



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ชุดโครงการวิจัย

การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุ

Research and Development of Healthy Food Products for the Elderly

โครงการวิจัยย่อยที่ 5 ผลิตภัณฑ์เต้าหู้และนมถั่วเหลืองที่มีสารGABAสำหรับผู้สูงอายุ

GABA-enriched tofu and soymilk for elderly

หัวหน้าโครงการวิจัย

นางสาวกรรณา วงษ์กระจ่าง

คณะผู้ร่วมวิจัย

นางพัชรี ตั้งตระกูล

น.ส.รัศมี ศุภศรี

ผศ.ดร.มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์

น.ส.ชมดาว ลิกษะมณฑล

นางสาวสมจิต อ่อนเหม

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พฤษภาคม 2554

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

และผลงานนี้เป็นความรับผิดชอบของผู้วิจัยแต่ผู้เดียว

ปีงบประมาณ 2553

## รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

**โครงการวิจัยเรื่อง**                   **ผลิตภัณฑ์เต้าหู้และนมถั่วเหลืองที่มีสารGABAสำหรับผู้สูงอายุ**  
**GABA-enriched Tofu and Soymilk for the Elderly**

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี...2553..... จำนวนเงิน 516,400 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย.....1.....ปี ตั้งแต่ เดือนกรกฎาคม 2553 ถึง เดือนมิถุนายน 2554

**รายนามคณะผู้วิจัย พร้อมทั้งหน่วยงานที่สังกัดและหมายเลขโทรศัพท์**

### หัวหน้าโครงการ

นางสาวกรรณา วงษ์กระจ่าง

สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
 โทรศัพท์ 0 2942 8629-35 ต่อ 507

### ผู้ร่วมงานวิจัย

1. นางพัชรี ตั้งตระกูล

สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
 โทรศัพท์ 0 2942 8629-35 ต่อ 200

2. นางสาวรัศมี สุขศรี

สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
 โทรศัพท์ 0 2942 8629-35 ต่อ 506

3. ผ.ศ.ดร. มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โทรศัพท์ 0 2739 2349 ต่อ 21

4. นางสาวชมดาว สิกขะมณฑล

สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
 โทรศัพท์ 0 2942 8629-35 ต่อ 505

5. นางสาวสมจิต อ่อนเหม

สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
 โทรศัพท์ 0 2942 8629-35 ต่อ 606

### บทคัดย่อ

ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ มีปัญหาในการขบเคี้ยวอาหาร และการย่อยอาหาร โปรตีนจำพวกเนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์เต้าหู้และนมถั่วเหลืองเป็นแหล่งอาหารโปรตีนจากพืช ร่างกายสามารถย่อยสลายได้ง่ายกว่าเนื้อสัตว์ จึงเหมาะสำหรับผู้สูงอายุ ในงานวิจัยนี้ ต้องการพัฒนาประโยชน์เชิงสุขภาพของเมล็ดถั่วเหลืองและงาคั่ว ด้วยการเพิ่มสาร GABA (Gamma-Aminobutyric acid) จากการเพาะงอก โดยศึกษาผลของ วิธีการเพาะงอก อุณหภูมิและเวลาในการเพาะงอก เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่า วิธีการเพาะงอก ตลอดจนอุณหภูมิและเวลาในการเพาะงอก มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ GABA ในเมล็ดถั่วเหลืองและเมล็ดงาคั่ว และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสารไอโซฟลาโวนในเมล็ดถั่วเหลืองด้วย จากผลการศึกษา ได้คัดเลือกสภาวะการเพาะงอกถั่วเหลืองด้วยวิธีการแช่น้ำเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง (ปริมาณ GABA 46.25 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง) เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มปริมาณ GABA ของเมล็ดถั่วเหลืองดิบ ก่อนนำไปอบแห้งเป็นถั่วเหลืองงอกอบแห้ง เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเต้าหู้และนมถั่วเหลืองที่มีสาร GABA

ผลิตภัณฑ์เต้าหู้ที่แปรรูปจากถั่วเหลืองงอกอบแห้งที่มีสาร GABA มีปริมาณไขมันสูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับเต้าหู้ปกติ ผลิตภัณฑ์เต้าหู้ที่แปรรูปจากวัตถุดิบผสมของถั่วเหลืองงอกอบแห้งกับถั่วเหลืองปกติในอัตราส่วนที่เหมาะสม นอกจากทำให้เต้าหู้มีเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าเต้าหู้ปกติแล้ว ยังให้ปริมาณแคลอรีน้อยกว่าด้วย จึงเหมาะสำหรับผู้สูงอายุที่มีน้ำหนักตัวมากเกินไปและมีภาวะความดันโลหิตสูงร่วมด้วย เนื่องจากการได้รับปริมาณ GABA อย่างต่อเนื่อง สามารถช่วยลดภาวะความดันโลหิตสูงได้

คำสำคัญ : เต้าหู้, ถั่วเหลือง, กายา, การงอก

### **Abstract**

Most elderly people have digestion problems when consuming processed meat products. The processed soybean products of tofu and soy milk are good sources of nutritional plant protein for the elderly and are easily digested. This work, studied GABA (gamma-aminobutyric acid) accumulation from the germination of soybean and black sesame seeds as a means to enhance the nutritional benefit of the seeds. The effects of germination treatment, time and temperature on the GABA content in soybean and sesame seeds during germination were investigated. Changes in the composition of soybean isoflavones during germination were also determined. The most appropriate treatment involved germinating the soybean seeds by soaking treatment for 6 hrs at room temperature (GABA content of 46.25 mg/100 g dry weight). Following soaking, the soybeans were dried and then used as raw material for the production of GABA-enriched tofu and soy milk. Tofu prepared with dried germinated soybean was higher in fat content and had less carbohydrate than the tofu control. The study found that the use of germinated and untreated soybeans as mixed raw materials not only could improve the tofu texture but also improved its health benefits due to lowering the calories. GABA-enriched tofu should be an optional menu item for elderly people who are overweight and have high blood pressure because of its lower calories and its antihypertensive effect due to the GABA.

Key words : Tofu, soybean, GABA, germination

## บทที่ 1

### บทนำ

ผลิตภัณฑ์อาหารจากเมล็ดถั่วเหลืองเป็นที่รู้จักในแง่คุณประโยชน์ต่อสุขภาพ จึงได้รับความนิยมในกลุ่มผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวที่รู้จักกันดี ได้แก่ นํ้านมถั่วเหลืองหรือนํ้าเต้าหู้ และผลิตภัณฑ์เต้าหู้นานาชาติ ทั้งเต้าหู้แข็ง เต้าหู้อ่อน เต้าฮวย ฯลฯ ในทางการค้าได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองให้มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้นสำหรับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย เช่น ผสมงาคั่วในนมถั่วเหลืองเพื่อเสริมแคลเซียมสำหรับผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน เพื่อช่วยป้องกันโรคกระดูกพรุน ผลิตภัณฑ์ที่เพิ่งออกวางตลาดเมื่อเร็ว ๆ นี้ มีการผสมจมูกข้าวญี่ปุ่น ในนมถั่วเหลือง เพื่อช่วยบำรุงสมอง ด้วย

นํ้านมถั่วเหลืองและเต้าหู้ เป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุ เนื่องจากเป็นแหล่งของโปรตีน แคลเซียม โยอาหาร และมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายอีกมากมาย ร่างกายสามารถย่อยสลายโปรตีนในถั่วเหลืองได้ง่ายกว่าอาหารประเภทเนื้อสัตว์ นํ้านมถั่วเหลืองและเต้าหู้ จึงเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุที่มีปัญหาการเคี้ยวอาหารและปัญหาการย่อยโปรตีน ในงานวิจัยนี้ต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากเมล็ดถั่วเหลือง ให้มีประโยชน์เชิงสุขภาพมากขึ้นสำหรับผู้สูงอายุที่มีแนวโน้มปัญหาทางสุขภาพมากกว่าวัยอื่น โดยเฉพาะโรคที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบประสาท จึงได้หาแนวทางที่จะช่วยเพิ่มประโยชน์เชิงสุขภาพในเมล็ดถั่วเหลือง ตั้งแต่เป็นวัตถุดิบก่อนนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลือง และเต้าหู้ โดยเพิ่มกระบวนการงอก(Germination)เมล็ดถั่วเหลืองให้เกิดการเริ่มงอกประมาณ 2-3 มิลลิเมตร เมล็ดถั่วเหลืองที่กำลังเริ่มงอกมีเอ็นไซม์หลายชนิดทำหน้าที่ย่อยแป้ง โพลีแซคคาไรด์และโปรตีน ให้เปลี่ยนเป็นโอลิโกแซคคาไรด์และกรดอะมิโน จากเอกสารการวิจัย (Kuo et al., 2004) มีรายงานว่าในระหว่างการงอก มีกรดอะมิโนที่ไม่ใช่โปรตีน (free non- protein amino acid) ที่สำคัญตัวหนึ่งเกิดขึ้นนั่นคือ Gamma Amino Butyric acid (GABA) GABAจัดเป็นสารสื่อประสาทประเภทยับยั้ง ซึ่งอยู่ในสมองส่วนกลางของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทุกชนิด ทำหน้าที่ช่วยลดความตึงเครียด ทำให้รู้สึกผ่อนคลายและช่วยให้นอนหลับได้ดี นอกจากนั้นยังช่วยรักษาสมดุล ชะลอความเสื่อมของสมอง ในทางการแพทย์มีการนำสารGABAไปใช้เป็นยาและรักษาโรกระบบประสาทหลายโรค อาทิ โรควิตกกังวล นอนไม่หลับ ซึ่งหากได้รับสารGABA อย่างต่อเนื่องและเพียงพอจะช่วยให้ความดันโลหิตลดลง และช่วยให้ระบบการทำงานในร่างกายของกลุ่มผู้สูงอายุเป็นไปอย่างปกติ (รัตนา พากเพียรกิจวัฒนา. 2534) จากประโยชน์ของสารGABAดังกล่าว จึงมีการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากเมล็ดพืชงอกขึ้น และกำลังได้รับความนิยมจากผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ได้แก่ ข้าวกล้องงอกและน้ำข้าวกล้องงอก ซึ่งนับว่าเป็นนวัตกรรมใหม่ของการพัฒนาข้าวเพื่อสุขภาพ (พัชรี ตั้งตระกูล และคณะ. 2548) ผู้วิจัย

สังเกตเห็นว่าเมล็ดถั่วเหลืองสามารถนำมาเพาะงอกเพื่อเพิ่มสารGABAได้เช่นเดียวกับข้าวกล้อง แต่ในประเทศไทย ยังไม่มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเมล็ดถั่วเหลืองในลักษณะดังกล่าว อีกทั้งในเมล็ดถั่วเหลืองยังมีสารไอโซฟลาโวนและสารประกอบฟีนอลิกอื่นๆซึ่งมีคุณสมบัติด้านอนุมูลอิสระ จากเอกสารการวิจัย มีรายงานว่าการงอกมีผลทำให้สารประกอบดังกล่าวเพิ่มขึ้นด้วย แต่ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของเมล็ดพืชและสภาวะในการงอกเป็นปัจจัยสำคัญ (Lopez-Amoros et al., 2006 ; Fernandez-Orozco et al., 2008 )

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้หาวิธีการเพิ่มสารGABA ในเมล็ดถั่วเหลืองและเมล็ดงาดำ โดยทดลองสภาวะที่ทำให้เกิดการงอกของเมล็ดถั่วเหลืองและเมล็ดงาดำ ด้วยวิธีการแช่น้ำเมล็ดพืชทั้งสองชนิด ที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ วิเคราะห์ปริมาณสาร GABA ในเมล็ดถั่วเหลืองและเมล็ดงาดำงอก แล้วคัดเลือกสภาวะที่ทำให้เกิดสาร GABAในปริมาณสูง พร้อมทั้งติดตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารไอโซฟลาโวนในเมล็ดถั่วเหลืองระหว่างกำลังเริ่มงอก เพื่อใช้ปริมาณสารทั้งสองชนิดเป็นเกณฑ์คัดเลือกสภาวะในการงอกที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการผลิตเมล็ดถั่วเหลืองเริ่มงอกอบแห้ง เพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เต้าหู้และนมถั่วเหลืองแนวใหม่ที่มีสารGABAและสารสำคัญ อื่นๆที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้นสำหรับกลุ่มผู้บริโภคสูงอายุ

#### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้และนมถั่วเหลืองที่มีสารGABA สำหรับผู้สูงอายุ
2. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการงอกของเมล็ดถั่วเหลืองและเมล็ดงาดำที่ทำให้เกิดสาร GABA ในปริมาณสูง
3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารสำคัญในเมล็ดถั่วเหลืองและเมล็ดงาดำระหว่างกำลังเริ่มงอก
4. เพื่อผลิตเมล็ดถั่วเหลืองอบแห้งและเมล็ดงาดำอบแห้งที่มีสารGABA
5. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพและทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้และนมถั่วเหลืองปกติกับผลิตภัณฑ์เต้าหู้และนมถั่วเหลืองที่มีสารGABA

#### ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาผลสภาวะการงอกโดยวิธีการแช่น้ำเมล็ดถั่วเหลืองและเมล็ดงาดำ ที่ระยะเวลาต่างกัน ในเวลา 0-48 ชั่วโมงที่ 2 สภาวะอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารGABA สารไอโซฟลาโวนและสารประกอบฟีนอลิกในเมล็ดกำลังเริ่มงอก

2. คัดเลือกสภาวะในการงอกที่ให้ปริมาณสารGABA และสารไอโซฟลาโวนสูงในเมล็ดถั่วเหลืองกำลังเริ่มงอกและเมล็ดงาคำลังเริ่มงอก ชนิดละ 1 สภาวะเพื่อผลิตเมล็ดถั่วเหลืองอบแห้งและเมล็ดงาคำอบแห้งที่มีสารGABA
3. พัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ 2-3 สูตร และนมถั่วเหลือง 2-3 สูตรจากเมล็ดถั่วเหลืองอบแห้ง และเมล็ดงาคำอบแห้งที่มีสารGABA
4. เปรียบเทียบคุณภาพทางเคมี กายภาพ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของ ผลิตภัณฑ์เต้าหู้และนมถั่วเหลืองปกติกับผลิตภัณฑ์เต้าหู้และนมถั่วเหลืองที่มีสารGABA โดยทดสอบกับผู้บริโภคที่มีอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป
5. คัดเลือกผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด เพื่อทดลองทำเป็นผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผงโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย

## บทที่ 2

### การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การแช่น้ำเมล็ดพืชในสภาวะที่อุณหภูมิเหมาะสม มีออกซิเจนเพียงพอในการหายใจให้พลังงาน เป็นกระบวนการเริ่มต้นของการเพาะงอก โดยเมล็ดพืชจะดูดซึมน้ำเข้าสู่เมล็ด ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านชีวเคมี พืชส่วนใหญ่ไม่ต้องการแสงในกระบวนการงอก โดยในกระบวนการงอกนี้ น้ำเป็นส่วนสำคัญที่สุดในการก่อให้เกิดกระบวนการไฮโดรไลซิส เพื่อส่งถ่ายสารอาหารจากส่วนต่างๆ ของเมล็ด โดยเฉพาะส่วนเนื้อในเมล็ดมาสู่ส่วนคัพภะ ซึ่งมีผลทำให้เกิดการสังเคราะห์โปรตีน มีการเพิ่มขึ้นของใยอาหาร วิตามินและส่วนประกอบอื่นๆ นอกจากน้ำแล้ว เอนไซม์ต่างๆ ภายในเมล็ดก็ทำงานในการเปลี่ยนแปลงและเสริมสร้างอาหารชนิดต่างๆ โดยมีน้ำเป็นส่วนสำคัญในการทำงาน (Kuo et al., 2004) การเริ่มงอกของเมล็ดพืช (early stage of germination) ดังกล่าว ทำให้เกิด GABA ขึ้นจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงกรดกลูตามิกเป็น GABA โดยการทำงานของเอนไซม์ glutamate decarboxylase

ถั่วเหลืองเพาะงอก ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดพืช ประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้น แสงสว่าง วิธีการเพาะงอกและระยะเวลา จากการวิจัยทางพันธุกรรม Matsuyama et al., 2009 รายงานว่าเอนไซม์ glutamate decarboxylase จะพบได้เฉพาะในเมล็ดถั่วเหลืองที่เจริญเต็มที่ (matured) เท่านั้น และไม่พบเอนไซม์ในถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการเพาะงอกแล้ว ซึ่งแสดงว่า

เอนไซม์ดังกล่าวถูกสังเคราะห์ขึ้นในระหว่างการเจริญเติบโตของเมล็ดถั่วเหลือง และเอนไซม์จะหมดไปหลังจากทำหน้าที่เร่งกระบวนการเปลี่ยนกรดกลูตามิกเป็น GABA ในถั่วเหลืองที่กำลังเริ่มงอก นอกจากนี้ ผู้วิจัยพบว่า ปริมาณ GABA ที่เกิดขึ้นในถั่วเหลืองแช่น้ำ 6 ชั่วโมง มีมากกว่าในถั่วเหลืองแช่น้ำ 24 ชั่วโมง และเมื่อเปรียบเทียบกรรมวิธีการเพาะงอกระหว่างวิธีการแช่ถั่วเหลืองในน้ำ (Soaking treatment) กับวิธีการวางถั่วเหลืองบนกระดาษกรองเปียก (วิธีการแช่-บ่ม) เพื่อให้ถั่วเกิดการงอกนั้น พบว่า ที่เวลา 6 ชั่วโมงเท่ากัน ถั่วเหลืองแช่น้ำมีปริมาณ GABA สูงกว่า แสดงว่าวิธีการเพาะงอกมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ glutamate decarboxylase

การเปลี่ยนแปลงของสารไอโซฟลาโวนในเมล็ดถั่วเหลืองก็ขึ้นกับระยะเวลาในการงอกเช่นกัน (Ribeiro et al., 2006) แต่การเปลี่ยนแปลงสารไอโซฟลาโวนในเมล็ดถั่วเหลือง ขึ้นอยู่กับการทำงานของเอนไซม์  $\beta$ -glucosidase ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนสารไอโซฟลาโวนที่อยู่ในรูป glucosides form (daidzin genistin glycitin) ให้เป็น aglycones form (daidzein genistein glycitein) ซึ่ง มี estrogenic activity มากกว่า จากรายงานการวิจัย พบว่า เมล็ดถั่วเหลืองผ่านการเพาะงอกเป็นเวลา 72 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ  $25^{\circ}\text{C}$  มี  $\beta$ -glucosidase activity เพิ่มขึ้น

ถั่วเหลืองเพาะงอกในระยะเวลาสั้น เกิดการงอกประมาณ 3-5 มิลลิเมตร มีปริมาณสารอาหารมากกว่าถั่วเหลืองเพาะงอกระยะยาวที่ใช้เวลามากกว่า 1 วัน มีการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไอโซฟลาโวนและทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดถั่วเหลืองดิบกับเมล็ดถั่วเหลืองเพาะงอก ของถั่วเหลืองธรรมดา กับถั่วเหลืองผิวดำ โดย Lin & Lai, 2006 นำถั่วทั้งสองชนิดมาแช่น้ำเป็นเวลา 5 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ  $35^{\circ}\text{C}$  ก่อนวางเรียงในกล่องพลาสติกที่รองพื้นด้วย cheesecloth ปิดคลุมด้วยขลุ่ยนิย่มฟอยล์ เพื่อป้องกันแสง เก็บใน incubator ที่อุณหภูมิ  $25^{\circ}\text{C}$  การเพาะงอกแบ่งเป็นระยะสั้นใช้เวลา 1 วัน เกิดการงอกประมาณ 3-6 มิลลิเมตร และแบบระยะยาว 4 วัน ถั่วเกิดการงอกยาว 3-6 เซนติเมตร จากนั้นทำให้แห้งด้วยวิธี freeze drying ก่อนบดเป็นแป้งละเอียดสำหรับนำไปวิเคราะห์ต่อไป ผู้วิจัยพบว่า การเพาะงอกระยะสั้นทำให้สารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ของถั่วที่มีเปลือกหุ้มสีเข้ม (ถั่วเหลืองผิวดำ) มีปริมาณลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเกิดการสูญเสียของสารให้สี (pigment) ในขั้นตอนแช่น้ำและระหว่างการเพาะงอก แต่ในทางตรงกันข้าม การเพาะงอกทำให้ถั่วเหลืองธรรมดา มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้น ซึ่งอธิบายได้ว่าเป็นผลจากการทำงานของเอนไซม์  $\beta$ -glucosidase ที่เปลี่ยน conjugated glucosides ให้เป็น aglycones ซึ่งเป็นผลดีต่อการนำไปใช้ประโยชน์เชิงสุขภาพเพราะ aglycones (daidzein และ

genistein) มี bioavailability สูงกว่า conjugated form (Hutchin et al., 1995) นอกจากนี้ยังพบว่าในถั่วเหลืองเพาะงอกแบบระยะสั้น 1 วันมีปริมาณสารไอโซฟลาโวนสูงกว่าแบบระยะยาวด้วย Marileusa et al., 2006 ใช้ถั่วเหลืองเพาะงอกระยะยาวที่เวลา 3 วันและ 7 วันเป็นวัตถุดิบในการเตรียมนมถั่วเหลือง จากการวิเคราะห์ ค่า proximate ในนมถั่วเหลือง พบว่า ปริมาณโปรตีนและไขมันเพิ่มขึ้นประมาณ 40% ในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลง 20% ปริมาณไอโซฟลาโวนทั้งหมดเพิ่มขึ้นในนมถั่วเหลืองที่ใช้ถั่วเพาะงอก 3 วัน และลดลงในนมถั่วเหลืองที่ใช้ถั่วเพาะงอก 7 วัน สารไอโซฟลาโวนกลุ่ม glucosides ลดลง ในขณะที่กลุ่ม aglycones ได้แก่ daidzein, genistein และ glycitein เพิ่มขึ้นถึง 5 เท่า 7 เท่าและ 2 เท่าตามลำดับในนมถั่วเหลืองที่ใช้ถั่วเพาะงอก 7 วันเป็นวัตถุดิบ

**งาดำเพาะงอก** Hahm et al., 2009 ศึกษาผลการเพาะงอก ต่อองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงหน้าที่ (functional properties) ของเมล็ดงา โดยการเพาะงอกในสภาพที่ไม่มีแสง ที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 4 วัน สุ่มตัวอย่างทุกวันเพื่อวิเคราะห์ proximate กรดไขมัน และแร่ธาตุรวมทั้งปริมาณ sesamol และ tocopherol โดยตัดส่วนรากที่งอกออกก่อนอบแห้ง และบดละเอียด จากผลการวิจัย พบว่าเมล็ดงามีเปอร์เซ็นต์การงอก 95% ในวันที่ 3 และเพิ่มเป็น 99.5% ในวันที่ 4 ปริมาณ sesamol เพิ่มขึ้นจาก 50 mg ในวันที่ 1 เป็น 450 mg/100g derooted sesame seed ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเราสามารถใช่ประโยชน์ของเมล็ดงาเพาะงอกเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระได้ ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ผู้วิจัยพบว่า เมล็ดงาอกมีปริมาณไขมันลดลงถึง 23% เมื่อเปรียบเทียบกับงาดิบ ซึ่ง Kwon(2004) อธิบายไว้ว่า กรดไขมันถูกออกซิไดซ์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เพื่อทำให้เกิดพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ในระหว่างการงอกของเมล็ดงา แร่ธาตุในเมล็ดงาเช่น ฟอสฟอรัส แคลเซียม มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเพาะงอกเป็นเวลา 4 วัน โดยเฉพาะแคลเซียมมีปริมาณสูงถึง 462 mg/100g ซึ่งสูงกว่าปริมาณแคลเซียมในถั่วเหลืองและถั่วชนิดอื่นๆ ปริมาณ  $\alpha$ -tocopherol ซึ่งเป็นฟอร์มของวิตามินอีที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดที่ถูกดูดซึมได้ดีในร่างกายมนุษย์มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 32 mg/100g เมื่อสิ้นสุดการงอกในวันที่ 4 ในขณะที่  $\gamma$ -tocopherol ซึ่งมีอยู่มากในเมล็ดงาดิบ มีปริมาณลดลงในระหว่างการเพาะงอก

### บทที่ 3

#### ระเบียบวิธีดำเนินงานวิจัย

#### 1. การเตรียมวัตถุดิบ

##### 1.1 จัดหาวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

-เมล็ดถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 60 (จากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์ และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิษณุโลก กรมวิชาการเกษตร)

-เมล็ดงาคั่วที่จำหน่ายในซูเปอร์มาร์เกต

1.2 ทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดถั่วเหลืองและเมล็ดงาคั่ว (เมล็ดพืชควรมีเปอร์เซ็นต์การงอกไม่น้อยกว่า 80% จึงจะเหมาะสมสำหรับนำมาทดลองเพาะงอกเพื่อเพิ่มสาร GABA) โดยนำเมล็ดพืชทั้งสองชนิดมาล้างทำความสะอาด และแช่น้ำ 6 ชั่วโมงเพื่อให้เมล็ดพืชดูดน้ำเต็มที่ จากนั้นนำเมล็ดพืชที่แช่น้ำแล้วจำนวน 100 เมล็ด มาทำการงอก โดยวางบนสำลีชุ่มน้ำแล้วปิดด้วยผ้าขาวบางเปียกหมาดๆ พรมน้ำทุก 4-6 ชั่วโมง เป็นเวลา 18 ชั่วโมง นับจำนวนเมล็ดที่เกิดการงอก และคำนวณเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดถั่วเหลืองและเมล็ดงาคั่ว

#### 2. การหาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะงอก

##### 2.1 ทดลองเพาะงอกถั่วเหลืองและงาคั่ว ด้วยวิธีการแช่น้ำ (Soaking Treatment):

##### เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิต่อปริมาณ GABA ในถั่วเหลืองงอก

นำตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลืองและงาคั่วที่ผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 3 ชั่วโมงเพื่อให้เมล็ดดูดน้ำเต็มที่แล้ว มาแช่ในภาชนะที่บรรจุน้ำสะอาด อัตราส่วน เมล็ดพืช : น้ำ เท่ากับ 1: 3 ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องสำหรับถั่วเหลือง เพิ่มสภาวะการแช่น้ำที่อุณหภูมิคงที่ที่ 35°C ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ เปลี่ยนน้ำที่แช่เป็นระยะ เก็บตัวอย่างที่เวลา 0, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง ลวกตัวอย่างที่ผ่านการเพาะงอกแล้ว ด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 ± 5°C เป็น เวลา 3-5 นาที เพื่อหยุดปฏิกิริยาของการงอกแล้วผึ่งให้เย็นบรรจุถุงพลาสติกปิดสนิท นำไปแช่แข็งก่อนทำให้แห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) เก็บตัวอย่างแห้งที่อุณหภูมิ -18°C จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์ปริมาณ GABA (Cohen & Michaud, 1993) ปริมาณไอโซฟลาโวน (Klump et al., 2001) และปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่าง (Singleton & Rossi, 1965)

## 2.2 ทดลองเพาะงอกถั่วเหลือง และงาดำ ด้วยวิธีการแช่-บ่ม ที่อุณหภูมิห้อง

นำตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลือง และงาดำที่ผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 3 ชั่วโมงเพื่อให้เมล็ดดูดน้ำเต็มที่แล้ว นำไป บ่มในสภาวะเปียกชื้นที่อุณหภูมิห้อง ล้างน้ำทุก 3 ชั่วโมง แล้วบ่มต่อ เก็บตัวอย่างที่ผ่านการเพาะงอกที่ เวลา 0, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง ลวกตัวอย่างที่ผ่านการเพาะงอกแล้ว ด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ  $80 \pm 5^{\circ}\text{C}$  เป็น เวลา 3-5 นาที เพื่อหยุดปฏิกิริยาของการงอก นำตัวอย่างผึ่งให้เย็น บรรจุถุงพลาสติกปิดสนิท นำไปแช่แข็ง ก่อนทำให้แห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) เก็บตัวอย่างแห้งที่อุณหภูมิ  $-18^{\circ}\text{C}$  จนกว่าจะนำ ไป วิเคราะห์ ปริมาณ GABA ปริมาณไอโซฟลาโวน และปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่าง

## 2.3 คัดเลือกสภาวะในการเพาะงอกถั่วเหลืองและงาดำที่ทำให้เกิด GABA และสาร

ไอโซฟลาโวนในปริมาณสูง ชนิดละ 1 สภาวะ โดยพิจารณาจากปริมาณ GABA ปริมาณไอโซฟลาโวน และปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ในถั่วเหลืองงอกและงาดำงอก

## 3. การพัฒนาผลิตภัณฑ์

### 3.1 ทดลองผลิตนมถั่วเหลืองจำนวน 3 สูตร ด้วยเมล็ดถั่วเหลืองงอกและเมล็ดงาดำงอก

ที่มีสารGABA และทดสอบการยอมรับทางประสาท สัมผัสของผู้สูงอายุต่อผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองทั้ง 3 สูตร ได้แก่

สูตรที่ 1- อัตราส่วนถั่วเหลืองงอก: งาดำงอก = 100: 0

สูตรที่ 2- อัตราส่วนถั่วเหลืองงอก: งาดำงอก = 95: 5

สูตรที่ 3- อัตราส่วนถั่วเหลืองงอก: งาดำงอก = 90: 10

### 3.2 ทดลองผลิตนมถั่วเหลืองผง โดยคัดเลือกผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองสูตรที่ได้รับ

การยอมรับมากที่สุด 1 สูตร นำไปทดลองทำเป็นผงด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) และ วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของนมถั่วเหลืองผง และปริมาณ GABA

### 3.3 ผลิตเมล็ดถั่วเหลืองอบแห้ง ที่มีสาร GABA จากถั่วเหลืองเพาะงอกด้วยสภาวะที่

คัดเลือกแล้ว จำนวน 1 สภาวะ ทำการวิเคราะห์คุณภาพ (Proximate composition) ของถั่วเหลืองเพาะงอกอบแห้ง เปรียบเทียบกับถั่วเหลืองที่เป็นวัตถุดิบเริ่มต้น ดังนี้

- ปริมาณน้ำ หรือ ความชื้น (AOAC 925.09)

- โปรตีน (AOAC 960.52)

- ไขมัน (AOAC 920.39)

- เถ้า (AOAC 936.07)

- คาร์โบไฮเดรต คำนวณโดยวิธี by difference

$$\text{คาร์โบไฮเดรต} = 100 - (\text{ปริมาณน้ำ} + \text{โปรตีน} + \text{ไขมัน} + \text{เถ้า})$$

- พลังงาน คำนวณจาก โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต

$$\text{พลังงาน (Kcal)} = (\text{โปรตีน} \times 4) + (\text{ไขมัน} \times 9) + (\text{คาร์โบไฮเดรต} \times 4)$$

### 3.4 ทดลองผลิตเต้าหู้อ่อนจากถั่วเหลืองเพาะงอกอบแห้ง ที่มีสาร GABA

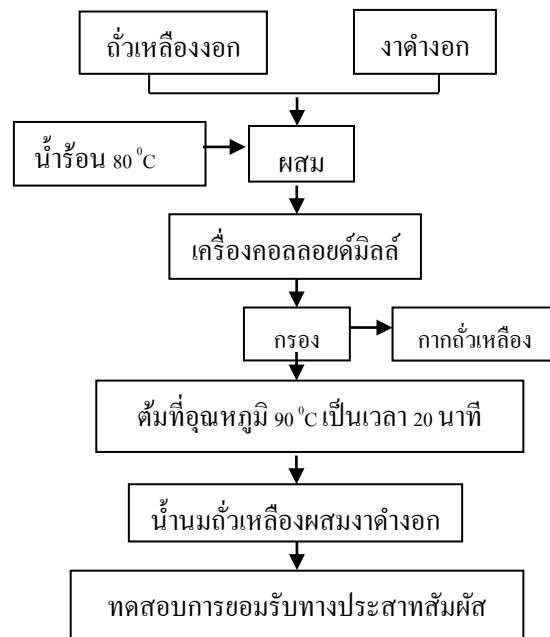
### 3.5 วิเคราะห์คุณภาพของเต้าหู้ ปริมาณ GABA ปริมาณไอโซฟลาโวน และทดสอบ

การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้สูงอายุต่อผลิตภัณฑ์ เต้าหู้ที่มีสาร GABA เปรียบเทียบกับเต้าหู้สูตรปกติ

3.6 ทดลองผลิตเต้าหู้จากวัตถุดิบผสมของถั่วเหลืองเพาะงอกอบแห้งและถั่วเหลืองปกติ ในอัตราส่วน 75:25 และ 50:50

3.7 วิเคราะห์คุณภาพของเต้าหู้ที่เตรียมจากถั่วเหลืองเพาะงอกอบแห้งผสมกับถั่วเหลืองปกติ

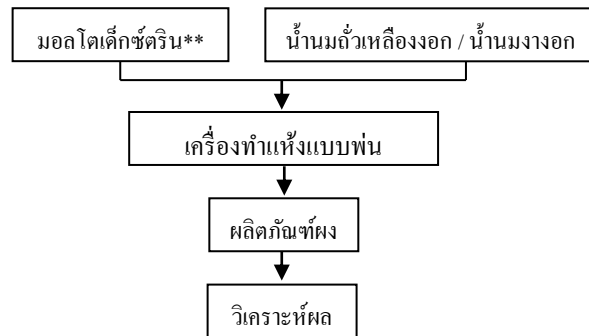
### ขั้นตอนการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองผสมงาดำออก



เครื่องบดคอลลอยด์มีลล์ (Colloid mill)

### ขั้นตอนการผลิตนมถั่วเหลืองด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย

เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย ใช้หัวพ่นฝอยแบบ Two fluid nozzle ที่อัตราการป้อน  
 วัตถุดิบคงที่ 40 มิลลิลิตรต่อนาที ความดันที่ป้อนวัตถุดิบ เท่ากับ 0.2 MPa เครื่องดูดลม (Blower) มี  
 อัตราเร็วลม เท่ากับ 1.45 m<sup>3</sup>/min



\*\* ปริมาณการเติมมอลโตเด็กซ์ตริน คือ จำนวน 0, 1 และ 2 เท่าของปริมาณของแข็งที่ละลายได้

ในนํ้านมถั่วเหลือง

\*\*\* อุณหภูมิความร้อนขาเข้า คือ 180 และ 200 องศาเซลเซียส

ในการทดลองการทำแห้งแบบพ่นฝอยใช้แผนการทดลองแบบ 2 x 3 Factorial Design ดังนี้

การทดลองที่	$T_i$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	MD : SS
1	180	0:1
2	180	1:1
3	180	2:1
4	200	0:1
5	200	1:1
6	200	2:1

เมื่อ  $T_i$  คือ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า ( $^{\circ}\text{C}$ )

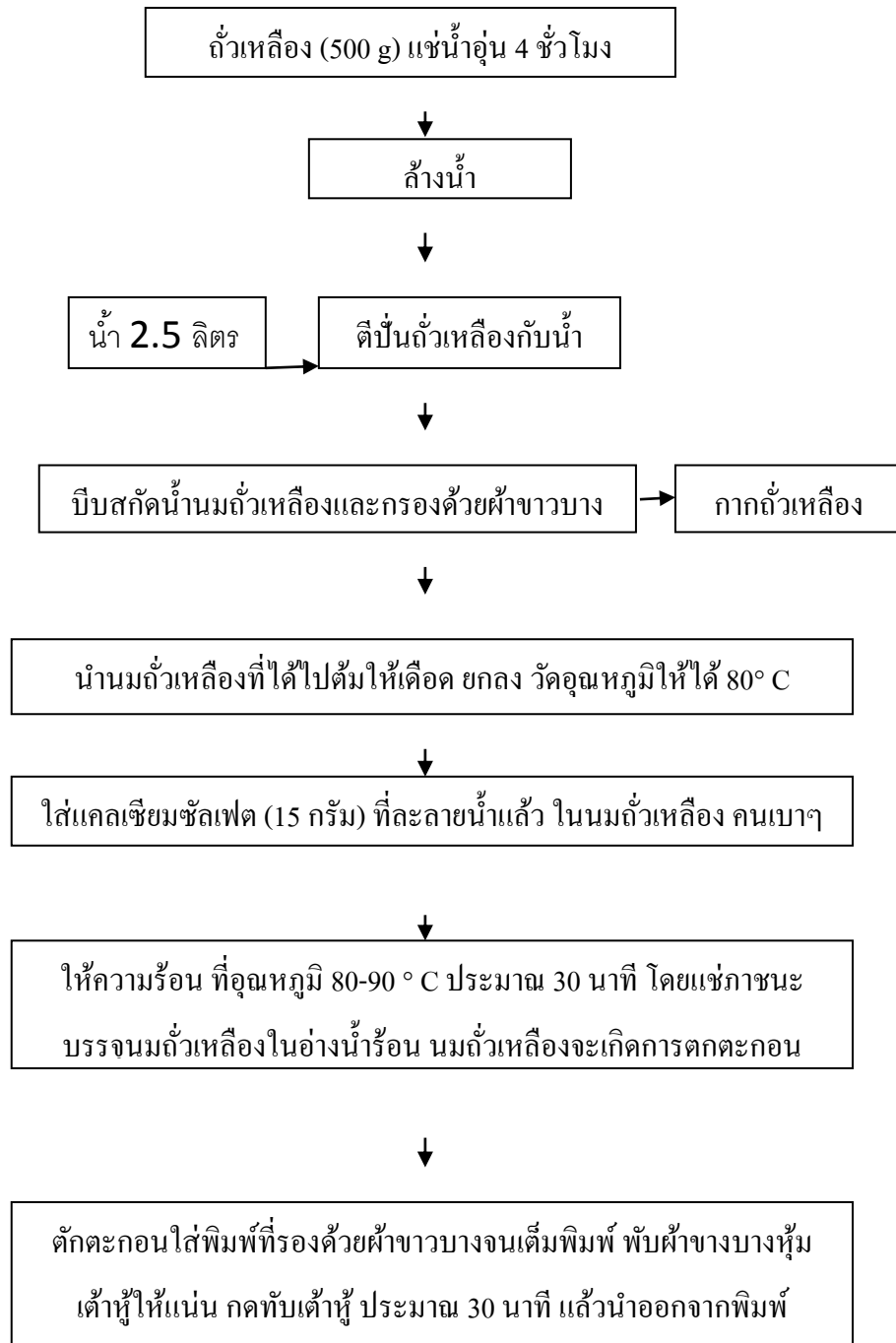
MD คือ มอลโตเด็กตรินซ์ (g)

SS คือ ของแข็งที่ละลายได้ในน้ำนมถั่วเหลือง (g)

สถานะเริ่มต้นของน้ำนมถั่วเหลืองงอกก่อนทำแห้งแบบพ่นฝอย ดังนี้

อัตราส่วน	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้
0:1	9
1:1	17
2:1	23

### ขั้นตอนการผลิตเต้าหู้อ่อน



แบบสอบถามความชอบ เรื่อง น้ำนมถั่วเหลืองงอกผสมงาดำงอก

เพศ  ชาย  หญิง

อายุ.....ปี

เกณฑ์การให้คะแนน

5 = ชอบมากที่สุด

4 = ชอบมาก

3 = ชอบ

2 = พอใช้

1 = ควรปรับปรุง

ตัวอย่างที่	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
คุณลักษณะ			
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

## แบบทดสอบความชอบเต้าหู้

ชื่อผู้ชิม.....วันที่.....เวลา.....

กรุณาชิมตัวอย่างเต้าหู้หนึ่งที่เสนอมาระหว่างชิมตัวอย่างให้คิมน้ำระหว่างตัวอย่างแล้วให้  
ประเมิน

คะแนนความชอบที่กำหนดข้างล่างดังนี้

หลักเกณฑ์การให้คะแนน

ชอบมาก	7 คะแนน	ไม่ชอบเล็กน้อย	3 คะแนน
ชอบปานกลาง	6 คะแนน	ไม่ชอบปานกลาง	2 คะแนน
ชอบเล็กน้อย	5 คะแนน	ไม่ชอบมาก	1 คะแนน
ไม่รู้สึกรับหรือไม่ชอบ	4 คะแนน		

ตัวอย่าง	ลักษณะ ปรากฏ	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม

ข้อคิดเห็นผลิตภัณฑ์

.....

.....

.....

ข้อมูลทั่วไป

1. เพศ       ชาย                       หญิง
2. อายุ       50-55 ปี                       56-60 ปี
3. ความถี่ของการรับประทานเต้าหู้  
 ทุกวัน     1-3 ครั้งต่อสัปดาห์     1-4 ครั้งต่อ 2 สัปดาห์     1-2 ครั้งต่อเดือน
4. เหตุผลในการรับประทานเต้าหู้เพราะ  
 (โปรดระบุ).....

**บทที่ 4**  
**ผลการวิจัย**

**4.1 ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดถั่วเหลืองและเมล็ดงาคำ**

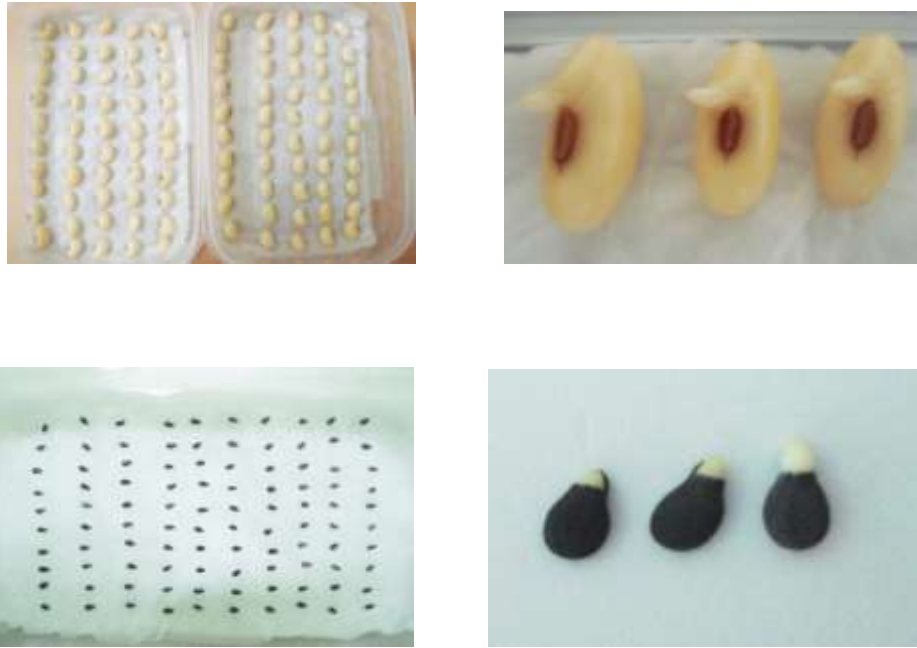
**ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดพืช (ตารางที่ 1 และ 2)**

**ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดถั่วเหลือง**

เมล็ดพืช	ระยะเวลาเพาะงอก	อัตราการงอกของเมล็ดถั่วเหลือง
เมล็ดถั่วเหลือง	8 ชั่วโมง	77%
	10 ชั่วโมง	80%
	12 ชั่วโมง	84%
	15 ชั่วโมง	90%
	18 ชั่วโมง	100%

**ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดงาคำ**

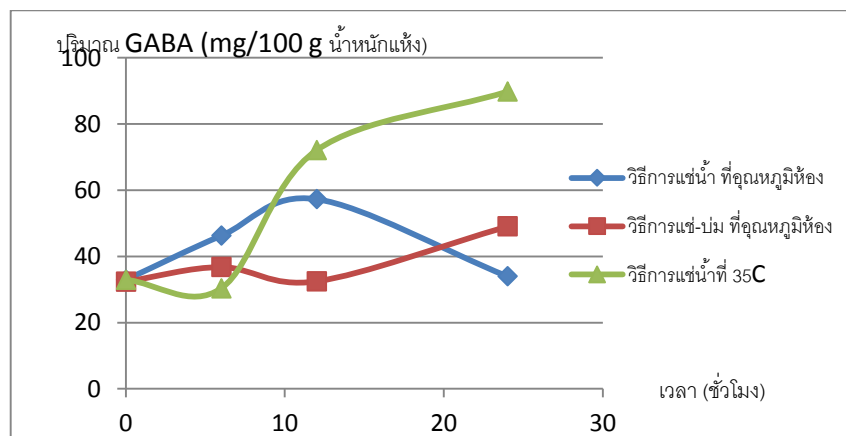
เมล็ดพืช	ระยะเวลาเพาะงอก	อัตราการงอกของเมล็ดงาคำ
เมล็ดงาคำ	15 ชั่วโมง	60%
	21 ชั่วโมง	83%
	23 ชั่วโมง	88%
	30 ชั่วโมง	91%



ภาพที่ 1. การทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอก: แสดงภาพถั่วเหลืองและงาคั่วที่เพาะงอก  
ระยะเวลา 10 ชั่วโมง

#### 4.2 ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะงอกถั่วเหลืองและงาคั่ว

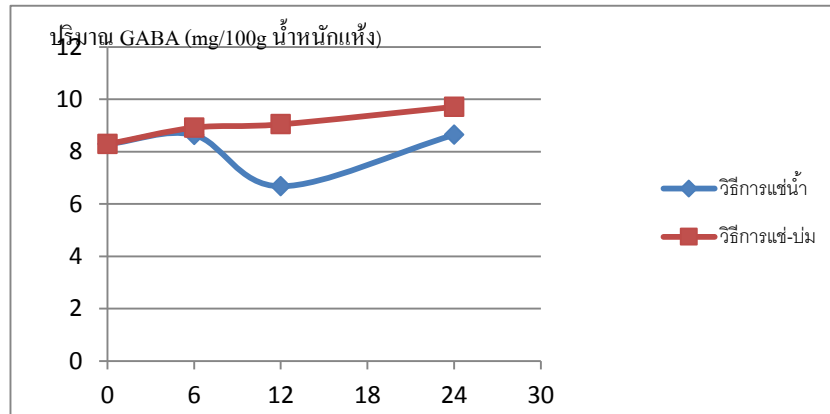
4.2.1. ผลการวิเคราะห์ปริมาณ GABA ในตัวอย่างถั่วเหลืองเพาะงอก แสดงในภาพที่ 2  
เปรียบเทียบระหว่างวิธีการแช่น้ำ และวิธีการแช่-ป่ม ที่ระยะเวลา 0, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง และ  
เปรียบเทียบระหว่างการเพาะงอกที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 35°C



ภาพที่ 2. กราฟแสดงปริมาณ GABA (mg/100g น้ำหนักแห้ง) ในตัวอย่างถั่วเหลืองเพาะ  
งอก ด้วยวิธีการแช่น้ำ ◆ วิธีการแช่-ป่ม ■ ที่อุณหภูมิห้อง  
และวิธีการแช่น้ำที่อุณหภูมิ 35°C ▲ ที่ระยะเวลา 0, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง

#### 4.2.2. ผลการวิเคราะห์ปริมาณ GABA ในตัวอย่างงาดำเพาะงอกที่อุณหภูมิห้อง

เปรียบเทียบระหว่างวิธีการแช่น้ำ และวิธีการแช่-ป่ม ที่ระยะเวลา 0, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง แสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กราฟแสดงปริมาณ GABA (mg/100g น้ำหนักแห้ง) ในตัวอย่างงาดำเพาะงอก ที่อุณหภูมิห้องด้วยวิธีการแช่น้ำ ◆ และวิธีการแช่-ป่ม ■ ที่ระยะเวลา 0, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง

#### 4.2.3 ผลการคัดเลือกสถานะในการงอกและการพัฒนาผลิตภัณฑ์

##### 4.2.3.1. ผลการคัดเลือกสถานะเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันถั่วเหลืองงอกผสมงาดำงอก

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณ GABA ในถั่วเหลืองและงาดำที่เพาะงอก ด้วยวิธีการแช่น้ำ และวิธีการแช่-ป่ม ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ถั่วเหลืองเพาะงอกด้วยวิธีการแช่น้ำที่เวลา 12 ชั่วโมง มีปริมาณ GABA สูงสุด สำหรับงาดำ พบว่า งาดำเพาะงอกด้วยวิธีการแช่-ป่ม เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีปริมาณ GABA สูงสุด ดังนั้น จึงเลือกสถานะดังกล่าวในการเพาะงอกถั่วเหลือง เพื่อเป็นวัตถุดิบในการทดลองผลิตน้ำมันถั่วเหลืองผสมงาดำ จำนวน 3 สูตร สำหรับงาดำ ได้เลือกสถานะการเพาะงอกเป็นเวลา 12 ชั่วโมงเช่นกัน เพื่อลดเวลาการเพาะงอกลง เนื่องจากปริมาณ GABA ในงาดำเพาะงอก 12 ชั่วโมง มีค่าใกล้เคียงกับในงาดำเพาะงอกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้สูงอายุ ช่วงอายุ 59-80 ปี จำนวน 40 คน ต่อผลิตภัณฑ์น้ำมันถั่วเหลือง ทั้ง 3 สูตร แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้สูงอายุต่อผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองงอก

น้ำนมถั่วเหลืองงอก	ค่าเฉลี่ยคะแนน (คะแนนเต็ม 5 คะแนน)			
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส
สูตรที่ 1 ถั่วเหลือง:งาคั่ว 100 : 0	4.25 ± 0.75 <sup>a</sup>	4.08 ± 1.00 <sup>a</sup>	4.08 ± 0.90 <sup>a</sup>	4.42 ± 0.90 <sup>a</sup>
สูตรที่ 2 ถั่วเหลือง:งาคั่ว 95 : 5	4.08 ± 0.51 <sup>a</sup>	4.17 ± 0.58 <sup>a</sup>	4.33 ± 0.49 <sup>a</sup>	4.33 ± 0.49 <sup>a</sup>
สูตรที่ 3 ถั่วเหลือง:งาคั่ว 90 : 0	4.50 ± 0.52 <sup>a</sup>	4.25 ± 0.87 <sup>a</sup>	4.08 ± 1.31 <sup>a</sup>	4.33 ± 0.89 <sup>a</sup>

ตัวอักษร a, b, c... ที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p < 0.05$ )

ประเมินผลทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และ Duncan's New Multiple Range Test

#### 4.2.3.2 ผลการคัดเลือกสภาวะเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผง

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้สูงอายุต่อผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองงอกผสมงาคั่วจำนวน 3 สูตร พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับต่อทุกผลิตภัณฑ์ในระดับคะแนน ชอบมาก ถึง ชอบมากที่สุด โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น จึงได้เลือกสูตรพื้นฐาน สูตรที่ 1 น้ำนมถั่วเหลืองจากถั่วเหลืองงอก 100% เพื่อทดลองทำเป็นผงด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) โดยศึกษาปัจจัย จำนวน 2 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของนมถั่วเหลืองผง ได้แก่ ปริมาณการเติมมอลโตเด็กซ์ทริน และอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า โดยใช้แผนการทดลองแบบ 2 x 3 Factorial Design ซึ่งประกอบด้วย 6 การทดลอง ได้ผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผงจำนวน 6 ตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผงที่ทำแห้งด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย แสดงใน ตารางที่ 4

ตารางที่ 4. ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผง

ผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผง	Ti (°C)	MD : SS	ความชื้น (%)	Yield (%)	Bulk density (Kg/m <sup>3</sup> )	WAI	WSI
ตัวอย่างที่ 1	200	0 : 1	2.77	46.81	200.82	1.58	15.10
ตัวอย่างที่ 2	200	1 : 1	2.54	51.60	227.95	1.48	11.34
ตัวอย่างที่ 3	200	2 : 1	2.32	74.34	254.62	1.04	8.45
ตัวอย่างที่ 4	180	0 : 1	2.95	31.95	234.90	3.02	19.44
ตัวอย่างที่ 5	180	1 : 1	2.73	42.71	266.92	2.98	17.78
ตัวอย่างที่ 6	180	2 : 1	2.58	77.87	290.12	1.72	16.45

หมายเหตุ : Ti (°C) = อุณหภูมิความร้อนเข้า MD = มอลโตเด็คซ์ตริน

SS = ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำนมถั่วเหลือง / Yield = ปริมาณผลผลิตที่ได้

Bulk density = ความหนาแน่นรวม / WAI = ดัชนีการดูดซับน้ำ (Water absorption index)

WSI = ดัชนีการละลายน้ำ (Water solubility index)

จากผลวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของนมถั่วเหลืองผงในรูปแบบผงจากการทำแห้งแบบพ่นฝอย (ตารางที่ 4) พบว่า เมื่อเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิร้อนเข้า อุณหภูมิที่สูงกว่า (200 °C) ทำให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ผงลดลง เนื่องจากอัตราการระเหยน้ำสูงกว่า และเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเด็คซ์ตริน (0, 1 และ 2 เท่า) ทำให้ปริมาณของแข็งที่สามารถละลายในน้ำนมถั่วเหลืองผงเพิ่มขึ้น จึงทำให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ (% yield) เพิ่มขึ้นตามลำดับ สำหรับค่าความหนาแน่น ดัชนีการดูดซับน้ำและดัชนีการละลายน้ำ พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิร้อนเข้า 180 °C ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ มีค่าทั้งสามค่าดังกล่าว สูงกว่า เมื่อใช้อุณหภูมิร้อนเข้า 200 °C

#### 4.2.3.3 ผลการคัดเลือกสภาวะเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองงอกอบแห้ง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไอโซฟลาโวน และปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ของถั่วเหลืองและงาคั่วที่เพาะงอก ด้วยวิธีการแช่น้ำ และวิธีการแช่-ป่มที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 35°C เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกสภาวะการเพาะงอกที่เหมาะสม สำหรับใช้ในการทดลองผลิตถั่วเหลืองงอกอบแห้ง เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบผลิตเต้าหู้ต่อไป แสดงในตารางที่ 5 และตารางที่ 6

ตารางที่ 5. ปริมาณIsoflavone ( $\mu\text{g}$  aglycon equivalents/g) ในถั่วเหลืองเพาะงอก

เวลาที่ใช้ในการ เพาะงอก (ชั่วโมง)	กลุ่มIsoflavone glucosides ( $\mu\text{g}$ aglycon equivalents/g)			กลุ่ม Isoflavone Aglycones ( $\mu\text{g}$ aglycon equivalents/g)			Total Isoflavone
	Daidzin	Glycitin	Genistin	Daidzein	Glycitein	Genistein	
การเพาะงอกที่อุณหภูมิห้อง							
ถั่วเริ่มต้น	825.67	9.77	1381.03	0	0	0	2216.50
แช่น้ำ 4 ชม.	749.92	10.19	1253.72	38.89	0	59.22	2111.94
แช่น้ำ 6 ชม.	758.93	10.58	1284.61	42.37	0	61.24	2157.74
แช่น้ำ 10 ชม.	775.36	10.00	1273.02	45.46	0	63.31	2167.16
แช่น้ำ 12 ชม.	723.72	10.35	1227.77	42.01	0	59.90	2063.75
แช่น้ำ 24 ชม.	717.86	8.51	1286.41	0	0	0	2012.78
แช่ป่ม 6 ชม.	755.59	11.27	1221.66	0	0	29.21	2017.74
แช่ป่ม 12 ชม.	695.89	7.67	1215.43	0	0	0	1919.00
แช่ป่ม 24 ชม.	695.24	9.84	1144.77	0	0	27.87	1877.73
การเพาะงอกที่อุณหภูมิ 35°C							
แช่น้ำ 4 ชม.	822.16	11.02	1238.30	59.71	0	52.15	2183.34
แช่น้ำ 6 ชม.	854.61	11.23	1338.90	66.29	0	51.10	2322.13
แช่น้ำ 8 ชม.	781.00	11.89	1193.91	55.94	0	81.50	2124.24
แช่น้ำ 12 ชม.	713.84	7.91	1223.03	50.72	0	77.65	2073.15
แช่น้ำ 24 ชม.	742.82	8.52	1276.27	35.18	0	42.15	2104.94

ตารางที่ 6. ปริมาณ Total phenolic content (mg /100g dry weight) ของถั่วเหลืองและงาดำ  
เพาะงอก

เมล็ดพืช	สภาวะการ เพาะงอก	อุณหภูมิ	เวลา (ชั่วโมง)	Total phenolic content (mg GAE/100g dry weight)
ถั่วเหลือง	แช่น้ำ	อุณหภูมิห้อง	เริ่มต้น	213.56
			4	220.86
			6	220.97
			8	172.93
			12	163.21
			24	179.99
		อุณหภูมิ 35°C	4	152.00
			6	169.32
			8	186.09
			12	202.47
	24		222.90	
	แช่-บ่ม	อุณหภูมิห้อง	6	238.71
			12	187.00
			24	189.97
	งาดำ	แช่น้ำ	อุณหภูมิห้อง	เริ่มต้น
6				85.30
12				72.82
24				76.98
48				65.90
แช่-บ่ม		6		63.67
		12		79.80
		24		101.46

จากการพิจารณา ปริมาณสารสำคัญต่างๆ ทั้งปริมาณ GABA ปริมาณไอโซฟลาโวน และปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่า สภาวะที่เหมาะสมในการเพาะงอกถั่วเหลือง ได้แก่ สภาวะการเพาะงอกด้วยวิธีการแช่น้ำ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง แม้ว่า สภาวะการแช่น้ำ ที่อุณหภูมิ 35°C จะให้ปริมาณ GABA สูงสุด แต่การควบคุมอุณหภูมิคงที่เช่นนั้น ไม่สะดวก ในทางปฏิบัติ และเมื่อพิจารณาร่วมกับค่าปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณไอโซฟลาโวน เปรียบเทียบระหว่างการแช่น้ำถั่วเหลืองที่เวลา 6 ชั่วโมงและ 12 ชั่วโมง นั้น พบว่า ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองแช่น้ำ 12 ชั่วโมงกลับมีค่าลดลง แม้ว่าปริมาณ GABA สูงขึ้นก็ตาม ดังนั้น จึงเลือกสภาวะการเพาะงอกถั่วเหลืองด้วยวิธีการแช่น้ำ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เป็นสภาวะการเพาะงอกเพื่อเพิ่มสาร GABA ก่อนนำถั่วเหลืองงอกไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C จนได้ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองงอกอบแห้งสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบทดลองผลิตเต้าหู้ต่อไป ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate composition) ของถั่วเหลืองงอกอบแห้ง เปรียบเทียบกับ ถั่วเหลืองที่เป็นวัตถุดิบเริ่มต้น แสดงในตารางที่ 7 และแสดงภาพลักษณะถั่วเหลืองวัตถุดิบก่อนเพาะงอก และถั่วเหลืองงอกอบแห้ง ในภาพที่ 4

ตารางที่ 7. องค์ประกอบทางเคมี ของถั่วเหลืองที่เป็นวัตถุดิบเริ่มต้น และถั่วเหลืองงอกอบแห้ง

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เถ้า (%)	คาร์โบไฮเดรต (% by difference)	พลังงาน (Kcal)
ถั่วเหลืองเริ่มต้น	8.32	33.48	21.09	4.88	32.23	452.56
ถั่วเหลืองงอกอบแห้ง	12.67	33.11	20.22	4.14	29.86	433.86



ภาพที่ 4. แสดงลักษณะของถั่วเหลืองวัตถุดิบเริ่มต้น และถั่วเหลืองเพาะงอกอบแห้ง

#### 4.3 ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้จากถั่วเหลืองงอกอบแห้ง

ทดลองผลิตเต้าหู้อ่อนจาก ถั่วเหลืองงอกอบแห้ง เปรียบเทียบกับเต้าหู้อ่อนปกติ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate composition) แสดงในตารางที่ 8 และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยบุคลากรของสถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ช่วงอายุ 51-65 ปี จำนวน 16 คน แสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 8. องค์ประกอบทางเคมี ของเต้าหู้จากถั่วเหลืองงอกอบแห้ง และเต้าหู้ปกติ

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เถ้า (%)	คาร์โบไฮเดรต (% by difference)	พลังงาน (Kcal)
เต้าหู้ปกติ	67.54	15.50	9.68	3.09	4.19	165.88
เต้าหู้จากถั่วเหลือง งอกอบแห้ง	67.27	15.69	11.50	3.87	1.67	172.94

ตารางที่ 9. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้จากถั่วเหลืองงอกอบแห้ง

ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยคะแนน (คะแนนเต็ม 7 คะแนน)				
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
เต้าหู้ปกติ	4.94 <sup>b</sup>	5.06 <sup>b</sup>	5.19 <sup>a</sup>	4.44 <sup>a</sup>	4.56 <sup>a</sup>
เต้าหู้จากถั่ว เหลืองงอก อบแห้ง	6.06 <sup>a</sup>	5.88 <sup>a</sup>	5.63 <sup>a</sup>	5.13 <sup>a</sup>	5.31 <sup>a</sup>

ตัวอักษร a, b, c... ที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p < 0.05$ )

ประเมินผลทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และ Duncan's New Multiple Range Test

#### ข้อมูลทั่วไปของผู้ทดสอบ

1. เพศหญิง 93.75% เพศชาย 6.25%
2. อายุ 50-55 ปี 31.25%  
อายุ 56-60 ปี 62.50%  
อายุ 61-65 ปี 6.25%
3. ความถี่ของการรับประทานเต้าหู้  
เกือบทุกวัน 6.67%  
1-3 ครั้งต่อสัปดาห์ 40%  
1-4 ครั้งต่อสองสัปดาห์ 40%  
1 ครั้งต่อเดือน 13.33%
4. เหตุผลในการรับประทานเต้าหู้เพราะ

- มีคุณค่าทางอาหาร โปรตีนสูงและมีสารสำคัญต่อสุขภาพหลายชนิด
- รับประทานง่าย
- นุ่มและย่อยง่าย
- ให้แคลเซียม เสริมกระดูกให้แข็งแรง
- ชอบโปรตีนจากพืช

a. ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้จากวัตถุดิบผสมของถั่วเหลืองงอกอบแห้งและถั่วเหลืองปกติ

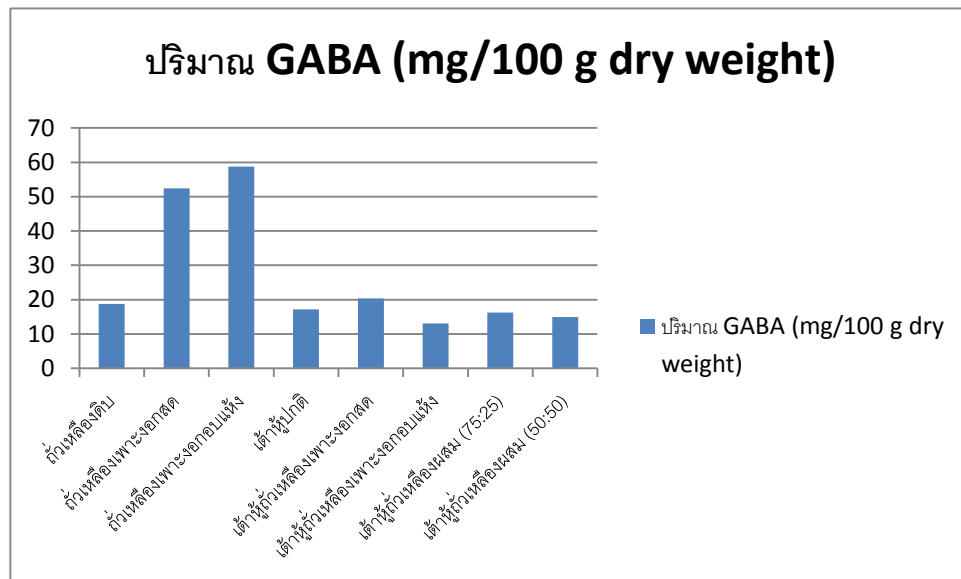
เนื่องจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส ให้ข้อคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์ว่า เต้าหู้จากถั่วเหลืองงอกอบแห้ง มีเนื้อสัมผัสที่ยุบเกินไป ในขณะที่เต้าหู้ปกติมีเนื้อสัมผัสแข็งเกินไป ดังนั้น เพื่อพัฒนาคุณภาพของเต้าหู้ให้มีเนื้อสัมผัสดีขึ้น จึงได้ทดลองใช้ถั่วเหลืองปกติ และถั่วเหลืองงอกอบแห้ง ผสมกันในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตเต้าหู้

ผลการทดลองผลิตเต้าหู้อ่อนจากถั่วเหลืองงอกอบแห้งผสมกับถั่วเหลืองปกติ เปรียบเทียบกับเต้าหู้จากถั่วเหลืองเพาะงอกสด แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate composition) ในตารางที่ 10

ตารางที่ 10. องค์ประกอบทางเคมี ของเต้าหู้จากถั่วเหลืองเพาะงอกแบบสด และเต้าหู้จากถั่วเหลืองผสม

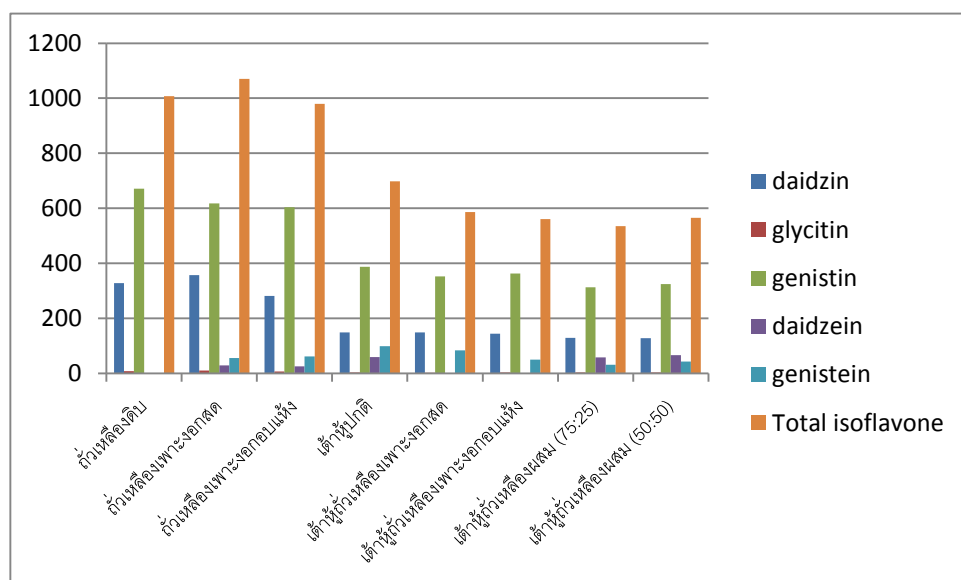
ตัวอย่าง	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เถ้า (%)	คาร์โบไฮเดรต (% by difference)	พลังงาน (Kcal)
เต้าหู้จากถั่วเหลือง งอกสด	73.78	14.33	7.36	3.30	1.23	143.24
เต้าหู้จากถั่วเหลือง ผสม ปกติ: งอก แห้ง = 25:75	72.40	15.54	8.11	3.19	0.76	138.19
เต้าหู้จากถั่วเหลือง ผสม ปกติ: งอก แห้ง = 50:50	72.93	13.88	7.31	2.99	2.89	132.87

ผลวิเคราะห์ปริมาณ GABA (mg/100g dry weight) ในถั่วเหลืองและเต้าหู้ที่ผลิตจาก  
วัตถุดิบถั่วเหลืองแตกต่างกัน แสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 5 กราฟแสดงปริมาณ GABA (mg/100g dry weight) ในถั่วเหลือง และเต้าหู้ที่ผลิตจาก  
วัตถุดิบ ถั่วเหลืองแตกต่างกัน

ผลวิเคราะห์ปริมาณไอโซฟลาโวน ( $\mu\text{g aglycon equivalents/g}$ ) ในถั่วเหลืองและ  
เต้าหู้ที่ผลิตจากวัตถุดิบถั่วเหลืองแตกต่างกัน แสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟแสดงปริมาณไอโซฟลาโวน ( $\mu\text{g aglycon equivalents/g}$ ) ในถั่วเหลือง และเต้าหู้ที่  
ผลิตวัตถุดิบถั่วเหลืองแตกต่างกัน

## บทที่ 5

### การอภิปรายและวิจารณ์ผล

เมล็ดพืชควรมีเปอร์เซ็นต์การงอกไม่น้อยกว่า 80% จึงจะเหมาะสมสำหรับนำมาทดลองเพาะงอกเพื่อเพิ่มสาร GABA จากตารางที่ 1 และ 2 เปรียบเทียบผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดถั่วเหลือง และเมล็ดงาคำ ที่ระยะเวลาเพาะงอก 15 ชั่วโมง พบว่า เมล็ดถั่วเหลืองมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงถึง 90% ในขณะที่ งาคำมีการงอกเพียง 60% อาจเนื่องจากเมล็ดถั่วเหลืองเป็นเมล็ดพืชที่เก็บเกี่ยวใหม่ จึงมีอัตราการงอกค่อนข้างสูง ส่วนเมล็ดงาคำที่ซื้อจากซูเปอร์มาร์เกตไม่ทราบอายุการเก็บเกี่ยว ซึ่งจากผลการทดสอบ แสดงว่า เมล็ดงาคำไม่ใช่เมล็ดที่เก็บเกี่ยวใหม่ ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำกว่าเมื่อเทียบกับถั่วเหลือง อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มเวลาเพาะงอกงาคำออกไปเป็น 21 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์การงอก เพิ่มขึ้นเกิน 80% ดังนั้นจึงสามารถใช้ทั้งเมล็ดถั่วเหลือง และเมล็ดงาคำ เป็นวัตถุดิบในการทดลองต่อไป

#### การหาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะงอก

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณ GABA ในตัวอย่างถั่วเหลืองเพาะงอก เปรียบเทียบระหว่างวิธีการแช่น้ำ กับวิธีการแช่-บ่ม ที่ระยะเวลา 0, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง และเปรียบเทียบระหว่างการเพาะงอกที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 35°C (ภาพที่ 2) แสดงให้เห็นว่า วิธีการเพาะงอก และอุณหภูมิมีผลต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงกรดกลูตามิกเป็น GABA โดยวิธีการแช่น้ำ (Soaking treatment) ทำให้เกิดกระบวนการดังกล่าวและเพิ่มปริมาณสาร GABA ได้เร็วกว่าวิธีการแช่-บ่ม ผลการทดลองสอดคล้องกับผลการทดลองของ Matsuyama et al., 2009 ที่พบว่า ที่เวลาเพาะงอก 6 ชั่วโมงเท่ากัน ถั่วเหลืองแช่น้ำมีปริมาณ GABA สูงกว่าถั่วเหลืองแช่-บ่ม ในระหว่างการรักษาอุณหภูมิกองที่ (35°C) ในระหว่างการงอก มีผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาณ GABA อย่างต่อเนื่อง และมีปริมาณสูงสุดที่ระยะเวลาเพาะงอก 24 ชั่วโมง อธิบายได้ว่า การแช่น้ำที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้อง (30°C) มีผลต่อการดูดซึมน้ำ (water uptake) เข้าสู่เมล็ดถั่วเหลืองได้ดีกว่า ซึ่งในกระบวนการงอกนี้ น้ำเป็นส่วนสำคัญที่สุดในการก่อให้เกิดกระบวนการไฮโดรไลซิส และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี สอดคล้องกับรายงานของ Chung et al., 2009 ที่ทดลองแช่เมล็ดข้าวบาร์เลย์ ในน้ำที่อุณหภูมิ 5, 15 และ 35°C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง และพบว่า อุณหภูมิของการแช่ที่สูงขึ้น มีผลให้ปริมาณน้ำในข้าวบาร์เลย์สูงขึ้น ตามลำดับ

สำหรับการเพาะงอกเมล็ดงาดำ (ภาพที่ 3) ให้ผลแตกต่างจากการเพาะงอกเมล็ดถั่วเหลือง เนื่องจากวิธีการแช่-บ่ม มีผลต่อการเพิ่มปริมาณ GABA ในเมล็ดงาดำ ได้มากกว่าวิธีการแช่น้ำ โดยการแช่-บ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ให้ปริมาณ GABA สูงสุด ประมาณ 10 mg/100g น้ำหนักแห้งในงาดำเพาะงอก

จากการวิเคราะห์ปริมาณ GABA ในเมล็ดถั่วเหลืองเพาะงอกและงาดำเพาะงอก เพื่อใช้เป็นเกณฑ์พิจารณาประกอบในการคัดเลือกสภาวะการงอกที่เหมาะสม ได้คัดเลือกสภาวะการเพาะงอกถั่วเหลืองด้วยวิธีการแช่น้ำ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และการเพาะงอกงาดำ ด้วยวิธีการแช่-บ่ม เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อเตรียมเมล็ดถั่วเหลืองงอกและเมล็ดงาดำงอก สำหรับเป็นวัตถุดิบในการทดลองผลิตน้ำมันถั่วเหลืองผสมงาดำ จำนวน 3 สูตร ได้แก่ สูตรอัตราส่วนถั่วเหลืองงอก: งาดำงอก = 100:0, 95:5 และ 90:10

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้สูงอายุ ช่วงอายุ 52-80 ปี จำนวน 40 คน ต่อผลิตภัณฑ์น้ำมันถั่วเหลืองผสมงาดำงอก ทั้ง 3 สูตร พบว่า ผู้สูงอายุให้คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์น้ำมันถั่วเหลืองผสมงาดำ ทั้ง 3 สูตร ในระดับคะแนน ชอบมาก ถึง ชอบมากที่สุด โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องจาก ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ มีความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์น้ำมันถั่วเหลืองอยู่แล้ว จึงยอมรับน้ำมันถั่วเหลืองเพาะงอกทุกผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี ดังนั้นเพื่อคัดเลือกน้ำมันถั่วเหลือง 1 สูตรสำหรับทดลองทำเป็นผงด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) จึงได้เลือกสูตรพื้นฐาน สูตรที่ 1 น้ำมันถั่วเหลืองจากถั่วเหลืองงอก 100%

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันถั่วเหลืองงอกผงจากการทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่า อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และปริมาณมอลโตเด็กซ์ทริน มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผง ดังแสดงในตารางที่ 4 แต่จากการวิเคราะห์ปริมาณ GABA ในผลิตภัณฑ์น้ำมันถั่วเหลืองงอกผง พบว่า peak ของ GABA ใน HPLC Chromatogram จากวิธีการวิเคราะห์ GABA ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ไม่แยกอย่างสมบูรณ์ สำหรับตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองงอกผงที่มีมอลโตเด็กซ์ทริน จึงไม่สามารถรายงานผลปริมาณ GABA ในตัวอย่างดังกล่าวได้ อย่างไรก็ตาม ตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองงอกผงในสูตรที่ไม่มีมอลโตเด็กซ์ทริน สามารถวิเคราะห์ปริมาณ GABA ได้ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 40 – 50 mg/100 g ซึ่งแสดงว่าความร้อนที่อุณหภูมิ 200°C ในการทำแห้งแบบพ่นฝอย ไม่มีผลกระทบต่อสาร GABA ในผลิตภัณฑ์น้ำมันถั่วเหลืองงอก

ผลของการเพาะงอกต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองเพาะงอก (ตารางที่ 5) ถั่วเหลืองดิบเริ่มต้น ไม่มีสารไอโซฟลาโวนที่อยู่ในรูป aglycones form การเพาะงอก ถั่วเหลือง มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์  $\beta$ -glucosidase ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนสารไอโซฟลาโวนที่อยู่ในรูป glucosides form (daidzin genistin glycitin) ให้เป็น aglycones form (daidzein genistein glycitein) ซึ่งเป็นผลดีต่อการนำไปใช้ประโยชน์เชิงสุขภาพเพราะ aglycones (daidzein และ genistein) มี bioavailability สูงกว่า conjugated glucosides form ดังนั้น จึงพบ Daidzein และ Genistein เกิดขึ้นในถั่วเพาะงอก ด้วยวิธีการแช่น้ำทุกตัวอย่าง ที่เวลาการแช่ 4, 6, 10, 12 และ 24 ชั่วโมง ทั้งที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิ  $35^{\circ}\text{C}$  แต่ไม่พบ Daidzein ในถั่วเพาะงอกด้วยวิธีการแช่-ต้ม

ผลของการเพาะงอกต่อปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดในถั่วเหลืองเพาะงอก (ตารางที่ 6) พบว่า ถั่วเหลืองเพาะงอกด้วยวิธีการแช่น้ำที่เวลา 4 และ 6 ชั่วโมง มีปริมาณสารฟีนอลิกใกล้เคียงกัน ( $\sim 220$  mg GAE/100 g dry weight) และปริมาณสูงกว่าที่เวลาการแช่อื่นๆ ซึ่งผลเป็นไปในทิศทางเดียวกับปริมาณไอโซฟลาโวน ของทั้ง 2 ตัวอย่าง แต่เนื่องจากเมื่อพิจารณาพร้อมกับปริมาณ GABA พบว่า ที่เวลาการแช่ 6 ชั่วโมง ถั่วเพาะงอกมีปริมาณ GABA สูงกว่าที่เวลาการแช่ 4 ชั่วโมง ดังนั้นจึงเลือกสภาวะการเพาะงอกด้วยวิธีการแช่น้ำ 6 ชั่วโมงเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับผลิตถั่วเหลืองงอก ก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ  $50^{\circ}\text{C}$  เพื่อเตรียมเมล็ดถั่วเหลืองงอกอบแห้งสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการทดลองผลิตเต้าหู้

#### การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ที่มี GABA

เต้าหู้ที่ใช้ถั่วเหลืองงอกอบแห้งเป็นวัตถุดิบอย่างเดียว (ตารางที่ 8) มีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลง และมีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับเต้าหู้ปกติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Marileusa et al., 2006 เฉพาะในส่วนของไขมันและคาร์โบไฮเดรต ที่รายงานไว้ว่า นมถั่วเหลืองจากถั่วเพาะงอกมีปริมาณโปรตีนและไขมันเพิ่มขึ้นประมาณ 40% ในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลง ซึ่งในส่วนของปริมาณโปรตีนนั้น สาเหตุที่ไม่พบการเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีนในเต้าหู้จากถั่วเหลืองเพาะงอก น่าจะมาจาก โปรตีนตกตะกอนไม่หมดระหว่างการทำเต้าหู้ เนื่องจาก หางนม (tofu whey) จากการทำเต้าหู้ถั่วเหลืองเพาะงอก มีลักษณะข้นกว่าหางนมจากการทำเต้าหู้ปกติ ซึ่งลักษณะดังกล่าว แสดงว่า ปริมาณสาร

ตกตะกอน หรือปริมาณแคลเซียมซัลเฟตที่ใช้ในการตกตะกอนน้อยเกินไป ทำให้โปรตีนตกตะกอนไม่หมด ดังนั้น จึงควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับชนิดและปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสม สำหรับการทำให้เต้าหู้จากถั่วเหลืองเพาะงอก

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้ทั้ง 2 ตัวอย่าง ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่อลักษณะปรากฏของเต้าหู้จากถั่วเหลืองงอกอบแห้ง มากกว่าเต้าหู้ปกติ เนื่องจากมีเนื้อละเอียดกว่า ในขณะที่ เต้าหู้ปกติมีรูพรุนค่อนข้างมาก เนื่องจากฟองอากาศที่เกิดขึ้นในระหว่างการตีปั่นถั่วกับน้ำ อย่างไรก็ตาม ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมของทั้ง 2 ตัวอย่าง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับคะแนนชอบเล็กน้อย โดยให้ข้อคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์ว่า เต้าหู้จากถั่วเหลืองงอกอบแห้ง มีเนื้อสัมผัสที่ยุ่ยเกินไป ในขณะที่เต้าหู้ปกติมีเนื้อสัมผัสแข็งเกินไป ดังนั้น เพื่อพัฒนาคุณภาพของเต้าหู้ให้มีเนื้อสัมผัสดีขึ้น จึงได้ทดลองใช้ถั่วเหลืองปกติ และถั่วเหลืองงอกอบแห้ง ผสมกันในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตเต้าหู้ พร้อมทั้งวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในผลิตภัณฑ์เต้าหู้ที่ผลิตขึ้น

จากผลวิเคราะห์ Proximate composition ของเต้าหู้ที่ใช้ถั่วเหลืองงอกสดเป็นวัตถุดิบอย่างเดียว เปรียบเทียบกับ เต้าหู้จากวัตถุดิบผสมของถั่วเหลืองเพาะงอกอบแห้งและถั่วเหลืองปกติ ในอัตราส่วน 75:25 และ 50:50 (ตารางที่ 10) และเปรียบเทียบกับเต้าหู้จากถั่วเหลืองงอกอบแห้งและเต้าหู้ปกติ (ตารางที่ 8) พบว่า เต้าหู้จากวัตถุดิบผสมของถั่วเหลืองเพาะงอกอบแห้งและถั่วเหลืองปกติ ให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและปริมาณแคลอรีต่ำกว่า เต้าหู้ปกติและเต้าหู้จากถั่วเหลืองงอกอย่างเดียว

เมื่อพิจารณาผลวิเคราะห์ปริมาณ GABA ในเต้าหู้ที่เตรียมจากวัตถุดิบถั่วเหลืองแตกต่างกัน (ภาพที่ 5) พบว่า เต้าหู้จากถั่วเหลืองเพาะงอกสด มีปริมาณ GABA สูงสุด 20.34 mg/100 g dry weight และมีปริมาณมากกว่า เต้าหู้ปกติ > เต้าหู้จากถั่วเหลืองผสม (75:25) > เต้าหู้จากถั่วเหลืองผสม (50:50) > เต้าหู้จากถั่วเหลืองเพาะงอกอบแห้ง ตามลำดับ ถึงแม้ว่าในถั่วเหลืองเพาะงอกอบแห้งมีปริมาณ GABA สูงสุดก็ตาม ซึ่งแสดงว่า มีการสูญเสียของสาร GABA ในระหว่างกระบวนการทำเต้าหู้ โดยเฉพาะเมื่อใช้ถั่วเหลืองเพาะงอกอบแห้งเป็นวัตถุดิบ ทั้งนี้ เนื่องจากสาร GABA ละลายน้ำได้ จึงมีโอกาสเกิดการสูญเสียได้ในเกือบทุกขั้นตอนของการทำเต้าหู้ ทั้งขั้นตอนการแช่ถั่วเหลือง ขั้นตอนการสกัดน้ำนมถั่วเหลือง ตลอดจนขั้นตอนการตกตะกอน อย่างไรก็ตาม เป็นที่น่าสังเกตว่า เต้าหู้ปกติมีปริมาณ GABA ค่อนข้างสูง อาจเนื่องจาก

ในขั้นตอนการแช่น้ำถั่วเหลืองดิบเพื่อให้เมล็ดถั่วนิ่มลงนั้น ได้ใช้น้ำอุ่นที่อุณหภูมิประมาณ 45°C เมื่อเริ่มแช่ และใช้เวลาแช่ถั่วเหลืองดิบนาน 4 ชั่วโมง ซึ่งสภาวะการแช่ดังกล่าว อาจมีผลให้ถั่วเหลืองเกิดการดูดซึมน้ำ (water uptake) ได้ดี ทำให้เกิดกระบวนการเพาะงอกขึ้น ดังนั้น จึงเกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาณ GABA ในถั่วเหลืองดิบแช่น้ำ ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำเต้าหู้ปกติดังกล่าว

จากผลวิเคราะห์ปริมาณไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองดิบ ถั่วเหลืองเพาะงอก และเต้าหู้ที่เตรียมจากวัตถุดิบถั่วเหลืองแตกต่างกัน (ภาพที่ 6) พบว่า ถั่วเหลืองเพาะงอกสด มีปริมาณไอโซฟลาโวนสูงสุด แต่เมื่อเตรียมเต้าหู้จากถั่วเหลืองดังกล่าว และจากถั่วเหลืองดิบ พบว่า เต้าหู้ปกติจากถั่วเหลืองดิบมีปริมาณไอโซฟลาโวนทั้งหมดสูงกว่าเต้าหู้จากถั่วเหลืองเพาะงอก และไม่พบปริมาณ daidzein ในเต้าหู้ทั้งจากถั่วเหลืองเพาะงอกสดและจากถั่วเหลืองเพาะงอกอบแห้ง ซึ่งน่าจะเกิดจากการสูญเสียไปในขั้นตอนการทำเต้าหู้ นั่นเอง จึงมีผลทำให้ปริมาณไอโซฟลาโวนทั้งหมดลดลง และมีปริมาณน้อยกว่าในเต้าหู้ปกติและเต้าหู้จากถั่วเหลืองผสม (75:25 และ 50:50) ทั้งนี้ เนื่องจากสภาวะการเพาะงอกและความร้อนในการอบแห้ง ของกระบวนการผลิตถั่วเหลืองเพาะงอกและเพาะงอกอบแห้ง มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง สภาพตามธรรมชาติของโปรตีนในถั่วเหลือง และส่งผลกระทบต่อลักษณะโครงสร้างของ protein network ที่เกิดขึ้นในกระบวนการตกตะกอนโปรตีนของการทำเต้าหู้ ซึ่งหากรูพรุนของ protein network มีขนาดใหญ่เกินไป จะทำให้ไม่สามารถกักเก็บ สารไอโซฟลาโวน Daidzein และ Genistein ไว้ได้ และเกิดการสูญเสียไปอยู่ในส่วนของ tofu whey นอกจากนี้ การแช่ถั่วเหลืองดิบในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 45°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการทำงานของเอนไซม์  $\beta$ -glucosidase ยังช่วยเร่งการเปลี่ยนแปลง conjugated glucosides ให้เป็น aglycones ด้วย จึงทำให้เต้าหู้จากถั่วเหลืองดิบ มีปริมาณ Daidzein และ Genistein ค่อนข้างสูง

ดังนั้น จากผลวิจัยดังกล่าวข้างต้น จึงสามารถสรุปได้ว่า ถั่วเหลืองเพาะงอกสดเหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเต้าหู้ที่มีสาร GABA มากกว่าถั่วเหลืองเพาะงอกอบแห้ง อย่างไรก็ตาม ถั่วเหลืองเพาะงอกอบแห้ง มีข้อดีคือ สามารถเก็บรักษาได้นาน และเมื่อใช้เป็นวัตถุดิบผสมกับถั่วเหลืองปกติ ในอัตราส่วนที่เหมาะสม จะช่วยปรับปรุงคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ นอกจากนี้เต้าหู้จากถั่วเหลืองผสมของถั่วเหลืองเพาะงอกอบแห้งและถั่วเหลืองปกติ ยังให้พลังงานน้อยกว่าเต้าหู้ปกติ จึงเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมปริมาณแคลอรีจากการบริโภคอาหาร

## บทที่ 6

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเพาะงอกเพื่อเพิ่มสาร GABA ในเมล็ดถั่วเหลือง คือ สภาวะการแช่น้ำเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง เมล็ดถั่วเหลืองงอกมีปริมาณ GABA อยู่ในช่วง 46.25-52.42 mg/100 g dry weight
2. ผลิตภัณฑ์เต้าหู้ ที่เตรียมจากวัตถุดิบถั่วเหลืองเพาะงอกสด มีปริมาณ GABA 20.34 mg/100 g dry weight และมีปริมาณสูงกว่า เต้าหู้ปกติ และเต้าหู้จากถั่วเหลืองเพาะงอกอบแห้ง ตามลำดับ
3. สาร GABA ละลายน้ำได้ ดังนั้นสาร GABA ที่มีอยู่ในถั่วเหลืองเพาะงอกส่วนหนึ่ง จึงเกิดการสูญเสียไปในขั้นตอนการเตรียมเต้าหู้
4. สภาวะการเพาะงอกและการอบแห้ง ในกระบวนการผลิตถั่วเหลืองเพาะงอก และเพาะงอกอบแห้ง มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง สภาพตามธรรมชาติของโปรตีนในถั่วเหลือง และส่งผลกระทบต่อลักษณะโครงสร้างของ protein network ที่เกิดขึ้นในกระบวนการตกตะกอนโปรตีนของการทำเต้าหู้ ซึ่งหากทรูพรุนของ protein network มีขนาดใหญ่เกินไป จะทำให้ไม่สามารถกักเก็บ สารไอโซฟลาโวน Daidzein และ Genistein ไว้ได้ และเกิดการสูญเสียไปอยู่ในส่วนของ tofu whey
5. การใช้เมล็ดถั่วเหลืองดิบ ผสมกับเมล็ดถั่วเหลืองเพาะงอกอบแห้ง เป็นวัตถุดิบในการเตรียมเต้าหู้ แทนการใช้เมล็ดถั่วเหลืองดิบ หรือ เมล็ดถั่วเหลืองเพาะงอกอบแห้ง เพียงอย่างเดียว ทำให้ผลิตภัณฑ์เต้าหู้มีเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น นอกจากนั้น ยังมีปริมาณแคลอรีน้อยกว่าเต้าหู้ปกติ ด้วย จึงช่วยลดปริมาณแคลอรีที่ผู้บริโภคจะได้รับจากการรับประทานเต้าหู้

ดังนั้น ผลิตภัณฑ์เต้าหู้จากถั่วเหลืองผสมดังกล่าว จึงเป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุที่มีน้ำหนักตัวมากเกินไป และมีภาวะความดันโลหิตสูง ร่วมด้วย เนื่องจาก มีรายงานการวิจัยว่า การได้รับปริมาณ GABA อย่างต่อเนื่อง สามารถช่วยลดภาวะความดันโลหิตสูงได้ (Aoki et al., 2003; Hayakawa et al., 2002)

### ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ในปัจจุบัน มีผลิตภัณฑ์อาหารเสริม GABA จำหน่ายในรูปแบบเม็ด สำหรับผู้บริโภค ซึ่งอาหารเสริมดังกล่าวได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี ดังนั้น ก่อนบริโภคอาหารเสริมในลักษณะดังกล่าว ผู้บริโภคควรอ่าน คำเตือน บนฉลาก ก่อน เนื่องจาก ในกระบวนการสังเคราะห์สาร อาจมี องค์ประกอบ หรือสารเคมีบางตัวที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคที่มีโรคประจำตัว อาทิเช่น ผู้เป็นโรคเบาหวาน ฯลฯ หรืออาจมีผลกระทบต่อสตรีมีครรภ์ หรืออยู่ในระหว่างให้นมบุตร

ดังนั้น หากผู้บริโภคต้องการเสริมสุขภาพ ด้วยสาร GABA การบริโภคอาหารที่มี สาร GABA จากกระบวนการทางธรรมชาติ จึงดีกว่าในแง่ความปลอดภัยในการบริโภค ซึ่งในปัจจุบัน มีอาหารหลากหลายชนิดที่มีสาร GABA ให้ผู้บริโภคได้เลือกรับประทาน อาทิเช่น ข้าว กกล้องอก (GABA Rice) ทั้งจากข้าวหอมมะลิ ข้าวสาลี และข้าวพันธุ์อื่นๆ เครื่องดื่ม น้ำนมข้าว กกล้องอกชนิดพร้อมดื่ม และชนิดชงดื่ม นอกจากนั้นกระบวนการผลิตไบชา ก็ทำให้เกิดสาร GABA ได้เช่นกัน จึงมีผลิตภัณฑ์ GABA tea ในท้องตลาดด้วย ข้อมูลวิธีการเพาะงอกเมล็ดถั่วเหลืองจากงานวิจัยนี้ เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง สำหรับผู้บริโภคที่จะนำไปทดลองใช้ในการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง หรือเตรียมเต้าหู้ เพื่อเพิ่มประโยชน์ต่อสุขภาพจากการรับประทานผลิตภัณฑ์อาหารจากถั่วเหลืองที่มี GABA เพิ่มขึ้น นอกเหนือจากประโยชน์อื่นๆของถั่วเหลืองที่ได้รับอยู่แล้ว ซึ่งการบริโภคอาหารที่มีสาร GABA นอกจากได้รับประโยชน์เชิงสุขภาพแล้ว ที่สำคัญ คือ ได้รับรสชาติ และความอร่อยจากการบริโภคอาหารไปพร้อมๆกัน จึงแตกต่างจากการได้รับ GABA จากผลิตภัณฑ์อาหารเสริม

## เอกสารอ้างอิง

- รัตนา ปากเพียรกิจวัฒนา. 2534. ความต้องการสารอาหารในผู้สูงอายุ, น. 79-88. ใน เอกสารการประชุมโภชนาการ 32 หัวข้อ ก้าวไปกับโภชนาการเพื่อสุขภาพ.
- พัชรี ตั้งตระกูล, วารุณี วารุญญานนท์, วิภา สุโรจนะเมธากุล และ ถัดดา วัฒนศิริธรรม. 2548. การใช้ประโยชน์จากคัพภะข้าวและข้าวกล้องงอกเป็นอาหารสุขภาพเพื่อเพิ่มมูลค่า. รายงานวิจัยเสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- Aoki, H., Y. Furuya, Y. Endo and K.Fujimoto. 2003. Effect of  $\gamma$ -Aminobutyric Acid-enriched Tempeh-like fermented soybean (GABA-Tempeh) on the Blood pressure of Spontaneously Hypertensive Rats. **Biosci. Biotech. Bioch.** 67 (8): 1806-1808.
- A.O.A.C. 2005. **Official Methods of Analysis**. 17<sup>th</sup> ed., The Association of Official Analytical Chemistry, Washington DC, U.S.A.
- Chung, H.J., S.H. Jang, H.Y. Cho and S.T. Lim. 2009. Effects of steeping and anaerobic treatment on GABA ( $\gamma$ -amino butyric acid) content in germinated waxy hull-less barley. **LWT- Food Sci. Technol.** 42: 1712-1716.
- Cohen, S.A., and D.P. Michaud. 1993. Synthesis of a fluorescent derivatizing reagent, 6-Aminoquinolyl-*N*-hydroxysuccinimidyl carbamate and its application for the analysis of hydrolysate amino acids via high performance liquid chromatography. **Anal. Biochem.** 211: 279-287.
- Fernandez-Orozco, R., J. Frias, H. Zielinski, M.K. Piskula, H. Kozłowska and C. Vidal-Valverde. 2008. Kinetic study of the antioxidant compounds and antioxidant capacity of *Vigna radiata* cv. *emmerald*, *Glycine max* cv. *jutro* and *Glycine max* cv. *merit*. **Food Chem.** 111: 622-630.
- Hahm, T.H., S.J. Park and L.Y. Martin. 2009. Effects of germination on chemical composition and functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.). **Bioresour. Technol.** 100: 1643-1647.

- Hayakawa, K., M. Kimura and K. Kamata. 2002. Mechanism underlying  $\gamma$ -amino butyric acid-induced antihypertensive effect in spontaneously hypertensive rats. **Eur. J. Pharmacol.** 438: 107-113.
- Klump, S.P., M.C. Allread, J.L. Macdonald and J.M. Ballam. 2001. Determination of isoflavones in soy and selected foods containing soy by Extraction, Saponification, and Liquid chromatography: Collaborative study. **J. AOAC. Int.** 84 (6): 1865-1883.
- Kuo, Y.H., P. Rozan, F. Lambien, J. Frias and C. Vidal-Valverde. 2004. Effect of different germination conditions on the contents of free protein and non-protein amino acids of commercial legumes. **Food Chem.** 86: 537-545.
- Kwon, T.B. 1994. Changes in rutin and fatty acids of buckwheat during germination. **Korean J. Food Nutr.** 7 (2): 124-127.
- Lin, P.Y., and H.M. Lai. 2006. Bioactive compounds in legumes and their germinated products. **J. Agric. Food Chem.** 54: 3807-3814.
- Lopez-Amoros, M.L., T. Hernandez and I. Estrella. 2006. Effect of germination on legume phenolic compounds and their antioxidant activity. **J. Food Compos. Anal.** 19: 277-283.
- Marileusa D. and J.L. le Guerroue, C.M.S. Chagas, O.L. Franco, E. Bianchini and M.J. Joao. 2006. Influence of heat treatment and grain germination on the isoflavone profile of soy milk. **J. Food Biochem.** 30: 234-247.
- Matsuyama, A., K. Yoshimura, C. Shimizu, Y. Murano, H. Takeuchi and M. Ishimoto. 2009. Characterization of glutamate decarboxylase mediating  $\gamma$ -amino butyric acid increase in the early germination stage of soybean (*Glycine max* [L.] Merr). **J. Biosci. Bioeng.** 107 (5): 538-543.
- Ribeiro, M.L.L., J.M.G. Mandarino, M.C. Carrao-Panizzi, M.C.N. Oliveira, C.B.H. Campo, A.L. Nepomuceno and E.I. Ida. 2006.  $\beta$ -glucosidase activity and isoflavone content in germinated soybean radicals and cotyledons. **J. Food Biochem.** 30: 453-465.

Singleton V.L. and J.A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-  
Phosphotungstic acid reagents. **Am. J. Enol. Vitic.** 16: 144-158.

ภาคผนวก

## ประวัติคณะผู้วิจัย

### หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ-สกุล นางสาวกรรณา วงษ์กระจ่าง (Ms. Karuna WongKrajang)
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3100200205050
3. ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิจัย ชำนาญการพิเศษ
4. สถานที่ทำงาน ฝ่ายเคมีและกายภาพอาหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตู๊ปณ. 1043 ปทฝ. เกษตรศาสตร์  
จตุจักร กรุงเทพฯ 10903 โทรศัพท์: 0-2942-8629-35 ต่อ 507  
โทรสาร: 0-2940-6455 E-mail: ifrknw@ku.ac.th

### 5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ การศึกษา	ระดับปริญญา	สาขาวิชา	สถาบันการศึกษา
2526	วท.บ.	เคมี	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
2535	วท.ม.	เทคโนโลยีทางอาหาร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. สาขาที่มีความชำนาญ : การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารและ การวิเคราะห์คุณภาพอาหารทางเคมี

### 7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

- การศึกษาปริมาณวิตามินซีในน้ำผลไม้ (ผู้ร่วมโครงการ)
- การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของฟาสต์ฟู้ดประเภทต่าง ๆ (ผู้ร่วมโครงการ)
- การปรับปรุงเทคนิคในกระบวนการผลิตผลไม้แห้ง (ผู้ร่วมโครงการ)
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดที่มีแคลเซียมและใยอาหารสูง (ผู้ร่วมโครงการ)
- ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้านในอาหารเนื้อและอีสาน (ผู้ร่วมโครงการ)
- การพัฒนาสินค้าสหกรณ์สู่มาตรฐาน (ผู้ร่วมโครงการ)
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มด้วยเทคโนโลยีเมมเบรน (ผู้ร่วมโครงการ)
- Study on Chemical and NIR Measurement of Food Component for Quality Evaluation (หัวหน้าโครงการ)
- การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณฟีนอลทั้งหมด และสารฟลาโวนอยด์บางชนิดของผลไม้เขตหนาวนำเข้าเพื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ที่ผลิตโดยมูลนิธิโครงการหลวง(หัวหน้าโครงการ)
- ปริมาณและองค์ประกอบของโพลีแซคคาไรด์จากเห็ดที่กินได้ (ผู้ร่วมโครงการ)

- การพัฒนาการใช้ประโยชน์และการแปรรูปเนื้อมะพร้าว น้ำหอมและน้ำตาลมะพร้าวเพื่อเพิ่มมูลค่า (หัวหน้าโครงการ)
- ผลของสภาวะการผลิตต่อปริมาณการสูญเสียของสารไอโซฟลาโวนระหว่างกระบวนการทำเต้าหู้ (หัวหน้าโครงการ)

### งานวิจัยที่กำลังทำ

หัวหน้าโครงการ การสกัดแอนโทไซยานินจากเปลือกองุ่น โดยใช้คลื่นอุลตราโซนิก และการผลิตแอนโทไซยานินผงด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย

แหล่งทุน สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2552

### ผลงานตีพิมพ์

- Karuna Wongkrajang** and Akemi Yasui 1998. Application of linked method for determination of dietary fiber and digestible carbohydrates to cereals and cereal products. Poster presented at the 4<sup>th</sup> Asia Pacific Food Analysis Conference on 16-19 November 1998. Chiang Mai, Thailand.
- Varayanond W., Naohara J., **Wongkrajang K.** and Manabe M. 1999. Pectin Contents in Fruit of Six Thai Mango Cultivars. *Thai J. Agric.* 32 (3) : 401-407.
- Varayanond W., Naohara J., **Wongkrajang K.** and Manabe M. 1999. Changes in Pectin content and Average Molecular Weight of Pectin during Maturation of the Mango “Kaew”. *Food Sci. Technol. Res.* 5(4), 362-364.
- Varayanond W. and **Wongkrajang K.** 2000. Effects of Some Parameters on The Osmotic Dehydration of Mango cv. Kaew. *Thai J. Agric.* 33 (3-4) : 123-135.
- Karuna Wongkrajang**, Ladda Wattanasiritham, Chomdao Sikkhamondhol, and Duangchan Hengawadi. Comparison of Phenolic contents and Minerals in Imported peaches and locally peach grown in the highland of Northern Thailand *In CD proceedings of the 31<sup>st</sup> Congress on Science and Technology of Thailand.*

on 18-20 October 2005. Suranaree University of Technology,  
NakhonRatchasima, Thailand.

Nednapis Vatanasuchart, Boonma Niyomvit and **Karuna Wongkrajang**. 2009. Resistant  
Starch Contents and the *in Vitro* Starch digestibility of Thai Starchy Foods.  
*Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 43: 178-186.