

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 เครื่องมือ

3.1.1 การเตรียมเมล็ดเหลือง

3.1.1.1 เครื่องบด

3.1.1.2 หม้อเหล็กโรสตีม (stainless steel)

3.1.1.3 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (water bath)

3.1.1.4 เตาไฟฟ้า (hot plate)

3.1.1.5 เทอร์โมมิเตอร์ ขนาด 0-100 องศาเซลเซียส

3.1.2 การเตรียมเมล็ดเหลืองเข้มข้น

3.1.2.1 เครื่องระเหยน้ำภายใต้สุญญากาศ (rotary vacuum evaporator, Heidolph)

3.1.2.2 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

3.1.2.3 Hand refractometer, 0-32° Brix

3.1.2.4 Brookfield viscometer

3.1.3 การผลิตนมถั่วเหลืองผง

3.1.3.1 เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายแบบ rotary disc atomizer ของภาควิชาเคมีเทคนิค (ครูบิโนภาคผนวก ง)

3.1.3.2 เครื่องโฮโมจีไนซ์ (model 31 M, Gaulin Corporation)

3.1.3.3 Air compressor

3.1.3.4 Colloid mill

3.1.4 การวิเคราะห์

3.1.4.1 ความชื้น

1. เครื่องชั่งละเอียด
2. ตอ
3. คีมคีม
4. Aluminium disc
5. Desiccator

3.1.4.2 โปรตีน

1. เครื่องชั่งละเอียด
2. กระบอกตวง 25 และ 50 มิลลิลิตร
3. Macro-Kjeldahl digestion flask
4. Heating Mantle
5. Distillation apparatus
6. ตะกั่ว
7. บิวเรต
8. ขาคังและหยิก

3.1.4.3 ไขมัน

1. Mojonnier fat extraction flask
2. Centrifuge
3. Desiccator

4. ทุบ
5. เครื่องชั่งละเอียด
6. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

3.1.4.4 Bulk density

1. เครื่องชั่งละเอียด
2. กระจกตวงแบบแก้วขนาด 100 มิลลิลิตร

3.1.4.5 ความคงตัวของคอลลอยด์ (Colloidal stability)

1. เครื่องชั่งละเอียด
2. กระจกตวงแบบแก้วขนาด 100 มิลลิลิตร
3. บีกเกอร์
4. แท่งแก้วสำหรับกวน
5. ไม้มรรทัก

3.1.4.6 Solubility index

1. เครื่องชั่งละเอียด
2. เครื่องผสม (mixer)
3. Centrifuge
4. Centrifuge tube (0-10 ml in 0.1 ml divisions)

3.1.4.7 ค่ากรกไทโธบาร์บิทริก (Thiobarbituric acid, TBA)

1. Distillation column
2. Condenser
3. Graduate cylinder

4. Round bottom flask
ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. Heating mantle
6. Spectronic 20, Bausch & Lomb

3.1.4.8 การกระจายตัวของโปรตีน (Protein dispersibility index, PDI)

1. เครื่องผสม (mixer)
2. แท่งแก้วสำหรับกวน
3. Volumetric flask ขนาด 300 มิลลิลิตร
4. Centrifuge
5. Centrifuge tube.

3.2 วัสดุและสารเคมี

3.2.1 การเตรียมเมล็ดหัวเหลือง

3.2.1.1 ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.4

3.2.1.2 NaHCO_3 ร้อยละ 0.5

3.2.2 การผลิตนมถั่วเหลืองผง

3.2.2.1 5N HCl

3.2.2.2 5N NaOH

3.2.2.3 NaHSO_3

3.2.2.4 Na_3PO_4

3.2.2.5 Carrageenan

3.2.2.6 เดกซ์ทริน (dextrin)

Dextrose equivalent (D.E.) 9.2

ความชื้นร้อยละ 4.74

เถ้า 0.35

pH 4.24

3.2.2.7 แอมะแซ3.2.2.8 น้ำตาลทราย3.2.3 การวิเคราะห์3.2.3.1 โปรตีน

1. Catalyst ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$)
2. conc. H_2SO_4 (sp. gr. 1.84)
3. Boric acid ร้อยละ 4
4. NaOH ร้อยละ 50
5. 0.1 N HCl
6. Methyl red (1 กรัม/แอลกอฮอล์ 200 มิลลิลิตร)
7. น้ำกลั่น

3.2.3.2 ไขมัน

1. NH_4OH
2. Alcohol
3. Ether
4. Petroleum ether

3.2.3.3 ค่ากรดไทโอบาร์บิทริก (Thiobarbituric acid, TBA)

1. 2-thiobarbituric acid
2. Glacial acetic acid
3. Hydrochloric acid

3.3 วิธีการทดลอง

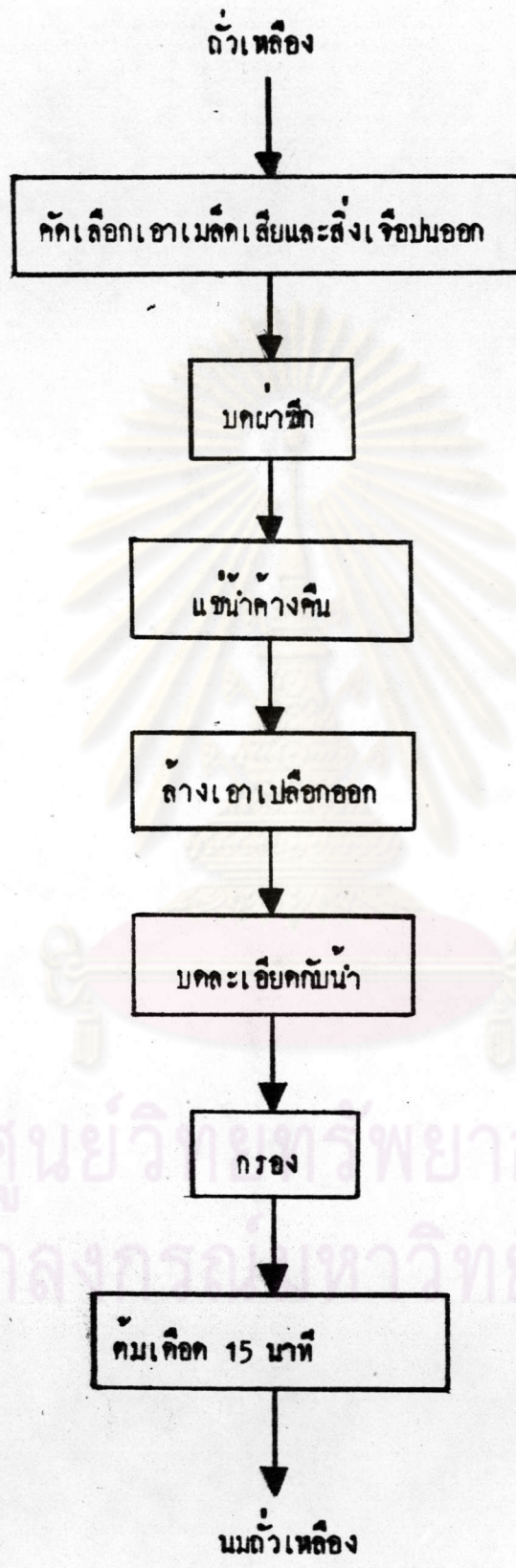
3.3.1 การศึกษาวิธีการเตรียมเมล็ดหัวเหลืองโดยเปรียบเทียบคุณภาพทางคาน กลิ่นรสและส่วนประกอบทางเคมี

3.3.1.1 การเตรียมเมล็ดหัวเหลือง

จากการค้นคว้าทางเอกสาร คัดเลือกวิธีการผลิตเมล็ดหัวเหลืองของ Wilken (20) และ Prabharaksa (26) ซึ่งมีการปรับปรุงคุณภาพทางคานกลิ่นรสและเปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้ในการผลิตเมล็ดหัวเหลืองตามท้องตลาด (3) ซึ่งในการเตรียมเมล็ดหัวเหลืองทั้ง 3 วิธี มีดังนี้

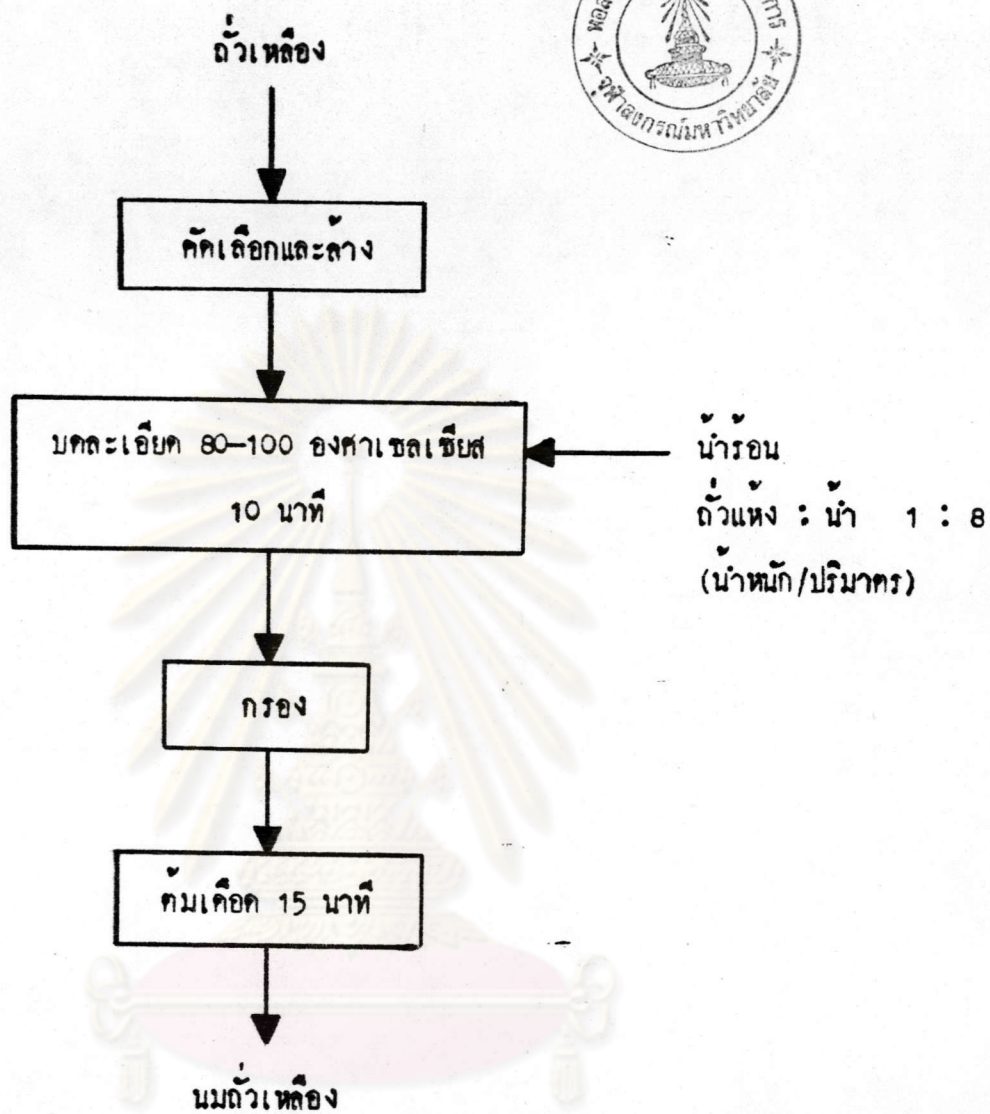
3.3.1.1.1 วิธีที่ 1 การผลิตเมล็ดหัวเหลืองตามท้องตลาด (3) ขั้นตอนการผลิตได้แสดงไว้ ดังรูปที่ 3-1 ดังนี้คือ

1. คัดเลือกหัวทั้งเมล็ดเพื่อเอาเมล็ดเสียและสิ่งเจือปนออกไป
2. นำเมล็ดหัวเหลืองมาบดเข้าชักรวยเครื่องบด
3. นำหัวเข้าชักรูไปแช่และทิ้งไว้ค้างคืน
4. ล้างเอาเปลือกออก
5. นำหัวที่แช่แล้ว มาบดกับน้ำในอัตราส่วนหัวแห้ง : น้ำ 1 : 5 (น้ำหนัก/ปริมาตร)
6. กรอง slurry ที่ได้ด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น เพื่อแยกเอากากออก
7. คั้นเมล็ดหัวเหลืองให้เคียด 15 นาที จะได้เมล็ดหัวเหลือง

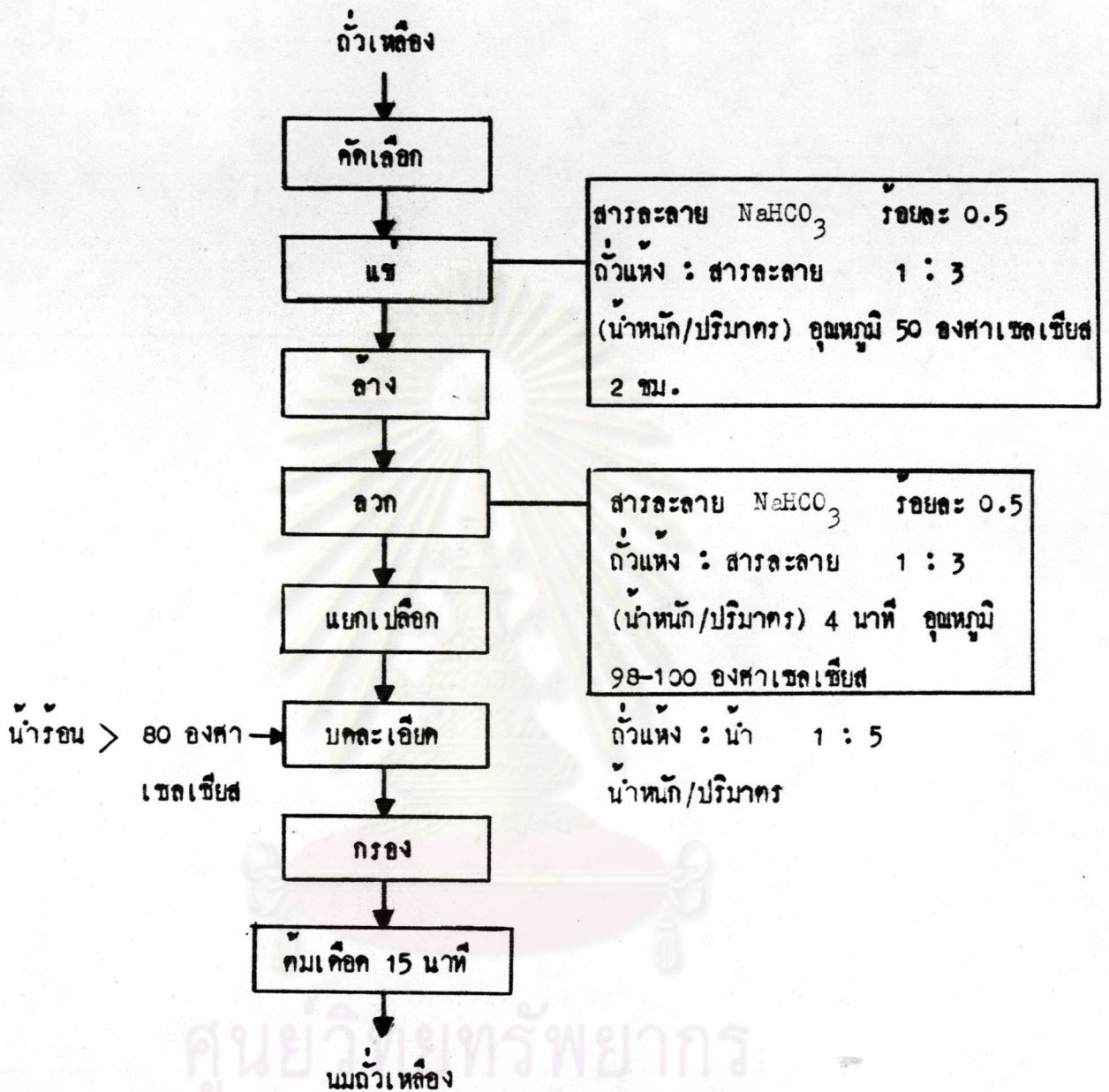


ตั้วแห้ง : น้ำ 1 : 5
(น้ำหนัก/ปริมาตร)

รูปที่ 3-1 แสดงขั้นตอนการผลิตนมตั้วเหลียงตามวิธีในท้องถิ่น (3)



รูปที่ 3-2 แสดงขั้นตอนการผลิตนมถั่วเหลืองตามวิธีของ Wilken (20)



รูปที่ 3-3 แสดงขั้นตอนการผลิตนมถั่วเหลืองตามวิธีของ Prabharaksa (26)

3.3.1.1.2 วิธีที่ 2 การผลิตนมถั่วเหลืองตามวิธีของ

Wilken (20) ดังรูปที่ 3-2 มีขั้นตอนดังนี้คือ

1. คัดเลือกถั่วเหลืองเพื่อแยกเมล็ดเสียและสิ่งเจือปนออกไปล้างน้ำให้สะอาด
2. บดถั่วเหลืองทั้งเมล็ดกับน้ำร้อนในอัตราส่วนถั่วแห้ง : น้ำ 1 : 8 (น้ำหนัก/ปริมาตร) โดยขณะบดให้อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 80-100 องศาเซลเซียส บดนาน 10 นาที
3. กรองควยผ้าขาวบาง 2 ชั้น
4. คั้นนมถั่วเหลืองให้เคี้ยว 15 นาที จะได้นมถั่วเหลือง

3.3.1.1.3 วิธีที่ 3 การผลิตนมถั่วเหลืองตามวิธีของ

Prabharaksa (26) ดังแสดงในรูปที่ 3-3 มีขั้นตอนดังนี้คือ

1. คัดเลือกถั่วเหลืองเพื่อเอาเมล็ดเสียและสิ่งเจือปนออกไป
2. แช่ถั่วทั้งเมล็ดในสารละลาย NaHCO_3 ร้อยละ 0.5 อัตราส่วนถั่วแห้ง : น้ำ 1 : 3 (น้ำหนัก/ปริมาตร) โดยแช่ถั่วในเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง
3. เหน้าที่แช่ถั่วออก ทำถั่วให้สะเด็ดน้ำ
4. ลวกถั่วในสารละลาย NaHCO_3 ร้อยละ 0.5 ที่เตรียมขึ้นใหม่ โดยใช้อัตราส่วน ถั่วแห้ง : น้ำ 1 : 3 (น้ำหนัก/ปริมาตร) อุณหภูมิ 98-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที
5. ล้างเอาเปลือกถั่วออก

