่แตก ทำให้เต้าหู้เย็นทันที ป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เต้าหู้จะแข็งมากขึ้นเมื่อทำให้สะอาดปราศจากหางนม (วัฒนา, 2534)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ

1. ถั่วเหลือง
2. น้ำมะเขือเทศ

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่งตวงวัด 4 ตำแหน่ง รุ่น AC 210 S
2. เครื่องสกัดเส้นใย รุ่น FIWE 6
3. ตู้อบลมร้อน
4. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น
5. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน
6. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน
7. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใย
8. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์หาปริมาณความเป็นกรดทั้งหมด
9. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า
10. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมน้ำมะเขือเทศ

นำมะเขือเทศมาคั้นน้ำและกรองแยกกากออก เพื่อนำน้ำมะเขือเทศมาทำการทดลองในข้อต่อไป และทำการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิต (% yield) ของน้ำมะเขือเทศที่ได้

2. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมะเขือเทศ

นำน้ำมะเขือเทศที่ได้จากการทดลองในข้อ 1 มาทำการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์กรด ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ

3. การศึกษาผลของการใช้น้ำมะเขือเทศในการตกตะกอนโปรตีนจากถั่วเหลือง

ทำเต้าหู้แข็งโดยมีการแปรผันค่าเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ ในการตกตะกอนโปรตีนจากถั่วเหลือง คือ 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 เปอร์เซ็นต์ในรูปกรดซิตริก โดยใช้น้ำมะนาวในการปรับค่าเปอร์เซ็นต์กรด จากนั้นทำการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์กรดและค่าความเป็นกรด-ด่างของของผสมระหว่างน้ำมะเขือเทศกับน้ำนมถั่วเหลืองทั้ง 6 สิ่งทดลอง ก่อนที่จะเข้าสู่การนำตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองใส่แบบพิมพ์

3.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเต้าหู้แข็ง

นำเต้าหู้แข็งที่ใช้น้ำมะเขือเทศในการตกตะกอนโปรตีนทั้ง 6 สิ่งทดลอง มาวิเคราะห์หาปริมาณผลผลิต สี ลักษณะปรากฏ

3.2 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของเต้าหู้แข็ง

นำเต้าหู้แข็งที่ใช้น้ำมะเขือเทศในการตกตะกอนโปรตีนทั้ง 6 สิ่งทดลอง มาวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้าและเส้นใย ตามวิธีของ AOAC (1996)

3.3 การศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

นำเต้าหู้แข็งที่ใช้น้ำมะเขือเทศในการตกตะกอนโปรตีนทั้ง 6 สิ่งทดลอง มาตรวจสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยการนำเต้าหู้แข็งไปผ่านการให้ความร้อนโดยการนึ่งด้วยไอน้ำเป็นเวลาประมาณ 5 นาที จากนั้นนำเต้าหู้แข็งมาตรวจสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 10 คน เพื่อตรวจสอบคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติและความชอบรวม โดยวิธีการให้คะแนนแบบ Hedonic Scale 9 ระดับ คือ

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

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำเต้าหู้แข็งโดยมีการแปรผันค่าเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ ในการตกตะกอนโปรตีนจากถั่วเหลือง คือ 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 เปอร์เซ็นต์ในรูปกรดซิตริก โดยใช้น้ำมะนาวในการปรับค่าเปอร์เซ็นต์กรด โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completed Block Design, RCB) จากนั้นนำผลการทดลองในข้อ 3.1, 3.2 และ 3.3 มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธีผลต่างน้อยที่สุด (Least Significant Different Test, LSD)

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมะเขือเทศ

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมะเขือเทศพบว่าปริมาณผลผลิต (% yield) ของน้ำมะเขือเทศที่ได้จากการนำมะเขือเทศมาคั้นน้ำและกรองเอากากออก พบว่ามะเขือเทศให้ปริมาณผลผลิตน้ำมะเขือเทศ ร้อยละ 67.2

2. คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมะเขือเทศ

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมะเขือเทศ พบว่าน้ำมะเขือเทศมีค่าเปอร์เซ็นต์กรด 0.51 ในรูปกรดซิตริก มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.3 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 45 และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ 5.4 องศาบริกซ์ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมะเขือเทศ

คุณสมบัติ	ปริมาณ
เปอร์เซ็นต์กรด	0.51
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	4.3
น้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	45
ของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (องศาบริกซ์)	5.4

3. ผลของการใช้น้ำมะเขือเทศในการตกตะกอนโปรตีนจากถั่วเหลือง

จากการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์กรดและค่าความเป็นกรด-ด่างของของผสมระหว่างน้ำมะเขือเทศกับน้ำนมถั่วเหลืองที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศทั้ง 6 ระดับ ก่อนที่จะเข้าสู่การนำตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองใส่พิมพ์ ให้ผลดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คุณสมบัติของของผสมระหว่างน้ำมะเขือเทศกับน้ำนมถั่วเหลืองที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศทั้ง 6 ระดับ

เปอร์เซ็นต์กรด ของน้ำมะเขือเทศ	คุณสมบัติของของผสมระหว่างน้ำมะเขือเทศกับน้ำนมถั่วเหลือง	
	เปอร์เซ็นต์กรด	ค่าความเป็นกรด - ด่าง
0.2	0.22 ^a	4.80 ^a
0.3	0.31 ^a	5.83 ^a
0.4	0.42 ^a	5.77 ^a
0.5	0.51 ^a	5.39 ^a
0.6	0.63 ^a	5.67 ^a
0.7	0.72 ^a	5.43 ^a

จากตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่าค่าเปอร์เซ็นต์กรดและค่าความเป็นกรด-ด่างของของผสมระหว่างน้ำมะเขือเทศกับน้ำนมถั่วเหลืองที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศทั้ง 6 ระดับ ก่อนที่จะเข้าสู่การนำตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองใส่พิมพ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. คุณสมบัติทางกายภาพของเต้าหู้แข็ง

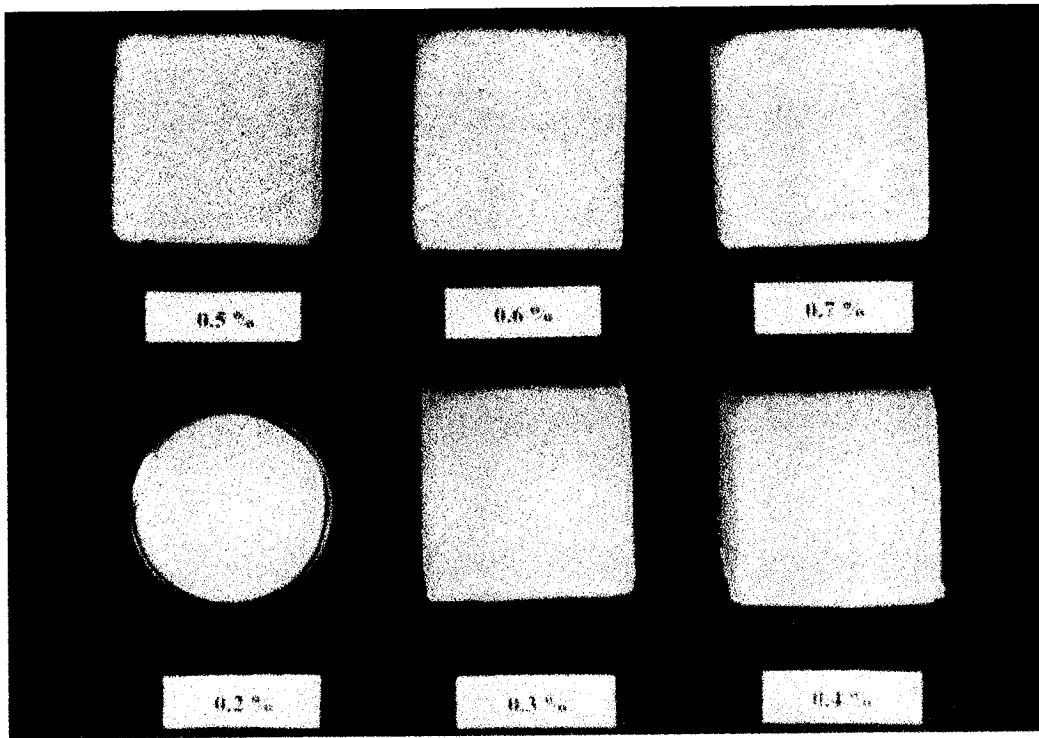
จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเต้าหู้แข็ง โดยนำเต้าหู้แข็งที่ใช้ น้ำมะเขือเทศ ในการตกตะกอน โปรตีนทั้ง 6 สิ่งทดลอง มาวิเคราะห์หาปริมาณผลผลิต สี ลักษณะปรากฏ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ปริมาณผลผลิตของเต้าหู้แข็งที่ได้จากการตกตะกอน โปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการ แปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ

เปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ	ปริมาณผลผลิตของเต้าหู้แข็ง * (ร้อยละ)
0.2	0
0.3	100
0.4	100
0.5	100
0.6	100
0.7	100

* ปริมาณผลผลิตเทียบจากน้ำหนักของถั่วเหลืองแห้ง

จากตารางที่ 7 พบว่าปริมาณผลผลิตเต้าหู้แข็ง (คิดเทียบจากน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง) ที่ ได้จากการตกตะกอน โปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีค่าเปอร์เซ็นต์กรดเป็น 0.2 มีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งมีค่า แตกต่างจากปริมาณผลผลิตเต้าหู้แข็งที่ได้จากการตกตะกอน โปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีค่า เปอร์เซ็นต์กรด 0.3 , 0.4 , 0.5 , 0.6 และ 0.7 ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 100 เนื่องจากการใช้ น้ำมะเขือเทศที่มีเปอร์เซ็นต์กรด 0.2 ไม่สามารถทำให้โปรตีนถั่วเหลืองตกตะกอนได้ จึงไม่สามารถ อัดใส่พิมพ์เป็นเต้าหู้แข็งได้ ส่วนการใช้ น้ำมะเขือเทศที่มีค่าเปอร์เซ็นต์กรด 0.3 , 0.4 , 0.5 , 0.6 และ 0.7 สามารถตกตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองและอัดเป็นเต้าหู้แข็งได้ เต้าหู้แข็งที่ได้มีสีเหลืองอม ส้มและสีจะจางลงเมื่อน้ำมะเขือเทศที่ใช้มีค่าเปอร์เซ็นต์กรดเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เต้าหู้แข็งที่ได้จากการตกตะกอนโปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ

5. คุณสมบัติทางเคมีของเต้าหู้แข็ง

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเต้าหู้แข็ง พบว่าปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เกลือและเส้นใยของเต้าหู้แข็งที่ได้จากการตกตะกอนโปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศในทุกะดับเปอร์เซ็นต์กรดให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 คุณสมบัติทางเคมีของเต้าหู้แข็งที่ได้จากการดกตะกอนโปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มี
การแปรผันเปอร์เซ็นต์กรด 6 ระดับ

เปอร์เซ็นต์กรดของ น้ำมะเขือเทศ	คุณสมบัติทางเคมี (ร้อยละ)				
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	เส้นใย
0.3	75.62 ^a	6.26 ^a	19.89 ^a	2.04 ^a	2.78 ^a
0.4	76.59 ^a	6.30 ^a	20.90 ^a	2.06 ^a	3.51 ^a
0.5	67.78 ^a	6.04 ^a	20.57 ^a	2.21 ^a	3.46 ^a
0.6	74.50 ^a	6.11 ^a	21.10 ^a	2.03 ^a	2.75 ^a
0.7	73.59 ^a	6.23 ^a	20.10 ^a	2.00 ^a	2.68 ^a

อักษรกำกับที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ
ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

6. ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การวิเคราะห์ผลทางประสาทสัมผัสเต้าหู้แข็งโดยการใช้ผู้ทดสอบชิม 10 คน ให้คะแนน
ความชอบในแต่ละปัจจัยดังนี้ สี เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติและความชอบรวม ทำการทดสอบชิม
โดยนำเต้าหู้แข็งที่ใช้ น้ำมะเขือเทศในการดกตะกอนโปรตีนทั้ง 5 สิ่งทดลองที่มีการดกตะกอนโปรตีน
โดยที่เปอร์เซ็นต์กรด 0.2 ไม่นำมาทดสอบชิม เนื่องจากไม่สามารถใส่พิมพ์แล้วอัดเป็นก้อนเต้าหู้ได้
ซึ่งผลการตรวจสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสแสดง ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้แข็งที่ได้จากการตกตะกอนโปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรด 5 ระดับ

เปอร์เซ็นต์กรด ของน้ำมะเขือเทศ	คะแนนความชอบ (เฉลี่ย)				
	สี	เนื้อสัมผัส	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม
0.3	6.40 ^a	6.06 ^c	6.80 ^a	6.60 ^a	6.66 ^b
0.4	6.60 ^a	6.70 ^b	6.56 ^a	6.30 ^b	6.80 ^b
0.5	7.20 ^a	7.16 ^a	6.90 ^a	6.73 ^a	7.33 ^a
0.6	6.53 ^a	6.16 ^c	6.33 ^{ab}	5.85 ^c	6.20 ^c
0.7	5.80 ^a	5.20 ^d	5.90 ^b	5.06 ^d	5.43 ^d

อักษรกำกับที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

6.1 ปัจจัยคุณลักษณะทางด้านสี

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยการให้คะแนนความชอบในปัจจัยคุณลักษณะของเต้าหู้แข็งทางด้านสี ปรากฏว่าการให้คะแนนความชอบของเต้าหู้แข็งที่มีการแปรผันค่าเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศทั้ง 5 ระดับ คือ 0.3 , 0.4 , 0.5 , 0.6 และ 0.7 ในรูปกรดซิตริกโดยใช้น้ำมะนาวในการปรับค่าเปอร์เซ็นต์กรด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 5 ระดับ โดยมีคะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

6.2 ปัจจัยคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส

จากการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยการให้คะแนนความชอบในปัจจัยคุณลักษณะของเต้าหู้แข็งทางด้านเนื้อสัมผัส ปรากฏว่าการให้คะแนนความชอบของเต้าหู้แข็งที่มีการแปรผันค่าเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศทั้ง 5 ระดับ คือ 0.3 , 0.4 , 0.5 , 0.6 และ 0.7 ในรูปกรดซิตริกโดยใช้น้ำมะนาวในการปรับค่าเปอร์เซ็นต์กรด พบว่าเต้าหู้แข็งที่ได้จากการใช้น้ำมะเขือเทศที่มีเปอร์เซ็นต์กรด 0.5 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด โดยมีระดับคะแนนอยู่ในช่วงชอบปานกลาง ส่วนเต้าหู้แข็งที่ได้รับคะแนนความชอบรองลงมา คือเต้าหู้แข็งที่ได้จากการใช้น้ำมะเขือเทศที่มีเปอร์เซ็นต์กรด 0.4 โดยมีระดับคะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และเต้าหู้แข็งที่ได้จากการตกตะกอนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีเปอร์เซ็นต์กรด 0.3 และ 0.6 ได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ มีระดับคะแนนอยู่ในช่วงขอบเล็กน้อย ส่วนตัวผู้แข็งที่ได้จากการตกตะกอนด้วย น้ำมะเขือเทศที่มีเปอร์เซ็นต์กรด 0.7 มีระดับคะแนนอยู่ในช่วงเฉย ๆ

6.3 ปัจจัยคุณลักษณะทางด้านกลิ่น

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการให้คะแนนความชอบในปัจจัย คุณลักษณะของตัวผู้แข็งทางด้านกลิ่น ปรากฏว่าการให้คะแนนความชอบของตัวผู้แข็งที่มีการแปรผัน ค่าเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศทั้ง 5 ระดับ คือ 0.3 , 0.4 , 0.5 , 0.6 และ 0.7 ในรูปกรดซิตริก โดยใช้น้ำมะนาวในการปรับค่าเปอร์เซ็นต์กรด พบว่าตัวผู้แข็งที่ได้จากการใช้น้ำมะเขือเทศที่มี เปอร์เซ็นต์กรด 0.3 , 0.4 , 0.5 และ 0.6 ได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติโดยมีระดับคะแนนอยู่ในช่วงขอบเล็กน้อยถึงขอบปานกลาง ส่วนตัวผู้แข็งที่ได้จากการใช้ น้ำมะเขือเทศที่มีเปอร์เซ็นต์กรด 0.6 และ 0.7 ได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงเฉย ๆ ถึงขอบเล็กน้อย

6.4 ปัจจัยคุณลักษณะทางด้านรสชาติ

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยการให้คะแนนความชอบในปัจจัยคุณลักษณะ ของตัวผู้แข็งทางด้านรสชาติ ปรากฏว่าการให้คะแนนความชอบของตัวผู้แข็งที่มีการแปรผันค่า เปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศทั้ง 5 ระดับ คือ 0.3 , 0.4 , 0.5 , 0.6 และ 0.7 ในรูปกรดซิตริกโดย ใช้น้ำมะนาวในการปรับค่าเปอร์เซ็นต์กรด พบว่าการใช้น้ำมะเขือเทศที่มีค่าเปอร์เซ็นต์กรด 0.3 และ 0.5 ในการตกตะกอนโปรตีนในการทำตัวผู้ ทำให้ตัวผู้ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด โดยมีค่าอยู่ ในช่วงขอบเล็กน้อยถึงขอบปานกลาง ตัวผู้ที่ได้จากการตกตะกอนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีเปอร์เซ็นต์ กรด 0.4 ได้รับคะแนนความชอบรองลงมา โดยระดับคะแนนอยู่ในช่วงขอบเล็กน้อย ส่วนตัวผู้ที่ได้ จากการตกตะกอนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีเปอร์เซ็นต์กรด 0.6 และ 0.7 ได้รับคะแนนความชอบไม่แตก ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีระดับคะแนนอยู่ในช่วงเฉย ๆ ถึงขอบเล็กน้อย และเฉย ๆ ตาม ลำดับ

6.5 ปัจจัยคุณลักษณะทางด้านความชอบรวม

จากการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยการให้คะแนนความชอบในปัจจัยคุณลักษณะของ ตัวผู้แข็งทางด้านความชอบรวมของตัวผู้แข็งที่มีการแปรผันค่าเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศทั้ง 5 ระดับ คือ 0.3 , 0.4 , 0.5 , 0.6 และ 0.7 ในรูปกรดซิตริกโดยใช้น้ำมะนาวในการปรับค่า

เปอร์เซ็นต์กรด พบว่าค่าหูแข็งที่ได้จากการใช้น้ำมะเขือเทศที่มีเปอร์เซ็นต์กรด 0.5 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดโดยมีค่าอยู่ในช่วงชอบปานกลาง ค่าหูแข็งที่ได้จากการใช้น้ำมะเขือเทศที่มีเปอร์เซ็นต์กรด 0.3 และ 0.4 ได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีระดับคะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ส่วนค่าหูแข็งที่ได้จากการใช้น้ำมะเขือเทศที่มีเปอร์เซ็นต์กรด 0.6 และ 0.7 ได้รับคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยและเลข ๆ ตามลำดับ

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของค่าหูแข็ง พบว่าค่าหูแข็งที่ตกตะกอนโปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีเปอร์เซ็นต์กรด 0.5 ซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศตามธรรมชาติได้รับคะแนนความชอบสูงสุด ดังนั้นน้ำมะเขือเทศที่มีเปอร์เซ็นต์กรด 0.5 จึงเหมาะสมในการนำไปใช้แทนสารตกตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองในการทำค่าหูแข็งมากที่สุด

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1. ผลจากการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมะเขือเทศ พบว่ามะเขือเทศให้ปริมาณผลผลิต น้ำมะเขือเทศร้อยละ 67.2 เปอร์เซ็นต์กรด 0.51 ในรูปกรดซิตริก ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.3 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 45 และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำเท่ากับ 5.4 องศาบริกซ์

2. น้ำมะเขือเทศที่มีค่าเปอร์เซ็นต์กรด 0.2 ไม่สามารถทำให้โปรตีนถั่วเหลืองตกตะกอน ได้จึงไม่สามารถอัดเป็นเต้าหู้แข็ง แต่น้ำมะเขือเทศที่มีค่าเปอร์เซ็นต์กรด 0.3 , 0.4 , 0.5 , 0.6 และ 0.7 สามารถตกตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองและอัดเป็นเต้าหู้แข็งได้ เต้าหู้แข็งที่ได้มีสีเหลืองอมส้มและสี จะจางลงเมื่อค่าเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้าและเส้นใย ของเต้าหู้แข็งในทุกค่าเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. น้ำมะเขือเทศที่มีเปอร์เซ็นต์กรด 0.5 ซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศที่พบตามธรรมชาติ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการตกตะกอนโปรตีนในกระบวนการทำเต้าหู้แข็ง มากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตเต้าหู้แข็งที่ตกตะกอนโปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศ เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการผลิตเป็นการค้าต่อไป

2. ควรศึกษาผลของการตกตะกอนโปรตีนวัตถุดิบอื่นด้วยน้ำมะเขือเทศ เช่น นมสด ในกระบวนการทำเต้าหู้นมสด

บรรณานุกรม

- เกียรติเกษตร กาญจนพิสุทธิ. 2536. มะเขือเทศ. พิมพ์ครั้งที่ 3. ศูนย์ผลิตตำราเกษตรเพื่อชนบท, นนทบุรี. 63 หน้า.
- ธัญนีศ ลิมะโรจน์. 2542. โภชนาการสูงผักจากธรรมชาติ. โรงพิมพ์กิจเจริญ, กรุงเทพฯ. 247 หน้า.
- นิธิยา รัตนานนท์ และ คณัฏ บุญเกียรติ. 2533. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้เศรษฐกิจ. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 213 หน้า.
- ปัญญา โพธิฐิติรัตน์ และสุรเชษฐ์ จิตตะวิบูล. 2530. เทคนิคการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 58 หน้า.
- วัฒนา ประทุมสินธุ์. 2534. การคั้นคว่ำทดลองอาหาร. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ปัตตานี. 266 หน้า.
- วันชัย สมชิต. 2527. ตอนที่ 1 คุณสมบัติของถั่วเหลืองและอาหารจากถั่วเหลือง, น.1-15. ใน สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (ผู้รวบรวม). ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศรีสมวงศ์ มานิตย์. 2542. บทที่ 4 การใช้ประโยชน์จากเมล็ดถั่วเหลือง, น. 13. ใน สถาบันวิจัยพืชไร่ (ผู้รวบรวม). การผลิตถั่วเหลืองที่ถูกต้องและเหมาะสม. พิมพ์ครั้งที่ 2. บี. เอส. การพิมพ์, เชียงใหม่.
- สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. 2527. ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 212 หน้า.
- สถาบันวิจัยพืชไร่. 2542. การผลิตถั่วเหลืองที่ถูกต้องและเหมาะสม. พิมพ์ครั้งที่ 2. บี. เอส. การพิมพ์, เชียงใหม่. 49 หน้า.

AOAC. 1996. Official Method of Analytical of Association of Official Analytical.
16th ed. AOAC International. The United States of American.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการผลิตเต้าหู้แข็ง

1. ขั้นตอนการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

นำถั่วเหลือง 500 กรัม มาแช่น้ำสะอาดทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้นนำถั่วเหลืองที่แช่ไว้มานำไปลวกออกให้หมด ล้างให้สะอาดแล้วนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำที่จะผสมลงไปโดยถั่วเหลือง 100 กรัม จะใช้น้ำ 250 มิลลิลิตร นำไปปั่นรวมกันแล้วกรองเอาแต่น้ำจะได้น้ำนมถั่วเหลือง

2. ขั้นตอนการเตรียมน้ำมะเขือเทศ

นำมะเขือเทศ 1 กิโลกรัม ที่เตรียมไว้มาปอกเปลือกนำไปปั่นให้ละเอียด แล้วกรองเอาแต่น้ำ จะได้น้ำมะเขือเทศ

3. ขั้นตอนการทำเต้าหู้แข็ง

นำน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้จากข้อ 1 มาต้มในกะทะให้เดือดประมาณ 5 นาที จากนั้นนำน้ำมะเขือเทศที่เตรียมได้จากข้อ 2 มา 600 มิลลิลิตร ใส่ลงไป ในน้ำนมถั่วเหลืองที่กำลังเดือด แล้วรอให้ตกตะกอนประมาณ 15 นาที จากนั้นนำตะกอนที่ได้จากน้ำนมถั่วเหลืองใส่ลงในพิมพ์เต้าหู้แล้วทับด้วยภาชนะที่มีน้ำหนักเพียงพอที่จะทำให้เต้าหู้แน่นเป็นเวลา 20 นาที แล้วนำเต้าหู้แข็งออกจากพิมพ์

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยวิธีตู้อบลมร้อน (Air Oven Method)

อุปกรณ์

1. ถ้วยหาความชื้น (moisture can)
2. ตู้อบลมร้อน
3. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
4. โถดูดความชื้น

วิธีการ

1. นำภาชนะสำหรับหาความชื้นไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องในโถดูดความชื้นแล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนัก
2. กระทำเช่นข้อ 1 ซ้ำ จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้ง 2 ครั้ง ติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
3. ชั่งตัวอย่างอาหารให้ได้น้ำหนักแน่นอน 2 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้น นำไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เปิดฝาขณะอบ
4. หลังจากอบครบกำหนดเวลาแล้วนำออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น นำมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อบ และกระทำเช่นนี้จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม หากที่เหลือเป็นของแข็งทั้งหมด ส่วนน้ำที่หายไปคือ ปริมาณความชื้น

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ โดยน้ำหนัก) } = \frac{\text{ผลต่างน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

อุปกรณ์

1. ฟลาสก์ก้นกลมขนาด 150 – 250 มิลลิลิตร (Digestion flask)
2. ชุดกลั่นแบบ Kjeldahl (Semi-micro Kjeldahl distillation apparatus)
3. บิวเรต
4. ปิเปต

สารเคมี

1. ละตะติสต์ผสม (โซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำร้อยละ 96 คอปเปอร์ซัลเฟตร้อยละ 3.5 และ เซเลเนียมไดออกไซด์ร้อยละ 0.5)
2. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
3. เมธิลเรดิอินดิเคเตอร์
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40
5. สารละลายกรดเกลือ 0.1 นอร์มัล
6. สารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 2

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 0.5 – 1 กรัม ใส่ลงในฟลาสก์ก้นกลม
2. เติมละตะติสต์ร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักตัวอย่างและกรดกำมะถันเข้มข้นประมาณ 4 มิลลิลิตร นำไปย่อยโดยค่อย ๆ ต้มให้เดือด พยายามวางฟลาสก์ให้เฉียงเล็กน้อย ต้มจนกระทั่งไม่มีฟองเพิ่มความร้อนให้สูงขึ้น เขย่าเป็นครั้งคราว และย่อยจนส่วนผสมใส (ประมาณ 2 – 4 ชั่วโมง) ปล่อยให้เย็น
3. ละลายส่วนผสมด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อยเทลงในฟลาสก์ขนาด 100 มิลลิลิตรสำหรับกลั่น ปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

4. เติมลูกแก้ว 2 - 3 เม็ด ต่อ Distillation flask เข้ากับคอนเดนเซอร์ ให้ปลายของคอนเดนเซอร์จุ่มอยู่ต่ำกว่าระดับของสารละลายกรดบอริกจำนวน 10 มิลลิลิตร เติมเมทิลเรดลงไป 2-3 หยด

5. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 40 จำนวน 20 มิลลิลิตร ลงในกรวยที่อยู่เหนือ Distillation flask โดยค่อย ๆ เติม แอมโมเนียมที่เกิดขึ้นจะถูกจับไว้ด้วยสารละลายกรดบอริก

6. กั่นจนได้ของเหลวอย่างน้อย 50 มิลลิลิตร ใช้น้ำกลั่นล้างคอนเดนเซอร์และส่วนปลายของคอนเดนเซอร์ใส่ลงในพลาสติก

7. นำสารละลายทั้งหมดไปไตเตรตกับสารละลายกรดเกลือความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนถึงจุดยุติซึ่งสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(A - B) \times N \times 14.01}{W \times 10}$$

กำหนดให้

A = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่างอาหาร

B = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้ในการไตเตรตแบบงัก

N = นอร์มัลของสารละลายกรดเกลือ

W = น้ำหนักตัวอย่าง

3. การหาปริมาณไขมัน

อุปกรณ์

กระดาษกรองที่ปราศจากเถ้า

ทิมเบิล (Thimble)

เครื่องสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus)

เดซิเคเตอร์ (Desiccator)

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์

วิธีการ

1. นำขวดก้นกลมไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก
2. นำตัวอย่างแห้งที่ได้จากการหาความชื้นแล้ว 3-5 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรองที่ปราศจากเถ้าแล้วใส่ในทิมเบิล
3. นำทิมเบิลใส่ใน extraction unit ของเครื่องสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus)
4. เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ลงในขวดก้นกลมที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว 200 มิลลิลิตร แล้วต่อขวดก้นกลมกับ extraction unit เข้ากับ condensers
5. ทำการรีฟลักซ์ (reflux) 4 ชั่วโมงหรือ extractor siphon ประมาณ 30 ครั้ง
6. นำขวดก้นกลมออกแล้วระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออก
7. นำขวดก้นกลมไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมัน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

4. การหาปริมาณเถ้า

อุปกรณ์

1. โถดูดความชื้น
2. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
3. ชุดวิเคราะห์ปริมาณเถ้า
4. แผ่นเหล็กให้ความร้อน

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหารที่ทราบน้ำหนักแน่นอนจำนวน 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ทนความร้อนที่ผ่านการอบแห้งและทำให้เย็นแล้วในโถดูดความชื้น
2. นำตัวอย่างไปเผาบนแผ่นเหล็กให้ความร้อนจนหมดเขม่าควัน
3. นำตัวอย่างเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างเป็นเถ้าสีขาวหรือสีเทา
4. ทิ้งตัวอย่างที่ผ่านการเผาเรียบร้อยแล้วไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ทำการชั่งน้ำหนักและคำนวณปริมาณเถ้าที่วิเคราะห์ได้ในรูปร้อยละของน้ำหนักตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า(ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

5. การวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใย

อุปกรณ์

1. ปีกเกอร์
2. ปีเปต
3. ครูซิเบิล
4. แผ่นให้ความร้อน
5. กรวยกรอง
6. แท่งแก้ว
7. ซ้อนดักสาร

สารเคมี

1. กรด Sulfuric acid (H_2SO_4)
2. ด่าง Sodium hydroxide (NaOH)
3. นอร์มัล-ออกทานอล
4. อะซีโตน

วิธีการ

1. เตรียมตัวอย่างให้ได้ประมาณ 1 มิลลิลิตร (อย่างละเอียดเพราะจะไม่ติด ทำให้กรองลำบาก)
2. อบสารตัวอย่างให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 – 110 องศาเซลเซียส (ประมาณ 2 – 3 ชั่วโมง)
3. ถ้าตัวอย่างมีไขมันเกินร้อยละ 5 – 10 ควรจะทำการสกัดไขมันออกก่อน (จดค่าของไขมันที่สกัดได้ไว้ด้วย)
4. ชั่งสารตัวอย่างประมาณ 1 กรัม แล้วใส่ลงในครูซิเบิล (ชั่งน้ำหนักครูซิเบิล)
5. นำ glass crucible ประกอบเข้าในเครื่องสกัด

6. เติมกรดซัลฟูริกความเข้มข้นร้อยละ 1.25 หลอดละ 150 มิลลิลิตร (กรดที่เติมต้องต้มให้ร้อนก่อน)
7. เติมนอร์มัล-ออกทานอล 3-5 หยด (ป้องกันเกิดฟอง)
8. ต้ม 30 นาที (ตั้งความร้อนประมาณตำแหน่ง 7 – 8)
9. เปิดสวิทช์เครื่องดูดสูญญากาศ แล้วเปิดวาล์วเพื่อถ่ายกรดออกจากตัวอย่าง
10. ล้างด้วยน้ำร้อน 3 ครั้ง ๆ ละ 30 มิลลิลิตร แล้วถ่ายออก (ใช้ปั๊มลมช่วยในการล้าง)
11. เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 หลอดละ 150 มิลลิลิตร
12. เติมนอร์มัล-ออกทานอล 3 – 5 หยด
13. ต้ม 30 นาที (ตั้งความร้อนประมาณตำแหน่ง 7 – 8)
14. ถ่ายออกแล้วเหมือนข้อ 10
15. ล้างด้วยน้ำเย็น 1 ครั้ง
16. ล้างอะซีโตน 3 ครั้ง ๆ ละ 25 มิลลิลิตร (ใช้ปั๊มลมช่วยในการล้าง)
17. นำครุชิวเบิลไปอบที่ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 – 2 ชม. แล้วปล่อยให้เย็นใน Desicator
18. ชั่งน้ำหนักนำไปคำนวณกับค่าน้ำหนักเริ่มต้น จะได้ค่าเส้นใยที่รวมเข้าอยู่ด้วย
19. ถ้าต้องการทราบน้ำหนักแก้ว ให้ถ่ายสารตัวอย่างลงในครุชิวเบิลกระเบื้องเคลือบ
20. นำไปเผาในเตา (Furnace) ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง

21. ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ร้อยละของเส้นใยหยาบ} = \frac{F_1 - F_2}{F_3} \times 100$$

$$F_1 = \text{น้ำหนักครุชเปิด} + \text{ตัวอย่างก่อนสกัด}$$

$$F_2 = \text{น้ำหนักครุชเปิด} + \text{ตัวอย่างหลังสกัด}$$

$$F_3 = \text{น้ำหนักสารตัวอย่าง}$$

6. การวิเคราะห์หาปริมาณกรด

อุปกรณ์

1. บิวเรต
2. ปิเปต

สารเคมี

1. ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein)
2. สารละลายค่ามาตรฐาน ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์

วิธีการ

1. นำตัวอย่างอาหารที่ทราบน้ำหนัก หรือ ปริมาตรแน่นอนมาประมาณ 10 กรัม หรือ 10 มิลลิลิตร ถ้าตัวอย่างอาหารมีสีเข้มมากให้ใส่น้ำกลั่นเติมลงไปให้ตัวอย่างมีสีจางลงหรืออาจใช้อินดิเคเตอร์มากกว่าเดิม
2. เติมฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 2 – 3 หยด นำไปไตเตรตกับสารละลายค่ามาตรฐานซึ่งจะเปลี่ยนสี หรือให้จุดยุติเป็นสีชมพูที่ พีเอช 8.3 – 10.3

โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยาสมมูลย์พอดี
กับกรดซिटริก 0.007005 กรัม

7. การหาปริมาณน้ำตาล

อุปกรณ์

1. ขวดวัดปริมาตร
2. บิวเรต
3. ลูกแก้ว
4. ฟลาสก์
5. กระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman No.1)
6. แผ่นให้ความร้อน

สารเคมี

1. สารละลาย Carrez I

ละลายซิงค์อะซิเตตไดไฮเดรต (Zinc acetate dihydrate) 21.9 กรัม ในน้ำกลั่นที่มีกรดอะซิติก
3 กรัม ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

2. สารละลาย Carrez II

ละลายโพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ (Potassium ferrocyanide) 10.6 กรัม ในน้ำกลั่น แล้ว
ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

3. Fehling reagent (Fehling ' s solution A & B)

Fehling ' s solution A ละลายคอปเปอร์ซัลเฟต ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 69.278 กรัม ในน้ำกลั่นปรับ
ปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร

Fehling 's solution B ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 100 กรัม และโซเดียมโปแตสเซียมตาเตรท ($\text{NaKC}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 346 กรัมในน้ำกลั่นปรับปริมาณให้ครบ 1 ลิตร

สารละลายทั้งสองนี้ต้องเตรียมแยกกันและเก็บไว้ในขวดสีน้ำตาล เมื่อต้องการใช้ให้ผสมสารละลายทั้งสองนี้ด้วยปริมาตรเท่ากันทันทีก่อนใช้

4. เมธิลีนบลูอินดิเคเตอร์ (Methylene blue indicator) ความเข้มข้นร้อยละ 1

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมะเขือเทศมาจำนวนหนึ่ง เติมสารละลาย Carrez I และ Carrez II อย่างละ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันปรับปริมาณให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตร

2. นำไปกรองด้วยกระดาษกรอง เก็บสารละลายที่ได้จากการกรองไว้ใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป สารละลายที่เตรียมนั้นต้องมีความเข้มข้นเพียงพอที่จะสามารถทำปฏิกิริยาพอดีกับ Fehling's solution จำนวน 10 มิลลิลิตร โดยสามารถอ่านค่าจากตารางได้ในช่วง 15 – 50 มิลลิลิตร

3. การไตเตรดครั้งที่ 1 (Preliminary Titration)

3.1 นำสารละลายที่กรองได้ใส่บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร ไล่ฟองอากาศออกให้หมด

3.2 ปิเปิด Fehling 's solution จำนวน 10 มิลลิลิตร ใส่ในพลาสติกขนาด 250 มิลลิลิตร เติมลูกแก้วเล็ก ๆ ลงไป 2 – 3 เม็ด นำไปต้มให้เดือด ไตเตรดกับสารละลายน้ำมะเขือเทศขณะร้อน จนสีน้ำเงินจางลง หยดสารละลายเมธิลีนบลู 1-2 หยด ไตเตรดจนสีฟ้าหายไปหมดเหลือตะกอนสีแดงอิฐ

3.3 จดปริมาตรของสารละลายน้ำมะเขือเทศที่ใช้ ถ้าปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ อยู่ในช่วง 15 – 50 มิลลิลิตร ให้ทำการทดลองซ้ำเพื่อให้ได้ค่าที่แน่นอน

4. การไตเตรตครั้งที่ 2 (Accurate Titration)

4.1 ปิเปต Fehling ' s solution มา 10 มิลลิตร ใส่ในพลาสติกขนาด 250 มิลลิตร เติมลูกแก้วลงไป 2 – 3 เม็ด เติมสารละลายน้ำมะเขือเทศจากบิวเรตลงไปที่ทันทีโดยใช้ปริมาตรน้อยกว่าที่ใช้ในการไตเตรตครั้งแรกประมาณ 5 มิลลิตร ต้มให้เดือดนาน 2 นาที หยดสารละลายเมธิลีนบลู 1 หยด ไตเตรตต่อไปใช้อัตราเร็ว 0.25 มิลลิตรต่อนาที จนสีฟ้าหายไปหมด พยายามไตเตรตให้เสร็จสิ้นภายในเวลา 3 นาที ตั้งแต่เริ่มเดือด

4.2 จดปริมาตรของสารละลายน้ำมะเขือเทศที่ใช้โดยไตเตรต 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ยปริมาตรของสารละลายน้ำมะเขือเทศที่ใช้ นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จากตารางสำเร็จ

ภาคผนวก ค
แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ตัดสิน _____ วันที่ _____

ผลิตภัณฑ์ เค้าหูแข็ง

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวาและให้คะแนนความชอบ 1 – 9 คะแนน โดย

- | | | |
|---------------------|-----------------|------------------|
| 1 = ไม่ชอบมากที่สุด | 4 = ไม่ชอบ | 7 = ชอบปานกลาง |
| 2 = ไม่ชอบมาก | 5 = เฉยๆ | 8 = ชอบมาก |
| 3 = ไม่ชอบปานกลาง | 6 = ชอบเล็กน้อย | 9 = ชอบมากที่สุด |

กรุณาเว้นปากระหว่างการชิมตัวอย่าง

รหัสตัวอย่าง _____ _____ _____ _____ _____

สี _____ _____ _____ _____ _____

เนื้อสัมผัส _____ _____ _____ _____ _____

กลิ่น _____ _____ _____ _____ _____

รสชาติ _____ _____ _____ _____ _____

ความชอบรวม _____ _____ _____ _____ _____

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์กรดของของผสมระหว่าง
น้ำมะเขือเทศกับน้ำมันถั่วเหลืองที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6
ระดับ

Source of variable	Df	SS	MS	F
Replication	2	0.44	0.22	1.80 ^{ns}
Treatment	5	1.20	0.24	2.04 ^{ns}
Error	10	1.20	0.12	
Total	17	2.84		

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่างของของผสมระหว่าง
น้ำมะเขือเทศกับน้ำมันถั่วเหลืองที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6
ระดับ

Source of variable	Df	SS	MS	F
Replication	2	2.86	1.43	2.60 ^{ns}
Treatment	5	8.35	1.67	3.03 ^{ns}
Error	10	5.50	0.55	
Total	17	16.71		

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของเต้าหู้แข็งที่ได้จากการตกตะกอน โปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ

Source of variable	Df	SS	MS	F
Replication	2	6.22	3.11	0.03 ^{ns}
Treatment	4	1,360.00	340	3.28 ^{ns}
Error	8	7.88	103.66	
Total	14	1,374.10		

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ โปรตีนของเต้าหู้แข็งที่ได้จากการตกตะกอน โปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ

Source of variable	Df	SS	MS	F
Replication	2	1.08	0.54	1.45 ^{ns}
Treatment	4	3.12	0.78	2.11 ^{ns}
Error	8	2.96	0.37	
Total	14	0.54		

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไขมันของเต้าน้ำแข็งที่ได้จากการตกตะกอนโปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ

Source of variable	Df	SS	MS	F
Replication	2	2.92	1.46	2.24 ^{ns}
Treatment	4	8.96	2.24	3.45 ^{ns}
Error	8	5.20	0.65	
Total	14	17.08		

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเถ้าของเต้าน้ำแข็งที่ได้จากการตกตะกอนโปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ

Source of variable	Df	SS	MS	F
Replication	2	0.10	0.05	0.86 ^{ns}
Treatment	4	0.32	0.08	1.35 ^{ns}
Error	8	0.48	0.06	
Total	14	0.90		

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเส้นใยของเต้าหู้แข็งที่ได้จากการตกตะกอนโปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ

Source of variable	Df	SS	MS	F
Replication	2	4.56	2.28	3.67 ^{ns}
Treatment	4	6.68	1.67	2.68 ^{ns}
Error	8	4.96	0.62	
Total	14	16.2		

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความชอบด้านสีของเต้าหู้แข็งที่ได้จากการตกตะกอนโปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ

Source of variable	Df	SS	MS	F
Replication	2	11.64	5.82	2.81 ^{ns}
Treatment	4	26.92	6.73	3.25 ^{ns}
Error	8	16.56	2.07	
Total	14	55.12		

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของเต้าหู้แข็ง
ที่ได้จากการตกตะกอนโปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรด
ของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ

Source of variable	Df	SS	MS	F
Replication	2	0.26	0.13	4.43 ^{ns}
Treatment	4	1.37	0.34	11.41 [*]
Error	8	0.24	0.03	
Total	14	1.87		

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{*} = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

$$LSD_{.05} = 0.33$$

ตารางผนวกที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความชอบด้านกลิ่นของเต้าหู้แข็งที่
ได้จากการตกตะกอนโปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของ
น้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ

Source of variable	Df	SS	MS	F
Replication	2	0.84	0.42	3.82 ^{ns}
Treatment	4	1.92	0.48	4.36 [*]
Error	8	0.88	0.11	
Total	14	3.64		

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{*} = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

$$LSD_{.05} = 0.61$$

ตารางผนวกที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความชอบด้านรสชาติของเต้าหู้แข็งที่ได้จากการตกตะกอนโปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ

Source of variable	Df	SS	MS	F
Replication	2	0.78	0.39	4.35 ^{ns}
Treatment	4	3.40	0.85	9.43 [*]
Error	8	0.72	0.09	
Total	14	4.90		

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{*} = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

LSD_{.05} = 0.22

ตารางผนวกที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความชอบรวมของเต้าหู้แข็งที่ได้จากการตกตะกอนโปรตีนด้วยน้ำมะเขือเทศที่มีการแปรผันเปอร์เซ็นต์กรดของน้ำมะเขือเทศ 6 ระดับ

Source of variable	Df	SS	MS	F
Replication	2	0.30	0.15	3.00 ^{ns}
Treatment	4	7.64	1.91	38.25 [*]
Error	8	0.40	0.05	
Total	14	8.34		

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{*} = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

LSD_{.05} = 0.40

ประวัติผู้วิจัย

ผู้วิจัย นางปิยวรรณ สุภวิทพัฒนา
(Mrs. Piyawan Supavititpatana)

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ 2 ระดับ 6

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการ ศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อและชื่อ เต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบัน	ประเทศ
2534	ตรี	วท.บ. วิทยาศาสตร์	วิทยาศาสตร์ การอาหารและ โภชนาการ	มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร	ไทย
2537	โท	วท.ม. วิทยาศาสตร์ มหาดบัณฑิต	วิทยาศาสตร์ การอาหาร	มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์	ไทย

สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ อุตสาหกรรมเกษตร ด้านเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์พืช

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

งานวิจัยที่เสร็จแล้ว

- ชื่อเรื่อง ผลของการเปรียบเทียบกรรมวิธีการทำไข่เยี่ยวม้าแบบแช่กับแบบพอก
ปีที่พิมพ์ 2539
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- ชื่อเรื่อง ขนมนึ่งสมุนไพร
ปีที่พิมพ์ 2542
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย

3. ชื่อเรื่อง การใช้แปรงขำวกล้องแทนที่แปรงสาลีบางส่วนในการทำขนมปัง
ปีที่พิมพ์ 2543
สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย

4. ชื่อเรื่อง การศึกษาผลของการใช้แปรงฟักทองที่มีต่อคุณภาพของแป้งซาลาเปา
ปีที่พิมพ์ 2544
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย

5. ชื่อเรื่อง การผลิตแป้งจากกล้วย
ปีที่พิมพ์ 2545
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย