บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย

<u>วัตถุดิบ</u>

- เมล็ดถั่วเหลือง (*Glycine max* Merrill) ผ่าซีก และกะเทาะเปลือกออกแล้ว จากร้านโค้วงี่เชียง กรุงเทพมหานคร
- มะนาว (*Citrus aurantifolia* Swingle) จากจังหวัดนนทบุรี อายุประมาณ 5-6 เดือน
- ส้มจี๊ด (*Citrus mitis* Blanco) จากบริษัท Siam Preserved Foods จำกัด อายุประมาณ 4 เดือน
- ส้มเขียวหวาน (*Citrus reticulata* Blanco) จากตลาดไท อายุประมาณ 8-10 เดือน

<u>สารเคมี</u>

<u>สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ชนิด และปริมาณกรดอินทรีย์ในน้ำผลไม้</u>

- กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid, HPLC grade)
- กรดแอลมาลิก (L-Malic acid, AR grade)
- กรดซิตริก (Citric acid, AR grade)

<u>สารเคมีที่ใช้ในการทำเต้าหู้</u>

- แคลเซียมซัลเฟต (Calcium sulfate, AR grade)
- แมกนีเซียมซัลเฟต (Magnesium sulfate, AR grade)
- แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride, AR grade)
- แมกนีเซียมคลอไรด์ (Magnesium chloride, AR grade)

<u>สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี</u>

- กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid, AR grade)
- กรดบอริก (Boric acid, AR grade)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, AR grade)
- กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, AR grade)
- Modified methyl red indicator

- สารเร่งปฏิกริยา (Kjeltabs Cu 3.5)
- ปิโตรเลียมอีเธอร์ (Petroleum ether, AR grade)

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

- อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (Merck)
- อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (Merck)

อุปกรณ์

อุปกรณ์ในการเตรียมน้ำผลไม้

- เครื่องคั้นน้ำผลไม้แบบกด
- ผ้าขาวบางชนิดตาละเอียด
- เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) (Heraeus Christ Verifuge K)

อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ชนิด และปริมาณกรดอินทรีย์ในน้ำผลไม้

- เครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography) (Shimadzu, LC-3A)
- เครื่อง detector (LDC Analytical, 4100)
- คอลัมน์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.6 mm. ความยาว 25 cm. บรรจุด้วย Hypersil 5C8 (HPLC, PP54860) โดยใช้กรดฟอสฟอริก เข้มข้น 0.2% เป็น mobile phase

อุปกรณ์ในการทำเต้าหู้

- เครื่องคั้นน้ำและแยกกาก (Vita mix)
- เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius, BA4100S)
- เครื่อง Motor Stirrer (ศูนย์เครื่องมือคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
- Magnetic stirrer (Framo-Gerteetechnic:M22/1)
- ผ้าขาวบางชนิดตาละเอียด
- พิมพ์อะลูมิเนียมขนาด 10 x 10 x 6 cm^3
- ก้อนน้ำหนักขนาด 1 กิโลกรัม และ 2 กิโลกรัม
- แผ่น stainless ขนาด 10 x10 cm^2

อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ชุดย่อย และกลั่นโปรตีน (Kjeldatherm and Vapodest I, Gerhadt, KT 85)
- เตาเผาช่วงอุณหภูมิ 500 - 700 องศาเซลเซียส (Furnace Carbolite, MEL11-2)
- เตาอบวิเคราะห์ความชื้น ช่วงอุณหภูมิ 0 - 250 องศาเซลเซียส (WTB Binder, E53)

- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius, A200S)
- pH meter (Horiba: F-12)
- ชุดอุปกรณ์วิเคราะห์ไขมัน (Soxhlet Apparatus)
- Abbe refractometer
- นาฬิกาจับเวลา (Casio, HS-5M)

อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- เครื่องวัดสี (Minolta Chroma meter, CR-300 series)
- เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyser, TA.XT2)
- เครื่อง Scanning Electron Microscope (JSM, T220A)

อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

- หม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave) (Tomy, SS – 3201)
- ตู้บ่มเพาะเชื้อ (Incubator) ช่วงอุณหภูมิ 25 - 70 องศาเซลเซียส (Memmert, B30)

อุปกรณ์ในการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์

- ถาดพลาสติกชนิด Polystyrene (PS) ขนาด 12.5 x12.5 x 2 cm^3 (บริษัท Thai Modern Plastic จำกัด)
- ฟิล์มพลาสติกชนิด Polyvinylchloride (PVC) (ห้างหุ้นส่วนจำกัด เดโซโกรเซอรี่)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

นำเมล็ดถั่วเหลืองมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ AOAC (1990) (ภาคผนวก ก 1) ทดลอง 3 ซ้ำ

3.2 การเตรียมน้ำผลไม้ วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด และวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอินทรีย์ในน้ำผลไม้

3.2.1 การเตรียมน้ำผลไม้

นำมะนาว ส้มจี๊ด และส้มเขียวหวาน มาล้างทำความสะอาด แล้วผ่าครึ่งซีก จากนั้นนำไปคั้นน้ำด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้แบบกดทำด้วยอะลูมิเนียม แล้วกรองน้ำผลไม้ด้วยผ้าขาวบางชนิดตาละเอียดเพื่อเอาเมล็ดและเนื้อผลไม้ที่ปนมาออก หลังจากนั้นจึงนำน้ำผลไม้ไปหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ด้วยความเร็วรอบ 5000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 10 °C เป็นเวลานาน 5 นาที เพื่อกำจัดเนื้อที่ปนมาในน้ำผลไม้ (juice pulp) ออกให้หมด เมื่อได้น้ำผลไม้ใสแล้วจึงนำมาแบ่งใส่ถุงพลาสติก และเก็บในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20 °C เพื่อเก็บไว้ใช้ในการทดลองต่อไป โดยวิธีเตรียมน้ำผลไม้แสดงดังรูปที่ 3.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลไม้

↓

ล้าง

↓

ผ่าครึ่งซีก

↓

คั้นน้ำ ด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้แบบกด

↓

กรองด้วยผ้าขาวบางชนิดตาละเอียดเพื่อแยกเมล็ดและเนื้อผลไม้ที่ปนมาออก

↓

หมุนเหวี่ยง

(ความเร็วรอบ 5000 rpm, 10°C, 5 นาที)

↓ →juice pulp

น้ำผลไม้ใส

↓

แบ่งใส่ถุงพลาสติก

↓

แช่แข็งและเก็บที่อุณหภูมิ -20 °C

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมน้ำมะนาว น้ำส้มจี๊ด และน้ำส้มเขียวหวาน

3.2.2 วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำผลไม้

นำน้ำมะนาว น้ำส้มจี๊ด และน้ำส้มเขียวหวานที่ได้จากข้อ 3.2.1 มาวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) โดยการไตเตรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 N ที่ Standardize ด้วยสารละลายมาตรฐาน Potassium hydrogen phthalate ($KHC_8H_4O_4$) คำนวณในรูปกรดซิตริก (ภาคผนวก ก 2) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.2.3 วิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอินทรีย์ในน้ำผลไม้

นำน้ำมะนาว น้ำส้มจี๊ด และน้ำส้มเขียวหวานมาวิเคราะห์ชนิด และปริมาณกรดอินทรีย์ในน้ำผลไม้ ด้วยวิธี HPLC (ภาคผนวก ก 3) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

3.3 ศึกษาอัตราส่วนน้ำต่อถั่วที่เหมาะสมในการเตรียมนมถั่วเหลือง

นำเมล็ดถั่วเหลืองมาเตรียมเป็นนมถั่วเหลือง และแปรอัตราส่วนน้ำต่อถั่วในการเตรียมนมถั่วเหลือง ดังนี้โดยนำเมล็ดถั่วเหลืองมาคัดเอาเศษหิน ดิน ทราย และเมล็ดที่ยังอ่อนอยู่ (เมล็ดมีสีเขียว) ออก ในการทดลองแต่ละอัตราส่วนน้ำต่อถั่วจะนำเมล็ดถั่วเหลืองมาจำนวน 100 กรัม แช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำเมล็ดถั่วเหลืองที่แช่น้ำแล้วมาชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่มีในเมล็ดถั่วเหลือง และเตรียมน้ำที่จะใช้ในการบดเมล็ดถั่วเหลือง โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

ปริมาณน้ำที่มีในเมล็ดถั่วเหลือง (A) = C – B _____(1)

ปริมาณน้ำที่จะใช้ในการบดเมล็ดถั่วเหลือง = (D x B) – A _____(2)

เมื่อ B หมายถึง น้ำหนักเมล็ดถั่วเหลืองแห้ง

C หมายถึง น้ำหนักเมล็ดถั่วเหลืองหลังแช่น้ำ 3 ชั่วโมง

และ D หมายถึง ตัวเลขแสดงอัตราส่วนของน้ำ เช่นเมื่อเตรียมนมถั่วเหลืองโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อถั่วเท่ากับ 5:1 D จะเท่ากับ 5

จากนั้นนำเมล็ดถั่วเหลืองที่แช่น้ำแล้วมาบดผสมกับน้ำด้วยเครื่องคั้นน้ำและแยกกาก Vita mix จะได้นมถั่วเหลืองความเข้มข้นต่าง ๆ ขั้นตอนการเตรียมนมถั่วเหลืองแสดงดังรูปที่ 3.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถั่วเหลืองผ่าซีก คัดเอาสิ่งสกปรกออกแล้ว 100 กรัม

↓

แช่น้ำ 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง

↓

ชั่งน้ำหนักเมล็ดถั่วเหลืองหลังแช่น้ำ

↓

คำนวณปริมาณน้ำที่มีในเมล็ดถั่วเหลืองดังสมการที่ (1)

↓

เตรียมน้ำที่จะต้องใช้ในการบดถั่วเหลืองจากสูตรคำนวณดังสมการที่ (2)
โดยแปรอัตราส่วนน้ำต่อถั่วเท่ากับ 5:1, 6:1, 7:1, 8:1 และ 9:1

↓

บดผสมกับน้ำ ด้วยเครื่องคั้นน้ำและแยกกาก Vita mix

↓

นมถั่วเหลือง ความเข้มข้นต่าง ๆ

รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมนมถั่วเหลืองเมื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อถั่วต่าง ๆ

นำนมถั่วเหลืองที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณของแข็งและปริมาณโปรตีน (ภาคผนวก ก 1) เลือกภาวะที่ดีที่สุดโดยการพิจารณาจากค่าปริมาณของแข็งและปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเหลืองมาสู่นมถั่วเหลือง (% Solids and protein recovery from bean to milk) โดย

$$\% \text{ Solids recovery} = \frac{\text{ปริมาณของแข็งในนมถั่วเหลือง}}{\text{ปริมาณของแข็งในเมล็ดถั่วเหลือง}} \times 100$$

$$\% \text{ Protein recovery} = \frac{\text{ปริมาณโปรตีนในนมถั่วเหลือง}}{\text{ปริมาณโปรตีนในเมล็ดถั่วเหลือง}} \times 100$$

วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Completely Randomized Design ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

3.4 ศึกษาการผลิตเต้าหู้แข็งโดยใช้น้ำผลไม้ตระกูลส้มเป็นตัวตกตะกอน

ผลิตเต้าหู้แข็งตามวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (2527) โดยนำนมถั่วเหลืองที่ได้จากการเตรียมโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อถั่วที่เลือกได้จากข้อ 3.3 ปริมาณ 900 กรัมมาต้มโดยใช้เตาไฟฟ้า และกวนนมถั่วเหลืองขณะต้มตลอดเวลาด้วยความเร็ว 700 รอบต่อนาทีเพื่อป้องกันนมถั่วเหลืองไหม้ และป้องกันการเกิดฟองเต้าหู้ ต้มนมถั่วเหลืองจนเดือดแล้วต้มต่อไปที่อุณหภูมิจุดเดือดนาน 10 นาที จากนั้นยกลงจากเตา แล้วกวนนมถั่วเหลืองด้วยเครื่อง Motor stirrer จนอุณหภูมิของนมถั่วเหลืองลดลงมาจนถึงอุณหภูมิในการตกตะกอนจึงเติมน้ำผลไม้ตระกูลส้มที่ใช้เป็นตัวตกตะกอนลงไป โดยขณะเติมตัวตกตะกอนจะกวนนมถั่วเหลืองตลอดเวลา และหยุดกวนทันทีที่นมถั่วเหลืองตกตะกอนหมดโดยสังเกตจากเห็น curd แยกจากน้ำเวย์ (whey) อย่างชัดเจน ต่อมาเท curd ลงในพิมพ์อะลูมิเนียมขนาด 10x10x6 cm^3 ที่ปูรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วปิดด้านบนด้วยแผ่นสแตนเลสก่อนวางก้อนน้ำหนัก เพื่อกดขึ้นรูปก้อนเต้าหู้แข็ง เป็นเวลานาน 30 นาที เมื่อได้ก้อนเต้าหู้แข็งแล้วนำไปทำให้เย็นในน้ำไหลนาน 30 นาที แล้วจึงนำก้อนเต้าหู้แข็งมาซับน้ำที่ผิวรอบ ๆ ด้วยกระดาษทิชชู จากนั้นนำก้อนเต้าหู้แข็งมาชั่งน้ำหนัก แล้วบรรจุในถาดพลาสติก PS เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4-10 °C เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ต่อไป โดยขั้นตอนในการผลิตเต้าหู้แข็งแสดงดังรูปที่ 3.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นมถั่วเหลือง 900 กรัม

↓

ต้มจนเดือด ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิจุดเดือดนาน 10นาที

(กวนตลอดเวลาด้วยอัตราเร็ว 700 rpm)

↓

ลดอุณหภูมิลงมาจนถึงอุณหภูมิในการตกตะกอน

↓

เติมน้ำผลไม้ตระกูลส้มที่ใช้เป็นตัวตกตะกอน

(กวนตลอดเวลาทั้งก่อน และขณะเติมน้ำผลไม้ และหยุดกวนทันทีที่

นมถั่วเหลืองตกตะกอนหมด)

↓

เทใส่พิมพ์อะลูมิเนียมขนาด 10 x 10 x 6 cm^3 ที่ปูรองด้วยผ้าขาวบาง

↓

ปิดทับด้านบนด้วยแผ่นสแตนเลส

↓

กดทับด้วยก้อนน้ำหนัก นาน 30 นาที

↓

ทำให้เย็นในน้ำไหล 30 นาที

↓

เต้าหู้แข็ง

↓

ซับน้ำรอบ ๆ ก้อนเต้าหู้แข็งด้วยกระดาษทิชชู

↓

ชั่งน้ำหนักก้อนเต้าหู้แข็ง

↓

บรรจุในถาดพลาสติก PS

↓

เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4-10 °C เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ต่อไป

<u>รูปที่ 3.3</u> ขั้นตอนการผลิตเต้าหู้แข็ง

3.4.1 <u>ศึกษาผลของอุณหภูมิในการตกตะกอนและปริมาณน้ำผลไม้ตระกูลส้มต่อคุณภาพของเต้าหู้แข็ง</u>

ทำการศึกษาโดยผลิตเต้าหู้แข็งตามวิธีที่แสดงในรูป 3.3 ใช้อัตราเร็วในการกวนนมถั่วเหลืองขณะเติมสารตกตะกอนเท่ากับ 150 รอบต่อนาที และใช้น้ำหนักกดเพื่อขึ้นรูปก้อนเต้าหู้แข็งเท่ากับ 3 กิโลกรัม แล้วทำการแปรอุณหภูมิในการตกตะกอน (Coagulation temperature) เป็น 3 ระดับ คือ 60, 75 และ 90°C และแปรปริมาณน้ำผลไม้ตระกูลส้มดังนี้

- น้ำมะนาวแปรเป็น 3 ระดับ คือ 3, 4 และ 5% โดยน้ำหนักของนมถั่วเหลือง
- น้ำส้มจี๊ดแปรเป็น 3 ระดับ คือ 3, 4 และ 5% โดยน้ำหนักของนมถั่วเหลือง
- น้ำส้มเขียวหวานแปรเป็น 3 ระดับ คือ 8, 10 และ 12% โดยน้ำหนักของนมถั่วเหลือง

จากนั้นนำเต้าหู้แข็งที่ได้มาศึกษาสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

<u>สมบัติที่ศึกษา</u>

3.4.1.1 เวลาในการตกตะกอน (Coagulation time, s) โดยการจับเวลาตั้งแต่เติมตัวตกตะกอนลงในนมถั่วเหลืองจนนมถั่วเหลืองตกตะกอนหมด

3.4.1.2 น้ำหนักเต้าหู้ต่อน้ำหนักเมล็ดถั่วเหลือง (g/g โดยน้ำหนักแห้ง)

$$\text{น้ำหนักเต้าหู้ต่อน้ำหนักเมล็ดถั่วเหลือง} = \frac{\text{น้ำหนักเต้าหู้แห้ง}}{\text{น้ำหนักถั่วแห้งปริมาณที่ใช้ทำเต้าหู้ 1 ก้อน}}$$

3.4.1.3 ปริมาณของแข็ง (%) และปริมาณโปรตีน (% โดยน้ำหนักแห้ง) ในเต้าหู้แข็ง (AOAC, 1990) (ภาคผนวก ก 1)

3.4.1.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้แข็ง ได้แก่ ค่าความแข็ง (Hardness, g/mm^2) และค่าความเหนียว (Cohesiveness) วัดโดยเครื่อง Texture Analyser (ภาคผนวก ข 1)

3.4.1.5 สังเกตลักษณะปรากฏของเต้าหู้แข็ง

เลือกภาวะที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากน้ำหนักเต้าหู้ต่อน้ำหนักเมล็ดถั่ว (g/g โดยน้ำหนักแห้ง) ปริมาณของแข็ง (%) และปริมาณโปรตีนในเต้าหู้แข็ง (% โดยน้ำหนักแห้ง)

น้ำผลไม้ตระกูลส้มแต่ละชนิดวางแผนการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial Experiment ขนาด 3x3 ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

3.4.2 ศึกษาอัตราเร็วในการกวนนมถั่วเหลืองขณะเติมน้ำผลไม้ตระกูลส้มที่ใช้เป็นตัวตกตะกอนที่เหมาะสม

ทดลองผลิตเต้าหู้ตามวิธีที่แสดงในรูปที่ 3.3 โดยใช้อุณหภูมิในการตกตะกอน และปริมาณน้ำผลไม้ตระกูลส้มที่เหมาะสมจากข้อ 3.4.1 แล้วแปรอัตราเร็วในการกวนนมถั่วเหลืองขณะเติมสารตกตะกอนเป็น 5 ระดับ คือ 100, 150, 200, 250 และ 300 รอบต่อนาที (rpm) ใช้น้ำหนักกดเพื่อขึ้นรูปก้อนเต้าหู้แข็งเท่ากับ 3 กิโลกรัม

สมบัติที่ศึกษา

3.4.2.1 น้ำหนักเต้าหู้ต่อน้ำหนักเมล็ดถั่วเหลือง (g/g โดยน้ำหนักแห้ง) เช่นเดียวกับข้อ 3.4.1.2

3.4.2.2 ปริมาณของแข็ง (%) และปริมาณโปรตีน (% โดยน้ำหนักแห้ง) ในเต้าหู้แข็ง (AOAC, 1990) (ภาคผนวก ก 1)

3.4.2.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้แข็ง เช่นเดียวกับข้อ 3.4.1.4

3.4.2.4 สังเกตลักษณะปรากฏของเต้าหู้แข็ง

เลือกภาวะที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากน้ำหนักเต้าหู้ต่อน้ำหนักเมล็ดถั่ว (g/g โดยน้ำหนักแห้ง) ปริมาณของแข็ง (%) และปริมาณโปรตีนในเต้าหู้แข็ง (% โดยน้ำหนักแห้ง)

น้ำผลไม้ตระกูลส้มแต่ละชนิดวางแผนการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Completely Randomized Design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

3.4.3 ศึกษาน้ำหนักกดเพื่อขึ้นรูปก้อนเต้าหู้แข็งที่เหมาะสมเมื่อใช้น้ำผลไม้ตระกูลส้มเป็นตัวตกตะกอน

ทดลองผลิตเต้าหู้ตามวิธีที่แสดงในรูปที่ 3.3 โดยใช้อุณหภูมิในการตกตะกอน และปริมาณน้ำผลไม้ตระกูลส้มที่เหมาะสมจากข้อ 3.4.1 และใช้อัตราเร็วในการกวนนมถั่วเหลืองขณะเติมน้ำผลไม้ตระกูลส้มที่ใช้เป็นตัวตกตะกอนที่เหมาะสมจากการทดลองข้อ 3.4.2 แล้วแปรน้ำหนักกดเพื่อขึ้นรูปก้อนเต้าหู้แข็งเป็น 5 ระดับ คือ 2, 2.5, 3, 3.5 และ 4 กิโลกรัม

ศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของเต้าหู้แข็ง เลือกภาวะที่ดีที่สุด และวางแผนการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.4.2

3.4.4 <u>ปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของเต้าหู้แข็งที่ผลิตโดยใช้น้ำผลไม้ตระกูลส้มเป็นตัวตกตะกอน</u>

ทดลองผลิตเต้าหู้แข็งตามวิธีในรูปที่ 3.3 โดยใช้อุณหภูมิในการตกตะกอนที่เหมาะสมจากการทดลองข้อ 3.4.1 ใช้อัตราเร็วในการกวนนมถั่วเหลืองขณะเติมน้ำผลไม้ตระกูลส้มที่ใช้เป็นตัวตกตะกอนที่เหมาะสมจากการทดลองข้อ 3.4.2 และใช้น้ำหนักกดเพื่อขึ้นรูปก้อนเต้าหู้แข็งที่เหมาะสมจากการทดลองข้อ 3.4.3 ทำการแปรปริมาณน้ำผลไม้ตระกูลส้มต่าง ๆ ดังนี้

- น้ำมะนาวแปรเป็น 5 ระดับคือ 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3% โดยน้ำหนักของนมถั่วเหลือง
- น้ำส้มจี๊ดแปรเป็น 4 ระดับคือ 1.5, 2, 2.5 และ 3% โดยน้ำหนักของนมถั่วเหลือง
- น้ำส้มเขียวหวานแปรเป็น 5 ระดับคือ 4, 5, 6, 7 และ 8% โดยน้ำหนักของนมถั่วเหลือง

<u>สมบัติที่ศึกษา</u>

3.4.4.1 น้ำหนักเต้าหู้ต่อน้ำหนักเมล็ดถั่วเหลือง (g/g โดยน้ำหนักแห้ง) เช่นเดียวกับข้อ 3.4.1.2

3.4.4.2 ปริมาณของแข็ง (%) และปริมาณโปรตีน (% โดยน้ำหนักแห้ง) ในเต้าหู้แข็ง (AOAC, 1990) (ภาคผนวก ก 1)

3.4.4.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้แข็ง เช่นเดียวกับข้อ 3.4.1.4

3.4.4.4 สังเกตลักษณะปรากฏของเต้าหู้แข็ง

3.4.4.5 การยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นและรสชาติ และความชอบรวม ใช้วิธีทดสอบแบบ Scaling ระดับคะแนน 1-5 และการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส ใช้วิธีทดสอบแบบ 5 points Just About Right ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 20 คน (แบบทดสอบแสดงในภาคผนวก ค 1)

เลือกภาวะที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส

น้ำผลไม้ตระกูลส้มแต่ละชนิดวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Completely Randomized Design เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

- น้ำมะนาวและน้ำส้มเขียวหวานทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- น้ำส้มจี๊ดทำการทดลอง 4 ซ้ำ

การยอมรับทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design ทำการทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

3.5 <u>เปรียบเทียบคุณภาพของเต้าหู้แข็งที่ได้จากตัวตกตะกอนที่แตกต่างกัน</u>

ทดลองผลิตเต้าหู้แข็งโดยใช้น้ำมะนาว น้ำส้มจี๊ด และน้ำส้มเขียวหวานตามวิธีที่เลือกได้จากข้อ 3.4.4 และใช้ตัวตกตะกอนปริมาณต่าง ๆ และอุณหภูมิในการตกตะกอน ดังนี้

<u>ชนิดของตัวตกตะกอน</u>	<u>ปริมาณตัวตกตะกอน</u> (% โดยน้ำหนักนมถั่วเหลือง)	<u>อุณหภูมิในการตกตะกอน</u> (°C)
- $CaSO_4.2H_2O$*	1	75
- $MgSO_4.7H_2O$*	1	75
- $CaCl_2.2H_2O$*	0.5	85
- $MgCl_2.6H_2O$*	0.5	85

(* ทำการทดลองโดยดัดแปลงมาจากวิธีของ deMan, deMan และ Gupta, 1986)

<u>สมบัติที่วิเคราะห์</u>

3.5.1 เวลาในการตกตะกอน (Coagulation time, s)

3.5.2 น้ำหนักเต้าหู้ต่อน้ำหนักเมล็ดถั่วเหลือง (g/g โดยน้ำหนักแห้ง)

3.5.3 องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็ง โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตในเต้าหู้แข็ง (% โดยน้ำหนักแห้ง) (AOAC, 1990) (ภาคผนวก ก 1)

3.5.4 ลักษณะทางกายภาพของเต้าหู้แข็ง ได้แก่

- ค่าความแข็ง (Hardness, g/mm^2) และความเหนียว (Cohesiveness) วัดโดยเครื่อง Texture Analyser (ภาคผนวก ข 1)
- ค่าสี (L, a และ b) ของเต้าหู้ วัดโดยเครื่อง Chroma meter

3.5.5 สังเกตลักษณะปรากฏของเต้าหู้แข็ง

3.5.6 ศึกษาโครงสร้างของเต้าหู้แข็งด้วย SEM (Scanning Electron Microscope) (ภาคผนวก ข 2)

3.5.7 การยอมรับทางประสาทสัมผัส ประเมินลักษณะปรากฏของผิวเต้าหู้ สี กลิ่นและรสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม ใช้ผู้ทดสอบแบบกึ่งฝึกฝนจำนวน 20 คน วิธีทดสอบแบบ 9 points Hedonic Scale (แบบทดสอบแสดงในภาคผนวก ค 2)

วางแผนการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Completely Randomized Design ทดลอง 3 ซ้ำ การยอมรับทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

3.6 ศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์เต้าหู้แข็งที่ได้จากการใช้น้ำผลไม้ตระกูลส้มเป็นตัวตกตะกอน

นำเต้าหู้แข็งที่ผลิตโดยใช้น้ำมะนาว น้ำส้มจี๊ด และน้ำส้มเขียวหวานที่เลือกได้จากข้อ 3.4.4 มาบรรจุในถาดพลาสติก PS ขนาด 12.5 x12.5 x 2 cm^3 และหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC เก็บที่อุณหภูมิ 4-10°C เป็นเวลา 7 วัน นำผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์เมื่อเก็บรักษาได้ 0, 1, 3, 5 และ 7 วัน โดยวันที่ 0 หมายถึงวันแรกที่ผลิต

สมบัติที่ศึกษา

3.6.1 ร้อยละของน้ำที่ถูกขับออกจากก้อนเต้าหู้ (% syneresis)

$$\% \text{ syneresis} = \frac{(\text{น้ำหนักเต้าหู้วันแรกที่ผลิต} - \text{น้ำหนักเต้าหู้เมื่อเก็บได้ตามวันที่กำหนด}) \times 100}{\text{น้ำหนักเต้าหู้วันแรกที่ผลิต}}$$

โดยจะทำการซับก้อนเต้าหู้ด้วยผ้าที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave) ก่อนทำการชั่งน้ำหนัก

3.6.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของเต้าหู้แข็ง โดยการปั่นผสมเต้าหู้แข็งจำนวน 10 กรัม กับน้ำกลั่น 90 ml แล้ววัด pH ของส่วนน้ำ

3.6.3 ลักษณะทางกายภาพของเต้าหู้แข็ง เช่นเดียวกับข้อ 3.6.4

3.6.4 การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์

- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count)
- ยีสต์และรา

3.6.5 การยอมรับทางประสาทสัมผัส เช่นเดียวกับข้อ 3.5.7

วางแผนการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Completely Randomized Design ทดลอง 3 ซ้ำ การยอมรับทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย