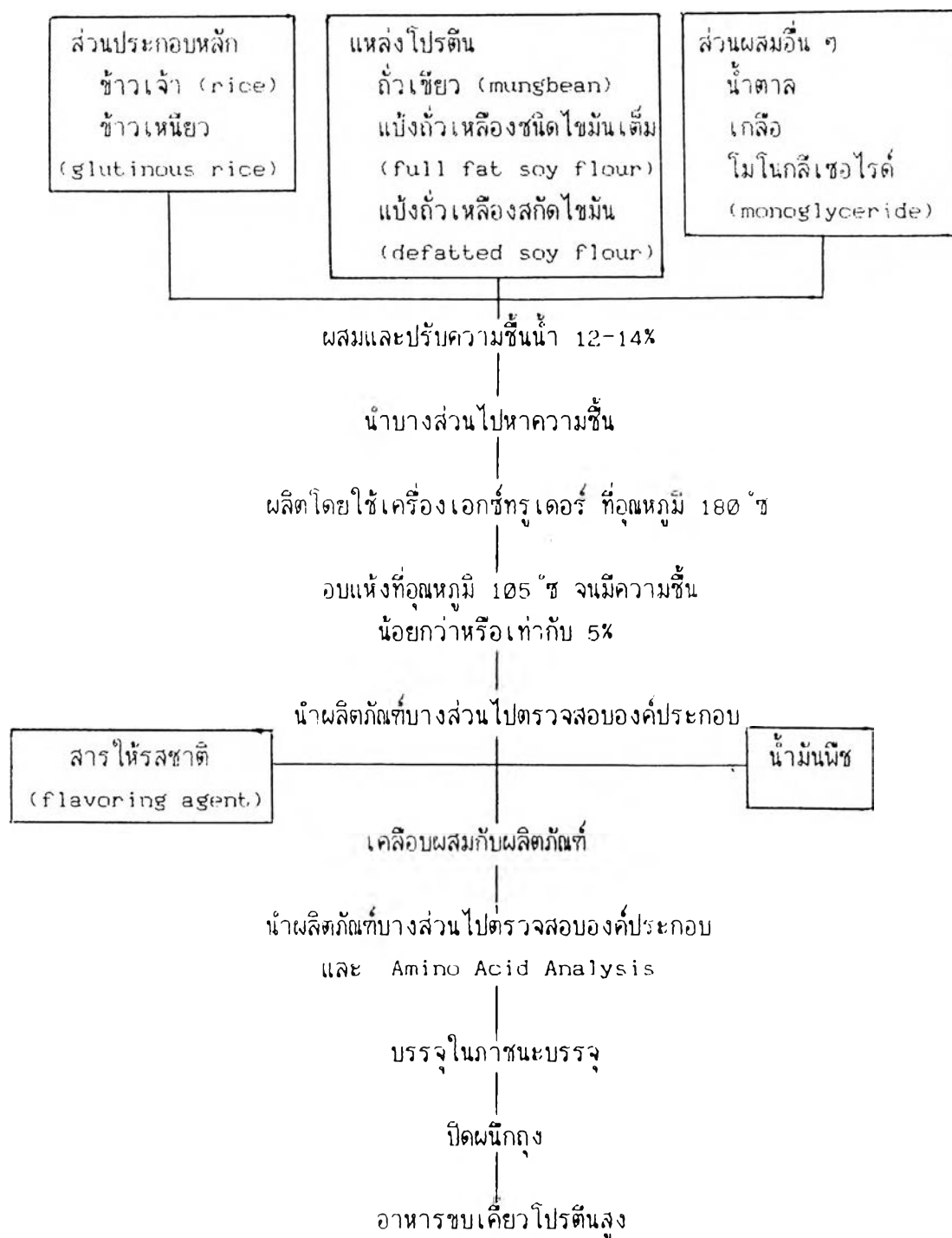


บทที่ 3

วิธีการทดลอง



รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตอาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูง โดยใช้เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ (BRABENDER 20 DN)

3.1 วัตถุดิบ

- 3.1.1 ข้าวเจ้า พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 จากกองการข้าว กรมวิชาการเกษตร
- 3.1.2 ข้าวเหนียว พันธุ์ กข.6 จากกองการข้าว กรมวิชาการเกษตร
- 3.1.3 ถั่วเขียวซีก จากร้านค้าปลีกตลาดสามย่าน
- 3.1.4 แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม (full fat soy flour) ตราดอยคำ
ผลิตโดยโรงงานหลวงอาหารสำเร็จรูป อ.แม่จัน จ.เชียงราย
- 3.1.5 แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน (defatted soy flour) ของ Archer
Daniels Midland Company Decatur, Illinois, U.S.A.
- 3.1.6 เกลือป่นละเอียด
- 3.1.7 น้ำตาลไอซิ่ง (icing sugar)
- 3.1.8 โมโนกลีเซอไรด์ (monoglyceride)
- 3.1.9 สารให้รสชาติ (flavoring agent) ของบริษัท ดัทแวล์ม จำกัด

3.2 ภาชนะบรรจุ

- 3.2.1 ถุงพลาสติกชนิด orientated polypropylene / polyethylene
(OPP/PE) ขนาดกว้าง 6 นิ้ว ยาว 8 นิ้ว
- 3.2.2 ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ขนาดกว้าง 6 นิ้ว ยาว 8 นิ้ว

3.3 การเตรียมวัตถุดิบ

นำข้าวเจ้า ข้าวเหนียว ถั่วเขียวซีก ไปบดโดยใช้เครื่องบดแบบ Pin Mill (รูปที่ 3.2) ขนาดของรูตะแกรงประมาณ 1 มิลลิเมตร แล้วเก็บในภาชนะที่ปิดมิดชิด เพื่อป้องกันหนูและแมลงต่าง ๆ

3.4 การปรับความชื้นวัตถุดิบ

ซึ่งส่วนผสมของวัตถุดิบ ผสมให้เข้ากันดี แล้วปรับความชื้นโดยใช้กระบอกฉีดน้ำฉีดน้ำ ปริมาตรตามต้องการ (ดูวิธีการคำนวณปริมาตรน้ำจากภาคผนวก ก) ใช้เครื่องผสมไฟฟ้าผสมจน น้ำกระจายไปทั่ววัตถุดิบ นำวัตถุดิบที่ปรับความชื้นแล้วใส่ในถุงพลาสติก ปิดปากถุงให้สนิท ตั้งทิ้ง ค้างคืนไว้ 1 คืน เพื่อให้มีการกระจายความชื้นอย่างทั่วถึงก่อนนำไปผลิต



รูปที่ 3.2 เครื่องบดแบบ Pin Mill

3.5 การผลิตโดยใช้เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ (รูปที่ 3.3)

ใช้เครื่อง EXTRUDER 20 DN ของบริษัท BRABENDER Model-No. 8 235 00 พร้อมด้วย FEEDING SCREW Model-No.6 29 299 มีอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอก (barrel) เท่ากับ 20 : 1 มีขั้นตอนการเดินเครื่องดังต่อไปนี้

1. ประกอบส่วนต่าง ๆ ของเครื่องเข้าด้วยกัน ตรวจสอบการยึดแน่นของสกรูในทุก ๆ จุด
2. ติดตั้งใบมีดในส่วนของช่องเปิด (die) เพื่อตัดผลิตภัณฑ์ที่ได้ หรือเอกซ์ทรูเดต (extrudate)
3. ตั้งอุณหภูมิทั้ง 3 ช่วง ปรับความเร็วรอบสกรูป้อน (feeding screw speed) และความเร็วของสกรู (screw speed) ตามต้องการ
4. เปิดสวิทช์อุณหภูมิทั้ง 3 ช่วง เพื่อให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงอุณหภูมิที่ตั้งเอาไว้
5. เปิดน้ำ และพัดลมเป่า (air blower) เพื่อช่วยในการควบคุมอุณหภูมิ
6. เมื่ออุณหภูมิขึ้นถึงตามที่ต้องการแล้ว เปิดเครื่องให้สกรูเริ่มทำงาน พร้อมทั้งใส่วัตถุดิบที่เตรียมแล้วลงในกรวยป้อนวัตถุดิบ (hopper)
7. นำภาชนะมารองรับเอกซ์ทรูเดตที่ตัดแล้ว
8. เมื่อวัตถุดิบหมด รอจนกระทั่งเอกซ์ทรูเดตออกจากช่องเปิดหมด
9. ปิดเครื่อง เคาะสกรูออกจากกระบอก แล้วทำความสะอาด

3.6 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

3.6.1 ตรวจสอบคุณสมบัติทั่วไปของวัตถุดิบ

3.6.1.1 ตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้

- 3.6.1.1.1 ความชื้น วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC, 1980 (8)
- 3.6.1.1.2 โปรตีน วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC, 1980 (8)
- 3.6.1.1.3 ไขมัน วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC, 1980 (8)
- 3.6.1.1.4 เถ้า วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC, 1980 (8)

3.6.1.1.5 คาร์โบไฮเดรต คำนวณโดยนำผลรวมขององค์ประกอบอื่น ๆ คือ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้าในรูปของเปอร์เซ็นต์ ไปหักลบออกจากองค์ประกอบทั้งหมด ซึ่งกำหนดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ก็จะได้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตตามต้องการ

3.6.1.2 วิเคราะห์ขนาดอนุภาคของวัตถุดิบ

นำตัวอย่างไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร 1 มิลลิเมตร 500 ไมครอน 250 ไมครอน 150 ไมครอน และ 75 ไมครอน ซึ่งน้ำหนักของตัวอย่างที่เหลือค้างอยู่บนตะแกรง นำไปคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์

3.6.2 ศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการผลิต

โดยตัวแปรที่จะศึกษา คือ

3.6.2.1 ชนิดของวัตถุดิบ ใช้ข้าวเจ้าบด และข้าวเหนียวบด

3.6.2.2 อัตราส่วนของการอัดของสกรู (screw compression ratio)

4:1 และ 5:1

3.6.2.3 ความชื้นของวัตถุดิบ 12 % ,14 % และ 16 %

ทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ asymmetric factorial design

2x2x3

การตรวจสอบ เอกซ์ทรูเดทที่ได้จะนำมาตรวจสอบลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

3.6.2.4 ความชื้น ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค

3.6.2.5 ความหนาแน่น (bulk density) ดังรายละเอียดในภาค

ผนวก ค-

3.6.2.6 อัตราส่วนการพองตัว (expansion ratio) ดังรายละเอียด

ในภาคผนวก ค

3.6.2.7 ค่า WAI (water absorption index) ดังรายละเอียดใน

ภาคผนวก ค

3.6.2.8 ค่าแรงตัดขาด (cutting force) ดังรายละเอียดในภาค

ผนวก ค

สภาวะในการทดลอง

อุณหภูมิ โซน (zone) ที่ 1 : 120 °ซ

โซน (zone) ที่ 2 : 180 °ซ

โซน (zone) ที่ 3 : 180 °ซ

ความเร็วรอบสกรู 200 รอบ/นาที

ความเร็วรอบสกรูป้อน 40 รอบ/นาที

ช่องเปิดลักษณะกลม (round die) เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร

3.6.3 ผลิตอาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูง

จากการทดลองตามข้อ 3.6.2 จะเลือกสกรูที่มีอัตราส่วนการอัดของสกรูและความชื้นที่เหมาะสม มาผลิตอาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงโดยใช้ส่วนประกอบหลัก คือ ข้าวเจ้า และข้าวเหนียว แหล่งโปรตีนสูงคือ ถั่วเขียว แบ่งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม (อักษรย่อ : FF5F) และแบ่งถั่วเหลืองสกัดไขมัน (อักษรย่อ : DF5F) สามารถจัดเป็นกลุ่มได้ดังนี้

3.6.3.1 ข้าวเจ้า + ถั่วเขียว แปรปริมาณถั่วเขียว 30% ,35% ,40% และ 45%

3.6.3.2 ข้าวเจ้า + FF5F แปรปริมาณ FF5F 5% , 10% , 15% และ 20%

3.6.3.3 ข้าวเจ้า + DF5F แปรปริมาณ DF5F 10% , 15% , 20% และ 25%

3.6.3.4 ข้าวเหนียว + ถั่วเขียว แปรปริมาณถั่วเขียว 30% , 35% , 40% และ 45%

3.6.3.5 ข้าวเหนียว + FF5F แปรปริมาณ FF5F 5% , 10% , 15% และ 20%

3.6.3.6 ข้าวเหนียว + DF5F แปรปริมาณ DF5F 10% , 15% , 20% และ 25%

ส่วนประกอบอื่น ๆ น้ำตาล 3% (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของส่วนผสม)

เกลือ 1% (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของส่วนผสม)

โมโนกลีเซอไรด์* 0.5% (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักส่วนผสม)

* ใช้เฉพาะในสูตร 3.6.3.2 และ 3.6.3.5

สภาวะในการทดลอง เช่นเดียวกับข้อ 3.6.2

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมของวัตถุดิบที่นำมาผลิตอาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงสูตรต่าง ๆ

สูตร	วัตถุดิบหลัก (กรัม)			แหล่งโปรตีน (กรัม)		ส่วนผสมอื่น ๆ (กรัม)		
	ข้าวเจ้า	ข้าวเหนียว	ถั่วเขียว	แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน	แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม	เกลือ	น้ำตาล	โมโนกลีเซอไรต์
RM 30	70	-	30	-	-	1	2	-
RM 35	65	-	35	-	-	1	2	-
RM 40	60	-	40	-	-	1	2	-
RM 45	55	-	45	-	-	1	2	-
GM 30	-	70	30	-	-	1	2	-
GM 35	-	65	35	-	-	1	2	-
GM 40	-	60	40	-	-	1	2	-
GM 45	-	55	45	-	-	1	2	-
RF 5	95	-	-	-	5	1	2	0.5
RF 10	90	-	-	-	10	1	2	0.5
RF 15	85	-	-	-	15	1	2	0.5
RF 20	80	-	-	-	20	1	2	0.5
GF 5	-	95	-	-	5	1	2	0.5
GF 10	-	90	-	-	10	1	2	0.5
GF 15	-	85	-	-	15	1	2	0.5
GF 20	-	80	-	-	20	1	2	0.5
RD 10	90	-	-	10	-	1	2	-
RD 15	85	-	-	15	-	1	2	-
RD 20	80	-	-	20	-	1	2	-
RD 25	75	-	-	25	-	1	2	-

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) ส่วนผสมของวัตถุดิบที่นำมาผลิตอาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงสูตรต่าง ๆ

สูตร	วัตถุดิบหลัก (กรัม)			แหล่งโปรตีน (กรัม)		ส่วนผสมอื่น ๆ (กรัม)		
	ข้าวเจ้า	ข้าวเหนียว	ถั่วเขียว	แป้งถั่วเหลือง	แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน	เกลือ	น้ำตาล	โมโนกลีเซอไรด์
GD 10	90	-	-	10	-	1	2	-
GD 15	85	-	-	15	-	1	2	-
GD 20	80	-	-	20	-	1	2	-
GD 25	75	-	-	25	-	1	2	-

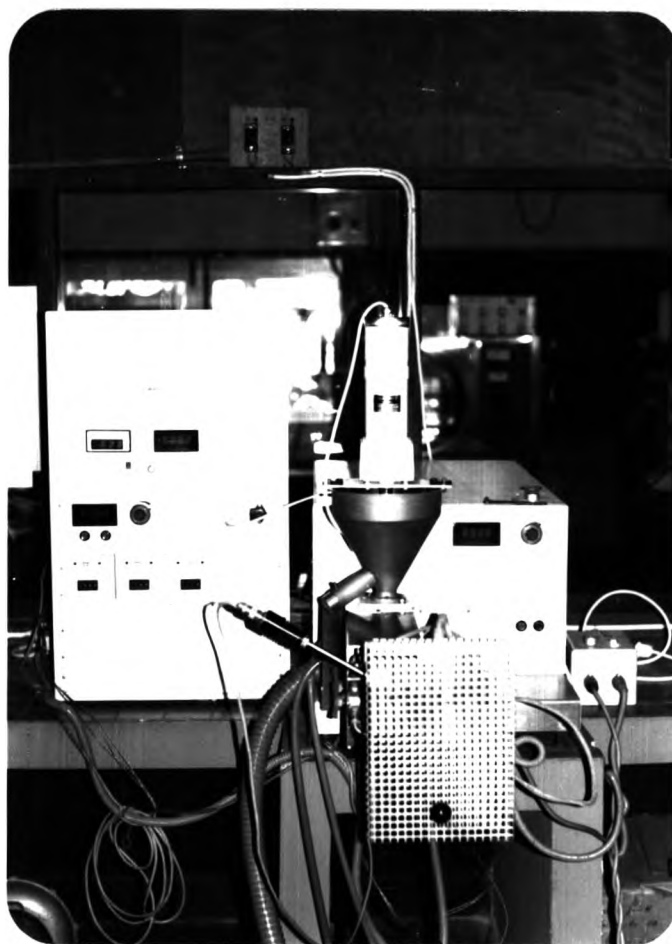
R : ข้าวเจ้า (rice)

G : ข้าวเหนียว (glutinous rice)

M : ถั่วเขียว (mungbean)

F : แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม (full fat soy flour)

D : แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน (defatted soy flour)



รูปที่ 3.3 เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ BRABENDER 20 DN

ในตารางที่ 3.1 จะแสดงให้เห็นชัดเจนถึงส่วนผสมของวัตถุดิบและสัญลักษณ์ที่ใช้แทนสูตรอาหารขบเคี้ยวที่ทำการทดลองทุกสูตร เพื่อสะดวกต่อการอ้างอิง ยกตัวอย่างเช่น สูตร RM30 หมายถึงสูตรที่มีการผสมระหว่างข้าวเจ้า (rice : R) 70% กับ ถั่วเขียว (mungbean : M) 30% โดยมีเกลือ น้ำตาล ในปริมาณ 1% และ 2% โดยน้ำหนักของส่วนผสม ตามลำดับ

ในแต่ละกลุ่มจะทดสอบหาอัตราส่วนของส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครยอมรับมากที่สุด และมีคุณค่าทางอาหารมากที่สุดเป็นตัวแทนของกลุ่ม และนำไปตรวจสอบคุณสมบัติต่อไป โดยมีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ดังนี้

1. การตรวจสอบทางด้านประสาทสัมผัส (sensory evaluation) ดูการยอมรับของลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) ของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ระบบการให้คะแนนแบบ Hedonic Scale ให้ 9 เป็นคะแนนที่ชอบมากที่สุด และ 1 เป็นคะแนนที่ไม่ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึก (trained panelists) จำนวน 15 คน วิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบ randomized complete block design

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบ

ปริมาณโปรตีน (ก่อนและหลังเคลือบผลิตภัณฑ์)

ปริมาณไขมัน (ก่อนและหลังเคลือบผลิตภัณฑ์)

ปริมาณความชื้น (ก่อนและหลังเคลือบผลิตภัณฑ์)

อัตราส่วนการพองตัว

ปริมาณกรดอะมิโน โดยใช้เครื่อง amino acid analyzer

3.6.4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงเปรียบเทียบกับอาหารขบเคี้ยวที่มีขายอยู่ในท้องตลาด

เลือกอาหารขบเคี้ยวที่มีขายในท้องตลาด ผลิตจากวัตถุดิบต่างชนิดกัน 5 ชนิด นำมาตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และ คาร์โบไฮเดรต เพื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงที่ผลิตได้

3.6.5 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

บรรจุผลิตภัณฑ์ที่เลือกเป็นตัวแทนแต่ละกลุ่ม โดยใช้ภาชนะบรรจุ 2 ชนิด คือ oriented polypropylene / polyethylene (OPP/PE) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ เก็บใน

สภาวะบรรยากาศปกติ เป็นเวลา 2 เดือน โดยทุก 2 สัปดาห์ จะนำตัวอย่างมาตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ได้แก่

3.6.5.1 ตรวจสอบด้านประสาทสัมผัส โดยใช้ระบบการให้คะแนนแบบ Hedonic Scale ให้ 9 เป็นคะแนนที่ชอบมากที่สุด และ 1 เป็นคะแนนที่ไม่ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกจำนวน 15 คน

3.6.5.2 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น

วิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบ asymmetric factorial design 5x2x4

3.7 การเคลือบรสชาติ (flavoring)

นำเอกซ์ทรูเดทที่ผลิตได้ อบในตู้อบลมร้อน (hot air oven) (รูปที่ 3.4) ที่อุณหภูมิ 120 °C ประมาณ 10 นาที แล้วจึงนำมาเคลือบรสชาติ โดยใช้อัตราส่วนเอกซ์ทรูเดท : น้ำมันพืช : สารให้รสชาติ = 70 : 25 : 5

วิธีการ

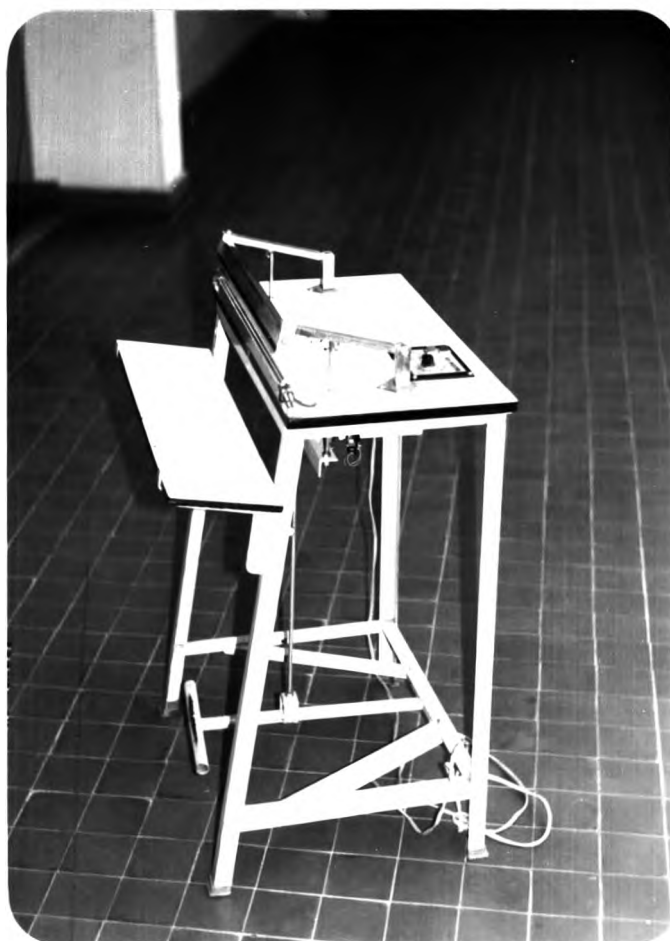
ชั่งน้ำมันพืช และสารให้รสชาติผสมให้เข้ากันดี เทส่วนผสมลงในถุงพลาสติกใบใหญ่ที่บรรจุเอกซ์ทรูเดทที่เพิ่งผ่านการอบแห้งมา ให้ส่วนผสมกระจายทั่วถึง ปิดปากถุงโดยให้มีอากาศอยู่ภายในถุงมากพอ ปิดปากถุงจนกระทั่งถุงโป่งตึง เขย่าไปมาจนกระทั่งไขมันสามารถกระจายสารให้รสชาติเคลือบไปบนเอกซ์ทรูเดทจนทั่ว นำเอกซ์ทรูเดทที่เคลือบแล้วไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนแบบถาด (tray dryer) (รูปที่ 3.5) ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 15-30 นาที เพื่อให้ไขมันแห้ง แล้วจึงนำมาทำให้เย็น บรรจุ และปิดผนึกถุงโดยใช้เครื่องปิดผนึกด้วยความร้อน (heat sealer) (รูปที่ 3.6)



รูปที่ 3.4 ตู้อบลมร้อน (hot air oven)



รูปที่ 3.5 ตู้อบแห้งแบบถาด (tray dryer)



รูปที่ 3.6 เครื่องปิดผนึกถุงด้วยความร้อน (heat sealer)