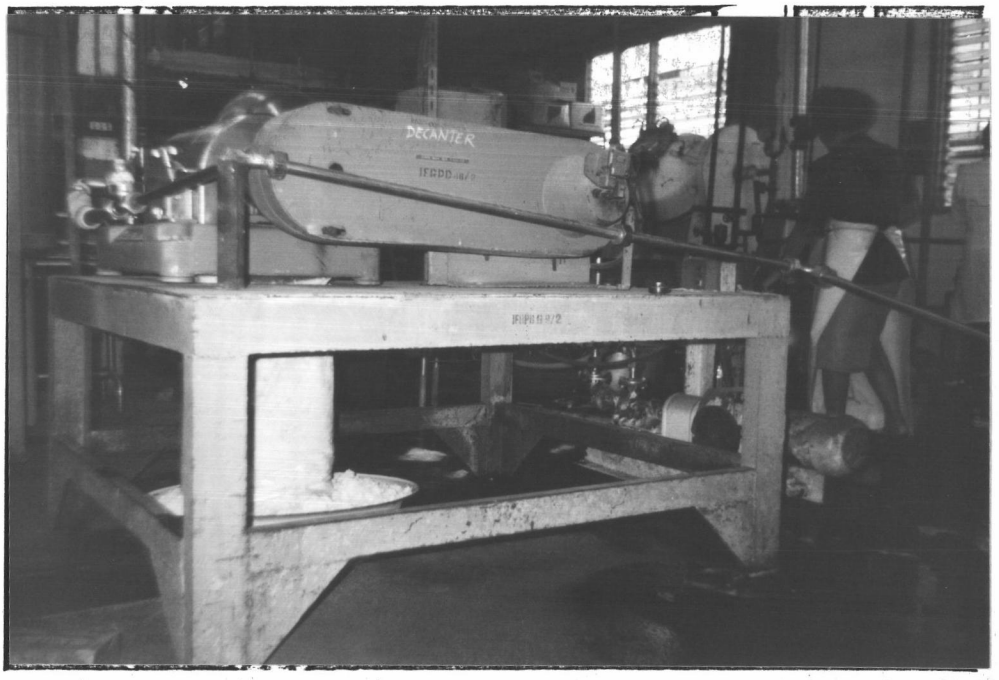
บทที่ 4

การทดลอง

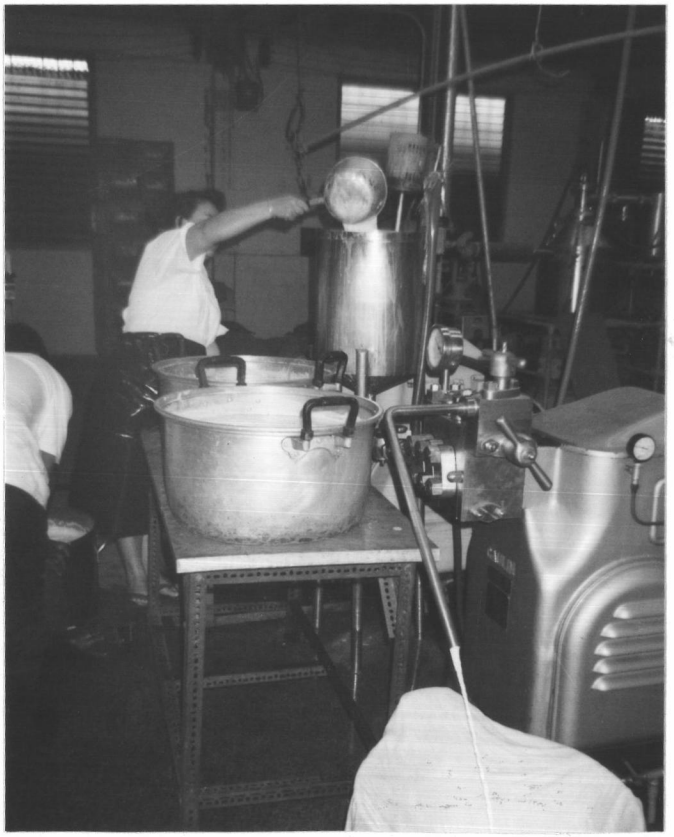
การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

น้ำนมถั่วเหลืองที่ใช้ในการทดลอง พัฒนาจากผลิตภัณฑ์น้ำนมที่ผลิตเพื่อวางจำหน่ายแก่บุคคลทั่วไปตามท้องตลาด โดยสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังนี้

1. นำเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่าซีกแล้ว แช่ลงในน้ำประมาณ 3 ชั่วโมง
2. ล้างเอาเปลือกออก
3. นำถั่วที่แช่น้ำแล้ว บดกับน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 80-100 องศาเซลเซียสในอัตราส่วนถั่วแห้ง : น้ำ = 1 : 5 (น้ำหนัก : ปริมาตร)
4. นำ slurry ที่ได้ผ่านเข้าเครื่อง decanter (รูปที่ 4-1) เพื่อแยกเอากากออก
5. ต้มน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้ให้เดือด ใส่สารปรุงแต่งคุณภาพ
6. กรอง slurry ที่ได้ด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น เพื่อแยกเอากากออก
7. ใส่น้ำมันถั่วเหลือง แล้วนำเข้าเครื่อง homogenizer (รูปที่ 4-2) ที่ความดัน 3,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว จะได้น้ำนมถั่วเหลืองที่มีความเข้มข้นประมาณ 20 องศาบริกซ์



รูปที่ 4-1 เครื่องแยกกาก (decanter)



รูปที่ 4-2 เครื่องกระจายไขมัน (homogenizer)

การเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองเข้มข้น

การระเหยน้ำภายใต้สุญญากาศ (rotary vacuum evaporation)

นำน้ำนมถั่วเหลืองจาก 4.1 มาทำให้เข้มข้น โดยใช้เครื่องระเหยน้ำภายใต้สุญญากาศ Centritherm (รูปที่ 4-3) ซึ่งเป็นเครื่องระเหยน้ำแบบ falling film โดยมีขั้นตอนดังนี้

ก. ป้อนน้ำนมถั่วเหลืองเข้าสู่เครื่องระเหยน้ำภายใต้สูญญากาศในอัตราป้อน 0.75 ลิตร/นาที โดยใช้อุณหภูมิในการระเหยน้ำที่ 91-95 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน -0.8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

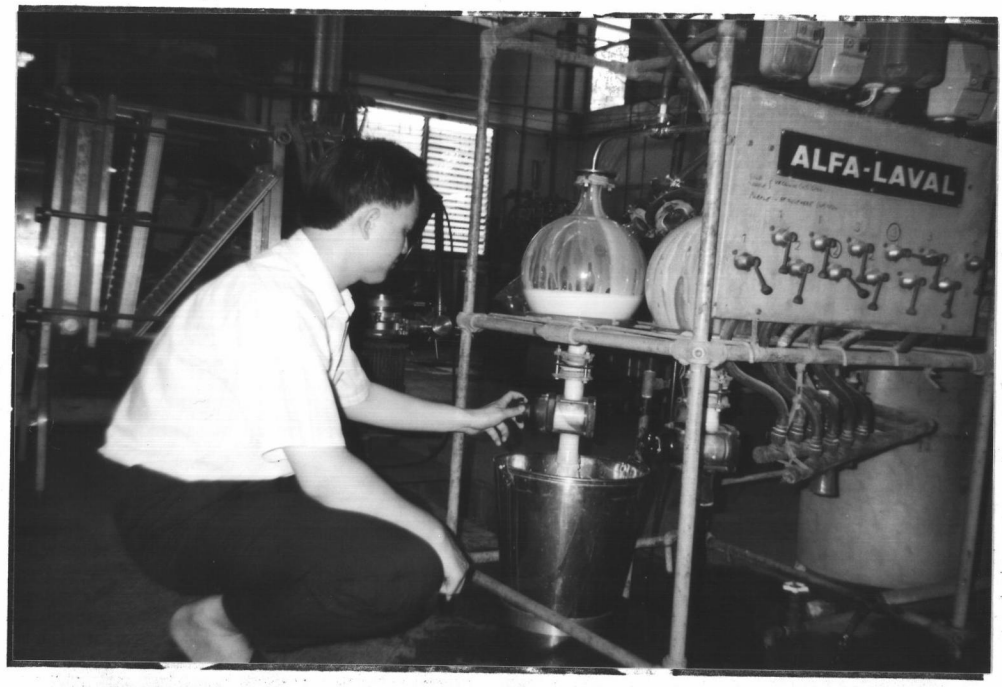
ข. distillate จะถูกเก็บไว้ในขวดทรงกลมขนาด 8 ลิตร ซึ่ง distillate จะเป็นตัวชี้ให้เห็นว่าการระเหยน้ำเป็นไปมากน้อยเพียงใด

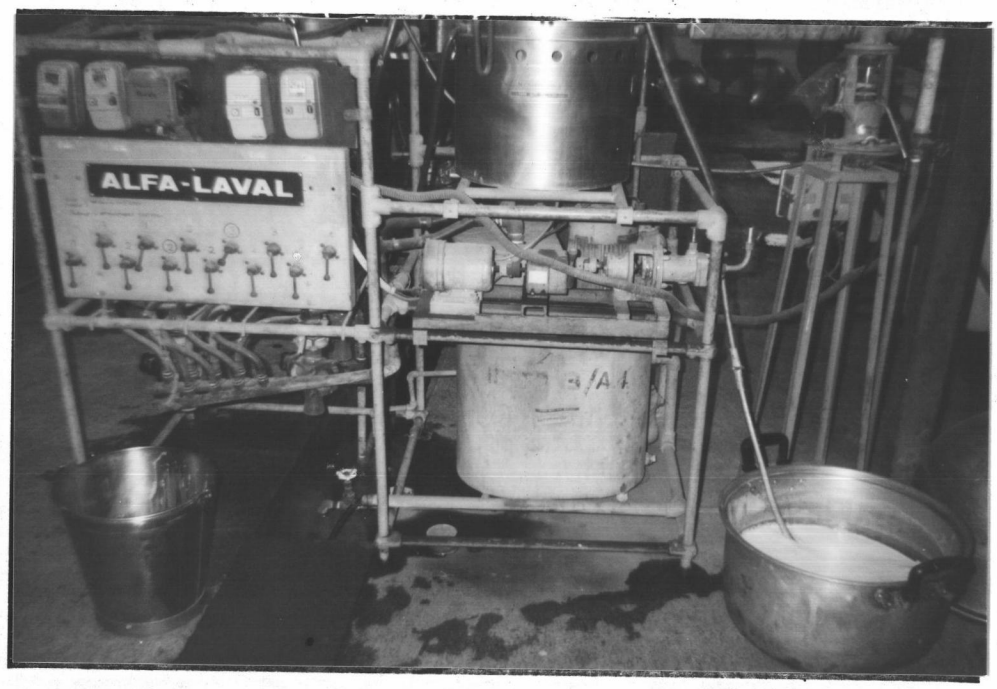
ค. เก็บตัวอย่างน้ำนมถั่วเหลืองที่ระเหยน้ำแล้วที่ค่าความเข้มข้นระดับ 20, 21, 23 และ 27 องศาบริกซ์

ขั้นตอนการผลิตนมถั่วเหลืองผงแสดงในรูปที่ 4-4

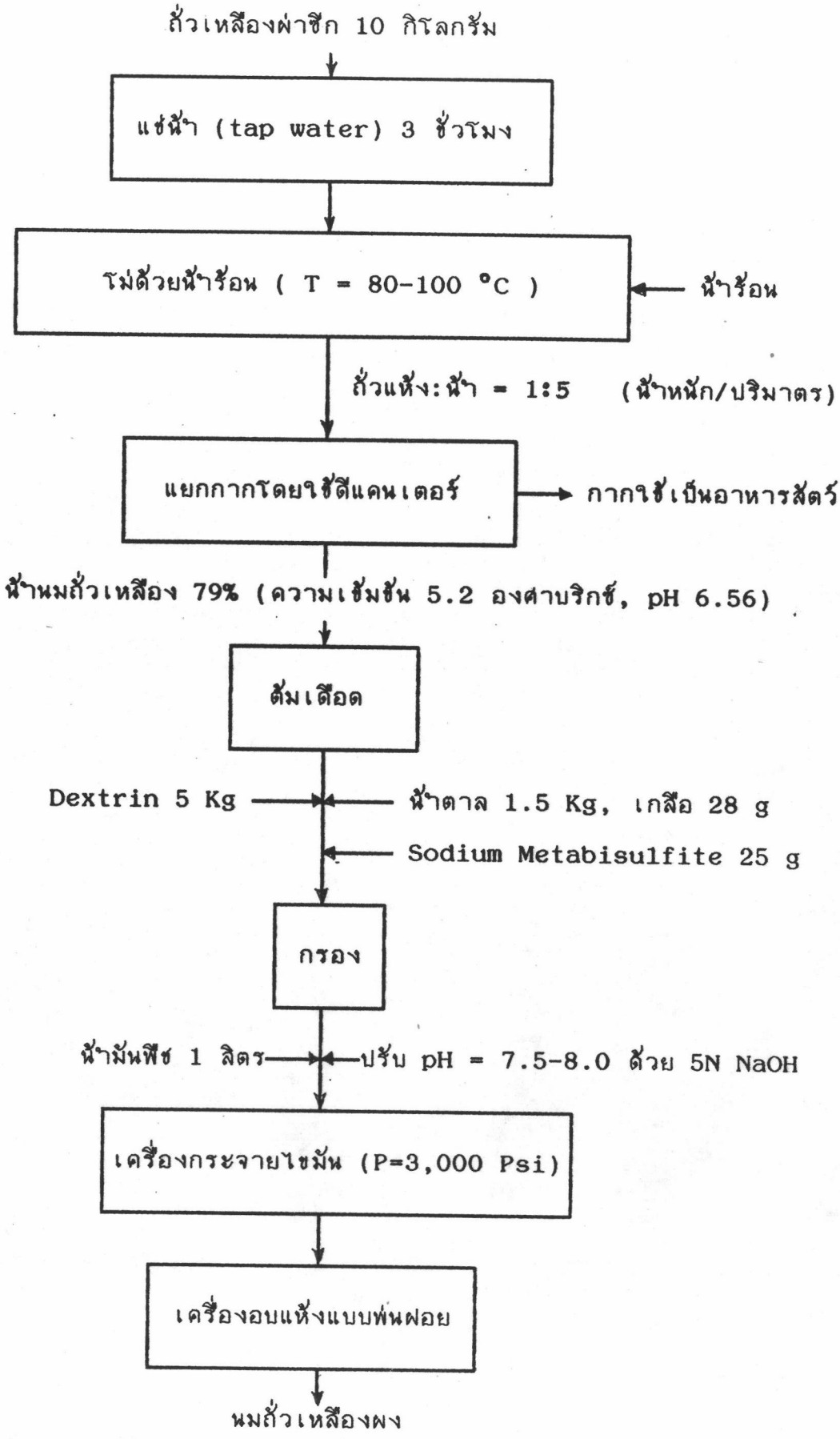
4.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งรวมทั้งหมดและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

นำน้ำนมถั่วเหลืองที่ค่าความเข้มข้นระดับต่าง ๆ มาวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งรวมทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ตามวิธีในภาคผนวก ก.





รูปที่ 4-3 เครื่องระเหยน้ำภายใต้สุญญากาศ Centritherm



รูปที่ 4-4 ขั้นตอนการผลิตนมถั่วเหลืองผง

4.2 <u>การทดลองหาค่าความเข้มข้นของน้ำนมถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการป้อนเข้าเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยเพื่อผลิตนมถั่วเหลืองผง</u>

4.2.1 ตัวแปรที่ศึกษาคือ ความเข้มข้นของน้ำนมถั่วเหลือง 20, 23 และ 27 องศาบริกซ์

4.2.2 ภาวะของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

อุณหภูมิอากาศร้อนเข้า	180-190	องศาเซลเซียส
อัตราการป้อนตัวอย่าง	55	ลิตร/ชั่วโมง
อุณหภูมิอากาศออก	90	องศาเซลเซียส
ความเร็วรอบในการหมุนของเครื่องทำละอองฝอย	15,000	รอบ/นาที

4.2.3 วิธีปฏิบัติ

นำน้ำนมถั่วเหลืองความเข้มข้นระดับต่าง ๆ ที่เตรียมขึ้นไปป้อนเข้าเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (รูปที่ 4-5) ที่มีภาวะตามข้อ 4.2.2

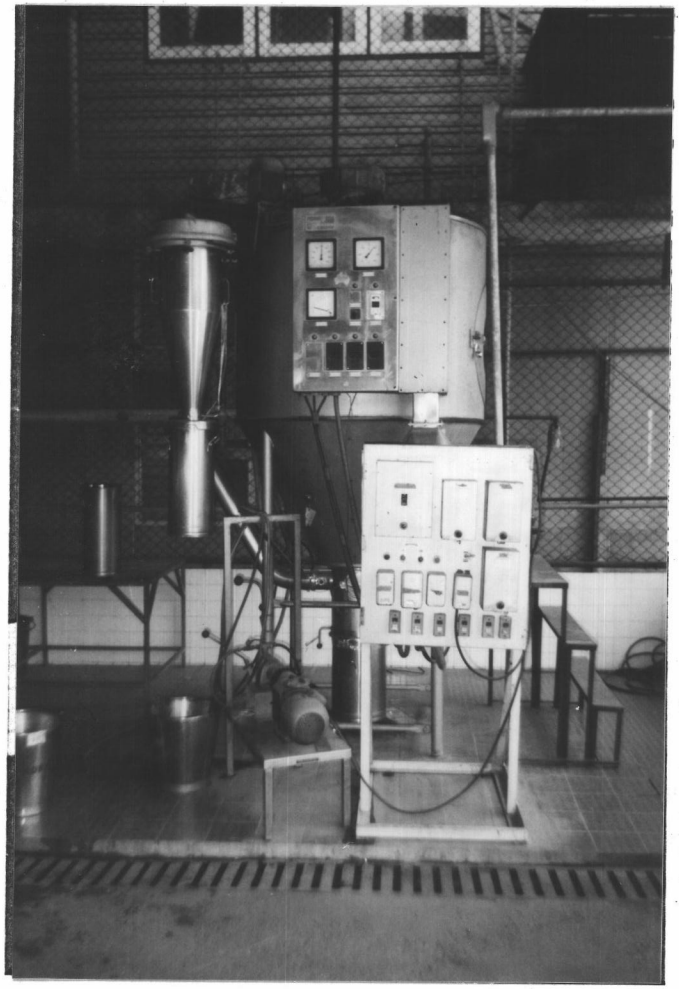
ลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ใช้ในการทดลองแสดงไว้ในรูปที่ 4-6

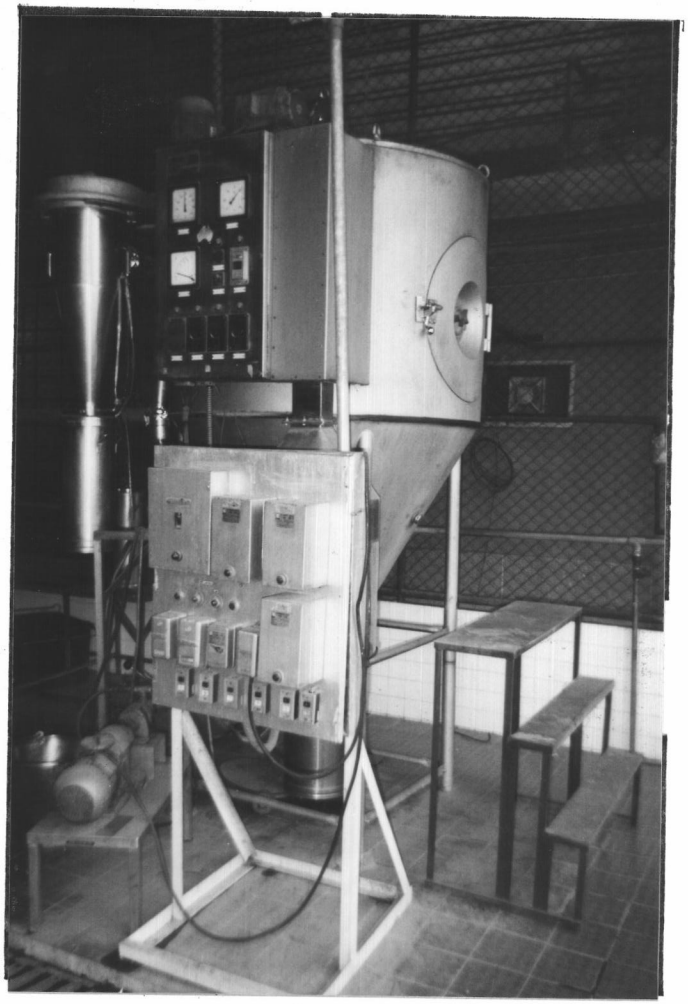
4.2.4 วิธีติดตามผล

วิเคราะห์นมถั่วเหลืองผงที่ได้โดยใช้วิธีวิเคราะห์ในภาคผนวก ก. ในการวิเคราะห์หา

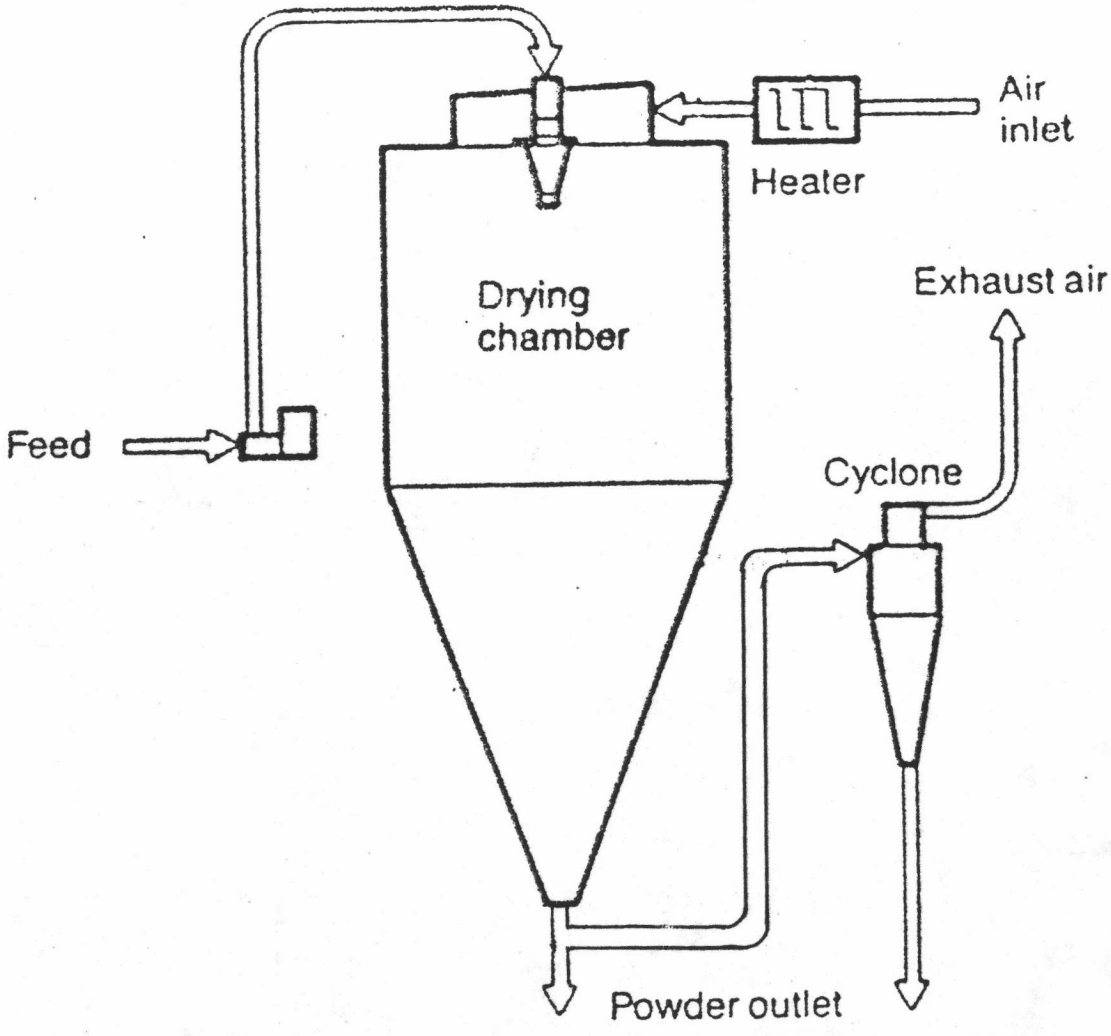
1. ความชื้น (moisture content) ใช้วิธีวิเคราะห์ใน AOAC ข้อ 16.032

2. ดัชนีการละลาย (solubility index) ใช้วิธีวิเคราะห์ใน





รูปที่ 4-5 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray dryer)



รูปที่ 4-6 ลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

ADMI

3. ความหนาแน่นปรากฏ (bulk density) ใช้วิธีวิเคราะห์ของ Tamsma

4. การวัดสี (color) ใช้วิธีวิเคราะห์ของ Munsell

จากนั้นนำนมถั่วเหลืองผงที่ได้ละลายน้ำกลับสู่รูปเดิมในอัตราส่วน นมถั่วเหลืองผง (กรัม) : น้ำร้อน 65-80 องศาเซลเซียส (มิลลิลิตร) = 30 : 200 แล้วทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีวิเคราะห์ในภาคผนวก ก. วิเคราะห์หา

1. โปรตีน (protien) ใช้วิธีวิเคราะห์ใน AOAC ข้อ 16.213
2. ไขมัน (fat) ใช้วิธีวิเคราะห์ใน AOAC ข้อ 16.064
3. คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) โดยการคำนวณ
4. ค่าดัชนีการหักเห (refractive index)
5. ค่าความคงตัวของคอลลอยด์ (colloidal stability) ใช้วิธีวิเคราะห์ของ Nelson
6. ค่าการกระจายตัวของโปรตีน (protien dispersibility index, PDI) ใช้วิธีวิเคราะห์ของ Smith

4.3 <u>การทดลองหาค่าอุณหภูมิของอากาศเข้าที่เหมาะสมในการผลิตนมถั่วเหลืองผง</u>

4.3.1 ตัวแปรที่ศึกษาคือ อุณหภูมิอากาศเข้าที่ 150, 160, 170, 180 และ 190 องศาเซลเซียส

4.3.2 ภาวะที่ควบคุมให้คงที่ คือ

ค่าความเข้มข้นของตัวอย่างที่ให้ผงผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดจากข้อ 4.2

อัตราการป้อนตัวอย่าง 55 ลิตร/ชั่วโมง

อุณหภูมิอากาศออก 90 องศาเซลเซียส

ความเร็วรอบในการหมุนของเครื่องทำละอองฝอย 15,000 รอบ/นาที

4.3.3 วิธีปฏิบัติ

นำน้ำนมถั่วเหลืองที่ค่าความเข้มข้นของตัวอย่างที่ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดของข้อ 4.2 ป้อนเข้าเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยเพื่อทำเป็นผง โดยใช้ภาวะของเครื่องตามที่กำหนดไว้ในข้อ 4.3.2 และเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศเข้าตามข้อ 4.3.1

4.3.4 วิธีติดตามผล

เหมือนในข้อ 4.2.4

4.4 <u>การทดลองหาค่าความเร็วรอบของเครื่องทำละอองฝอยที่เหมาะสมในการผลิตนมถั่วเหลืองผง</u>

4.4.1 ตัวแปรที่ศึกษาคือ ความเร็วรอบของเครื่องทำละอองฝอย (centrifugal atomizer) ที่ 10,000 15,000 และ 20,000 รอบต่อนาที

4.4.2 ภาวะที่ควบคุมให้คงที่ คือ

ใช้ค่าความเข้มข้นของตัวอย่างที่ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดจากข้อ 4.2

ใช้ค่าอุณหภูมิลมเข้าของตัวอย่างที่ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดจากข้อ 4.3

อัตราการป้อนตัวอย่าง 55 ลิตร/ชั่วโมง

4.4.3 วิธีปฏิบัติ

นำน้ำนมถั่วเหลืองที่มีค่าความเข้มข้นของตัวอย่าง (จากข้อ 4.3) และค่าอุณหภูมิของอากาศร้อน (จากข้อ 4.3) ที่ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุด ป้อนเข้าเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยเพื่อทำเป็นผง โดยใช้ภาวะของเครื่องตามที่กำหนดไว้ในข้อ 4.4.2 และเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบการหมุนของเครื่องทำละอองฝอยตามข้อ 4.4.1

4.4.4 วิธีติดตามผล

เหมือนในข้อ 4.2.4

4.5 <u>สมดุลมวลสาร</u>

เนื่องจากเป็นระบบที่ทำงานอย่างต่อเนื่อง

มวลที่เข้า (mass in) = มวลที่ออก (mass out)

4.6 <u>สมดุลความร้อน</u>

ความร้อนที่เข้า (heat input) = ความร้อนที่ออก (heat output) + ความร้อนที่สูญเสีย (heat loss)

4.7 <u>ประสิทธิภาพความร้อน</u>

ประสิทธิภาพความร้อน (thermal efficiency)

$$= \frac{\text{ความร้อนที่ใช้ในการระเหย (heat used in evaporation)}}{\text{ความร้อนที่ใส่เข้าไป (heat input)}}$$

4.8 การคำนวณหาเปอร์เซนต์ yield ของนมถั่วเหลืองผง

: production yield = weight of soymilk powder obtained

: % overall yield = $\frac{\text{production yield}}{\text{total solid in feed}} \times 100$

: % recovery efficiency

= $\frac{\text{total solids in soymilk powder}}{\text{total solid in feed}} \times 100$

: dryer efficiency $\frac{\text{(gm)}}{\text{(KW.hr)}} = \frac{\text{water removed from feed}}{\text{power consumed}}$

4.9 การประมาณราคาต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์ ;

: ค่าจ้างแรงงาน (wages)
: ค่าวัตถุดิบ (material)
: ค่าเชื้อเพลิงและพลังงาน (power consumption and fuel)
: ค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักร (depreciation)
: ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (repairs and maintenance)
: อื่น ๆ (5 % ของทั้งหมด)

ไม่รวม - ค่าใช้จ่ายในการขาย (sales cost)
- ค่าใช้จ่ายในการบริหาร (administrative expense)
- กำไร (profit)