6. บดกากับน้ำร้อนอุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส
โดยใช้อัตราส่วนตัวแห้ง : น้ำ 1 : 5
(น้ำหนัก/ปริมาตร)
7. กรองกากออกด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น
8. ต้มนมถั่วเหลืองให้เดือด 15 นาที จะได้นมถั่วเหลือง

3.3.1.2 การเปรียบเทียบคุณภาพทางค่านกลิ่นรส

นำนมถั่วเหลืองที่เตรียมขึ้นตามวิธีทั้ง 3 วิธี (3.3.1.1.1., 3.3.1.1.2 และ 3.3.1.1.3) มาทดสอบคุณภาพทางค่านกลิ่นรสของนมถั่วเหลือง โดยใช้วิธีประเมินผลทางประสาทสัมผัสในข้อ 3.5

3.3.1.3 การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

นำนมถั่วเหลืองที่เตรียมขึ้นตามวิธีทั้ง 3 วิธี (3.3.1.1.1., 3.3.1.1.2 และ 3.3.1.1.3) มาวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีตามวิธีในข้อ 3.4 โดยวิเคราะห์หาความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต

จากผลการเปรียบเทียบคุณภาพทางค่านกลิ่นรส (3.3.1.2) และส่วนประกอบทางเคมี (3.3.1.3) คัดเลือกวิธีการเตรียมนมถั่วเหลืองที่ดี เพื่อใช้เป็นวิธีพื้นฐานในการทดลองขั้นต่อไป

3.3.2 การเตรียมนมถั่วเหลืองเข้มข้น

3.3.2.1 การระเหยน้ำภายใต้สุญญากาศ (Rotary vacuum evaporation)

จากการทดลองใน 3.3.1 ได้คัดเลือกการเตรียมนม

ถั่วเหลืองตามวิธีของ Prabharaksa (26) เป็นวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมนม
ถั่วเหลืองสำหรับการทดลองต่อ ๆ ไป

นำนมถั่วเหลืองมาทำให้เข้มข้น โดยใช้เครื่องระเหยน้ำ
ภายใต้สูญญากาศ (rotary vacuum evaporator) มีชั้นคอนคังนี้

1. บรรจุนมถั่วเหลืองลงในขวดก้นกลมขนาด 2 ลิตร
ที่ติดกับเครื่องระเหยน้ำภายใต้สูญญากาศ
2. ใช้อุณหภูมิในการระเหยน้ำที่ 65 องศาเซลเซียส
ซึ่งควบคุมอุณหภูมิโดยการจุ่มขวดก้นกลมลงในเครื่องควบคุมอุณหภูมิ ใช้ความเร็วในการหมุน
130 รอบต่อนาที สูญญากาศ 15 นิ้วปรอท
3. Distillate จะถูกเก็บในขวดก้นกลมขนาด
2 ลิตร ซึ่ง distillate จะเป็นตัวชี้ให้เห็นว่าการระเหยน้ำเป็นไปมากน้อยเพียงใด
4. เก็บตัวอย่างนมถั่วเหลืองที่ระเหยน้ำแล้วตามความ
เข้มข้นระดับต่าง ๆ ดังนี้ 10, 15, 20 และ 25 องศาบริกซ์

3.3.2.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งรวมทั้งหมด
กับค่าดัชนีการหักเห (Refractive index) และความหนืด

นำนมถั่วเหลืองเข้มข้นที่ระดับต่าง ๆ มาวิเคราะห์หา
ปริมาณของแข็งรวมทั้งหมด ดัชนีการหักเห และความหนืด ตามวิธีในข้อ 3.4

3.3.3 การทดลองหาความเข้มข้นของนมถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการป้อนเข้าเครื่อง
spray dryer เพื่อผลิตนมถั่วเหลืองผง

3.3.3.1 คิวแปรที่ศึกษา คือความเข้มข้นของนมถั่วเหลือง 10, 15, 20 และ 25 องศาบริกซ์

3.3.3.2 สภาวะของเครื่อง spray dryer

อุณหภูมิของลมที่เข้า	150 องศาเซลเซียส
อัตราการป้อนตัวอย่าง	2 อิตร/ชม.
Atomizer air pressure	5 กก/ซม. ²

3.3.3.3 วิธีปฏิบัติ

นำนมถั่วเหลืองเข้มข้นระดับต่าง ๆ ที่เตรียมขึ้นไปป้อนเข้าเครื่อง spray dryer ที่มีสภาวะตามข้อ 3.3.3.2

3.3.3.4 วิธีติดตามผล

วิเคราะห์นมถั่วเหลืองผงที่ได้โดยใช้วิธีวิเคราะห์ในข้อ

3.4 ในการวิเคราะห์หา

1. ความชื้นโปรตีน และไขมัน
2. Bulk density, colloidal stability และวัคส์
3. คำนวณหาค่า Yield

3.3.4 การทดลองหาอุณหภูมิของลมเข้าที่เหมาะสม ในการผลิตนมถั่วเหลืองผง

3.3.4.1 คิวแปรที่ศึกษาคือ อุณหภูมิของลมที่เข้าเป็น 160, 180 และ 210 องศาเซลเซียส

3.3.4.2 สภาวะที่ควบคุมให้คงที่ คือ

ความเข้มข้นของตัวอย่างร้อยละ	15 (ปริมาณของแข็งรวมทั้งหมด)
อัตราการป้อนตัวอย่าง	2 ลิตร/ชม.
Atomizer air pressure	5 กก./ชม. ²

3.3.4.3 วิธีปฏิบัติ

นำมถั่วเหลืองความเข้มข้นร้อยละ 15 (ปริมาณของแข็งรวมทั้งหมด) ที่เตรียมไว้ตามวิธีในข้อ 3.3.2 ไปฉีดเข้าเครื่องเพื่อทำเป็นผงโดยใช้สภาวะของเครื่องตามที่กำหนดไว้ในข้อ 3.3.4.2 โดยมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมที่เข้าตามในข้อ 3.3.4.1

3.3.4.4 วิธีติดตามผล

เหมือนในข้อ 3.3.3.4

3.3.5 การศึกษาปัจจัยทางกายภาพและเคมีที่มีผลต่อคุณภาพของนมถั่วเหลืองผง

ในการทดลองนี้สภาวะที่ใช้ควบคุมให้คงที่ ดังนี้

อุณหภูมิของลมเข้า	150 องศาเซลเซียส
อัตราการป้อนตัวอย่าง	2 ลิตร/ชม.
ความเข้มข้นของตัวอย่างร้อยละ	15 (ปริมาณของแข็งรวมทั้งหมด)
Atomizer air pressure	5 กก./ชม. ²

3.3.5.1 การศึกษาอิทธิพลของการไฮโมจิไนซ์

3.3.5.1.1 ตัวแปรที่ศึกษาคือ ความดันในการไฮโมจิไนซ์
ที่ 1,500, 2,500 และ 3,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi)

3.3.5.1.2 วิธีปฏิบัติ

นำนมถั่วเหลืองเข้มข้นร้อยละ 15 (ปริมาณของแข็งรวมทั้งหมด) ที่เตรียมขึ้นตามวิธีในข้อ 3.3.2 มาผ่านเครื่องโฮโมจีไนส์ ตามความดันที่กำหนดในข้อ 3.3.5.1.1 แล้วป้อนเข้าเครื่อง spray dryer ตามสภาวะที่กำหนด

3.3.5.1.3 วิธีติดตามผล

เหมือนในข้อ 3.3.3.4

3.3.5.2 การศึกษาอิทธิพลของ pH

3.3.5.2.1 ตัวแปรที่ศึกษา คือ pH ของนม ถั่วเหลืองก่อนเข้า spray dryer เป็น 6.0, 7.0, 8.0 และ 9.0

3.3.5.2.2 วิธีปฏิบัติ

นำนมถั่วเหลืองเข้มข้นร้อยละ 15 (ปริมาณของแข็งรวมทั้งหมด) ที่เตรียมขึ้นตามวิธีในข้อ 3.3.2 มาปรับ pH ให้ได้ตามที่กำหนดโดยใช้ 5N HCl และ/หรือ 5N NaOH แล้วจึงทำเป็นนมถั่วเหลืองผงโดยฉีดเข้าเครื่อง spray dryer ตามสภาวะที่กำหนด

3.3.5.2.3 วิธีติดตามผล

เหมือนในข้อ 3.3.3.4

3.3.5.3 การศึกษาอิทธิพลของโซเดียมไบซัลไฟท์ (sodium bisulfite)

3.3.5.3.1 ตัวแปรที่ศึกษาคือ ปริมาณของโซเดียมไบซัลไฟท์ที่ใส่ลงในนมถั่วเหลืองก่อนเข้าเครื่อง spray dryer ได้แก่ ปริมาณร้อยละ 0.01, 0.03 และ 0.05 ของนมถั่วเหลือง (น้ำหนัก/ปริมาตร)

3.3.5.3.2 วิธีปฏิบัติ

เติมโซเดียมไบซัลไฟท์ปริมาณต่าง ๆ ลงในนมถั่วเหลืองที่มีความเข้มข้นร้อยละ 15 (ปริมาณของแข็งรวมทั้งหมด) ผสมให้เข้ากันดีจึงนำไปฉีดเข้าเครื่องทำแห้งตามสภาวะที่กำหนด

3.3.5.3.3 วิเคราะห์ผล

เหมือนในข้อ 3.3.3.4

3.3.5.4 การศึกษาอิทธิพลของไตรโซเดียมฟอสเฟต (trisodium phosphate)

3.3.5.4.1 ตัวแปรที่ศึกษาคือ ปริมาณของไตรโซเดียมฟอสเฟตที่เติมลงไปลงในนมถั่วเหลืองเข้มข้นก่อนนำไปฉีดเข้าเครื่อง spray dryer เนื่องจากกฎหมายกำหนดให้ใช้ไตรโซเดียมฟอสเฟตได้ไม่เกินร้อยละ 0.2 (46) ดังนั้นจึงใช้ปริมาณไตรโซเดียมฟอสเฟต ดังนี้คือ 0.05, 0.10 และ 0.20 (คิดเป็นร้อยละของนมถั่วเหลืองโดยน้ำหนัก/ปริมาตร)

3.3.5.4.2 วิธีปฏิบัติ

เติมไตรโซเดียมฟอสเฟตปริมาณต่าง ๆ ลงในนมถั่วเหลืองที่เข้มข้นร้อยละ 15 (ปริมาณของแข็งรวมทั้งหมด) ผสมให้เข้ากันดีจึงนำไปฉีดเข้าเครื่องทำแห้งตามสภาวะที่กำหนด

3.3.5.4.3 วิธีคิดคามผล

เหมือนในข้อ 3.3.3.4

3.3.5.5 การศึกษาอิทธิพลของ carrageenan

3.3.5.5.1 ตัวแปรที่ศึกษา คือปริมาณ carrageenan ร้อยละ 0.1, 0.5 และ 1.0 ของนมถั่วเหลือง (น้ำหนัก/ปริมาตร) ที่เติมลงในนมถั่วเหลือง ก่อนนำไปทำแห้ง

3.3.5.5.2 วิธีปฏิบัติ

1. เตรียม carrageenan ความเข้มข้นร้อยละ 2 (น้ำหนัก/ปริมาตร) โดยผสม carrageenan กับน้ำอุ่น กวนคลอคเวลาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จึงนำมาใช้ได้
2. เติม carrageenan ที่เตรียมขึ้นลงในนมถั่วเหลืองตามปริมาณที่ต้องการ ผสมให้เข้ากันดีใน colloid mill แล้วทำให้แห้งโดยใช้เครื่อง spray dryer ตามสภาวะที่กำหนด

3.3.5.5.3 วิธีคิดคามผล

เหมือนในข้อ 3.3.3.4

3.3.6 การศึกษาการเตรียมนมถั่วเหลืองผงโดยการเติม drying aid.3.3.6.1 ชนิดของ drying aid

3.3.6.1.1 ตัวแปรที่ศึกษาคือ ชนิดของ drying aid ได้แก่ เค้กขคริน น้ำตาลทราย และเบะเซ

3.3.6.1.2 วิธีปฏิบัติ

เติม drying aid ชนิดต่าง ๆ ลงในเม็ดหัวเหลืองที่เข้มข้นร้อยละ 15 (ปริมาณของแข็งรวมทั้งหมด) ซึ่งเตรียมขึ้นตามวิธีในข้อ 3.3.2 ในปริมาณร้อยละ 10 ของเม็ดหัวเหลือง (น้ำหนัก/ปริมาตร) ผสมให้เข้ากันดีใน colloid mill แล้วทำให้แห้งตามสภาวะในข้อ 3.3.5

3.3.6.1.3 วิธีติดตามผล

ใช้วิธีวิเคราะห์ในข้อ 3.4 โดยวิเคราะห์หา

1. Solubility index, bulk density, colloidal stability และวักส์
2. โปรตีน ไขมัน และความชื้น
3. ค่าความค่า yield

3.3.6.2 ปริมาณของ drying aid

3.3.6.2.1 ตัวแปรที่ศึกษาคือ ปริมาณของเด็กชตริน ร้อยละ 5, 10 และ 15 ของเม็ดหัวเหลือง (น้ำหนัก/ปริมาตร)

3.3.6.2.2 วิธีปฏิบัติ

ผสมเด็กชตรินลงในเม็ดหัวเหลืองที่เข้มข้น ร้อยละ 15 (ปริมาณของแข็งรวมทั้งหมด) ซึ่งเตรียมขึ้นตามวิธีในข้อ 3.3.2 โดยให้ปริมาณ เด็กชตรินในเม็ดหัวเหลืองคิดเป็นร้อยละ 5, 10 และ 15 (น้ำหนัก/ปริมาตร) นำไปผ่าน colloid mill และทำให้แห้งตามสภาวะที่กำหนดตามข้อ 3.3.5

3.3.6.2.3 วิธีติดตามผล

เหมือนในข้อ 3.3.6.1.3

3.3.7 การศึกษาการเก็บรักษา

3.3.7.1 ตัวแปรที่ศึกษา

- อุณหภูมิในการเก็บรักษา : 5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง
- ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (P.E.) และถุงอลูมิเนียมคานในฉาบด้วยพลาสติกโพลีเอทิลีน (Al-foil/P.E.)

3.3.7.2 วิธีปฏิบัติ

เตรียมเมล็ดหัวเหลืองผงตามวิธีใน 3.3.6.2.2 โดยใช้เด็กชตรินร้อยละ 10 (น้ำหนัก/ปริมาตร) แล้วบรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน และถุงอลูมิเนียมซึ่งคานในเป็นพลาสติกโพลีเอทิลีน แยกผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ออกเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง อีกส่วนหนึ่งเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

3.3.7.3 วิธีติดตามผล

นำผลิตภัณฑ์ตามในข้อ 3.3.7.2 มาวิเคราะห์หาความเปลี่ยนแปลงทุก ๆ เดือน โดยวิเคราะห์หา

1. ค่ากรดไทโอบารบิทริก (Thiobarbituric acid number, TBA) (ดูวิธีวิเคราะห์ในข้อ 3.4)
2. Solubility index (ดูวิธีวิเคราะห์ในข้อ 3.4)

3.4 วิธีวิเคราะห์

3.4.1 ส่วนประกอบทางเคมี

3.4.1.1 ความชื้น

วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC (55) ดังนี้

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ใน aluminium disc
2. นำไปอบให้แห้งในเตาอบอุณหภูมิ 105 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชม. (ถ้าเป็นของเหลวชั่งตัวอย่างประมาณ 10 กรัม และระเหยน้ำให้แห้งจึงนำเข้าเตาอบ)
3. นำออกจากเตาอบ ทิ้งให้เย็นใน desiccator และชั่ง
4. คำนวณหาค่าปริมาณความชื้น

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น.บ. ก่อนอบ} - \text{น.บ. หลังอบ}) \times 100}{\text{น.บ. ตัวอย่าง}}$$

3.4.1.2 โปรตีน

วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Kjeldahl

ตามวิธีใน AOAC (55) และคำนวณหาปริมาณโปรตีนโดยคูณปริมาณไนโตรเจนด้วย 6.25

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2-3 กรัม
2. ชั่ง catalyst ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.5 กรัม + K_2SO_4 5 กรัม)
3. ผสม 1. และ 2. ลงใน macro-Kjeldahl digestion flask เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตรและย่อยจนได้สารละลายใส (ใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง)
4. เจือจางสารละลายที่ได้ด้วยน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร และจัดเครื่องมือในการกลั่นโดยใช้ปลายของ condenser จุ่มลงในสารละลายกรอมอร์ริค ความเข้มข้นร้อยละ 4 ซึ่งมีปริมาตร 50 มิลลิลิตร

5. เติมสารละลายค่างโซเดียมไฮดรอกไซด์
ความเข้มข้นร้อยละ 50 ปริมาณ 50 มิลลิลิตรลงในเครื่องกลั่น ทำการกลั่นจนได้สารละลาย
ปริมาตร 200 มิลลิลิตร

6. ทิตเรทสารละลายที่กลั่นได้กับ 0.1 N HCl
โดยปใช้ methyl red เป็น indicator

7. ทำ blank titration

8. คำนวณปริมาณโปรตีน

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(a-b) \times 1.40 \times N}{W} \times 6.25$$

เมื่อ

a = ปริมาณกรดที่ใช้ในการไทเทรทกับตัวอย่าง, มิลลิลิตร

b = ปริมาณกรดที่ใช้ในการทำ blank, มิลลิลิตร

N = Normality ของกรดไฮโดรคลอริก

W = น้ำหนักของตัวอย่าง, กรัม

3.4.1.3 ไขมัน

วิเคราะห์ตามวิธี Roesse-Gottlieb

ใน AOAC (55)

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 10 กรัม ใส่ลงใน
extraction flask
2. เติมแอมโมเนียไฮดรอกไซด์ (NH_4OH)
1.25 มิลลิลิตร แล้วเขย่า
3. เติมแอลกอฮอล์ 10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากันดี
4. เติมอีเทอร์ (ether) 25 มิลลิลิตรปัดจุก
เขย่าอย่างแรง 1 นาที ถ้าจำเป็นทำให้เย็นเสียก่อน
5. เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether)
25 มิลลิลิตร เขย่าแรง ๆ อีก 1 ครั้ง

6. เหยือกที่ 600 รอบต่อนาที หรือตั้งทิ้งไว้

จนสารละลายชั้นบนใส

7. รินส่วนสารละลายของอีเทอร์ใส่ใน flask

หรือ metal disc แล้วล้างจนปึกด้วยสารทำละลายของอีเทอร์ : บีโตร์ เอ็มอีเทอร์ = 1 : 1 รินสารทำละลายที่ล้างนี้ใส่ใน flask ที่ใส่อีเทอร์สำหรับชั่งไขมันด้วย

8. ทำการสกัดไขมันในตัวอย่างอีก 2 ครั้ง โดยใช้ บีโตร์ เอ็มอีเทอร์ ครั้งละ 15 มิลลิลิตร แล้วอาจเติมน้ำกลั่นถ้าจำเป็น แต่ไม่ต้องทำการ rinse

9. นำ flask ที่ใส่ไขมันมาระเหยเอาสารทำละลาย ออกโดยระเหยใน steam bath หรือ hot plate

10. อบไขมันที่ใส่ในตู้อบอุณหภูมิ 102 ± 2 องศาเซลเซียส ไขมันแห้งและมีน้ำหนักคงที่

11. ชั่ง flask เมื่อเย็นแล้ว ขณะที่ยังไม่ได้ เอาไขมันออก

12. ชั่ง flask เมื่อเอาไขมันออกแล้ว (ล้างเอา ไขมันออกโดยใช้ บีโตร์ เอ็มอีเทอร์ อุณหภูมิ ประมาณ 15 มิลลิลิตร)

13. คำนวณปริมาณไขมัน

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น.น. flask} + \text{ไขมัน}) - (\text{น.น. flask})}{\text{น.น. ตัวอย่าง}} \times 100$$

3.4.1.4 ปริมาณเอ้า

วิเคราะห์ตาม AOAC (55)

3.4.1.5 ปริมาณเส้นใย

วิเคราะห์ตาม AOAC (55)

3.4.1.6 คาร์โบไฮเดรต

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตหาได้โดยการลบออกจากกัน (by difference)

3.4.1.7 ปริมาณของแข็งรวมทั้งหมด (total solid)

วิเคราะห์ตาม AOAC (55)

3.4.1.8 ค่า TBA (Thiobarbituric acid number)

วิเคราะห์ตาม Tarladgis (54) เป็นการตรวจสอบปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน โดยการกลั่นมาลอนัลดีไฮด์ (malonaldehyde) ออกจากผลิตภัณฑ์ แล้วให้ทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบารไบทุริก (2-thiobarbituric acid) โดยมีวิธีการดังนี้

1. เตรียมสารละลายกรดไทโอบารไบทุริก (TBA)

100 มิลลิลิตรโดยใช้

2 - thiobarbituric acid	0.2883	กรัม
Glacial acetic acid	90	มิลลิลิตร
น้ำ	10	มิลลิลิตร

2. เตรียมสารละลายกรดเกลือความเข้มข้น 4 โมลาร์

3. เตรียมเครื่องมือการกลั่น แล้วกลั่นตามวิธี

ดังต่อไปนี้คือ

- ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 10.00 กรัม ใส่ในขวด

กบกลมขนาด 250 มิลลิลิตร

- เติมน้ำกลั่น 97.5 มิลลิลิตร และสารละลาย

กรดเกลือ 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วใส่ตะกั่วเบี่ยง 2-3 ชิ้น

- นำไปกลั่นบนเตา (heating mantle)

โดยใช้ความร้อนมากที่สุดเพื่อให้เดือดเร็วที่สุด



- เก็บของเหลวที่กลั่นได้เมื่อมีปริมาตรครบ 50 มิลลิลิตร ปิดขวดที่เก็บของเหลว แล้วเขย่ากลับไปมาให้ผสมกันทั่วก่อนนำไปใช้
- ไขบีเปตुकของเหลวที่กลั่นได้ 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดแก้วที่มีจุกปิด
- ไขบีเปตुकสารละลายกรดไทโอฮาร์โบนุทริก 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่มีของเหลวที่กลั่นได้ ปิดฝาแล้วผสมให้เข้ากัน
- คลายฝาออก นำไปให้ความร้อนในน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาที เมื่อครบเวลาทำให้หลอดแก้วเย็นลงโดยแช่ในน้ำประปาเป็นเวลา 10 นาที จะได้สารสีชมพู
- นำมาวัดสภาพการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ 20 วัดที่ 538 นาโนเมตร และใช้น้ำร่วมกับสารละลายกรดไทโอฮาร์โบนุทริก อย่างละ 5 มิลลิลิตร เป็นตัวเทียบ (blank)
- ค่าสภาพการดูดกลืนแสงที่วัดได้ เมื่อคูณด้วยค่าคงที่ 7.8 จะเป็นค่า TBA ซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมของมาลอนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมของผลิตภัณฑ์

3.4.2 คุณสมบัติทางกายภาพ

3.4.2.1 ค่าดัชนีการหักเห (Refractive index)

วัดค่าดัชนีการหักเหโดยใช้ Hand refractometer ชนิด 0-32 องศาบริกซ์

3.4.2.2 ความหนืด (viscosity)

วัดค่าความหนืดของเมกซ์วูเหล็องโดยใช้ Brookfield viscometer

3.4.2.3 Bulk density

วิเคราะห์ตามวิธีของ Tamsma (48)

โดยชั่งผงตัวอย่างหนัก 10.00 กรัม และเทลงในกระบอกตวงแบบแก้วขนาด 100 มิลลิลิตร จดปริมาตรของผงตัวอย่าง 10.00 กรัมนี้

$$\text{Bulk density} = \frac{\text{น.น. ของผงตัวอย่าง (กรัม)}}{\text{ปริมาตรของตัวอย่าง (ซม.³)}}$$

3.4.2.4 ความคงตัวของคอลลอยด์ (Colloidal stability)

เป็นการวัดคุณสมบัติความคงตัวของคอลลอยด์ของเม็ดแก้วเหลืองสีรูป โดยดูว่าเมื่อนำเม็ดแก้วเหลืองมาละลายในสุญญากาศจะมีการแยกชั้นหรือไม่ และถ้ามีการแยกชั้นจะมีปริมาณมากน้อยเพียงใด โดยตั้งทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่งและวัดการแยกชั้นจากระดับผิวหน้าของของเหลวไปจนถึงเส้นแบ่งเขตการแยกชั้นมีหน่วยวัดเป็นนิ้ว ถ้าตัวเลขมากแสดงว่าความคงตัวของคอลลอยด์ต่ำ

ตามวิธีของ Nelson (26) ได้ดัดแปลงมาใช้

กับเม็ดแก้วเหลืองผง โดยชั่งตัวอย่างผง 10.00 กรัม ใส่ลงในน้ำอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส คนเป็นเวลาานาน 90 วินาที จึงเทเม็ดแก้วเหลืองลงในกระบอกตวงแก้วขนาด 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้โดยไม่ให้มีการสั่นสะเทือนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง สังเกตดูว่ามีการแยกชั้นหรือไม่ วัดการแยกชั้นจากระดับผิวหน้าของของเหลวลงไปจนถึงเส้นแบ่งเขตการแยกชั้น ความลึกเป็นจำนวนนิ้วจะชี้ให้เห็นถึงความคงตัวของคอลลอยด์ว่ามากน้อยเพียงใด

3.4.2.5 การวัดสี

วัดสีของผลิตภัณฑ์ที่ใดโดยเทียบกับแผ่นสีใน Munsell

Book of Color (57)

3.4.2.6 การหาค่าการกระจายตัวของโปรตีน (Protein Dispersibility index, PDI)

ตามวิธีของ Smith (58) โคเมวีทังนี้

1. ชั่งตัวอย่าง 20 ± 0.1 กรัม
2. เติมน้ำให้เต็ม volumetric flask

ขนาด 300 มิลลิลิตร แล้วเทน้ำลงในเครื่องผสมประมาณ 50 มิลลิลิตร ใส่ตัวอย่างที่ชั่งแล้วลงในเครื่องผสม ใช้แท่งแก้วคนและค่อย ๆ เทน้ำลงไปจนครบ ตั้วแท่งแก้วปิดฝาเครื่องผสม ตีปั่นเป็นเวลา 10 นาที

3. เทของเหลวจากเครื่องผสมลงในปิเปตเจอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้จนแยกชั้น จึงเทหรือใช้ปิเปตคอกของเหลวส่วนบนใส่ลงในหลอด centrifuge และเหวี่ยงเป็นเวลา 10 นาที

4. ใช้ปิเปตคอกของเหลวด้านบนมา 15 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์หาโปรตีนโดยวิธีในข้อ 3.4.1.2 เป็นปริมาณโปรตีนที่กระจายตัวในน้ำ แล้วคำนวณค่า PDI

$$\% \text{ water dispersible protein} = \frac{(a-b) \cdot N \cdot 1.40 \cdot 6.25}{\text{wt. of sample}}$$

$$\text{PDI} = \frac{\% \text{ water dispersible protein}}{\% \text{ total protein}} \times 100$$

- เมื่อ
- a = sample titration, ml
 - b = blank titration, ml
 - N = Normality of HCl, 0.1 N

3.4.2.7 Solubility index

Solubility index คือความสามารถของ ตัวอย่างผงที่ละลายได้ในน้ำ โดยแสดงออกมาในรูปปริมาณที่มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรของการ นอนกน ตามวิธีของ American Dry Milk Institute (59) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ชั่งตัวอย่าง 14 กรัม และเติมตัวอย่างนี้ลงใน น้ำกลั่นอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ซึ่งใส่อยู่ในเครื่องผสม
2. ผสมกันเป็นเวลานาน 90 วินาที
3. ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที แล้วคนด้วยแท่งแก้ว และเทใส่ลงในหลอดสำหรับเหวี่ยงขนาด 50 มิลลิลิตร (ตั้งแต่ 0-10 มิลลิลิตร มีเส้นแบ่ง ขีดละเอียดยกเป็น 0.1 มิลลิลิตร) เหวี่ยงเป็นเวลา 5 นาที
4. ুকของเหลวด้านบนอย่างระมัดระวัง จนเหลือ ของเหลวอยู่เหนือตะกอนประมาณ 5 มิลลิลิตร
5. เติมน้ำกลั่น 24 องศาเซลเซียสลงไปให้หลอด ใช้เส้นลวดกวนตะกอนให้กระจายเข้ากับน้ำ
6. เหวี่ยงอีกครั้งนาน 5 นาที และอ่านปริมาตรของ ตะกอนเป็นมิลลิลิตร

Solubility index = ปริมาตรของตะกอนในหลอดเหวี่ยง, มิลลิลิตร

3.5 การประเมินลักษณะกลิ่นรสของนมถั่วเหลือง

การประเมินผลลักษณะกลิ่นรสของนมถั่วเหลืองนี้ วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ในบล็อก (Randomized complete block design, R.C.B.D.) โดยใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 12 คน ให้ผู้ทดสอบทุกคนได้ชิมตัวอย่างนมถั่วเหลืองทุกตัวอย่างที่ละตัวอย่าง แล้วให้ คะแนนตามลักษณะที่กำหนดไว้ตามแบบในประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scale ทั้งแสดงในภาคผนวก ก.

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test เพื่อพิจารณาว่าวิธีการเตรียมเมล็ดหัวเหลืองที่ต่างกันนั้นมีผลทำให้กลิ่นรสของเมล็ดหัวเหลืองแตกต่างกันหรือไม่ และแตกต่างกันอย่างไร (วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย