# การพัฒนาสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมทางสายให้อาหารที่มีธาตุเหล็กสูง

นางสาวอภิญญา บุรีศรีตานนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาเภสัชศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอาหารเคมีและโภชนศาสตร์ทางการแพทย์ ภาควิชาอาหารเคมี
คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# DEVELOPMENT OF VEGETARIAN BLENDERIZED TUBE FEEDING FORMULA WITH HIGH IRON

Miss Apinya Bureesritanon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Pharmacy Program in Food Chemistry and Medical Nutrition

Department of Food Chemistry

Faculty of Pharmaceutical Sciences

Chulalongkorn University

Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การพัฒนาสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมทางสายให้อาหารที่มีธาตุเหล็กสูง |
| โดย | นางสาวอภิญญา บุรีศรีตานนท์ |
| สาขาวิชา | อาหารเคมีและโภชนศาสตร์ทางการแพทย์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | รองศาสตราจารย์ ดร. อรอนงค์ กังสดาลอำไพ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม | รองศาสตราจารย์ ธิติรัตน์ ปานม่วง |

---

คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะเภสัชศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. พรเพ็ญ เปรมโยธิน)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ลินนา ทองยงค์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. อรอนงค์ กังสดาลอำไพ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ธิติรัตน์ ปานม่วง)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. กุลวรา เมฆสวรรค์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญพรรณ แน่นหนา)

อภิญญา บุรีศรีตานนท์ : การพัฒนาสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมทางสายให้อาหารที่มีธาตุเหล็กสูง. (DEVELOPMENT OF VEGETARIAN BLENDERIZED TUBE FEEDING FORMULA WITH HIGH IRON) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. อรอนงค์ กังสดาลอำไพ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ธิติรัตน์ ปานม่วง, 132 หน้า.

การศึกษานี้ทำการพัฒนาสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมทางสายให้อาหารที่มีธาตุเหล็กสูง สูตรอาหารประกอบด้วย โปรตีนเกษตร นมถั่วเหลือง ข้าวกล้อง น้ำตาลทราย น้ำมันถั่วเหลือง และฟักทอง ใช้งาขาว ลูกเดือย และถั่วแดง เป็นแหล่งของธาตุเหล็ก นำส่วนประกอบมาปั่นผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน โฮโมจีไนส์ 30 นาที บรรจุขวดแล้วนำไปฆ่าเชื้อโดยวิธีพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และสเตอริไรส์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที ศึกษาลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏภายนอก การตกตะกอนแยกชั้น การไหลผ่านสายให้อาหาร ความหนืด และความเป็นกรด-ด่าง สูตรที่มีลักษณะทางกายภาพดีสุดคือ สูตรพาสเจอร์ไรส์ที่เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงในอัตราส่วนของงาขาวต่อถั่วแดงเท่ากับ 75:25 ปรับปรุงกลิ่นด้วยกลิ่นวานิลลา กล้วยหอม ช็อกโกแลต และ อัลมอนด์ พบว่าสูตรที่แต่งกลิ่นวานิลลาได้รับการยอมรับมากที่สุด ผลิตภัณฑ์ที่ดีสุดประกอบด้วย โปรตีนเกษตร 45 กรัม นมถั่วเหลือง 150 มิลลิลิตร ข้าวกล้อง 15 กรัม น้ำตาลทราย 45 กรัม ฟักทอง 75 กรัม งาขาว 52.5 กรัม ถั่วแดง 22.5 กรัม และแต่งกลิ่นวานิลลาในปริมาณร้อยละ 0.05 การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของสูตรพาสเจอร์ไรส์พบว่า มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหาร คาร์โบไฮเดรต และธาตุเหล็ก ร้อยละ 78.82, 5.08, 3.01, 0.60, 0.47, 12.02 และ 0.94 ตามลำดับ มีความเข้มข้นของพลังงาน 0.95 กิโลแคลอรีต่อมิลลิลิตร การกระจายพลังงานจากโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 21.28, 28.37 และ 50.37 ตามลำดับ มีปริมาณธาตุเหล็ก 9.4 มิลลิกรัมต่อ 1,000 มิลลิลิตร ซึ่งเหมาะสมกับผู้ป่วยที่บริโภคอาหารมังสวิรัติ มีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม เก็บได้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส 7 วัน โดยคุณสมบัติทางกายภาพไม่เปลี่ยนแปลงและปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์

ภาควิชา…….อาหารเคมี……..ลายมือชื่อนิสิต…….....

สาขาวิชา..อาหารเคมีและโภชนศาสตร์ทางการแพทย์.... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา……...….....

ปีการศึกษา…….2550..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม…….

## 4776617633 : MAJOR FOOD CHEMISTRY AND MEDICAL NUTRITION
KEYWORD : VEGETARIAN/ TUBE FEEDING/ IRON

APINYA BUREESRITANON : DEVELOPMENT OF VEGETARIAN BLENDERIZED TUBE FEEDING FORMULA WITH HIGH IRON. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. ORANONG KANGSADALAMPAI, Ph.D., THESIS COADVISOR : ASSOC. PROF. THITIRAT PANMAUNG, M.Sc., 132 pp.

This study was conducted to develope a Vegetarian Blenderized Tube Feeding Formula with high iron. The formula composed of Protein Kaset, soy milk, brown rice, sugar, soy bean oil and pumpkin. White sesame seeds, job's tear and red kidney bean were added in the formula with various ratios to increase iron content. All ingredients were mixed, homogeneously for 30 minutes. The mixture was filled in a bottle and then pasteurized at 80$^{o}$C for 20 minute or sterilized at 121$^{o}$C (15 pounds per square inch) for 15 minute. The physical properties including viscosity, flow rate and pH were determined. The best formula was the pasteurized product of white sesame and red kidney bean in the ratio of 75:25. The product flavored with vanilla was found to be the most palatable. In conclusion, the best Vegetarian Blenderized Tube Feeding Formula composed of Protein Kaset 45 g, soy milk 150 ml, brown rice 15 g, sugar 45 g, pumpkin 75 g, white sesame 52.5 g, red kidney bean 22.5 g and 0.05 percent vanilla flavor. The moisture, protein, fat, ash, fiber, carbohydrate and iron contents of the product were 78.82, 5.08, 3.01, 0.60, 0.47, 12.02 and 0.94 percent, respectively. Energy density was 0.95 Kcal/ml whereas energy distribution from protein, fat and carbohydrate were 21.28, 28.37 and 50.37 percent respectively, In addition, the formula contained sufficient iron for vegetarian patients (9.4 mg per 1000 ml). The product could be kept at 2-8$^{o}$C for 7 days whithout any significant changes in physical properties and microbiological stability.

Department…...Food Chemistry……...…Student's signature……..…… ...
Field of study...Food Chemistry and Medical Nutrition…Advisor's signature……...……..
Academic year…….….2007…….Co-advisor's Signature……..…..

# กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากทุกท่าน ดังต่อไปนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. อรอนงค์ กังสดาลอำไพ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์ธิติรัตน์ ปานม่วง ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาข้อเสนอแนะอย่างดียิ่งมาโดยตลอด ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ลินนา ทองยงค์ ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และคณาจารย์ภาควิชาอาหารเคมีทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้อันมีค่ายิ่งและให้โอกาสแก่ผู้วิจัยด้วยความเมตตาเสมอมา

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญพรรณ แน่นหนา ที่ช่วยกรุณาให้คำแนะนำและช่วยเหลือในด้านการตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาอาหารเคมีทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และภาควิชาอาหารเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนการวิจัยบางส่วน

คุณค่าของงานวิจัยนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดามารดา และครอบครัวที่เลี้ยงดูสนับสนุนการศึกษาให้กำลังใจตลอดมา และขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อน และน้องๆ ทุกคนสำหรับคำปรึกษา กำลังใจและสิ่งอำนวยความสะดวกมากมายในตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการวิจัย

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย……...ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……..จ
กิตติกรรมประกาศ…….. ฉ
สารบัญ……...…….ช
สารบัญตาราง……...ฌ
สารบัญตารางภาคผนวก……..ฎ
สารบัญภาพ……...……...…...…ท
บทที่
1. บทนำ……...1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา……..2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ……..2
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……4
การให้อาหารผ่านระบบทางเดินอาหาร (enteral nutrition)……..……4
ลักษณะที่ดีของสูตรอาหารทางสายให้อาหาร……..……6
มังสวิรัติ (vegetarian)……..……7
ประเภทของมังสวิรัติ……..……7
ธาตุเหล็ก (iron)……..……8
บทบาทหน้าที่ของธาตุเหล็ก……..……8
การย่อยและการดูดซึมธาตุเหล็ก……..……9
ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซึมธาตุเหล็ก……...…10
คุณค่าทางโภชนาการของส่วนประกอบที่ใช้เตรียมอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมที่มี
ธาตุเหล็กสูง……..……12
โปรตีนเกษตร……..……12
ข้าวกล้องและน้ำตาลทราย……..……12
น้ำมันถั่วเหลือง……..……12
ฟักทอง……..……13
งาขาว……..……13
ลูกเดือย……..……14
ถั่วแดง……..……14

บทที่ หน้า

3. วิธีดำเนินการวิจัย……..……15

วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรอาหาร……..…...…15

อุปกรณ์และเครื่องมือ…….……..…….15

วิธีการศึกษา……..……16

4. ผลและอภิปรายผลการวิจัย……...……...26

5. สรุปผลผลการวิจัย……..……..……49

รายการอ้างอิง……..50

ภาคผนวก

ก วิธีการคำนวณหาปริมาณวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารทางการแพทย์…...56

ข วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและวิธีการวิเคราะห์ธาตุเหล็ก……..……...77

ค วิธีการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา…….……..…….85

ง แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัส……....…….....93

จ ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส…….…..……...…….95

ฉ การวิเคราะห์ทางสถิติ……...……...……108

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์…….....…….…….132

# สารบัญตาราง



ตาราง หน้า

1 ตัวอย่างสูตรอาหารปั่นผสม……..……..……...……5

2 ส่วนประกอบในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร (นิรมล อังสุมาลี, 2545)……...……...……...……..……..17

3 ส่วนประกอบของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมทางสายให้อาหารเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว ลูกเดือย และถั่วแดงในปริมาณต่างๆกัน……...……..……...19

4 ส่วนประกอบของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมทางสายให้อาหารเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว ลูกเดือย และถั่วแดงในปริมาณต่างๆกัน หลังจากปรับลดปริมาณส่วนประกอบหลัก……...……...23

5 ปริมาณสารอาหารและธาตุเหล็กของวัตถุดิบ……28

6 ส่วนประกอบและความเข้มข้นของพลังงานของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจาก งาขาว ถั่วแดง และ ลูกเดือยในปริมาณต่างๆ สูตร 1-9…...…….……30

7 ลักษณะทางกายภาพของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว ถั่วแดง และ ลูกเดือยในปริมาณต่างๆ สูตร 1-9……...……..33

8 แสดงส่วนประกอบและความเข้มข้นของพลังงานของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมทางสายให้อาหารเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว ลูกเดือย และถั่วแดง ในปริมาณต่างๆ กัน สูตร 1A-9A……..……...……..…34

9 ลักษณะทางกายภาพ ของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว ถั่วแดง และลูกเดือย ในปริมาณต่างๆกัน สูตร 1A-9A……...…35

ตาราง หน้า

10 ส่วนประกอบของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมทางสายให้อาหารเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก ในปริมาณต่างๆกัน สูตร 6B-9B.....38

11 ลักษณะทางกายภาพของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือกในปริมาณต่างๆกัน สูตร 6B-9B……39

12 ลักษณะทางกายภาพของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว ถั่วแดง และถั่วแดงแกะเปลือกในปริมาณต่างๆกัน สูตร 1A, 6A-9A, 6B-9B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่ อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาต่างๆ และผ่านการเสตอริไลส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิห้องที่ระยะเวลาต่างๆ …….40

13 ค่าความหนืดของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว ถั่วแดง และถั่วแดงแกะเปลือกในปริมาณต่างๆกัน สูตร 1A, 6A-9A, 6B-9B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่างๆ ……41

14 คุณสมบัติทางกายภาพของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว ถั่วแดง และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6A และ 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาต่างๆ ……42

15 คะแนนเฉลี่ยความชอบในด้านต่างๆที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว ถั่วแดง และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6A และ 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ……46

ตาราง หน้า

16 คุณค่าทางโภชนาการของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม ที่เสริมธาตุเหล็กจากงาขาวและถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์……..…….47

17 ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาต่างๆ…..……....…48

# สารบัญตารางผนวก



ตารางผนวกที่ หน้า

ก- 1 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร (นิรมล อังสุมาลี)……..…….……58

ก- 2 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว (สูตร 1)…….……..59

ก- 3 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และลูกเดือย (สูตร 2)……...……60

ก- 4 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และลูกเดือย (สูตร 3)…….……..61

ก- 5 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และลูกเดือย (สูตร 4) …….……..……...62

ก- 6 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และลูกเดือย (สูตร 5)…….……...……...63

ก- 7 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง (สูตร 6)...……..…….……..64

ก- 8 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง (สูตร 7)…….……...……65

ก- 9 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง (สูตร 8)…….……...…….66

ตารางผนวกที่ หน้า

ก- 10 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง (สูตร 9)……..……..……..…67

ก- 11 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว (สูตร 1A)...…...……....68

ก- 12 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และลูกเดือย (สูตร 2A)……..…..69

ก- 13 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และลูกเดือย (สูตร 3A)…..……..70

ก- 14 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และลูกเดือย (สูตร 4A)…..……....71

ก- 15 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และลูกเดือย (สูตร 5A)…..……....72

ก- 16 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง (สูตร 6A) ……..…73

ก- 17 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง (สูตร 7A).....74

ก- 18 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง (สูตร 8A)……...……75

ตารางผนวกที่ หน้า

ก- 19 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง (สูตร 9A)..……..…76

ค- 1 ตารางแปรผลปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม วัดโดยวิธี เอ็มพีเอ็น โดยการเจือจาง 5 หลอด เมื่อเพาะตัวอย่าง 10, 1 และ 0.1 มิลลิลิตร ในอาหารเลี้ยงเชื้อ (Hleyn และคณะ,1999).……...….92

จ- 1 ความถี่ของคะแนนความชอบในสีที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ……..…….……96

จ- 2 ความถี่ของคะแนนความชอบในกลิ่นที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ……..…….97

จ- 3 ความถี่ของคะแนนความชอบในรสชาติที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ ……...…….....…98

จ- 4 ความถี่ของคะแนนความชอบในเนื้อสัมผัสที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ……...…….……99

จ- 5 ความถี่ของคะแนนความชอบในลักษณะโดยรวมที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ……...……..……..100

ตารางผนวกที่ หน้า

จ- 6 ความถี่ของคะแนนความชอบในแต่ละลักษณะโดยรวมที่ผู้ชิมให้แก่ สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ……...……..101

จ- 7 ความถี่ของคะแนนความชอบในสีที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์และแต่งกลิ่นต่างๆ…….……..…102

จ- 8 ความถี่ของคะแนนความชอบในกลิ่นที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมที่เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ……...…...…103

จ- 9 ความถี่ของคะแนนความชอบในรสชาติที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ …….....….104

จ- 10 ความถี่ของคะแนนความชอบในเนื้อสัมผัสที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ…….....…..…105

จ- 11 ความถี่ของคะแนนความชอบในลักษณะโดยรวมที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ……...…..106

จ- 12 ความถี่ของคะแนนความชอบในแต่ละลักษณะโดยรวมที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ….....…….....…107

ตารางผนวกที่ หน้า

ฉ- 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว สูตร 1A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน……..…109

ฉ- 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน……..…110

ฉ- 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร7A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน…...……111

ฉ- 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร8A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน…...…..112

ฉ- 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 9A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน…...…...113

ฉ- 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน……..……...……..114

ตารางผนวกที่ หน้า

ฉ- 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 7B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน.....115

ฉ- 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 8B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน.....116

ฉ- 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 9B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน.....117

ฉ- 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอัตราการไหลผ่านสายให้อาหารของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน.....118

ฉ- 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอัตราการไหลผ่านสายให้อาหารของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน.....119

ตารางผนวกที่ หน้า

ฉ- 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่างของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน……...…….…….....…120

ฉ- 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่างของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน……..……..…..121

ฉ- 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชอบในสีของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ……...…….…....……122

ฉ- 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชอบในกลิ่นของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ……...……123

ฉ- 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชอบในรสชาติของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ…….…..……124

ฉ- 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชอบในเนื้อสัมผัสของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ....……....……..….125

ตารางผนวกที่ หน้า

ฉ- 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชอบในลักษณะโดยรวมของสูตรอาหาร มังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ……..……...…….…...……126

ฉ- 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชอบในสีของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ……..…...…127

ฉ- 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชอบในกลิ่นของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ……..……128

ฉ- 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชอบในรสชาติของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ....……..129

ฉ- 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชอบในเนื้อสัมผัสของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์และแต่งกลิ่นต่างๆ……130

ฉ- 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชอบในลักษณะโดยรวมของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ…..……..……...…131

# สารบัญภาพ



ภาพประกอบ หน้า

1 การดูดซึมธาตุเหล็ก (dietary iron absorption) (Williams และ Wilkins, 2006)….9

2 การดูดซึมและการขนส่งธาตุเหล็ก (Wardlaw, 1999)……..……..10

# บทที่ 1

# บทนำ

**ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา**

ปัจจุบันมีผู้สนใจรับประทานอาหารมังสวิรัติมากขึ้น เนื่องจากการตื่นตัวทางด้านสุขภาพ ความศรัทธาในศาสนา และเพื่อการรักษาโรค อาหารมังสวิรัติประกอบด้วยพืชผัก และผลไม้เป็นหลัก และอาจมีผลิตภัณฑ์ของสัตว์ เช่น นม ไข่ และอาจมีเนื้อสัตว์ประเภทปลาและสัตว์ปีกได้บ้างเล็กน้อย (Whiteney และคณะ, 2001)

ผู้ที่รับประทานอาหารมังสวิรัติอาจได้รับสารอาหารไม่ครบถ้วน โดย Barr และ Rideout (2004) พบว่ากลุ่มคนที่บริโภคอาหารมังสวิรัติมักมีสภาวะขาดธาตุเหล็ก โดยเฉพาะกลุ่มมังสวิรัติแท้ เนื่องจากร่างกายจะได้รับอาหารประเภทพืชผักธัญพืช ถั่วเมล็ดแห้ง และผลไม้เท่านั้น ซึ่งมีผลทำให้ไม่ได้รับธาตุเหล็กที่อยู่ในรูป heme iron นอกจากนี้ อาหารเหล่านี้มี ไฟเตท (phytate) และ โพลีฟีนอล (polyphenol) เป็นส่วนประกอบด้วยซึ่งมีผลรบกวนการดูดซึมธาตุเหล็กในรูป non-heme iron ดังนั้นผู้ที่บริโภคอาหารมังสวิรัติเป็นประจำ จึงมีโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดภาวะการขาดธาตุเหล็กได้มากกว่ากลุ่มคนที่รับประทานอาหารปกติ (Huang และคณะ, 1999) จากการวิเคราะห์ระดับธาตุเหล็กในเลือดของกลุ่มคนที่รับประทานอาหารมังสวิรัติพบว่ากลุ่มที่รับประทานอาหารมังสวิรัติมีระดับธาตุเหล็กในเลือดต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับประทานอาหารมังสวิรัติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Meirellesและ คณะ, 2001) ซึ่งเมื่อร่างกายได้รับธาตุเหล็กในปริมาณที่ไม่เพียงพอจะทำให้เกิดโรคโลหิตจางได้ (Wardlaw, 1999)

ในสภาวะเจ็บป่วยและไม่สามารถรับประทานอาหารได้ตามปกติ อาจจำเป็นต้องได้รับอาหารโดยผ่านทางสายให้อาหาร การพัฒนาสูตรอาหารปั่นผสม สูตรมังสวิรัติจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยอาหารปั่นผสมที่ให้ผ่านทางสายให้อาหารควรมีคุณสมบัติดังนี้คือ มีสารอาหารครบถ้วนตามที่ร่างกายต้องการ สะอาด ปลอดภัยจากเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และมีการกระจายพลังงานที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วย โดยมีพลังงานจากโปรตีนร้อยละ 10-35 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 45-65 ไขมันร้อยละ 20-35 (Food and Nutrition Board [FNB], 2002) และร้อยละ 20 ของไขมันควรได้จากน้ำมันพืช เช่น น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันดอกทานตะวัน ซึ่งเป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็น (Nisim และ Allins, 2005) ความเข้มข้นของพลังงานในสูตรอาหารควรเท่ากับ 1 กิโลแคลอรีต่อมิลลิลิตร (จุฬาภรณ์ รุ่งพิสุทธิพงษ์, 2540)

นิรมล อังสุมาลี (2545) พัฒนาสูตรอาหารปั่นผสมสูตรมังสวิรัติ พบว่ามีธาตุเหล็กในปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการพัฒนาสูตรอาหารปั่น

ผสมสูตรมังสวิรัติของนิรมล อังสุมาลี (2545) ให้มีปริมาณธาตุเหล็กสูงขึ้นและเพียงพอต่อความต้องการของผู้ป่วยที่บริโภคอาหารมังสวิรัติ โดยเลือกวัตถุดิบที่สามารถหาได้ง่ายภายในประเทศและมีส่วนประกอบของธาตุเหล็กสูง เพื่อนำมาเป็นส่วนประกอบอาหารปั่นผสมสำหรับให้ทางสายให้อาหารและใช้ในผู้ป่วยที่บริโภคอาหารมังสวิรัติ

สำหรับวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการเสริมธาตุเหล็กในการศึกษานี้ ใช้พืชที่มีธาตุเหล็กสูงได้แก่ งาขาว ลูกเดือย และถั่วแดง (กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2544) จากข้อมูลของกองโภชนาการ กรมอนามัย (2546) แสดงปริมาณของธาตุเหล็กที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยในผู้ใหญ่ อายุ 19-70 ปี (Thai Dietary Reference Intakes, Thai DRI) คือ 10.4-24.7 มิลลิกรัมต่อวัน แต่ความต้องการธาตุเหล็กของผู้บริโภคอาหารมังสวิรัติจะสูง 1.8 เท่าของความต้องการธาตุเหล็กของคนทั่วไป (Dunham และ Kollar, 2006) ปริมาณธาตุเหล็กที่ต้องการสำหรับผู้บริโภคอาหารมังสวิรัติจึงมีค่า 18.7-44.4 มิลลิกรัมต่อวัน ปริมาณธาตุเหล็กที่ต้องการให้มีในอาหารปั่นผสมสูตรมังสวิรัตินี้ คือ ไม่น้อยกว่าวันละ 20 มิลลิกรัม ซึ่งมีความเหมาะสม และพอเพียงสำหรับผู้ป่วยที่รับประทานอาหารมังสวิรัติ

การวิจัยนี้พัฒนาอาหารปั่นผสมสูตรมังสวิรัติเสริมธาตุเหล็กจากพืชที่มีปริมาณธาตุเหล็กสูง คือ งาขาว ลูกเดือย และถั่วแดง โดยปรับเปลี่ยนสัดส่วนปริมาณของงาขาว ลูกเดือย และถั่วแดงในแต่ละสูตรเพื่อให้ได้สูตรที่มีพลังงานเหมาะสมและปริมาณธาตุเหล็กที่เพียงพอ สามารถนำไปใช้ในผู้ป่วยที่รับประทานอาหารมังสวิรัติ

**วัตถุประสงค์ของการศึกษา**

1. เพื่อเตรียมอาหารทางสายให้อาหารชนิดปั่นผสมสูตรมังสวิรัติธาตุเหล็กสูงที่มีสัดส่วนของสารอาหารที่ให้พลังงานเหมาะสมกับความต้องการของร่างกาย และมีปริมาณธาตุเหล็กเหมาะสมกับความต้องการของร่างกาย
2. ประเมินคุณภาพของอาหารทางสายให้อาหารชนิดปั่นผสมสูตรมังสวิรัติธาตุเหล็กสูง

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

ได้ผลิตภัณฑ์อาหารทางสายให้อาหารชนิดปั่นผสมสำหรับผู้ป่วยมังสวิรัติที่มีสัดส่วนของอาหารที่ให้พลังงาน และธาตุเหล็กเหมาะสมกับความต้องการของร่างกายโดยใช้วัตถุดิบที่สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป

# บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**การให้อาหารผ่านระบบทางเดินอาหาร (enteral nutrition)**

การให้อาหารผ่านระบบทางเดินอาหาร หมายถึง การให้อาหารเหลวผ่านทางเดินอาหารโดยการรับประทานหรือให้ผ่านสายอาหาร (enteral feeding) เป็นวิธีการให้อาหารกับผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับการรับประทานอาหารหรือความผิดปกติที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเจ็บป่วย (Bloch และ Mueller, 2004) ข้อดีของการให้อาหารด้วยวิธีนี้คือสามารถให้ได้ทั้งในโรงพยาบาล และที่บ้าน มีความปลอดภัย ราคาถูก และทำได้ง่ายกว่าการให้อาหารทางหลอดเลือดดำ (parenteral nutrition) นอกจากนี้ยังช่วยให้ระบบทางเดินอาหารปรับตัวและฟื้นตัวได้เร็ว (จุฬาภรณ์ รุ่งพิสุทธิพงษ์, 2540)

ชนิดของสูตรอาหารทางสายให้อาหาร (Silk, 1999 ; อรอนงค์ กังสดาลอำไพ และคณะ, 2538)

1. สูตรอาหารที่เตรียมขึ้นเอง แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1.1 สูตรน้ำนมผสม (milk-base formula)

สูตรอาหารชนิดนี้จะมีน้ำนมและผลิตภัณฑ์จากนมเป็นส่วนประกอบสำคัญ เช่น นมผง นมสด และครีม ผสมอาหารอื่น เช่น ไข่ น้ำตาล และน้ำผลไม้ เป็นต้น โดยทั่วไปโรงพยาบาลจะเตรียมอาหารสูตรนี้ให้ผู้ป่วยเด็กเท่านั้น เนื่องจากผู้ป่วยไทยที่เป็นผู้ใหญ่ส่วนใหญ่จะมีปัญหาในการย่อยน้ำตาลแล็กโทส (lactose) ที่มีในน้ำนม เพราะมีระดับเอนไซม์แล็กเทส (lactase) ซึ่งเป็นเอ็นไซม์ที่ใช้ในการย่อยน้ำตาลแล็กโทสต่ำ จึงมีอาการท้องอืด ท้องเดิน และปวดเกร็งท้องได้

1.2 สูตรอาหารปั่นผสม (blenderized formula)

สูตรอาหารนี้ประกอบด้วยอาหารหลายประเภทนำมาปั่นผสมเข้าด้วยกันด้วยเครื่องปั่นผสม สามารถเตรียมได้เอง และใช้สำหรับผู้ป่วยที่ระบบทางเดินอาหารทำงานปกติ ตัวอย่างสูตรอาหารปั่นผสมแสดงในตารางที่ 1 สูตรอาหารชนิดนี้สามารถเตรียมได้ง่าย ราคาถูก และให้ใยอาหารสูง แต่มีอายุการเก็บสั้น เมื่อเตรียมแล้วควรใช้ภายใน 24 ชั่วโมง

**ตารางที่ 1** ตัวอย่างสูตรอาหารปั่นผสม (อรวรรณ ภู่ชัยวัฒนานนท์ และคณะ, 2547)

| **สูตรอาหารปั่นผสมรามาธิบดี** | | **สูตรเต้าหู้แข็ง** | | **สูตรถั่วเขียว** | |
|---|---|---|---|---|---|
| **วัตถุดิบ** | **ปริมาณ (กรัม)** | **วัตถุดิบ** | **ปริมาณ (กรัม)** | **วัตถุดิบ** | **ปริมาณ (กรัม)** |
| เนื้ออกไก่ | 150 | เต้าหู้แข็ง | 135 | ถั่วเขียวนึ่งสุก | 135 |
| ตับไก่ | 50 | เนื้ออกไก่ | 75 | ตับไก่ | 50 |
| ฟักทอง | 100 | ฟักทอง | 100 | ฟักทอง | 100 |
| กล้วยน้ำว้าสุก | 100 | กล้วยน้ำว้าสุก | 100 | กล้วยน้ำว้าสุก | 100 |
| ไข่ขาว | 100 | ไข่ขาว | 100 | ไข่ขาว | 100 |
| ไข่แดง | 25 | ไข่แดง | 25 | ไข่แดง | 25 |
| น้ำตาลฟรักโทส | 50 | น้ำตาลทราย | 75 | น้ำตาลทราย | 75 |
| น้ำมันถั่วเหลือง | 15 | น้ำมันรำข้าว | 15 | น้ำมันรำข้าว | 15 |
| เกลือ | 5 | น้ำมันงา | 15 | น้ำมันงา | 15 |
| | | มะเขือเทศสีดา | 50 | มะเขือเทศสีดา | 50 |
| | | กระเทียม | 5 | กระเทียม | 5 |
| | | เกลือ | 5 | เกลือ | 5 |

2. สูตรอาหารสำเร็จรูป

เป็นสูตรอาหารที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรม อาจผลิตในรูปของเหลวหรือผงซึ่งนำมาละลายน้ำให้ได้ความเข้มข้นตามต้องการเมื่อจะบริโภค สูตรอาหารนี้มีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน แต่บางสูตรอาจมีสารอาหารบางชนิดมากหรืออาจจำกัดสารอาหารบางชนิดเพื่อให้เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยบางโรค สูตรอาหารสำเร็จรูปนี้สามารถนำมาใช้ได้อย่างสะดวก แต่มีราคาสูงเมื่อเทียบกับสูตรอาหารที่เตรียมขึ้นเอง

ลักษณะที่ดีของสูตรอาหารทางสายให้อาหาร (Cataldo, Debruyne และ Whiteney, 2003)

1. มีสารอาหารครบถ้วนตามที่ร่างกายต้องการ
2. มีการกระจายพลังงานของ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสม สูตรอาหารสำหรับผู้ป่วยทั่วไป ควรได้รับพลังงานจากโปรตีนร้อยละ 10-35 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 45-65 และไขมันร้อยละ 20-35
3. มีอัตราส่วนระหว่างพลังงานที่ไม่ได้จากโปรตีนต่อไนโตรเจน (non-protein calorie : nitrogen ratio) เหมาะสม โดยทั่วไปควรมีพลังงานที่ไม่ได้มาจากโปรตีน 150 กิโลแคลอรี ต่อ 1 กรัมไนโตรเจน หรือ 24 กิโลแคลอรี ต่อ 1 กรัมโปรตีน เพื่อให้ร่างกายสามารถนำโปรตีนจากอาหารไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. ความเข้มข้นของพลังงานของสูตรอาหารควรเป็น 1-1.2 กิโลแคลอรีต่อมิลลิลิตร เพราะการให้พลังงานสูงแต่ปริมาณน้ำไม่เพียงพอจะทำให้ผู้ป่วยขาดน้ำ และทำให้เกิดอาการแทรกซ้อนขึ้นได้
5. มีออสโมแลลิตี้ที่เหมาะสม สูตรอาหารทั่วไปควรมีค่าอยู่ที่ 300-450 มิลลิออสโมลต่อกิโลกรัม (mOsm/kg) เพื่อให้มีค่าใกล้เคียงกับระดับออสโมแลลิตี้ของของเหลวภายในร่างกาย เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิด osmotic diarrhea คือการเกิดอาการปวดเกร็งท้อง หรือท้องเสีย
6. มีความหนืดของสูตรอาหารที่เหมาะสม เนื่องจากถ้าอาหารมีความหนืดมากเกินไปจะไม่สามารถผ่านทางสายให้อาหารได้ ซึ่งความหนืดที่เหมาะสมควรมีค่าเท่ากับ 120-170 เซนติพอยส์ (Hearne และคณะ, 1984)
7. ปลอดภัย ปราศจากเชื้อโรคที่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ
8. มีความคงตัว ไม่แยกชั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้ หรือตลอดช่วงเวลาที่ให้อาหารทางสายให้อาหาร

**มังสวิรัติ (vegetarian)**

มังสวิรัติ มาจากคำว่า มังสา ซึ่งแปลว่าเนื้อ และคำว่า วิรัติ ซึ่งแปลว่าการยกเว้น การปราศจาก หรือไม่ยินดี ดังนั้นสองคำรวมกันเป็นมังสวิรัติ จึงแปลว่า การงดเว้นเนื้อสัตว์ หรือการปราศจากเนื้อ หรือไม่ยินดีในเนื้อสัตว์ ดังนั้นผู้ที่กินอาหารมังสวิรัติ จึงเรียกทั่วไปว่า นักมังสวิรัติ หรือภาษาอังกฤษว่า vegetarian ซึ่งมาจากคำว่า vegetare, vegetus หรือ vegetable ซึ่งแปลว่า สมบูรณ์ ดีพร้อม สดชื่น เบิกบาน ส่วนอาหารมังสวิรัติ (vegetarian diet) คือ อาหารที่ปราศจากเนื้อสัตว์ทุกชนิด ประกอบด้วย ข้าวกล้อง ถั่ว งา พืชผัก และผลไม้นานาชนิด (ไมตรี สุทธจิตต์ และ ศิริวรรณ สุทธจิตต์, 2541)

ประเภทของมังสวิรัติ

ผู้ที่รับประทานอาหารมังสวิรัติ แบ่งออกเป็น 6 ประเภทตามความเคร่งครัดและชนิดของอาหารที่รับประทาน (Whiteney และ Rolfes, 2002)

1. vegan หรือเรียกว่ามังสวิรัติแท้ คือ ผู้ที่รับประทานอาหารที่มาจากพืชเท่านั้น งดเว้นอาหารจากผลิตภัณฑ์สัตว์ทุกชนิด
2. lacto-ovo-vegetarian คือ ผู้ที่รับประทานอาหารจากพืช ไข่ นม และผลิตภัณฑ์นม
3. lacto-vegetarian คือ ผู้ที่รับประทานอาหารจากพืช นม และผลิตภัณฑ์นม
4. ovo-vegetarian คือ ผู้ที่รับประทานอาหารจากพืช และไข่
5. pesco-vegetarian คือ ผู้ที่รับประทานอาหารจากพืช ไข่ นม ผลิตภัณฑ์นม และปลา
6. semi-vegetarian หรือเรียกว่ากึ่งมังสวิรัติ คือ ผู้ที่รับประทานอาหารจากพืช ไข่ นม ผลิตภัณฑ์นม ปลา และไก่

ข้อควรระวังสำหรับผู้ที่รับประทานอาหารมังสวิรัติ (Whiteney และ Rolfes, 2002; ชนิดา ปโชติการ และ อภิสิทธิ์ ฉัตรทนานนท์, 2548) ได้แก่ โปรตีน (protein) ซึ่งพบว่านักมังสวิรัติมักได้รับอาหารโปรตีนไม่เพียงพอต่อความต้องการ โดยเฉพาะมังสวิรัติแท้ (vegan) (Johnston, 2006) การบริโภคพืชที่เป็นแหล่งโปรตีนหลายชนิดร่วมกัน ตัวอย่างเช่น การรับประทานถั่วเมล็ดแห้งหลากชนิดร่วมกับข้าวกล้อง จะทำให้ร่างกายได้รับกรดอะมิโนครบถ้วน (อรยา เอี่ยมชื่น, 2544) ส่วนวิตามินและแร่ธาตุที่มักพบการขาดได้แก่ ธาตุเหล็ก สังกะสี แคลเซียม วิตามินบี12 และวิตามินดี

**ธาตุเหล็ก (iron)**

เหล็กเป็นธาตุที่มีประจุบวกวาเลนซี 2 และ 3 (ferrous, $Fe^{+2}$ และ ferric, $Fe^{+3}$) เหล็กที่เป็นส่วนประกอบในอาหารจะเป็นสารประกอบอินทรีย์ (นัยนา บุญทวียุวัฒน์, 2546) พบ 2 รูปแบบ คือ heme iron ซึ่งพบใน ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ไมโอโกลบิน (myoglobin) และ เอ็นไซม์ (enzyme) จึงพบเฉพาะในเนื้อสัตว์เท่านั้น และ non-heme iron พบในอาหารประเภทพืชผัก และในเนื้อสัตว์ (Anderson, 2004) ธาตุเหล็กเป็นแร่ธาตุที่ร่างกายต้องการในปริมาณน้อย(micronutrient) เหล็กที่พบในร่างกายส่วนใหญ่จับกับโปรตีน 2 ชนิด คือ ฮีโมโกลบิน ที่อยู่ในเม็ดเลือดแดง (red blood cells) และ ไมโอโกลบิน ที่อยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อ (muscle cell) (Whiteney และ Rolfes, 2002) พบมากในตับ ม้าม ไขกระดูก และลำไส้เล็ก

ในสภาวะปกติร่างกายจะรักษาภาวะสมดุลของธาตุเหล็กไว้ แต่ในบางกรณีอาจมีปัจจัยต่างๆ ทำให้เกิดภาวะพร่องหรือเกินได้ (Virgil, 2006)

บทบาทหน้าที่ของธาตุเหล็ก (Wardlaw, 1999 ; Anderson, 2004)

1. เป็นส่วนประกอบของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ไมโอโกลบินในเซลล์กล้ามเนื้อ และไซโตโครม (cytochrome) โดยฮีโมโกลบินเป็นตัวส่งออกซิเจนในเลือดจากปอดไปยังอวัยวะต่างๆที่ต้องการออกซิเจนเพื่อช่วยให้อวัยวะต่างๆทำหน้าที่ได้ตามปกติ ส่วนไมโอโกลบินเป็นตัวรับออกซิเจนในกล้ามเนื้อ และเซลล์สำหรับใช้ในปฏิกิริยาเคมีต่างๆ และในขณะเดียวกันจะปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ส่วนไซโตโครมทำหน้าที่ในการขนส่งอิเล็กตรอนในไมโตคอนเดรีย (mitochondria)

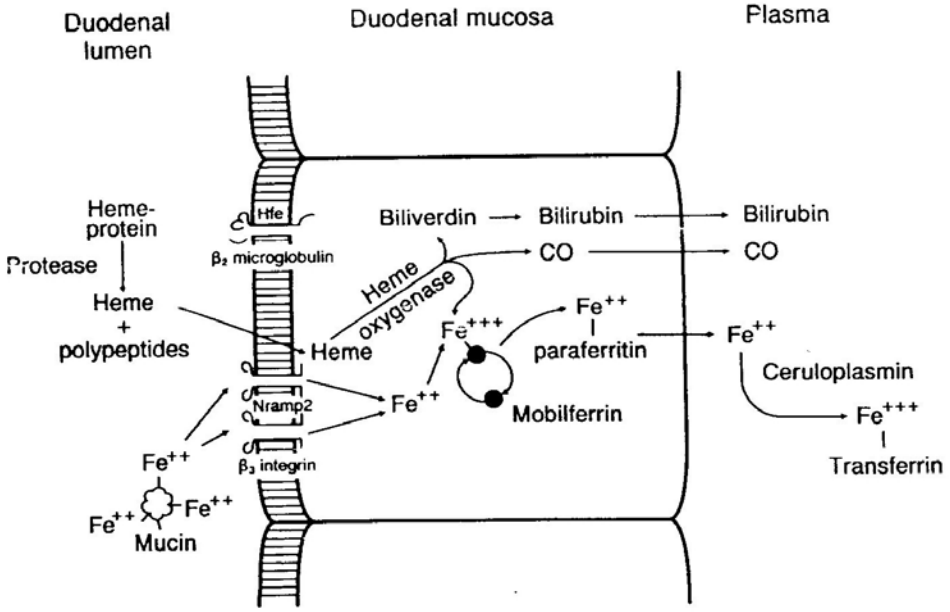
2. เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ และมีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์คอลลาเจน (collagen) และสารสื่อประสาทต่างๆ (neurotransmitters) เช่น dopamine epinephrine norepinephrine และ serotonin

3. ธาตุเหล็กมีความสำคัญต่อภูมิคุ้มกันของร่างกาย (immune function) และ drug-detoxification pathway

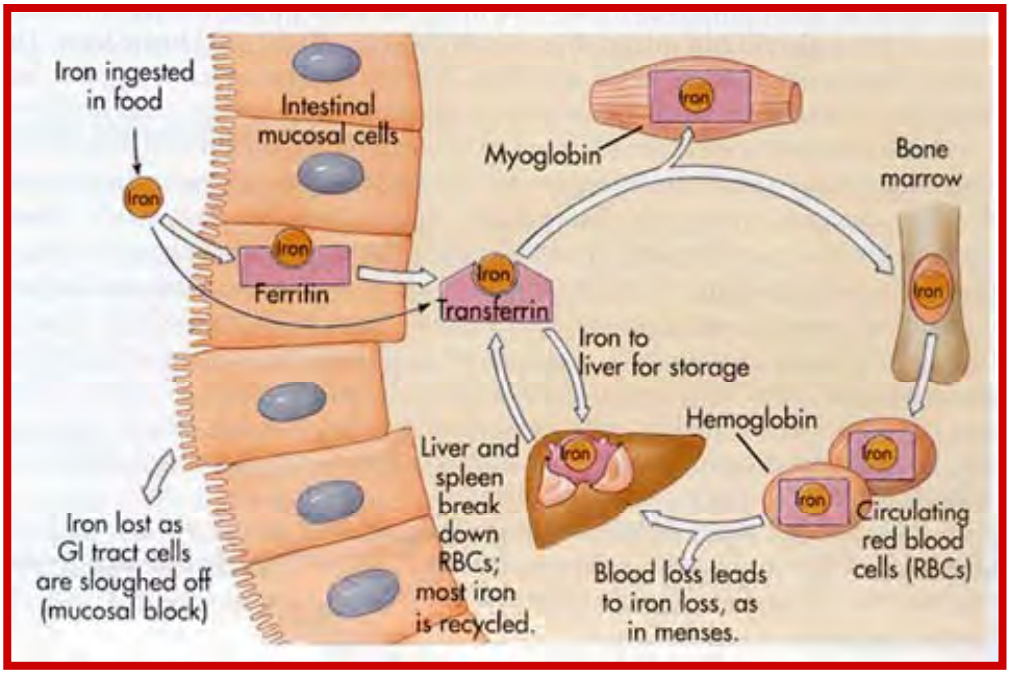
การย่อยและการดูดซึมธาตุเหล็ก (Wardlaw, 1999 ; Johnston, 2006)

ธาตุเหล็กที่เป็นส่วนประกอบในอาหารจะอยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ พบว่าเหล็กที่อยู่ในรูปฮีม ถูกดูดซึมได้ประมาณร้อยละ 15-35 และถูกดูดซึมได้ดีกว่าเหล็กที่อยู่ในรูป นอน-ฮีม ที่ดูดซึมได้เพียงร้อยละ 2-20 (Huang และ คณะ, 1999)

เมื่อได้รับอาหารเข้าสู่ร่างกาย ธาตุเหล็กจะแตกตัวเป็นไอออนด้วยกรดในกระเพาะอาหารและถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็ก บริเวณที่ดูดซึมได้ดีที่สุดคือลำไส้เล็กส่วนดูโอดินัม (duodenum) เหล็กที่อยู่ในรูปเฟอรัส ($Fe^{+2}$) จะถูกดูดซึมได้รวดเร็วกว่าเฟอร์ริก ($Fe^{+3}$) เฟอร์รัสจะจับกับ mucous protein (mucin) ผ่านผนังลำไส้เล็กเข้าไปยังเซลล์ (mucosal cell) ของลำไส้เล็ก ที่ตำแหน่งโปรตีนทางผ่าน (transmembrane protein) แล้วถูกออกซิไดส์เป็นเฟอร์ริกโดยโปรตีน ceruloplasmin ซึ่งมีทองแดงเป็นส่วนประกอบ ส่วน heme iron จะดูดซึมโดยตรงเข้าไปในเซลล์ของลำไส้เล็ก จากนั้นธาตุเหล็กจะถูกปล่อยออกมาจาก heme โดยเอนไซม์ heme oxygenase และได้ bilirubin ซึ่งจะถูกขับออกจากเซลล์สู่กระแสเลือด หลังจากนั้นเหล็กจะถูกปล่อยผ่านผนังด้านนอกของเซลล์เข้าสู่กระแสเลือด และจับกับโปรตีน transferrin เพื่อขนส่งในกระแสเลือดไปตามส่วนต่างๆของร่างกาย เช่น ไขกระดูกเพื่อสร้างฮีโมโกลบิน ส่วนเหล็กที่เหลือจะถูกนำไปเก็บสะสมไว้ตามอวัยวะต่างๆ เช่น ตับ ม้าม และไขกระดูก โดยจับกับอะโปโปรตีน (apoprotein) อยู่ในรูปของ ferritin (ภาพที่ 1 และ 2)




**ภาพที่ 1** การดูดซึมธาตุเหล็ก (dietary iron absorption) (Virgil, 2006)




**ภาพที่ 2** การดูดซึมและการขนส่งธาตุเหล็ก (Wardlaw, 1999)

ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซึมธาตุเหล็ก (Wardlaw, 1999 ; Virgil, 2006)

1. ปัจจัยที่มีผลเพิ่มการดูดซึมธาตุเหล็ก มีดังนี้

1.1 กรดในกระเพาะอาหาร เนื่องจากสภาวะที่เป็นกรดจะทำให้ธาตุเหล็กละลายน้ำได้ดีกว่าสภาวะที่เป็นด่าง

1.2 เหล็กที่อยู่ในรูป heme iron เช่น ในอาหารประเภทเนื้อสัตว์จะถูกดูดซึมได้ดีกว่าเหล็กที่อยู่ในรูป non-heme iron

1.3 ความต้องการของร่างกายที่เพิ่มขึ้น เช่น มีการสูญเสียเลือด หรือภาวะตั้งครรภ์ ภาวะเหล่านี้จะมีอัตราการดูดซึมธาตุเหล็กสูงกว่าคนปกติ โดยร่างกายจะดึงธาตุเหล็กจาก transferrin มาใช้ ร่างกายจึงต้องดูดซึมจากอาหารมากขึ้นเพื่อทดแทน

1.4 มีการสะสมธาตุเหล็กในร่างกายต่ำ

1.5 โปรตีนจากเนื้อสัตว์ หากบริโภคอาหารที่มีโปรตีนจะเพิ่มการดูดซึมเหล็กในรูป non-heme iron เนื่องจาก กรดอะมิโนบางชนิดที่อยู่ในเนื้อสัตว์ เช่น ซีสเตอีน (cysteine) จะจับกับเหล็กทำให้ดูดซึมธาตุเหล็กได้ดีขึ้น

1.6 วิตามินซี จะเพิ่มการดูดซึมธาตุเหล็กในรูป non-heme iron ในอาหาร โดยจะเป็นตัวรีดิวส์เฟอร์ริกให้เป็นเฟอร์รัส ทำให้ธาตุเหล็กอยู่ในรูปที่ละลายน้ำและดูดซึมได้มากขึ้น

2. ปัจจัยที่มีผลลดการดูดซึมธาตุเหล็กมีดังนี้

2.1 กรดไฟติก กรดชนิดนี้พบในพืชผัก จะลดการดูดซึมของเกลือแร่หลายชนิด โดยไฟเตทจะจับกับธาตุวาเลนซีมากกว่า 1 ซึ่งรวมทั้งธาตุเหล็ก ได้เป็นเกลือของเหล็กซึ่งไม่ละลายน้ำและไม่ถูกดูดซึม การบริโภคอาหารที่มีไฟเตทมากกว่าร้อยละ1 ของน้ำหนักอาหาร จะทำให้การดูดซึมธาตุเหล็กลดลง

2.2 กรดออกซาลิก เป็นสารประกอบในอาหารพวกพืช ออกซาเลทจะจับกับเหล็กทำให้เหล็กไม่ถูกดูดซึม

2.3 โพลีฟีนอล เช่น แทนนิน พบในพวกชา กาแฟ และในพืชบางชนิดเช่น ผักกระเฉด ผักกระถิน กรดแทนนิกจับกับธาตุเหล็กเป็นเหล็กแทนเนท ซึ่งไม่ละลายน้ำในภาวะที่เป็นด่างของลำไส้เล็กทำให้ลดการดูดซึมของเธาตุหล็ก

2.4 มีการสะสมธาตุเหล็กในร่างกายสูง

2.5 แร่ธาตุบางอย่าง เช่น สังกะสี แมงกานีส และ แคลเซียม หากได้รับในปริมาณมากจะลดการดูดซึมธาตุเหล็ก เช่นการได้รับแคลเซียมปริมาณ 300 มิลลิกรัมต่อวันสามารถลดการดูดซึมธาตุเหล็กได้

2.6 กรดในกระเพาะอาหารหลั่งลดลง ทำให้การดูดซึมธาตุเหล็กลดลง

2.7 ยาลดกรดจะทำให้มีสภาวะที่เป็นด่างและมีผลให้การดูดซึมธาตุเหล็กลดลง

อาหารมังสวิรัติเป็นอาหารที่มีธาตุเหล็กในปริมาณค่อนข้างน้อยและจัดเป็นธาตุเหล็กชนิดที่ร่างกายดูดซึมได้ไม่ดีนัก ซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคเป็นประจำมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดภาวะขาดเหล็ก (Sabate, 2001)

Barr และ Rideout (2004) ศึกษาพบว่ากลุ่มคนที่บริโภคอาหารมังสวิรัติมักมีสภาวะขาดธาตุเหล็ก โดยเฉพาะกลุ่มมังสวิรัติแท้ เนื่องจากร่างกายจะได้รับอาหารประเภทพืชผักและผลไม้เท่านั้น ซึ่งมีผลทำให้ไม่ได้รับธาตุเหล็กที่อยู่ในรูป heme iron นอกจากนี้ ในผัก ผลไม้ ธัญพืช และถั่วเมล็ดแห้ง มี ไฟเตท และ โพลีฟีนอล เป็นส่วนประกอบด้วยซึ่งมีผลรบกวนการดูดซึมของธาตุเหล็กในรูป non-heme iron ดังนั้นผู้ที่บริโภคอาหารมังสวิรัติเป็นประจำ จึงมีโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดภาวะการขาดธาตุเหล็กได้มากกว่ากลุ่มคนที่รับประทานอาหารปกติ (Huang และคณะ, 1999) จากการวิเคราะห์ระดับธาตุเหล็กในเลือดของกลุ่มคนที่รับประทานอาหารมังสวิรัติพบว่า กลุ่มที่รับประทานอาหารมังสวิรัติมีระดับธาตุเหล็กในเลือดต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับประทานอาหารมังสวิรัติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Meirelles และคณะ, 2001) ซึ่งเมื่อร่างกายได้รับธาตุเหล็กในปริมาณที่ไม่เพียงพอแล้วจะทำให้เกิดโรคโลหิตจางได้ (Wardlaw, 1999) ในสภาวะเจ็บป่วยและไม่สามารถ

รับประทานอาหารได้ตามปกติ อาจจำเป็นต้องได้รับอาหารโดยผ่านทางสายให้อาหาร การพัฒนาสูตรอาหารปั่นผสมสูตรมังสวิรัติจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อป้องกันภาวะการขาดธาตุเหล็กในกลุ่มมังสวิรัติแท้

สำหรับวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการเสริมธาตุเหล็กในการศึกษานี้ เลือกวัตถุดิบที่สามารถหาได้ง่ายภายในประเทศ และมีส่วนประกอบของธาตุเหล็กสูง ได้แก่ งาขาว ลูกเดือย และถั่วแดง (กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2544) จากข้อมูลของกองโภชนาการ กรมอนามัย (2546) ปริมาณธาตุเหล็กที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทย ในผู้ใหญ่ อายุ 19-70 ปี (Thai Dietary Reference Intakes, Thai DRI) คือ 10.4-24.7 มิลลิกรัมต่อวัน

คุณค่าทางโภชนาการของส่วนประกอบที่ใช้เตรียมอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมที่มีธาตุเหล็กสูง มีดังนี้

โปรตีนเกษตร และนมถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีนในสูตรอาหาร โดยถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง เป็นแหล่งของโปรตีนที่สำคัญ ในการประกอบอาหารมังสวิรัติ (เนตรนภิส วัฒนสุชาติ, บุญมา นิยมวิทย์ และดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์, 2541) โปรตีนเกษตรเป็นผลงานวิจัยของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผลิตจากแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมันและมีการปรับปรุงคุณภาพโปรตีน ให้มีคุณค่าเท่าเทียมกับโปรตีนที่ได้จากสัตว์ โดยการเติมกรดอะมิโนเมทไธโอนีน (L-methionine) ในปริมาณร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักแป้งถั่วเหลืองที่ใช้ (สมชาย ประภาวัต, 2534)

ข้าวกล้องและน้ำตาลทราย เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต ข้าวกล้องคือข้าวที่ผ่านการขัดสีเพียงครั้งเดียวเพื่อเอาเปลือกออก ข้าวที่ได้จึงยังคงเหลือเยื่อที่ห่อหุ้มรอบเมล็ดข้าวและมีจมูกข้าวอยู่ ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวที่ผ่านกรรมวิธีการสี (ไมตรี สุทธจิตต์ และ ศิริวรรณ สุทธจิตต์, 2541) ประกอบด้วยแป้ง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืด (Chernoff, 1980; Williams, 1997) ส่วนน้ำตาลทรายใช้เป็นสารแต่งรสหวาน

น้ำมันถั่วเหลือง ใช้เป็นแหล่งของไขมันในสูตรอาหาร โดยเฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ตั้งแต่ 2 ตำแหน่งขึ้นไป ที่สำคัญคือไลโนเลอิก (Linoleic) มีอยู่ในน้ำมันถั่วเหลืองร้อยละ 51 และกรดไลโนเลนิก (Linolenic) ร้อยละ 7 ซึ่งเป็นกรดไขมันจำเป็น จะต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น (Kelley, 1998) กรดไลโนเลอิกมีบทบาทในการควบคุมระดับคอเลสเทอรอลในเลือด จากการศึกษาพบว่ากรดไลโนเลอิกสามารถลดระดับคอเลสเทอรอลรวม แอลดีแอลโคเลสเตอรอล และเพิ่มระดับเอชดีแอลคอเลสเทอรอลในเลือด (Katan, Zock และ Mensink, 1994)

ฟักทอง เป็นแหล่งที่ดีของเบต้าแคโรทีนซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารต้านออกซิเดชัน จึงช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจขาดเลือด และโรคมะเร็งได้ เบต้าแคโรทีนยังเป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์วิตามินเอ ซึ่งจำเป็นต่อการมองเห็น การแบ่งเซลล์ การสร้างเซลล์เยื่อบุต่างๆ และภูมิต้านทานโรค นอกจากนี้ฟักทองยังเป็นแหล่งของวิตามินและเกลือแร่อื่นๆ ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก โพแทสเซียม วิตามินบีหนึ่ง บีสอง ไนอะซิน และวิตามินซี โดยใน 100 กรัมของส่วนที่รับประทานได้จะมีปริมาณ 9, 24, 0.7, 310, 0.06, 0.06, 0.7 และ 10 มิลลิกรัม ตามลำดับ (Puwastien และคณะ, 1999)

งาขาว, ลูกเดือย และ ถั่วแดง ใช้เป็นแหล่งเพิ่มธาตุเหล็ก โดยพบว่างาขาว ลูกเดือย และถั่วแดง ในปริมาณ 100 กรัม ให้ธาตุเหล็กปริมาณ 13.00, 8.00 และ 10.50 มิลลิกรัม ตามลำดับ (กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2544)

**งาขาว** (ชนิดา ปโชติการ และ ศัลยา คงสมบูรณ์เวช, 2548)

งา มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Sesamum indicum Linn* ซึ่งเมล็ดงาจัดเป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่งที่พบได้ในเขตร้อน (วรนุช กาญจนเวนิช, 2541)

งาเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงมีสารอาหารเกือบจะครบถ้วน โดยมีไขมัน โปรตีน กรดอะมิโนเมทไธโอนีนและทริปโตเฟนสูง ซึ่งตามปกติกรดอะมิโนทั้ง 2 ชนิด มักจะมีน้อยในโปรตีนพืชอื่นๆ และอุดมไปด้วยวิตามินบี งามีวิตามินบีอยู่เกือบทุกชนิด ขาดเพียงชนิดเดียวคือวิตามินบี12 นอกจากนั้นในงายังมีวิตามินชนิดอื่นๆและแร่ธาตุมากมายโดยมีแร่ธาตุประมาณร้อยละ 4.1-6.5 แร่ธาตุที่สำคัญได้แก่ ธาตุเหล็ก ไอโอดีน สังกะสี ทองแดง แคลเซียม และฟอสฟอรัส (สมพร ภูติยานันต์, 2546)

นอกจากนี้ในงายังมีสารลิกแนน (lignans) สำคัญ 2 ชนิด คือ เซซามิน (sesamin) และ เซซาโมลิน (sesamolin) ในปริมาณสูง ซึ่งจากการวิจัยรายงานว่า เซซามินมีผลในการลดคอเลสเทอรอลในคนและหนู ป้องกันความดันโลหิตสูงในหนู (Tsuruoka และคณะ, 2005) อีกทั้งยังมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งช่วยยับยั้งการดูดซึมของคอเลสเทอรอล และยับยั้งการสร้างคอเลสเทอรอลในตับ (Hemalatha และคณะ, 2007)

น้ำมันงาที่กลั่นได้จากงาที่ผ่านการคั่วจะทนต่อการเหม็นหืนได้ดี เนื่องจากระหว่างการคั่วจะมีสารแอนติออกซิแดนท์เกิดขึ้น นอกจากนั้นการคั่วยังทำให้มีรสชาติดีขึ้น สารแอนติออกซิแดนท์ในน้ำมันงาที่สำคัญหลายชนิด เช่น เซซามิน เซซาโมลิน และเซซามอล ซึ่งช่วยป้องกันไขมันจาก

ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น สารเซซาโมลิน และเซซามินในน้ำมันงาช่วยเพิ่มฤทธิ์การทำงานของวิตามินอี และทำงานร่วมกับวิตามินอีในการป้องกันอนุมูลอิสระ (Wu, 2006)

**ลูกเดือย** (สมพร ภูติยานันต์, 2546)

ลูกเดือยเป็นพืชในวงศ์ Gramineae ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Coix Lachryma-jobi Linn* ชื่อภาษาอังกฤษว่า Job's tears, whole seeds, hulled มีชื่อท้องถิ่นว่า เดือยหิน, มะเดือย (พายัพ), ลูกเดือย (ใต้), สกูย (เขมร)

คาร์โบไฮเดรตที่ประกอบอยู่ในเมล็ดธัญพืชส่วนใหญ่ประกอบด้วย อะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพกติน (amylopectin) ซึ่งในลูกเดือยนั้นพบปริมาณของอะไมโลสร้อยละ 10.8 ส่วนอะไมโลเพกติน นั้น พบร้อยละ 89.2 (ฐานิยา ฐิตะฐาน) ทำให้ลูกเดือยมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำและพองตัวได้ดี ซึ่งคุณสมบัตินี้ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวดีขึ้น และยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง พบว่ามีปริมาณธาตุเหล็ก 8.0 มิลลิกรัม ต่อ100 กรัมของน้ำหนักแห้ง (กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2544)

**ถั่วแดง**

ถั่วแดงเป็นพืชในวงศ์ Leguminosae ชื่ออื่นๆ คือ ถั่วแป๋ มะแป๋ Red bean, Rice bean (นันทวัน บุญยะประภัศร และ อรนุช โชคชัยเจริญพร, 2539)

ถั่วแดงเป็นพืชตระกูลถั่วอีกชนิดหนึ่งซึ่งมีสารอาหารครบถ้วนและให้โปรตีนสูง (Meng และ Phillips, 2003) สามารถนำมาเป็นส่วนประกอบและปรุงอาหารได้หลากหลาย ถั่วแดงเป็นอาหารที่มีส่วนประกอบของเส้นใยอาหารสูงมาก (ประภาศรี ภูวเสถียร และคณะ, 2533) พบว่าใยอาหารที่ละลายน้ำ เช่น เพคติน และมิวซิเลจจากรำข้าวโอ๊ต หรือถั่ว สามารถลดระดับคอเลสเทอรอลในเลือดของมนุษย์และสัตว์ทดลอง (Green, 2001) เนื่องจากใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำเพิ่มการขับถ่ายกรดน้ำดี จึงมีการนำคอเลสเทอรอลไปสร้างกรดน้ำดีแทน ดังนั้นความเข้มข้นของคอเลสเทอรอลในเลือดจะลดลง ซึ่งเป็นการลดอัตราเสี่ยงของโรคหัวใจ (Aller และคณะ, 2004) นอกจากนั้น ยังอุดมด้วยกรดโฟลิก ที่ช่วยบำรุงโลหิต ป้องกันความผิดปกติของทารกในครรภ์ และมีธาตุเหล็กในปริมาณสูง

# บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย

## วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรอาหาร

1. โปรตีนเกษตร (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)
2. นมถั่วเหลือง (ไวตามิลค์สูตรเจ บริษัทกรีนสปอต ประเทศไทย จำกัด)
3. ข้าวกล้อง (หงษ์ทอง บริษัทเจียเม้งมาร์เก็ตติ้ง จำกัด)
4. น้ำตาลทราย (มิตรผล บริษัทรวมเกษตรกรอุตสาหกรรม จำกัด)
5. ฟักทอง (ท็อปส์ ซูเปอร์มาร์เก็ต สาขามาบุญครอง กรุงเทพฯ)
6. งาขาว (ไร่ทิพย์ บริษัทไร่ธัญญะ จำกัด)
7. ถั่วแดง (ไร่ทิพย์ บริษัทไร่ธัญญะ จำกัด)
8. ลูกเดือย (ไร่ทิพย์ บริษัทไร่ธัญญะ จำกัด)
9. น้ำมันถั่วเหลือง (องุ่น บริษัทน้ำมันพืชไทยจำกัด มหาชน)
10. สารแต่งกลิ่น กลิ่นวานิลลา กล้วยหอม ช็อคโกแลต และ อัลมอนด์ (วินเนอร์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด เกรทฮิลล์)

## อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องปั่นผสม (Imarflex, IF-308, บริษัท อิมาร์เฟล็กซ์ อินดัสเตรียล จำกัด ประเทศไทย)
2. หม้อนึ่งอัดไอ (autoclave : All American model 1941x, Wiscosin Aluminum Foundry Co, Inc.)
3. หม้ออังไอน้ำ (water bath, W.C. Heraeus Hanau Type P5K)
4. ชุดสายให้อาหารเบอร์ 12 ความยาว 125 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร (Curity® stomach tube, บริษัท เคนดอลล์-แกมมาตรอน จำกัด)
5. เครื่องวัดความหนืด (Brookfield Viscometer (RI:2:M-H, บริษัท Rheology International)
6. pH meter (Pioneer 10 portable. Radiometer analytical, France)
7. ตู้อบไฟฟ้า (hot air oven, WTB Binder, Germany)
8. เครื่องย่อยสลายโปรตีนแบบ Kjedahl (Buchi 430 Digestor)
9. เครื่องกลั่นไนโตรเจน (Buchi 322 distillation unit & Buchi 342 Control Unit)
10. อุปกรณ์สกัดไขมัน (soxhlet apparatus ; Electromantle)

11. เตาเผาเถ้า (muffle furnace, Gallenkamp size Z, Tactical 308)
12. เครื่องหากากใยอาหาร (FIWE Extraction Unit for raw fiber content, Velp Scientifical)
13. Homogenizer (Jonkel & Kunkel IKA®, Labortechnik)
14. เครื่องบดผสมอย่างละเอียด (Retsh Zm 1000)
15. เครื่องบดอาหาร (Moulinex 720, Jebsen & Jensen Co.Ltd., France)
16. ตู้บ่มเชื้อ (incubator, Memmert UE/BE 100-800, Jebsen & Jensen Co.Ltd., France)

**วิธีการศึกษา**

1. ตั้งตำรับสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมทางสายให้อาหารที่มีธาตุเหล็กสูง
   - 1.1 พิจารณาคัดเลือกวัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรอาหาร
   - 1.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและธาตุเหล็กของส่วนประกอบต่างๆที่นำมาใช้ในการเตรียมสูตรอาหาร
   - 1.3 คำนวณปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในสูตรอาหารเพื่อให้ได้สัดส่วนของพลังงานและปริมาณธาตุเหล็กที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย
   - 1.4 เตรียมอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมที่มีธาตุเหล็กสูง และศึกษาลักษณะทางกายภาพ
   - 1.5 ปรับปรุงสูตรอาหาร

2. ประเมินคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์
   - 2.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ที่ระยะเวลาต่างๆ
   - 2.2 ประเมินผลทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีให้คะแนนความยอมรับของผลิตภัณฑ์ในด้านสี ลักษณะที่ปรากฏ กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม
   - 2.3 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์
   - 2.4 วิเคราะห์ทางจุลชีวิทยา

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

**1. ตั้งตำรับสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมทางสายให้อาหารที่มีธาตุเหล็กสูง**

*1.1 พิจารณาคัดเลือกวัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรอาหาร*

การวิจัยนี้ได้ใช้สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมซึ่งได้ทำการวิจัยโดยนิรมล อังสุมาลี (2545) ที่มีส่วนประกอบดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งมี

โปรตีนเกษตร และนมถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีน
ข้าวกล้อง และน้ำตาลทรายเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต
น้ำมันถั่วเหลือง เป็นแหล่งไขมัน
ฟักทอง เป็นแหล่งเบต้าแคโรทีน

**ตารางที่ 2** ส่วนประกอบในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร (นิรมล อังสุมาลี, 2545)

| ส่วนประกอบ | ปริมาณ |
|---|---|
| โปรตีนเกษตร (กรัม) | 60 |
| นมถั่วเหลือง (มิลลิลิตร) | 200 |
| ข้าวกล้อง (กรัม) | 20 |
| น้ำตาลทราย (กรัม) | 60 |
| ฟักทอง (กรัม) | 100 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (กรัม) | 30 |

*1.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และธาตุเหล็กของส่วนประกอบต่างๆ ที่นำมาใช้เตรียมอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม*

นำส่วนประกอบที่ใช้ ได้แก่ โปรตีนเกษตร นมถั่วเหลือง ข้าวกล้อง น้ำตาลทราย ฟักทอง น้ำมันถั่วเหลือง งาขาว ลูกเดือย และถั่วแดง ทำการวิเคราะห์ดังนี้ (Kangsadalampai และ Sungpuag, 1984; AOAC, 2000)

1.2.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยการอบในตู้อบ (hot air oven)

1.2.2 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ด้วยวิธี macro Kjeldahl

1.2.3 วิเคราะห์ปริมาณไขมัน สำหรับ ข้าวกล้อง น้ำตาลทราย ฟักทอง งาขาว ลูกเดือย และถั่วแดง โดยวิธี soxhlet extraction ส่วนไขมันในนมถั่วเหลือง และน้ำมันถั่วเหลือง ด้วยวิธี Rose-Gottlieb

1.2.4 วิเคราะห์ปริมาณเถ้าโดยการเผาในเตาเผาเถ้า (muffle furnace)

1.2.5 วิเคราะห์ปริมาณใยอาหารโดยการย่อยด้วยกรดและด่างอ่อนในเครื่องหากากใยอาหาร

1.2.6 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตได้จากการคำนวณ โดยนำผลรวมขององค์ประกอบอื่นๆที่วิเคราะห์ได้ใน 1.2.1-1.2.5 มาหักออกจาก 100

1.2.7 วิเคราะห์ปริมาณธาตุเหล็กโดยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometric Method

(รายละเอียดและวิธีวิเคราะห์อยู่ในภาคผนวก ข)

*1.3 คำนวณหาปริมาณวัตถุดิบเพื่อใช้ในสูตรอาหาร*

อาหารทางการแพทย์สำหรับผู้ป่วยที่มีน้ำหนักอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานควรมีการกระจายพลังงานที่เหมาะสมกับความต้องการของร่างกายโดยควรมีการกระจายพลังงานต่อวันดังนี้ พลังงานจากโปรตีนร้อยละ 10-35, ไขมันร้อยละ 20-35 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 45-65 (Food and Nutrition Board [FNB], 2002)

1.3.1 คำนวณหาปริมาณธาตุเหล็กที่มีในส่วนประกอบหลัก สูตรอาหารมังสวิรัติของนิรมล (2545) เป็นสูตรที่มีการกระจายพลังงานเหมาะสมคือได้รับพลังงานจากโปรตีนร้อยละ 15.02 ไขมันร้อยละ 34.11 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 50.87 (นิรมล อังสุมาลี, 2545) แต่พบว่ามีธาตุเหล็กเพียง 6.37 มิลลิกรัมต่อ 1,000 มิลลิลิตร (แสดงผลการวิเคราะห์ในภาคผนวก ก)

**ตารางที่ 3** ส่วนประกอบของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมทางสายให้อาหารเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว ลูกเดือย และถั่วแดง ในปริมาณต่างๆ กัน

| ส่วนประกอบ | ปริมาณ ต่อ 1,000 มิลลิลิตร (สูตร) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **สูตร 1** | **สูตร 2** | **สูตร 3** | **สูตร 4** | **สูตร 5** | **สูตร 6** | **สูตร 7** | **สูตร 8** | **สูตร 9** |
| โปรตีนเกษตร(กรัม) | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| นมถั่วเหลือง (มิลลิลิตร) | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| ข้าวกล้อง (กรัม) | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| น้ำตาลทราย (กรัม) | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| ฟักทอง (กรัม) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| งาขาว (กรัม) | 70 | 52.50 | 35 | 17.5 | - | 52.5 | 35 | 17.5 | - |
| ลูกเดือย (กรัม) | - | 25 | 50 | 75 | 100 | - | - | - | - |
| ถั่วแดง (กรัม) | - | - | - | - | - | 22.5 | 45 | 67.5 | 90 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (กรัม) | - | - | 15 | 25 | 30 | 10 | 15 | 25 | 30 |

ปริมาณธาตุเหล็กซึ่งกองโภชนาการ กรมอนามัย (2546) แนะนำให้ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทยผู้ใหญ่อายุ 19-70 ปี (Thai Dietary Reference Intakes, Thai DRI) คือ 10.4 -24.7 มิลลิกรัมต่อวัน สำหรับผู้บริโภคมังสวิรัติจะต้องการธาตุเหล็กมากขึ้น 1.8 เท่า (Dunham และ Kollar, 2006) ทำให้ปริมาณธาตุเหล็กที่ผู้บริโภคมังสวิรัติควรได้รับคือ 18.7-44.4 มิลลิกรัมต่อวัน ดังนั้นหากกำหนดให้ผู้ป่วยได้รับอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมวันละ 2,000 มิลลิลิตร สูตรอาหารที่ต้องการควรมีปริมาณธาตุเหล็ก 9.3-22.2 มิลลิกรัมต่อ 1,000 มิลลิลิตร จึงกำหนดให้สูตรอาหารปั่นผสมที่ต้องการให้มีธาตุเหล็กสูง มีปริมาณธาตุเหล็ก 10-20 มิลลิกรัมต่อ 1,000 มิลลิลิตร ซึ่งพบว่าเพียงพอและเหมาะสมกับผู้ป่วยที่รับประทานมังสวิรัติ

1.3.2 คำนวณปริมาณงาขาว ลูกเดือย และถั่วแดง เพื่อเสริมธาตุเหล็กในสูตรอาหารให้มีปริมาณธาตุเหล็กตามที่กำหนด และใช้ปริมาณงาขาว ลูกเดือย และถั่วแดงดังแสดงในตารางที่ 3 (วิธีคำนวณแสดงในภาคผนวก ก)

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของงาขาว ลูกเดือย และถั่วแดง โดยแปรผันอัตราส่วนของงาขาวต่อลูกเดือย และงาขาวต่อถั่วแดง ดังนี้

งาขาว : ลูกเดือย = 100 : 0, 75 : 25, 50 : 50, 25 : 75 และ 0 : 100 โดยน้ำหนัก
งาขาว : ถั่วแดง = 100 : 0, 75 : 25, 50 : 50, 25 : 75 และ 0 : 100 โดยน้ำหนัก

*1.4 เตรียมอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมที่มีธาตุเหล็กสูง*

1.4.1 <u>การเตรียมส่วนประกอบก่อนนำไปปั่นผสม</u>

1.4.1.1 โปรตีนเกษตรชนิดก้อน บดละเอียด เติมน้ำในอัตราส่วน โปรตีนเกษตร 1 ส่วนต่อน้ำ 3 ส่วน นำไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที

1.4.1.2 ข้าวกล้อง บดละเอียด เติมน้ำในอัตราส่วน ข้าวกล้อง 1 ส่วนต่อน้ำ 1.5 ส่วน ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที

1.4.1.3 น้ำตาลทราย ละลายในน้ำ 15 มิลลิลิตร

1.4.1.4 น้ำมันถั่วเหลือง ปริมาณที่ใช้คำนวณจากการกระจายพลังงานของไขมันที่เหมาะสมสำหรับอาหารผู้ป่วย (ควรได้รับพลังงานจากไขมันร้อยละ 20-35)

1.4.1.5 งาขาว อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง แล้วบดให้ละเอียด

1.4.1.6 ลูกเดือยบดให้ละเอียด เติมน้ำ 100 มิลลิลิตร ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที

1.4.1.7 ถั่วแดง ล้างให้สะอาด แช่น้ำประมาณ 10-12 ชั่วโมง ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 15-30 นาที แล้วบดให้ละเอียด

1.4.1.8 ถั่วแดงแกะเปลือก นำถั่วแดงล้างให้สะอาด แช่น้ำประมาณ 3-5 ชั่วโมง นำมาแกะเปลือกออก ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 15-30 นาที แล้วบดให้ละเอียด

1.4.1.9 ฟักทอง นำมาปอกเปลือก ล้างให้สะอาด ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 15-30 นาที แล้วบดให้ละเอียด

1.4.2 <u>การเตรียมสูตรอาหาร</u> มีขั้นตอนดังนี้

1.4.2.1 นำโปรตีนเกษตรจากข้อ 1.4.1.1 ไปปั่นผสมในเครื่องปั่นผสม แล้วเติมนมถั่วเหลือง

1.4.2.2 เติมสารละลายน้ำตาลทราย

1.4.2.3 เติมข้าวกล้อง ฟักทอง งาขาว ลูกเดือย และถั่วแดง ที่ผ่านการเตรียมจากข้อ 1.4.1

1.4.2.4 เติมน้ำมันถั่วเหลือง และปรับปริมาตรด้วยน้ำจนครบ 1,000 มิลลิลิตร

1.4.2.5 ปั่นผสมให้เข้ากัน และนำไปผ่านกระบวนการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ นาน 30 นาที

1.4.3 <u>ศึกษาลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์</u>

1.4.3.1 นำสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมที่มีธาตุเหล็กสูงที่เตรียมขึ้น มาศึกษาลักษณะทางกายภาพ เมื่อมองด้วยตาเปล่า ในด้าน สี ลักษณะที่ปรากฏภายนอก

1.4.3.2 สังเกตการตกตะกอนแยกชั้นของผลิตภัณฑ์ หลังจากตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1/2 ชั่วโมง

1.4.3.3 ทดสอบการไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 12 โดยนำอาหารที่ทดสอบปริมาณ 50 มิลลิลิตร ไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 12 โดยแขวนให้สูงจากพื้น 140 เซนติเมตร สังเกตลักษณะการไหลผ่านสายให้อาหาร

ของแต่ละสูตร จับเวลาที่อาหารไหลผ่านสายให้อาหารจนหมด แล้วคำนวณอัตราการไหลผ่านสายให้อาหารเป็นมิลลิลิตรต่อนาที

1.4.4 <u>คำนวณความเข้มข้นของพลังงาน</u> (วิธีคำนวณแสดงดังภาคผนวก ก)

คุณสมบัติที่ดีของอาหารที่ให้ทางสายให้อาหารควรมีความเข้มข้นของพลังงานเท่ากับ 1.0-1.2 กิโลแคลอรีต่อมิลลิลิตร ซึ่งจะไม่หนืดมาก และสามารถไหลผ่านสายให้อาหารได้ดีในอัตราเร็วที่เหมาะสมคือ มากกว่า 5.91 มิลลิลิตรต่อนาที (Hearne และคณะ, 1984)

จากการคำนวณความเข้มข้นของพลังงานของสูตรอาหารที่ 1-9 พบว่ามีค่าความเข้มข้นของพลังงานเท่ากับ 1.27, 1.37, 1.35, 1.42, 1.44, 1.31, 1.24, 1.37 และ 1.38 กิโลแคลอรีต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนดทุกสูตร

1.4.5 <u>พัฒนาสูตรอาหาร</u>

จากการคำนวณในข้อ 1.4.4 สูตรอาหารที่ 1-9 มีค่าความเข้มข้นของพลังงานไม่เหมาะสม จึงพัฒนาสูตรอาหารโดยการปรับลดปริมาณของส่วนประกอบหลักลงร้อยละ 25 ได้แก่ โปรตีนเกษตร นมถั่วเหลือง ข้าวกล้อง น้ำตาลทราย และฟักทอง เพื่อลดความเข้มข้นของพลังงานในสูตรอาหารลง ส่วนวัตถุดิบที่เติมเพื่อเสริมธาตุเหล็กในสูตรอาหาร คือ งาขาว ลูกเดือย และถั่วแดง ให้คงปริมาณเท่าเดิม ได้สูตร 1A-9A ดังแสดงในตารางที่ 4

เตรียมอาหารสูตร 1A-9A ตามวิธีในข้อ 1.4 แล้วทดสอบลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ตามข้อ 1.4.3 นำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทดสอบมาบรรจุในภาชนะที่ผ่านการสเตอริไรส์ แล้วนำไปฆ่าเชื้อโดยวิธีให้ความร้อน 2 วิธี ได้แก่

1. <u>การพาสเจอร์ไรส์</u>ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน
2. <u>การสเตอริไลส์</u>ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 15 นาที เก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 วัน

**ตารางที่ 4** ส่วนประกอบของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมทางสายให้อาหารเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว ลูกเดือย และถั่วแดง ในปริมาณต่างๆ กัน หลังจากปรับลดปริมาณส่วนประกอบหลัก

| ส่วนประกอบ | ปริมาณ ต่อ 1,000 มิลลิลิตร (สูตร) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **สูตร 1A** | **สูตร 2A** | **สูตร 3A** | **สูตร 4A** | **สูตร 5A** | **สูตร 6A** | **สูตร 7A** | **สูตร 8A** | **สูตร 9A** |
| โปรตีนเกษตร (กรัม) | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| นมถั่วเหลือง (มิลลิลิตร) | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| ข้าวกล้อง (กรัม) | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| น้ำตาลทราย (กรัม) | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| ฟักทอง (กรัม) | 75 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| งาขาว (กรัม) | 70 | 52.50 | 35 | 17.5 | - | 52.5 | 35 | 17.5 | - |
| ลูกเดือย (กรัม) | - | 25 | 50 | 75 | 100 | - | - | - | - |
| ถั่วแดง (กรัม) | - | - | - | - | - | 22.5 | 45 | 67.5 | 90 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (กรัม) | - | - | 15 | 25 | 30 | 10 | 15 | 25 | 30 |

**2 ประเมินคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์**

*2.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ที่ระยะเวลาต่างๆ*

2.1.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ที่เวลาเริ่มต้น และเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 และ 7 วัน โดยศึกษาคุณสมบัติดังนี้

1. การตกตะกอน จากการสังเกตด้วยตาเปล่า ตามวิธีในข้อ 1.4.3.2
2. ความหนืด โดยใช้เครื่องวัดความหนืด
3. อัตราการไหลผ่านสายให้อาหาร โดยการนำอาหาร 50 มิลลิลิตรไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 12 ตามวิธีในข้อ 1.4.3.3
4. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้เครื่อง pH meter

2.1.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการสเตอริไลส์ที่เวลาเริ่มต้น และเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7, 15 และ30 วัน โดยวิธีเดียวกับข้อ 2.1.1

*2.2 ประเมินผลทางประสาทสัมผัส*

นำสูตรอาหารที่มีลักษณะทางกายภาพที่ดีที่สุดที่ผ่านการประเมินคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์จากข้อ 2 มาปรับปรุงกลิ่นโดยเติมสารแต่งกลิ่น ในปริมาณร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรของอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม โดยกำหนดกลิ่นต่างๆ ดังนี้ ไม่แต่งกลิ่น แต่งกลิ่นวานิลลา แต่งกลิ่นกล้วยหอม แต่งกลิ่นช็อกโกแลต แต่งกลิ่นอัลมอนด์

ทำการประเมินความพึงพอใจอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมที่ได้โดยให้อาสาสมัครจำนวน 13 ราย ให้คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์ (แบบประเมินแสดงในภาคผนวก ง) ตั้งแต่ 1-5 คะแนน (1 =ไม่ชอบมากที่สุด และ 5 = ชอบมากที่สุด) ในการยอมรับด้านต่างๆ คือ (Murano, 2003)

1. สี และลักษณะที่ปรากฏ
2. กลิ่น
3. รส
4. เนื้อสัมผัสขณะรับประทาน
5. ความชอบโดยรวม

*2.3 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์*

นำสูตรอาหารที่ได้คะแนนมากที่สุดจากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และธาตุเหล็ก ตามวิธีเช่นเดียวกับข้อ 1.2 และคำนวณการกระจายพลังงาน

*2.4 วิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา* (ภาคผนวก ค)

นำผลิตภัณฑ์อาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุดจากการประเมินผลทางประสาทสัมผัส มาวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา โดยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ทำการวิเคราะห์ที่วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 5 และ 7 วัน และผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการสเตอริไลส์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที ทำการวิเคราะห์ที่วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7, 15 และ 30 วัน โดยทำการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้ (Food and Drug Administration, 1992)

2.4.1 การหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count : mesophilic, psychrotrophic count)

2.4.2 การหาจำนวนยีสต์และรา (yeast and mold count)

2.4.3 การหาจำนวนโคลิฟอร์มทั้งหมด (total coliform)

2.4.4 การหาจำนวน *Escherichia coli*

2.4.4 การหาจำนวน *Staphylococcus aureus*

**3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ**

การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความหนืด อัตราการไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 12 ค่าความเป็นกรด-ด่าง และคะแนนที่ได้จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมแต่ละสูตร ใช้ one-way analysis of variance การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคู่ใช้ Duncan's Multiple Range Test การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

# บทที่ 4

# ผลและอภิปรายผลการวิจัย

## 1. ตั้งตำรับสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมทางสายให้อาหารที่มีธาตุเหล็กสูง

### *1.1 พิจารณาคัดเลือกวัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรอาหาร*

ส่วนประกอบหลักของสูตรอาหารที่เลือกใช้เป็นสูตรอาหารมังสวิรัติจากการศึกษาของ นิรมล อังสุมาลี (2545) โดยในปริมาตร 1,000 มิลลิลิตรประกอบด้วย โปรตีนเกษตร 60 กรัม นมถั่วเหลือง 200 มิลลิลิตร ข้าวกล้อง 20 กรัม น้ำตาลทราย 60 กรัม ฟักทอง 100 กรัม น้ำมันถั่วเหลือง 30 กรัม เป็นสูตรที่มีการกระจายพลังงานเหมาะสมกับความต้องการของร่างกาย คือได้รับพลังงานจากโปรตีนร้อยละ 16.09 ไขมันร้อยละ 30.65 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 53.26 แต่เนื่องจากสูตรของนิรมลมีปริมาณธาตุเหล็กเพียง 6.37 มิลลิกรัมต่อ 1,000 มิลลิลิตร สำหรับผู้บริโภคมังสวิรัติความต้องการธาตุเหล็กจะมากกว่าคนปกติ 1.8 เท่า (Dunham และ Kollar, 2006) ผู้บริโภคอาหารมังสวิรัติจึงควรได้รับธาตุเหล็กวันละ 18.7-44.4 มิลลิกรัมต่อวัน จึงเสริมธาตุเหล็กจากวัตถุดิบที่มีธาตุเหล็กสูง คือ งาขาว ลูกเดือย และถั่วแดง จากรายงานพบว่างาขาว, ลูกเดือย และถั่วแดง มีปริมาณธาตุเหล็ก 13.0, 8.0 และ 10.5 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ (กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2544)

### *1.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและธาตุเหล็กของส่วนประกอบต่างๆที่นำมาใช้ในการเตรียมอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม*

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารของวัตถุดิบที่นำมาเตรียมสูตรอาหาร (ตารางที่ 5) ส่วนประกอบหลักที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานโปรตีน คือ โปรตีนเกษตร และนมถั่วเหลือง มีปริมาณโปรตีน 52.45 กรัม และ 3.54 กรัม ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ แหล่งคาร์โบไฮเดรต ที่ให้พลังงานได้แก่ ข้าวกล้องและน้ำตาลทราย มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 77.88 กรัม และ 99.04 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ แหล่งไขมันที่ให้พลังงาน คือน้ำมันถั่วเหลือง มีปริมาณไขมัน 90.80 กรัม ต่อ 100 กรัม สำหรับฟักทองเป็นแหล่งของเบต้าแคโรทีน และวิตามิน นอกจากนี้ฟักทองยังมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 25.43 กรัมต่อ 100 กรัม อีกด้วย

ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุเหล็กของส่วนประกอบที่ใช้ในการเตรียมสูตรอาหารทั้งหมดต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 5) พบว่าโปรตีนเกษตร ข้าวกล้อง น้ำตาลทราย นมถั่วเหลือง ฟักทอง และน้ำมันถั่วเหลือง ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของสูตรอาหารมังสวิรัติมีปริมาณธาตุเหล็กน้อยมาก คือ 5.12, 2.69, 0.00, 0.44, 1.85 และ 0.00 มิลลิกรัมตามลำดับ สำหรับงาขาว ลูกเดือย และถั่วแดง ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำหรับเสริมปริมาณธาตุเหล็กให้แก่สูตรอาหาร มีปริมาณธาตุเหล็ก 13.86, 9.12 และ 10.56 มิลลิกรัมตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วิเคราะห์จากกองโภชนาการ กรมอนามัย (2544)

จากข้อมูล จะพบว่างาขาวมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และกากใยอาหารมากที่สุด ลูกเดือยมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต มากที่สุด และถั่วแดงมีปริมาณโปรตีนสูงใกล้เคียงกับงาขาว แต่มีปริมาณไขมันต่ำที่สุดเพียง 0.74 กรัม จึงทำให้สูตรอาหารที่ใช้งาขาว ลูกเดือย และถั่วแดงเป็นส่วนประกอบมีแนวโน้มทำให้แหล่งพลังงานของ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตสูงขึ้น

จากปริมาณสารอาหารที่วิเคราะห์ได้นำไปคำนวณหาค่าการกระจายพลังงานของแต่ละสูตรอาหารที่จะทำการพัฒนาต่อไป (วิธีคำนวณแสดงในภาคผนวก ก) โดยสัดส่วนของสารอาหารที่ให้พลังงานเหมาะสมสำหรับผู้ป่วยทั่วไปควรได้รับพลังงานจากโปรตีนร้อยละ 10-35, ไขมันร้อยละ 20-35 และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 45-65 (Food and Nutrition Board [FNB], 2002)

**ตารางที่ 5** ปริมาณสารอาหารของวัตถุดิบ

| **สารอาหาร** | ปริมาณ*(100 กรัมของส่วนที่รับประทานได้) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | โปรตีนเกษตร | ข้าวกล้อง | น้ำตาลทราย | นมถั่วเหลือง | ฟักทอง | ลูกเดือย | งาขาว | ถั่วแดง (ทั้งเปลือก) | น้ำมันถั่วเหลือง |
| ความชื้น (กรัม) | 4.88 (0.16) | 11.2 (0.87) | 0.72 (0.46) | 83.10 (2.97) | 70.40 (2.15) | 10.63 (2.52) | 4.30 (0.23) | 9.70 (0.55) | 0.00 |
| โปรตีน (กรัม) | 52.45 (1.14) | 6.93 (2.04) | 0.00 | 3.54 (0.79) | 2.79 (1.07) | 11.68 (2.09) | 25.33 (0.49) | 24.64 (1.22) | 0.00 |
| ไขมัน (กรัม) | 0.41 (0.42) | 2.28 (0.39) | 0.00 | 3.84 (1.34) | 0.51 (0.01) | 4.76 (1.10) | 57.72 (1.52) | 0.74 (0.19) | 90.8 (2.33) |
| เถ้า (กรัม) | 5.31 (0.36) | 1.03 (0.25) | 0.24 (0.06) | 0.00 | 0.16 (0.87) | 1.53 (0.40) | 0.01 (0.00) | 2.98 (0.12) | 0.00 |
| กากใยอาหาร (กรัม) | 0.03 (0.00) | 0.68 (0.43) | 0.00 | 0.00 | 0.71 (0.04) | 0.68 (0.03) | 8.46 (0.87) | 2.21 (0.11) | 0.00 |
| คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | 36.92 (1.86) | 77.88 (1.44) | 99.04 (0.06) | 9.52 (0.82) | 25.43 (1.15) | 70.75 (1.77) | 4.18 (0.25) | 59.73 (1.44) | 0.00 |
| ธาตุเหล็ก(มิลลิกรัม) | 5.12 (0.17) | 2.69 (0.98) | 0.00 | 0.44 (0.85) | 1.85 (0.30) | 9.12 (1.39) | 13.86 (1.21) | 10.56 (2.72) | 0.00 |

* ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง และค่าในวงเล็บคือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

*1.3 คำนวณปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในสูตรอาหารเพื่อให้ได้สัดส่วนของพลังงานและปริมาณธาตุเหล็กที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย*

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและธาตุเหล็กของวัตถุดิบที่ใช้ในสูตรอาหาร คำนวณปริมาณวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบเพื่อนำมาพัฒนาสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมที่มีธาตุเหล็กสูง โดยนำค่าที่ได้ไปคำนวณสูตรอาหารในการศึกษาของนิรมล อังสุมาลี (2545) พบว่าปริมาณธาตุเหล็กของสูตรอาหารนี้ 1,000 มิลลิลิตร มีธาตุเหล็ก 6.37 มิลลิกรัม (ภาคผนวก ก) กำหนดในแต่ละสูตรที่ทำการพัฒนามีปริมาณธาตุเหล็ก 10 มิลลิกรัมต่อสูตรอาหาร 1,000 มิลลิลิตร และในแต่ละสูตรมีความแตกต่างของการเติม งาขาว ลูกเดือย และถั่วแดงในปริมาณต่างๆ กัน (ตารางที่ 7) จำนวน 9 สูตรดังนี้

สูตร 1 งาขาว 70 กรัม
สูตร 2 งาขาว 52.50 กรัม และ ลูกเดือย 25 กรัม
สูตร 3 งาขาว 35 กรัม และ ลูกเดือย 50 กรัม
สูตร 4 งาขาว 17.50 กรัม และ ลูกเดือย 75 กรัม
สูตร 5 ลูกเดือย 100 กรัม
สูตร 6 งาขาว 52.50 กรัม และ ถั่วแดง 22.50 กรัม
สูตร 7 งาขาว 35 กรัม และ ถั่วแดง 45 กรัม
สูตร 8 งาขาว 17.50 กรัม และ ถั่วแดง 67.50 กรัม
สูตร 9 ถั่วแดง 90 กรัม

*1.4 เตรียมอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมที่มีธาตุเหล็กสูง และศึกษาลักษณะทางกายภาพ*

ความเข้มข้นของพลังงานในสูตรอาหารแต่ละสูตรจากการคำนวณแสดงผลในตารางที่ 6 (วิธีคำนวณแสดงในภาคผนวก ก) สูตร 1-9 มีค่าความเข้มข้นของพลังงานดังนี้ 1.27, 1.37, 1.35, 1.42, 1.44, 1.31, 1.24, 1.37 และ 1.38 กิโลแคลอรีต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ค่าความเข้มข้นของพลังงานที่คำนวณได้ ทุกสูตรมีความเข้มข้นของพลังงานสูงกว่า 1.2 กิโลแคลอรีต่อมิลลิลิตร ซึ่งน่าจะมีผลต่อความหนืดที่เพิ่มขึ้น และอัตราการไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 12 ที่ลดลงได้ จึงทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพต่อไป

**ตารางที่ 6** ส่วนประกอบและความเข้มข้นของพลังงานของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมทางสายให้อาหารเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว ลูกเดือย และถั่วแดง ในปริมาณต่างๆ กัน สูตร 1-9

| ส่วนประกอบ | ปริมาณ ต่อ 1,000 มิลลิลิตร (สูตร) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **สูตร 1** | **สูตร 2** | **สูตร 3** | **สูตร 4** | **สูตร 5** | **สูตร 6** | **สูตร 7** | **สูตร 8** | **สูตร 9** |
| โปรตีนเกษตร(กรัม) | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| นมถั่วเหลือง (มิลลิลิตร) | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| ข้าวกล้อง (กรัม) | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| น้ำตาลทราย (กรัม) | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| ฟักทอง (กรัม) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| งาขาว (กรัม) | 70 | 52.50 | 35 | 17.5 | - | 52.5 | 35 | 17.5 | - |
| ลูกเดือย (กรัม) | - | 25 | 50 | 75 | 100 | - | - | - | - |
| ถั่วแดง (กรัม) | - | - | - | - | - | 22.5 | 45 | 67.5 | 90 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (กรัม) | - | - | 15 | 25 | 30 | 10 | 15 | 25 | 30 |
| ความเข้มข้นของพลังงานของสูตรอาหาร* (กิโลแคลอรีต่อมิลลิลิตร) | 1.27 | 1.37 | 1.35 | 1.42 | 1.44 | 1.31 | 1.24 | 1.37 | 1.38 |

*ความเข้มข้นของพลังงานของสูตรอาหารที่เหมาะสมคือ 1.0 -1.2 กิโลแคลอรีต่อมิลลิลิตร

**2. ประเมินคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์**

*2.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลาต่างๆ*

ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารสูตร 1-9 ที่เตรียมได้แต่ละสูตร แสดงดังตารางที่ 7 พบว่าทุกสูตรมีเนื้อเนียนละเอียด ไม่เกิดการตกตะกอนแยกชั้น สูตรที่ 1 สามารถไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 12 ได้ดีไม่ติดขัด ส่วนสูตร 2-5 ไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 12 ได้ไม่ดี เกิดการอุดตันของสายให้อาหาร สูตร 6-9 ไหลผ่านสายให้อาหารได้ช้าติดขัดบางส่วน ซึ่งลักษณะการไหลผ่านสายให้อาหารที่ไม่ดีนี้ สอดคล้องกับค่าความเข้มข้นของพลังงานที่มีค่าสูงเกิน 1.2 กิโลแคลอรีต่อมิลลิลิตร จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดสูง สีของผลิตภัณฑ์เป็นสีขาวนวล ยกเว้นสูตรที่มีถั่วแดงเป็นส่วนประกอบคือสูตร 6-9 เป็นสีน้ำตาล ซึ่งเกิดจากสีของเปลือกถั่วแดง

ความเข้มข้นของพลังงานที่สูงขึ้นนี้ จึงน่าจะมาจากวัตถุดิบที่เติมเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุเหล็ก คือ งาขาว ลูกเดือย และถั่วแดง โดยจากผลวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร งาขาวมีปริมาณโปรตีน และไขมันสูงที่สุด ลูกเดือยมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด และถั่วแดงมีปริมาณโปรตีนสูง ซึ่งมีผลต่อแหล่งพลังงานและค่าความเข้มข้นของพลังงานที่สูงขึ้น ดังนั้นการลดความเข้มข้นของพลังงานลง หากไม่ปรับลดที่ปริมาณของงาขาว ลูกเดือยและถั่วแดง ซึ่งต้องการศึกษาผลเรื่องปริมาณธาตุเหล็ก จะต้องทำการลดปริมาณวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบหลัก โดยพลังงานจากแหล่งอาหารของส่วนประกอบหลักที่หายไป จะถูกทดแทนด้วยพลังงานที่ได้จากการเสริม งาขาว ลูกเดือย และถั่วแดงในสูตรอาหาร

เมื่อทำการคำนวณลดปริมาณวัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบหลัก และให้แต่ละสูตรมีความแตกต่างของการเติมงาขาว ลูกเดือย และถั่วแดง ในปริมาณต่างๆ กัน โดยกำหนดปริมาณธาตุเหล็กที่เติมในแต่ละสูตร 10 มิลลิกรัมต่อสูตรอาหาร 1,000 มิลลิลิตร เมื่อคำนวณความเข้มข้นของพลังงานแต่ละสูตร จำนวน 9 สูตร คือสูตร 1-9 พบว่าทุกสูตรยกเว้นสูตร 5 มีความเข้มข้นของพลังงานน้อยกว่า 1.2 กิโลแคลอรีต่อมิลลิลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด โดยสูตรที่มีค่าความเข้มข้นของพลังงานน้อยที่สุดคือสูตร 4, 6, 7, 1, 3, 2, 8, 9 และ 5 ตามลำดับ โดยมีค่าความเข้มข้นของพลังงานดังนี้ 1.00, 1.02, 1.03, 1.06, 1.14, 1.16, 1.16, 1.17 และ 1.23 กิโลแคลอรีต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 8) จากนั้นทำการศึกษาลักษณะทางภาพต่อไป

หลังจากนำสูตรเบื้องต้นมาปรับลดปริมาณวัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบหลักลงร้อยละ 25 แล้วศึกษาลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารสูตร 1A–9A ที่เตรียมได้แต่ละสูตร (ตารางที่ 9) พบว่าทุกสูตรมีเนื้อละเอียด และไม่ตกตะกอนแยกชั้น อย่างไรก็ตามมีเพียงสูตร 1A, 6A , 7A, 8A

และ 9A ที่สามารถไหลผ่านสายให้อาหารโดยสะดวกไม่ติดขัด และมีค่าความเข้มข้นของพลังงาน คือ 1.06, 1.02, 1.03, 1.16 และ 1.17 กิโลแคลอรีต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งค่าความเข้มข้นของพลังงานเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด สำหรับสูตร 2A, 3A และ 4A มีค่าความเข้มข้นของพลังงาน 1.16, 1.14 และ 1.00 กิโลแคลอรีต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ แต่มีการไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 12 ไม่ดีเกิดการอุดตันสายให้อาหาร ซึ่งอาจเกิดจากความหนืดที่สูงขึ้นจากการเติมลูกเดือยในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีรายงานพบว่าลูกเดือยมีอะไมโลเพคตินเป็นส่วนประกอบหลัก ทำให้สามารถอุ้มน้ำและพองตัวได้ดี เป็นผลให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น (ทัศนีย์ พรกิจประสาน และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2530) โดยเฉพาะสูตร 5A เห็นผลชัดเจนที่สุดในเรื่องความหนืดที่เพิ่มขึ้นจากการเติมลูกเดือยในปริมาณมากสุดคือ 100 กรัม ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการอุดตันสายให้อาหาร และสอดคล้องกับค่าความเข้มข้นของพลังงานที่สูงสุดคือ 1.23 กิโลแคลอรีต่อมิลลิลิตร ซึ่งได้จากพลังงานของคาร์โบไฮเดรตที่มากขึ้นตามปริมาณลูกเดือยที่เพิ่มขึ้น

**ตารางที่ 7** ลักษณะทางกายภาพ ของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว ถั่วแดง และ ลูกเดือย ในปริมาณต่างๆกัน สูตร 1-9

| สูตรอาหาร | สีและลักษณะที่ปรากฏภายนอก | การไหลผ่านสายให้อาหาร[1] | การตกตะกอนแยกชั้น[2] |
|---|---|---|---|
| สูตร 1 | สีขาวนวล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด | ++ | - |
| สูตร 2 | สีขาวนวล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด | - | - |
| สูตร 3 | สีขาวนวล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด | - | - |
| สูตร 4 | สีขาวนวล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด | - | - |
| สูตร 5 | สีขาวนวล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด มีความหนืดสูง | - | - |
| สูตร 6 | สีน้ำตาล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด | + | - |
| สูตร 7 | สีน้ำตาล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด | + | - |
| สูตร 8 | สีน้ำตาล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด | + | - |
| สูตร 9 | สีน้ำตาล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด | + | - |

[1] การไหลผ่านสายให้อาหาร

- \- = อาหารอุดตันสายให้อาหาร
- \+ = อาหารไหลผ่านสายให้อาหารได้ช้า และติดขัดบางส่วน
- ++ = อาหารไหลผ่านสายให้อาหารได้สะดวกโดยไม่ติดขัด

[2] ผลิตภัณฑ์อาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1/2 ชั่วโมง

- \- = ไม่ตกตะกอนแยกชั้น
- \+ = เกิดการแยกชั้นมีน้ำหนา 1 มิลลิเมตร
- ++ = เกิดการแยกชั้นมีน้ำหนา 2 มิลลิเมตร
- +++ = เกิดการแยกชั้นมีน้ำหนา 3 มิลลิเมตร

**ตารางที่ 8** แสดงส่วนประกอบและความเข้มข้นของพลังงานของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมทางสายให้อาหารเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว ลูกเดือย และถั่วแดง ในปริมาณต่างๆ กัน สูตร 1A-9A

| **ส่วนประกอบ** | **ปริมาณ ต่อ 1,000 มิลลิลิตร (สูตร)** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **สูตร 1A** | **สูตร 2A** | **สูตร 3A** | **สูตร 4A** | **สูตร 5A** | **สูตร 6A** | **สูตร 7A** | **สูตร 8A** | **สูตร 9A** |
| โปรตีนเกษตร (กรัม) | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| นมถั่วเหลือง (มิลลิลิตร) | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| ข้าวกล้อง (กรัม) | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| น้ำตาลทราย (กรัม) | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| ฟักทอง (กรัม) | 75 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| งาขาว (กรัม) | 70 | 52.50 | 35 | 17.5 | - | 52.5 | 35 | 17.5 | - |
| ลูกเดือย (กรัม) | - | 25 | 50 | 75 | 100 | - | - | - | - |
| ถั่วแดง (กรัม) | - | - | - | - | - | 22.5 | 45 | 67.5 | 90 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (กรัม) | - | - | 15 | 25 | 30 | 10 | 15 | 25 | 30 |
| ความเข้มข้นของพลังงานของสูตรอาหาร* (กิโลแคลอรีต่อมิลลิลิตร) | 1.06 | 1.16 | 1.14 | 1.00 | 1.23 | 1.02 | 1.03 | 1.16 | 1.17 |

*ความเข้มข้นของพลังงานของสูตรอาหารที่เหมาะสมคือ 1.0 -1.2 กิโลแคลอรีต่อมิลลิลิตร

**ตารางที่ 9** ลักษณะทางกายภาพ ของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว ถั่วแดง และ ลูกเดือย ในปริมาณต่างๆกัน สูตร 1A-9A

| สูตรอาหาร | สีและลักษณะที่ปรากฏภายนอก | การไหลผ่านสายให้อาหาร[1] | การตกตะกอนแยกชั้น[2] |
|---|---|---|---|
| สูตร 1A | สีขาวนวล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด | ++ | - |
| สูตร 2A | สีขาวนวล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด | - | - |
| สูตร 3A | สีขาวนวล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด | - | - |
| สูตร 4A | สีขาวนวล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด | - | - |
| สูตร 5A | สีขาวนวล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด | - | - |
| สูตร 6A | สีน้ำตาล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด | ++ | - |
| สูตร 7A | สีน้ำตาล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด | ++ | - |
| สูตร 8A | สีน้ำตาล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด | ++ | - |
| สูตร 9A | สีน้ำตาล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด | ++ | - |

[1] การไหลผ่านสายให้อาหาร

- \- = อาหารอุดตันสายให้อาหาร
- \+ = อาหารไหลผ่านสายให้อาหารได้ช้า และติดขัดบางส่วน
- ++ = อาหารไหลผ่านสายให้อาหารได้สะดวกโดยไม่ติดขัด

[2] ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1/2 – 1 ชั่วโมง

- \- = ไม่ตกตะกอนแยกชั้น
- \+ = เกิดการแยกชั้นมีน้ำหนา 1 มิลลิเมตร
- ++ = เกิดการแยกชั้นมีน้ำหนา 2 มิลลิเมตร
- +++ = เกิดการแยกชั้นมีน้ำหนา 3 มิลลิเมตร

เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพพบว่าสูตร 1A, 6A, 7A, 8A และ 9A สามารถไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 12 ได้ดี ไม่ติดขัด และไม่เกิดการตกตะกอนแยกชั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1/2 ชั่วโมง จึงนำสูตรดังกล่าวไปศึกษาพัฒนาให้ได้สูตรที่มีคุณสมบัติดีที่สุดต่อไป ซึ่งในแต่ละสูตรมีงาขาว และถั่วแดงเป็นส่วนประกอบ เนื่องจากสูตรที่มีถั่วแดงเป็นส่วนประกอบ (สูตร 6A-9A) ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาล ไม่สวยงาม จึงเพิ่มการพัฒนาสูตรที่ใช้ถั่วแดงแกะเปลือก เป็นส่วนประกอบปริมาณเท่ากับปริมาณถั่วแดงที่ใช้ ได้สูตร 6B-9B ดังนี้ (ตารางที่ 10)

สูตร 6B งาขาว 52.50 กรัม และถั่วแดงแกะเปลือก 22.50 กรัม
สูตร 7B งาขาว 35 กรัม และถั่วแดงแกะเปลือก 45 กรัม
สูตร 8B งาขาว 17.50 กรัม และถั่วแดงแกะเปลือก 67.50 กรัม
สูตร 9B ถั่วแดงแกะเปลือก 90 กรัม

เมื่อนำผลิตภัณฑ์อาหารปั่นผสม สูตร 6B-9B ไปทดสอบลักษณะทางกายภาพพบว่ามีลักษณะเนื้อเนียนละเอียด มีสีขาวนวล สามารถไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 12 ได้ดีไม่ติดขัด ไม่เกิดการตกตะกอนแยกชั้น (ตารางที่ 11)

เมื่อทดสอบความคงตัวทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ โดยนำสูตร 1A, 6A-9A และ 6B-9B ไปผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีสเตอริไรส์ (ให้ความร้อน 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที) และวิธีพาสเจอร์ไรส์ (ให้ความร้อน 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที) ได้ผลการศึกษาดังนี้

1. ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่าทุกสูตรไม่มีการเปลี่ยนแปลงในวันแรก และ วันที่ 3 ของการทดสอบ (ตารางที่ 12) มีเพียงสูตร 1A ที่เกิดการตกตะกอนแยกเป็นชั้นน้ำหนา 3 มิลลิเมตร ในวันที่ 7 สำหรับสูตร 6A-9A และสูตร 6B-9B มีความคงตัวไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการตกตะกอนแยกชั้นตลอดระยะเวลา 7 วันที่ทดสอบ

2. ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการสเตอริไรส์เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วัน พบว่าทุกสูตรมีการเปลี่ยนแปลง คือเกิดมีตะกอนแยกเป็นชั้นน้ำหนามากกว่า 3 มิลลิเมตร ตั้งแต่วันแรก (ตารางที่ 12) จึงไม่ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพด้านอื่นๆต่อไปสำหรับสูตรที่ทำการฆ่าเชื้อโดยวิธีนี้ ทั้งนี้เพราะความร้อนที่ใช้สูงถึง 121 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่า สูตร 1A, 6A, 7A, 8A และ 9A เกิดจากการแยกชั้นของไขมันเนื่องจากได้รับความร้อนสูง

การศึกษาความหนืดของสูตรอาหาร โดยวัดความหนืดด้วยเครื่องวิสโคมิเตอร์ ในสูตร 1A, 6A – 9A และ สูตร 6B – 9B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ระยะเวลาต่างๆ เป็นเวลา 7 วัน แสดงผลในตารางที่ 13 โดยสูตรที่มีความหนืดเหมาะสมควรมีค่าไม่เกิน 170 เซนติพอยต์ มีความหนืดคงที่หรือเปลี่ยนแปลงไม่สูงขึ้นมากตลอดระยะเวลาที่ทดสอบ (Hearne และคณะ, 1984) พบว่าสูตร 6B ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความหนืดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สำหรับสูตร 6A พบว่าในวันเริ่มต้น และวันที่ 3 ผลิตภัณฑ์มีความหนืดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทำให้ส่วนประกอบในสูตรซึ่งเป็นพวกคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลอะไมโลสที่มีมากถูกจัดเรียงตัวใหม่ ได้โครงสร้างที่แน่นขึ้น โมเลกุลของน้ำที่อยู่ภายในจะค่อยๆ ถูกบีบออกมาทีละน้อยเกิด syneresis ทำให้ประสิทธิภาพในการเพิ่มความข้นหนืดแก่อาหารลดลง (Zobel และ Stephen, 1995) ส่งผลให้ส่วนประกอบในอาหารตกตะกอนแยกชั้น อย่างไรก็ตามวันที่ 3 และวันที่ 7 ไม่มีความแตกต่างของความหนืดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังนั้นจึงเลือกสูตร 6A และ 6B สำหรับการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพด้านอื่นต่อไป

สำหรับการศึกษาผลทางกายภาพด้านอัตราการไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 12 และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสูตรที่เลือก คือสูตร 6A และ 6B (ตารางที่ 14) โดยกำหนดให้อัตราการไหลผ่านสายให้อาหารที่เหมาะสมควรมากกว่า 5.91 มิลลิลิตรต่อนาที (Hearne และคณะ, 1984) และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่ควรต่ำกว่า 5.0 (Powell และคณะ, 1993) พบว่าสูตร 6A และ 6B มีค่าอัตราการไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 12 อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมและไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตลอดระยะเวลา 7 วันที่ทดสอบ สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสูตรทั้งสองอยู่ในเกณฑ์ดี คือไม่ต่ำกว่า 5.0 ค่าที่ต่ำกว่า 5.0 มีผลทำให้โปรตีนจับตัวเป็นก้อน ทำให้เกิดการอุดตันสายให้อาหารได้ (Powell และคณะ, 1993) ถึงแม้ว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของสูตร 6A และ 6B มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับวันเริ่มต้น แต่ไม่มีความแตกต่างในวันที่ 3 และ 7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางที่ 10** ส่วนประกอบของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมทางสายให้อาหารเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก ในปริมาณต่างๆ กัน สูตร 6B-9B

| **ส่วนประกอบ** | **ปริมาณ ต่อ 1,000 มิลลิลิตร (สูตร)** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **สูตร 6B** | **สูตร 7B** | **สูตร 8B** | **สูตร 9B** |
| โปรตีนเกษตร (กรัม) | 45 | 45 | 45 | 45 |
| นมถั่วเหลือง (มิลลิลิตร) | 150 | 150 | 150 | 150 |
| ข้าวกล้อง (กรัม) | 15 | 15 | 15 | 15 |
| น้ำตาลทราย (กรัม) | 45 | 45 | 45 | 45 |
| ฟักทอง (กรัม) | 100 | 100 | 100 | 100 |
| งาขาว (กรัม) | 52.5 | 35 | 17.5 | - |
| ลูกเดือย (กรัม) | - | - | - | - |
| ถั่วแดงแกะเปลือก (กรัม) | 22.5 | 45 | 67.5 | 90 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (กรัม) | 10 | 15 | 25 | 30 |

สูตร 6B = งาขาว : ถั่วแดงแกะเปลือก (75 : 25)
สูตร 7B = งาขาว : ถั่วแดงแกะเปลือก (50 : 50)
สูตร 8B = งาขาว : ถั่วแดงแกะเปลือก (25 : 75)
สูตร 9B = งาขาว : ถั่วแดงแกะเปลือก (0 : 100)

**ตารางที่ 11** ลักษณะทางกายภาพของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาวและถั่วแดงแกะเปลือกในปริมาณต่างๆกัน สูตร 6B-9B

| สูตรอาหาร | สีและลักษณะที่ปรากฏภายนอก | การไหลผ่านสายให้อาหาร[1] | การตกตะกอนแยกชั้น[2] |
|---|---|---|---|
| สูตร 6B | สีขาวนวล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด | ++ | - |
| สูตร 7B | สีขาวนวล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด | ++ | - |
| สูตร 8B | สีขาวนวล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด | ++ | - |
| สูตร 9B | สีขาวนวล กลิ่นหอมถั่วเหลือง เนื้อละเอียด | ++ | - |

[1] การไหลผ่านสายให้อาหาร

- = อาหารอุดตันสายให้อาหาร
+ = อาหารไหลผ่านสายให้อาหารได้ช้า และติดขัดบางส่วน
++ = อาหารไหลผ่านสายให้อาหารได้สะดวกโดยไม่ติดขัด

[2] ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1/2 ชั่วโมง

- = ไม่ตกตะกอนแยกชั้น
+ = เกิดการแยกชั้นมีน้ำหนา 1 มิลลิเมตร
++ = เกิดการแยกชั้นมีน้ำหนา 2 มิลลิเมตร
+++ = เกิดการแยกชั้นมีน้ำหนา 3 มิลลิเมตร

**ตารางที่ 12** ลักษณะทางกายภาพของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว ถั่วแดง และถั่วแดงแกะเปลือกในปริมาณต่างๆกัน สูตร 1A, 6A-9A และ 6B-9B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาต่างๆ และผ่านการเสตอริไลส์ ณ วันเริ่มต้นและหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิห้องที่ระยะเวลาต่างๆ

| สูตรอาหาร | การตกตะกอนแยกชั้น[1] | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | พาสเจอร์ไรส์ | | | สเตอริไลส์ | | | |
| | วันที่ 0 | วันที่ 3 | วันที่ 7 | วันที่ 0 | วันที่ 7 | วันที่ 15 | วันที่ 30 |
| 1A | - | - | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 6A | - | - | - | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 7A | - | - | - | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 8A | - | - | - | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 9A | - | - | - | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 6B | - | - | - | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 7B | - | - | - | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 8B | - | - | - | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 9B | - | - | - | +++ | +++ | +++ | +++ |

[1] ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1/2 ชั่วโมง

- \- = ไม่ตกตะกอนแยกชั้น
- \+ = เกิดการแยกชั้นมีน้ำหนา 1 มิลลิเมตร
- ++ = เกิดการแยกชั้นมีน้ำหนา 2 มิลลิเมตร
- +++ = เกิดการแยกชั้นมีน้ำหนา 3 มิลลิเมตร

**ตารางที่ 13** ค่าความหนืดของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว ถั่วแดง และถั่วแดงแกะเปลือกในปริมาณต่างๆกัน สูตร 1A, 6A-9A และ 6B-9B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาต่างๆ

| สูตรอาหาร | ความหนืด (เซนติพอยต์, centipoises, cp)[1*] | | |
|---|---|---|---|
| | วันที่ 0 | วันที่ 3 | วันที่ 7 |
| 1A | 24.70 (1.28)[a] | 48.20 (2.82)[b] | 27.33 (2.37)[a] |
| 6A | 77.80 (2.70)[a] | 73.23 (3.84)[b] | 71.10 (2.93)[b] |
| 7A | 42.83 (4.51)[a] | 95.07 (4.41)[b] | 108.10 (1.25)[c] |
| 8A | 117.50 (1.61)[a] | 108.23 (4.40)[b] | 91.87 (1.40)[c] |
| 9A | 71.57 (3.65)[a] | 82.03 (3.12)[b] | 84.73 (0.75)[b] |
| 6B | 87.13 (1.68)[a] | 85.23 (5.35)[a] | 83.46 (3.71)[a] |
| 7B | 56.60 (3.91)[a] | 101.47 (8.40)[b] | 128.50 (0.70)[c] |
| 8B | 135.67(4.54)[a] | 157.47(1.15)[b] | 126.23(2.42)[c] |
| 9B | 203.97(1.72)[a] | 201.13(4.12)[a] | 202.90(5.15)[a] |

[1] ความหนืดที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 170 เซนติพอยต์

* ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง และค่าในวงเล็บคือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[abc] เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามแนวนอน โดยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางที่ 14** คุณสมบัติทางกายภาพของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว ถั่วแดง และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6A และ 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาต่างๆ

| **คุณสมบัติทางกายภาพ** | **สูตรอาหาร** | **ระยะเวลาในการเก็บ*** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | **วันที่ 0** | **วันที่ 3** | **วันที่ 7** |
| ความหนืด (เซนติพอยส์) [1*] | 6A | 77.80 (1.77)[a] | 73.23 (3.84)[b] | 71.10 (2.93)[b] |
| | 6B | 87.13 (1.68)[a] | 85.23 (5.35)[a] | 83.46 (3.71)[a] |
| อัตราการไหลผ่านสายให้อาหาร (มิลลิลิตรต่อนาที) [2*] | 6A | 6.07 (0.23)[a] | 5.29 (0.59)[a] | 5.47 (0.49)[a] |
| | 6B | 5.99 (0.26)[a] | 5.20 (0.45)[a] | 5.39 (0.45)[a] |
| ค่าความเป็นกรด-ด่าง[3*] | 6A | 7.60 (0.35)[a] | 7.40 (0.00)[b] | 7.40 (0.02)[b] |
| | 6B | 7.61 (0.03)[a] | 7.45 (0.05)[b] | 7.43 (0.02)[b] |

[1] ความหนืดที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 170 เซนติพอยต์

[2] อัตราการไหลผ่านสายให้อาหารที่เหมาะสมควรมากกว่า 5.91 มิลลิลิตรต่อนาที

[3] ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมไม่ควรต่ำกว่า 5.0

* ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง และค่าในวงเล็บคือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[abc] เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามแนวนอน โดยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

*2.2 ประเมินผลทางประสาทสัมผัส โดยวิธีให้คะแนนความยอมรับของผลิตภัณฑ์ในด้านสี ลักษณะที่ปรากฏ กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม*

นำสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมที่มีคุณสมบัติทางกายภาพดีที่สุด คือสูตร 6A และ 6B ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรส์ มาปรับปรุงกลิ่นเพื่อเพิ่มความน่ารับประทานและ โดยเติมสารแต่งกลิ่น 4 ชนิด คือกลิ่นวานิลลา กลิ่นกล้วยหอม กลิ่นช็อกโกแลต และกลิ่นอัลมอนด์ โดยมีสูตรอาหารมังสวิรัติที่ไม่แต่งกลิ่นเป็นสูตรเปรียบเทียบ ให้อาสาสมัครจำนวน 13 คนชิมผลิตภัณฑ์ทุกสูตรและประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบประเมิน (ภาคผนวก ง) เพื่อให้คะแนนการยอมรับในด้านสี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่า สูตร 6A และ 6B ที่ไม่แต่งกลิ่น อาสาสมัครให้คะแนนเฉลี่ยสูตร 6A สูงกว่า สูตร 6B ในทุกด้าน มีเพียงด้านกลิ่นผลิตภัณฑ์เท่านั้นที่ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากันคือ 3.31 คะแนน (ตารางที่ 15) จากผลการประเมินนี้พบว่าการใช้ถั่วแดงแกะเปลือกที่หวังผลในด้านเพิ่มความสวยงาม มีสีขาวนวลน่ารับประทาน ไม่มีผลต่อความชอบของอาสาสมัคร นอกจากนี้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วแดงยังมีใยอาหารปริมาณสูงซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกายโดยใยอาหารมีทั้งชนิดที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ ช่วยเพิ่มกากใยและอุ้มน้ำ ทำให้อุจจาระนิ่มและขับถ่ายเป็นปกติ จึงช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่ และริดสีดวงทวารได้ ใยอาหารชนิดละลายน้ำพบว่าช่วยลดคอเลสเทอรอลในเลือดได้ ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคหัวใจ (Aller และคณะ, 2004)

เมื่อพิจารณาเฉพาะสูตร 6A ที่ไม่แต่งกลิ่นเปรียบเทียบกับการแต่งกลิ่นชนิดอื่น พบว่าสูตรที่แต่งกลิ่นวานิลลามีคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นมากกว่าสูตรไม่แต่งกลิ่น และสูตรแต่งกลิ่นช็อกโกแลตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนรสชาติสูตรที่ไม่แต่งกลิ่นมีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าสูตรที่แต่งกลิ่นด้วยช็อกโกแลต วานิลลา และอัลมอนด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้พบว่าสูตร 6B ที่ไม่แต่งกลิ่น แต่งกลิ่นช็อกโกแลต และแต่งกลิ่นวานิลลา ไม่มีความแตกต่างกันในด้านกลิ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนด้านรสชาติ สูตรไม่แต่งกลิ่นและสูตรที่แต่งกลิ่นอื่นๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่พบความแตกต่างในด้านลักษณะโดยรวมของสูตร 6B ที่แต่งกลิ่นวานิลลามีค่าคะแนนเฉลี่ยที่มากกว่าสูตรที่ไม่แต่งกลิ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากผลการยอมรับของอาสาสมัครจึงคัดเลือกสูตร 6A ที่แต่งกลิ่นวานิลลา สำหรับพัฒนาเป็นสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมที่มีธาตุเหล็กสูง เพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้ป่วย อย่างไรก็ตามความพึงพอใจที่ทำการประเมินนั้นยังขึ้นอยู่กับความชอบส่วนบุคคล การวิจัยนี้อาสาสมัครที่ทำการทดสอบประเมินผลทางประสาทสัมผัสเป็นผู้ที่มีสุขภาพปกติ ซึ่งอาจบอกความรู้สึกได้ไม่

เหมือนกับผู้ป่วย ดังนั้นในการใช้กับผู้ป่วยจริงผลอาจแตกต่างออกไปได้ เนื่องจากการรับรส กลิ่น ในผู้ป่วยบางโรคจะเปลี่ยนแปลงไป ความอยากอาหารอาจลดลง

*2.3 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์*

ผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกได้คือสูตร 6A แต่งกลิ่นวานิลา ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรส์ ประกอบด้วย ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า กากใยอาหาร คาร์โบไฮเดรต และธาตุเหล็ก ร้อยละ 78.82, 5.08, 3.01, 0.60, 0.47, 12.02 และ 0.91 ตามลำดับ และมีการกระจายพลังงานโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 21.28, 28.37 และ 50.37 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงเหมาะสมที่ร่างกายควรได้รับ คือควรได้รับพลังงานจากโปรตีนร้อยละ 10-35 ไขมันร้อยละ 20-35 และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 45-65 (Food and Nutrition Board [FNB], 2002) และสำหรับผู้บริโภคอาหารมังสวิรัติควรได้รับธาตุเหล็กประมาณ 18.7-44.4 มิลลิกรัมต่อวัน ซึ่งการบริโภคอาหารสูตรนี้ 2,000 มิลลิลิตร จะได้รับธาตุเหล็ก 18.8 มิลลิกรัมต่อวัน โดยสูตรนี้มีความเข้มข้นของพลังงานเท่ากับ 0.95 กิโลแคลอรีต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 16)

*2.4 วิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา*

เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 144 เรื่องอาหารที่บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท กำหนดให้ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และไม่มีสารพิษจากจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ คือพบโคโลนีของจุลินทรีย์ชนิดมีโซไฟล์ได้ไม่เกิน 1,000 โคโลนีในอาหาร 1 มิลลิลิตร (cfu/ml) พบยีสต์และราได้ไม่เกิน 100 ต่ออาหาร 1 มิลลิลิตร และพบบักเตรีชนิดโคลิฟอร์มได้น้อยกว่า 3 เอ็มพีเอ็น ต่ออาหาร 1 มิลลิลิตร (กระทรวงสาธารณสุข, 2535) ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมสูตร 6A แต่งกลิ่นวานิลา ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรส์ และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 2–8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยพบจุลินทรีย์ชนิดมีโซไฟล์ $6.85x10^2$ โคโลนีในอาหาร 1 มิลลิลิตร (cfu/ml) ไม่พบยีสต์ รา *Escherichia coli* และ*Staphylococcus aureus* พบเชื้อแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มน้อยกว่า 2 เอ็มพีเอ็นต่ออาหาร 1 มิลลิลิตร (MPN/ml) เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน (ตารางที่ 17) แสดงว่าสูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เก็บไว้เป็นระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส มีความสะอาดเพียงพอที่จะนำไปใช้กับผู้ป่วยได้อย่างปลอดภัย

การฆ่าเชื้อโดยพาสเจอร์ไรส์ เป็นการใช้ความร้อนเพื่อถนอมอาหาร ความร้อนที่ใช้ไม่สูงมากนัก มักจะทำที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส เพื่อยืดอายุของอาหารมังสวิรัติชนิดปั่น

ผสมที่เตรียม วิธีนี้สามารถใช้ในการถนอมอาหารได้โดยการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในอาหาร และทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคที่ทำให้อาหารเสีย ดังนั้นอาหารที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์แล้วจำเป็นต้องผ่านกระบวนการเก็บรักษาต่อไปในสภาวะที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ เช่น การเก็บในอุณหภูมิต่ำ 2-8 องศาเซลเซียส (Fellows, 2000a) เป็นการยืดอายุการเก็บอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมให้นานขึ้น และช่วยลดภาระผู้ดูแลผู้ป่วยในการเตรียมอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม

หลังจากนำผลิตภัณฑ์ไปผ่านการฆ่าเชื้อโดยวิธีสเตอริไรส์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 15 นาที นั้น พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้เกิดการตกตะกอนแยกชั้นในทุกสูตรอาหาร จึงไม่นำผลิตภัณฑ์นั้นมาทำการวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา

**ตารางที่ 15** คะแนนเฉลี่ยความชอบในด้านต่างๆต่อสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว ถั่วแดง และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6A และ 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์

| การทดสอบทางประสาทสัมผัส | สูตรอาหาร | ค่าเฉลี่ยของคะแนน* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ไม่แต่งกลิ่น | วานิลลา | กล้วยหอม | ช็อกโกแลต | อัลมอนด์ |
| สีและลักษณะที่ปรากฏ | สูตร 6A | 3.77(0.44) [a] | 3.85(0.69) [a] | 3.62(0.51) [a] | 3.77(0.73) [a] | 3.92(0.64) [a] |
| | สูตร 6B | 3.23(1.01) [a] | 3.23(1.17) [a] | 3.00(0.82) [a] | 3.15(0.90) [a] | 3.08(0.95) [a] |
| กลิ่นของผลิตภัณฑ์ | สูตร 6A | 3.31(0.63) [a b] | 3.62(0.65) [b] | 2.69(0.86) [a] | 3.31(0.75) [ab] | 3.26(0.80) [b] |
| | สูตร 6B | 3.31(0.95) [a] | 3.77(0.60) [a] | 2.54(0.78) [b] | 3.38(0.77) [a] | 2.62(0.87) [b] |
| รสชาติของผลิตภัณฑ์ | สูตร 6A | 3.85(0.80) [a] | 3.38(0.65) [ab] | 3.08(0.86) [a] | 3.54(0.78) [a b] | 3.15(0.98) [a b] |
| | สูตร 6B | 3.23(1.01) [a] | 3.54(1.27) [a] | 2.85(1.14) [a] | 3.62(0.87) [a] | 3.00(1.23) [a] |
| เนื้อสัมผัสขณะรับประทาน | สูตร 6A | 3.62(0.96) [a] | 3.23(0.83) [a] | 3.69(0.48) [a] | 3.54(0.97) [a] | 3.31(0.95) [a] |
| | สูตร 6B | 3.38(1.04) [a] | 3.46(1.13) [a] | 3.00(1.00) [a] | 3.54(0.77) [a] | 3.08(0.76) [a] |
| ความชอบโดยรวม | สูตร 6A | 3.69(0.63) [a] | 3.54(0.66) [a] | 3.23(0.83) [a] | 3.46(0.97) [a] | 3.23(0.83) [a] |
| | สูตร 6B | 3.31(1.03) [ab] | 3.54(0.97) [b] | 2.62(0.77) [a] | 3.54(0.66) [b] | 2.85(0.93) [ab] |

* คะแนนความชอบจัดลำดับจาก 1-5 ตั้งแต่คะแนนไม่ชอบมากถึงชอบมาก ค่าในวงเล็บแสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[ab] เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามแนวนอน โดยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางที่ 16** คุณค่าทางโภชนาการของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม ที่เสริมธาตุเหล็กจากงาขาวและถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์

| องค์ประกอบ | ปริมาณ (ร้อยละ)[1] | พลังงาน (ร้อยละ)[2] |
|---|---|---|
| ความชื้น | 78.82 (3.23) | |
| โปรตีน | 5.08 (0.14) | 21.28 |
| ไขมัน | 3.01 (0.85) | 28.37 |
| เถ้า | 0.60 (0.03) | |
| กากใยอาหาร | 0.47 (0.04) | |
| คาร์โบไฮเดรต | 12.02 (0.03) | 50.35 |
| ธาตุเหล็ก | 0.94 (0.01) | |
| ความเข้มข้นของพลังงานต่ออาหาร 1 มิลลิลิตร | 0.95 กิโลแคลลอรี | |

[1]ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง และค่าในวงเล็บคือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[2]การกระจายพลังงานของสารอาหารที่ให้พลังงานที่เหมาะสมคือ พลังงานจากโปรตีนร้อยละ 10-35 ไขมันร้อยละ 20-35 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 45-65

**ตารางที่ 17** ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาต่างๆ

| ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา | ระยะเวลา | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **วันที่ 0** | **วันที่ 3** | **วันที่ 5** | **วันที่ 7** |
| จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดชนิดมีโซไฟล์* (cfu/ml)[1] | $3.5x10^2$ (0.28) | $7.55x10^2$ (2.62) | $5.35x10^2$ (0.64) | $6.85x10^2$ (1.06) |
| จำนวนยีสต์และรา (cfu/ml)[1] | ไม่พบเชื้อ | ไม่พบเชื้อ | ไม่พบเชื้อ | ไม่พบเชื้อ |
| จำนวนโคลิฟอร์มทั้งหมด (MPN/100 ml)[2] | $< 2$ | $< 2$ | $< 2$ | $< 2$ |
| จำนวน *E. coli** | ไม่พบเชื้อ | ไม่พบเชื้อ | ไม่พบเชื้อ | ไม่พบเชื้อ |
| จำนวน *S. aureus** (cfu/ 100ml)[3] | ไม่พบเชื้อ | ไม่พบเชื้อ | ไม่พบเชื้อ | ไม่พบเชื้อ |

* ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง และค่าในวงเล็บคือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

หมายเหตุ [1]cfu/ml = colony forming unit ต่ออาหาร 1 มิลลิลิตร

[2]MPN/100 ml = Most Probable Number ต่ออาหาร 100 มิลลิลิตร

[3]cfu/ 100ml = colony forming unit ต่ออาหาร 0.1 มิลลิลิตร

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัย

สูตรอาหารมังสวิรัติปั่นผสมที่มีธาตุเหล็กสูงที่ได้จากการวิจัยนี้ ให้พลังงาน 954.9 กิโลแคลอรี ต่อ 1,000 มิลลิลิตร โดยสูตรอาหารมีส่วนประกอบดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| โปรตีนเกษตร | 45 | กรัม |
| นมถั่วเหลือง | 150 | มิลลิลิตร |
| ข้าวกล้อง | 15 | กรัม |
| น้ำตาลทราย | 45 | กรัม |
| ฟักทอง | 75 | กรัม |
| งาขาว | 52.5 | กรัม |
| ถั่วแดง | 22.5 | กรัม |

สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมนี้เมื่อผ่านการฆ่าเชื้อโดยวิธีพาสเจอร์ไรส์ มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดี เป็นของเหลวสีขาวนวล เนื้อละเอียดเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน มีความหนืด และความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม สามารถไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 12 ได้อย่างสะดวก โดยไม่มีการอุดตันของสายให้อาหาร มีกลิ่นวานิลลา เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

การบริโภคอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมนี้ 2,000 มิลลิลิตร ต่อวัน จะได้รับธาตุเหล็ก 18.8 กรัม ซึ่งเหมาะกับผู้ป่วยที่บริโภคมังสวิรัติ และต้องให้อาหารทางสายให้อาหารเป็นเวลานาน

สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมในการศึกษานี้เสริมธาตุเหล็กจากวัตถุดิบที่หาง่ายในประเทศไทย คือ งาขาวและถั่วแดงเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อโดยวิธีพาสเจอร์ไรส์ มีระยะเวลาการเก็บ 7 วันที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส อาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมที่มีธาตุเหล็กสูงนี้จึงอาจเป็นแนวทางในการผลิตระดับอุตสาหกรรมต่อไป โดยต้องปรับปรุงวิธีการฆ่าเชื้อ ในการศึกษานี้พบว่าการฆ่าเชื้อโดยวิธีการสเตอริไรส์จะทำให้เก็บผลิตภัณฑ์ไว้ได้นานขึ้น แต่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้ตกตะกอนมีการแยกชั้นขึ้น ดังนั้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไปจึงอาจใช้วิธี ยู.เอช.ที (UHT: Ultra High Temperature) โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 140-150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2–3 นาที และบรรจุในสภาวะที่ปลอดเชื้อ สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องไว้ได้ไม่น้อยกว่า 8 สัปดาห์ เนื่องจากวิธีนี้ใช้ความร้อนสูงในเวลาสั้น จึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์น้อย (Matser และคณะ, 2004)

# รายการอ้างอิง


ภาษาไทย

กระทรวงสาธารณสุข. 2535. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข(ฉบับที่ 144) พ.ศ. 2535 เรื่อง อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.fda.moph.go.th/fda-net/html/product/food ntfmoph/ntf144. htm.[20 December 2007]

กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารและโภชนาการ กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2544. ตารางแสดงคุณค่าโภชนาการของอาหารไทย, กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

คณะกรรมการจัดทำข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2546. ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ. 2546, กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

จุฬาภรณ์ รุ่งพิสุทธิพงษ์. 2540. การเลือกสูตรอาหารและโภชนบำบัดทางคลินิก. ใน ประสงค์ เทียนบุญ, จอมจักร จันทรสกุล, สรนิต ศิลธรรม, ศิริยา โชควิวัฒนวนิช. โภชนบำบัดระบบทางเดินอาหารและหลอดเลือดดำ, หน้า 70-96. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์.

ชนิดา ปโรติการ และ อภิสิทธิ์ ฉัตรทนานนท์. 2548. บทบาทของอาหารมังสวิรัติต่อสุขภาพ. ใน ชนิดา ปโรติการ, ศัลยา คงสมบูรณ์เวช และ อภิสิทธิ์ ฉัตรทนานนท์. อาหารและสุขภาพ, หน้า 15-26. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์เสริมมิตร.

ชนิดา ปโรติการ และ ศัลยา คงสมบูรณ์. 2548. งากับสุขภาพ. ใน ชนิดา ปโรติการ, ศัลยา คงสมบูรณ์เวช และ อภิสิทธิ์ ฉัตรทนานนท์. อาหารและสุขภาพ, หน้า 15-26. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์เสริมมิตร.

ฐานิยา ฐิตะฐาน. 2538. ผลของการงอกที่มีต่อคุณค่าทางโภชนาการและความหนืดของลูกเดือย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

ประภาศรี ภูวเสถียร, อุรุวรรณ วลัยพัชรา และ รัชนี คงคาฉุยฉาย. 2533. ใยอาหารในอาหารไทย. โภชนาการสาร 24(1): 43-53.

ทัศนีย์ พรกิจประสาน และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2530. การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งและสตาร์ชลูกเดือย. เกษตรศาสตร์(วิทย์) 24: 371-377.

นันทวัน บุณยะประภัศรม และ อรนุช โชคชัยเจริญพร. 2539. สมุนไพรพื้นบ้าน, กรุงเทพฯ: บริษัท ประชาชน จำกัด.

นัยนา บุญทวียุวัฒน์. 2546. ชีวเคมีทางโภชนาการ, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซิกม่า ดีไซน์ กราฟฟิก จำกัด.

นิรมล อังสุมาลี. 2545. การพัฒนาอาหารทางสายให้อาหารชนิดปั่นผสมสูตรมังสวิรัติ, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาอาหารเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เนตรนภิส วัฒนสุชาติ, บุญมา นิยมวิทย์ และ ดวงใจ เฮงสวัสดิ์. 2541. คุณค่าทางโภชนาการของอาหารมังสวิรัติเพื่อแนวทางการบริโภค. อาหาร 28(4): 268-276.

ไมตรี สุทธจิตต์ และศิริวรรณ สุทธจิตต์. 2541. มังสวิรัติมิติใหม่จากรายงานวิจัยเพื่อสุขภาพที่ดีกว่า. อาหารมังสวิรัติ หน้า 10-32.

วรนุช กาญจนเวนิช. 2541. การเสริมใยอาหารในเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยใช้ผงงาขาวสกัดไขมัน, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหิดล.

สมชาย ประภาวัต. 2534. การทำเนื้อเทียมจากถั่วเหลือง. อาหาร 21(3): 161-172.

สมพร ภูติยานันต์. 2546. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการแพทย์แผนไทยว่าด้วยสมุนไพรกับการแพทย์แผนไทย, เชียงใหม่:ตุลย์การพิมพ์.

อรวรรณ ภู่ชัยวัฒนานนท์, เจษฎา กิตติกูล, ดรุณีวัลย์ วโรดมวิจิตร. 2547. รายงานผู้ป่วยเบาหวานที่รู้สึกตัวแต่ช่วยตัวเองไม่ได้ : หลายรูปแบบของอาหารปั่นผสมที่ให้ทางสายให้อาหารตลอดช่วง 5 ปี. วารสารโภชนบำบัด 15(3): 158-163.

อรยา เอี่ยมชื่น. 2544. เลิกกินเนื้อสัตว์อย่างมีเหตุผล. ในอรยา เอี่ยมชื่น. บำบัดโรคด้วยการแพทย์ทางเลือก, หน้า 272-273. กรุงเทพมหานคร:บริษัทริดเดอร์สไดเจสท์(ประเทศไทย) จำกัด.

อรอนงค์ กังสดาลอำไพ, ธิติรัตน์ ปานม่วง และ พูนทรัพย์ แดงรุ่งโรจน์. 2538. อาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง. ไทยเภสัชสาร 22: 109-118.

ภาษาอังกฤษ

Aller, R., et al. 2004. Effect of soluble fiber intake in lipid and glucose levels in healthy subjects: a randomized clinical trial. Diabetes Research and Clinical Practice 65(1): 7-11.

Anderson, J.B. 2004. Mineral. In Mahan, L.K., and S. Escott-Stump. (eds.), Krause's Food, Nutrition, and Diet Therapy. 11th edition, pp.135-142. Philadelphia: W.B.Saunders.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. Official method of analysis of the association of official analytical chemists. 17th edition, Washington, D.C.

Barr, S. I., and Rideout C. A. 2004. Nutrition consideration for vegetarian athletes. Nutrition 20: 696-703.

Bloch, A.S., and Mueller, C. 2004. Enteral and Parenteral Nutrition Support. In Mahan, L.K., and S. Escott-Stump. (eds.), Krause's Food, Nutrition, and Diet Therapy. 11th edition, pp. 537-541. Philadelphia: W.B.Saunders.

Cataldo, C. B., Debruyne, L. K., and Whiteney, E. N. 2003. Nutrition and diet therapy. 6th edition, pp.496-510. California: Thomson/Wadworth.

Chernoff, R. 1980. Enteral feeding. American Journal of Hospital Pharmacy 37: 65-74.

Dunham, L., and Kollar, L. M. 2006. Vegetarian eating for children and adolescents. Journal of Pediatric Health Care 20(1): 27-34.

Fellows, P. 2000a. Pasteurisation. In Food processing technology: principles and practices. 2nd edition, pp.241-249. Corn wall: CRC Press and Woodhead Publishing.

Food and Drug Administration. 1992. Bacteriological Analytical Manual 7th edition, USA: AOAC International.

Food and Nutrition Board, National Research Council. 2002. Recommended dietary allowances, 10th edition. Washington, D.C.: National Academy Press.

Green, C. T. 2001. Fiber in enteral nutrition. Clinical Nutrition 20(1): 23-39.

Hearne, B. E., Besser, P. M., Groshen, S., and Daly, J. M. 1984. In vitro flow rates of enteral solutions through nanoenteric tubes. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition 8(4): 456-459.

Hemalatha, S., Platel, K., and Srinivasan, K. 2007. Influence of heat processing on the bioaccessibility of zinc and iron from cereals and puises consumed in India. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology 21: 1-7.

Huang, Y. C., Lin, W. J., Cheng, C. H., and Hsiung, S. K. 1999. Nutrition intake and iron status of healthy young vegetarians and nonvegetarians. Nutrition Research 19: 663-674.

Johnston, P. K. 2006. Nutritional implicational implications of vegetarian diets. In M.E. Shils., J. A., Olson, M., Shike., and A.C. Ross (eds.), Modern nutrition in health and disease, pp.1755-1765. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Kangsadalampai, K., and Sungpuan, P. 1984. Proximate analysis: techniques use at INMU, In Laboratory manual for food analysis, pp.28-62. Bangkok: Prayurawong.

Katan, M.B., Zock, P.L., and Mensink, R.P. 1994. Effects of fats and fatty acid on blood lipids in humans: an overview. American Journal of Clinical Nutrition 60(suppl): 1017s-1022s.

Kelley, M. J. 1998. Lipids. In L. E. Matarese and M.M. Gottschlich(eds.), Contemporary nutrition support practice: a clinical guide, pp.192-201. Pensylvania: W.B. Saunders.

Matser, A. M., Krebbers, B., Van den berg, R. W., and Bartels, P. V. 2004. Advantages of high pressure sterization on quality of food products. Trends in Food Science & Technology 15: 79-85.

Meirelles, C. D., Valeria, V. G., and Abreu S. E. 2001. Nutritional status of vegetarian and omnivorous adolescent girls. Nutrition Research 21: 689-702.

Meng, G., Ma, C.-Y., and Phillips, D.L. 2003. Spectroscopic study of globulin from Phaseolus angularis (red bean). Food Chemistry 81: 411-420.

Murano, P. S. 2003. Understanding food science and technology. pp.430-434. Florida: Wadsworth group.

Nisim, A. A., Allins A. D. 2005. Enteral nutrition support. Nutrition 21: 109-112.

Powell, S. K., Marecuard, S. P., Farrior, E. S., and Gallaher, M. L. 1993. Aspirating gastric residuals causes occlusion of small-bore feeding tubes. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition 17(3): 243-246.

Puwastien, P., Raroengwichit, M., Sungpuag. P., and Judprasong, K. 1999. Thai food composition tables, Nakorn Pathom: Institute of Nutrition Mahidol University.

Sabate, J. 2001. Vegetarian Nutrition. Nutrition 19: 285-289.

Silk, D. B. 1999. Formulation of enteral diet. Journal of Nutrition 15: 625-632.

Tsuruoka, N., Kidokoro, A., Matsumoto, I., Abe, K., and Kiso, Y. 2005. Modulating effect of sesamin, a function lignan in sesame seeds, on the transcription levels of lipid and alcohol-metabolizing enzymes in rat liver: a DNA microarray study. Bioscience Biotechnology Biochemistry 69(1): 179-188.

Virgil, F. F. 2006. Iron in Medicine and Nutrition. In Shike, M. and Shils, M.E., Modern nutrition in health and disease. 9th edition, pp.193-221.

Wardlaw, G.M. 1999. Perspectives in Nutrition. 4th edition. pp.506-515. New York: Von Hoffmann Press.

Williams, S.R. 1997. Enteral Nutrition. In Nutrition and Diet Therapy. 8th edition, pp.447-462. Missouri: Mosby-Year Book.

Whiteney, E. N., Cataldo, C. B., Debruyne, L. K., and Rolfes, S. R. 2001. Nutrition for health and health care, pp.91-94. California: Wadswort/Thomson Learning.

Whiteney, E. N., and Rolfes, S. R. 2002. Understanding nutrition. 9th edition. pp.196-201. Florida: Wadsworth group.

Wu, W. H. 2006. The contents of lignans in commercial sesame oils of Taiwan and their change during heating. Food Chemistry 11: 55-57.

Zobel, H. F., and Stephen, A. M. 1995. Starch: structure, analysis, and application. In A. M. Stephen(ed.), Food polysaccharides and thair applications, pp.19-66. New York: Marcel Dekker.

# ภาคผนวก ก

# วิธีการคำนวณหาปริมาณวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารทางการแพทย์

# ภาคผนวก ก
# วิธีคำนวณหาปริมาณวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารทางการแพทย์

กำหนดให้อาหารทางการแพทย์มีความเข้มข้นของพลังงาน เท่ากับ 1 กิโลแคลอรีต่อมิลลิลิตร มีการกระจายพลังงานดังนี้ (Food and Nutrition Board [FNB], 2002)

- พลังงานจากโปรตีน ร้อยละ 10 -35
- พลังงานจากไขมัน ร้อยละ 20 -35
- พลังงานจากคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 45 -65
- ปริมาณธาตุเหล็ก (สำหรับผู้บริโภคอาหารมังสวิรัติ) คือ 9.3-22.2 มิลลิกรัม ต่อ 1,000 มิลลิลิตร

วิธีคำนวณปริมาณความเข้มข้นของพลังงานโดยคำนวณจากพลังงานของสูตรอาหารหน่วยเป็นกิโลแคลอรีต่อ 1,000 มิลลิลิตร

ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร (นิรมล อังสุมาลี ,2545) ที่ได้จากการคำนวณ แสดงในตารางผนวกที่ ก-1 ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมทางสายให้อาหารเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และลูกเดือย หรือ ถั่วแดง สูตร 1.1-1.9 ที่ได้จากการคำนวณ แสดงในตารางผนวกที่ ก-2 ถึง ก-10 และเมื่อลดปริมาณส่วนประกอบหลักในสูตร1-9 จะได้ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมทางสายให้อาหารเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และลูกเดือย หรือ ถั่วแดง แสดงในตารางผนวกที่ ก-11 ถึง ก-19

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุเหล็กของ งาขาว ลูกเดือย และถั่วแดง ปริมาณ 100 กรัม พบว่ามีปริมาณธาตุเหล็ก 13.86, 9.12 และ 10.56 มิลลิกรัม ตามลำดับ เมื่อกำหนดให้ปริมาณธาตุเหล็กที่ต้องการคือ 10 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1,000 มิลลิลิตร ต้องคำนวณปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ดังนี้

ต้องการปริมาณธาตุเหล็ก 10 มิลลิกรัม

ปริมาณงาขาว = $\frac{10 \times 100}{13.86}$ = 72.15 กรัม หรือประมาณ 70 กรัม

ปริมาณลูกเดือย = $\frac{10 \times 100}{9.12}$ = 109.64 กรัม หรือประมาณ 100 กรัม

ปริมาณถั่วแดง = $\frac{10 \times 100}{10.56}$ = 94.70 กรัม หรือประมาณ 90 กรัม

**ตารางผนวกที่ ก-1** ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร (นิรมล อังสุมาลี, 2545)

| ส่วนประกอบ | ปริมาณสารอาหาร | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็ก (มิลลิกรัม) | โปรตีน (กรัม) | ไขมัน (กรัม) | คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | พลังงาน (กิโลแคลอรี) |
| โปรตีนเกษตร (60 กรัม) | 3.07 | 31.47 | 0.25 | 22.15 | 216.70 |
| นมถั่วเหลือง (200 มิลลิลิตร) | 0.91 | 7.29 | 7.91 | 19.61 | 178.80 |
| ข้าวกล้อง (20 กรัม) | 0.54 | 1.39 | 0.46 | 15.58 | 71.95 |
| น้ำตาลทราย (60 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 59.42 | 237.70 |
| ฟักทอง (100 กรัม) | 1.85 | 2.79 | 0.51 | 25.43 | 117.47 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (30 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 27.24 | 0.00 | 254.16 |
| รวม | 6.37 | 42.94 | 36.37 | 142.19 | 1067.85 |
| ร้อยละของพลังงานทั้งหมด | - | 16.09 | 30.65 | 53.26 | - |

**ตารางผนวกที่ ก-2** ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว (สูตร 1)

| ส่วนประกอบ | ปริมาณสารอาหาร | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็ก (มิลลิกรัม) | โปรตีน (กรัม) | ไขมัน (กรัม) | คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | พลังงาน (กิโลแคลอรี) |
| โปรตีนเกษตร (60 กรัม) | 3.07 | 31.47 | 0.25 | 22.15 | 216.70 |
| นมถั่วเหลือง (200 มิลลิลิตร) | 0.91 | 7.29 | 7.91 | 19.61 | 178.80 |
| ข้าวกล้อง (20 กรัม) | 0.54 | 1.39 | 0.46 | 15.58 | 71.95 |
| น้ำตาลทราย (60 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 59.42 | 237.70 |
| ฟักทอง (100 กรัม) | 1.85 | 2.79 | 0.51 | 25.43 | 117.47 |
| งาขาว (70 กรัม) | 9.70 | 17.73 | 40.40 | 2.93 | 446.26 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (0 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| รวม | 16.07 | 60.70 | 49.53 | 145.119 | 1268.79 |
| ร้อยละของพลังงานทั้งหมด | - | 19.12 | 35.13 | 45.75 | - |

**ตารางผนวกที่ ก-3** ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และลูกเดือย (สูตร 2)

| ส่วนประกอบ | ปริมาณสารอาหาร | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็ก (มิลลิกรัม) | โปรตีน (กรัม) | ไขมัน (กรัม) | คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | พลังงาน (กิโลแคลอรี) |
| โปรตีนเกษตร (60 กรัม) | 3.07 | 31.47 | 0.25 | 22.15 | 216.70 |
| นมถั่วเหลือง (200 มิลลิลิตร) | 0.91 | 7.30 | 7.91 | 19.61 | 178.80 |
| ข้าวกล้อง (20 กรัม) | 0.54 | 1.39 | 0.46 | 15.58 | 71.95 |
| น้ำตาลทราย (60 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 59.42 | 237.70 |
| ฟักทอง (100 กรัม) | 1.85 | 2.79 | 0.51 | 25.43 | 117.47 |
| งาขาว (52.5 กรัม) | 7.28 | 13.30 | 30.30 | 2.19 | 334.70 |
| ลูกเดือย (25กรัม) | 2.28 | 2.92 | 14.43 | 17.69 | 212.30 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (0 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| รวม | 15.92 | 59.16 | 53.86 | 162.08 | 1369.52 |
| ร้อยละของพลังงานทั้งหมด | - | 17.27 | 35.39 | 47.34 | - |

**ตารางผนวกที่ ก-4** ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และลูกเดือย (สูตร 3)

| ส่วนประกอบ | ปริมาณสารอาหาร | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็ก (มิลลิกรัม) | โปรตีน (กรัม) | ไขมัน (กรัม) | คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | พลังงาน (กิโลแคลอรี) |
| โปรตีนเกษตร (60 กรัม) | 3.07 | 31.47 | 0.25 | 22.15 | 216.70 |
| นมถั่วเหลือง (200 มิลลิลิตร) | 0.91 | 7.29 | 7.91 | 19.61 | 178.80 |
| ข้าวกล้อง (20 กรัม) | 0.54 | 1.386 | 0.46 | 15.58 | 71.95 |
| น้ำตาลทราย (60 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 59.42 | 237.70 |
| ฟักทอง (100 กรัม) | 1.85 | 2.79 | 0.51 | 25.43 | 117.47 |
| งาขาว (35 กรัม) | 4.85 | 8.866 | 20.20 | 1.46 | 223.13 |
| ลูกเดือย (50 กรัม) | 4.56 | 5.84 | 2.38 | 35.38 | 186.28 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (15 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 13.62 | 0.00 | 122.58 |
| รวม | 15.78 | 57.64 | 45.32 | 179.03 | 1354.51 |
| ร้อยละของพลังงานทั้งหมด | - | 17.02 | 30.11 | 52.87 | - |

**ตารางผนวกที่ ก-5** ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และลูกเดือย (สูตร 4)

| ส่วนประกอบ | ปริมาณสารอาหาร | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็ก (มิลลิกรัม) | โปรตีน (กรัม) | ไขมัน (กรัม) | คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | พลังงาน (กิโลแคลอรี) |
| โปรตีนเกษตร (60 กรัม) | 3.07 | 31.47 | 0.25 | 22.15 | 216.70 |
| นมถั่วเหลือง (200 มิลลิลิตร) | 0.90 | 7.29 | 7.91 | 19.61 | 178.80 |
| ข้าวกล้อง (20 กรัม) | 0.54 | 1.39 | 0.46 | 15.58 | 71.95 |
| น้ำตาลทราย (60 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 59.42 | 237.70 |
| ฟักทอง (100 กรัม) | 1.85 | 2.79 | 0.51 | 25.43 | 117.47 |
| งาขาว (17.5 กรัม) | 2.43 | 4.43 | 10.10 | 0.73 | 111.57 |
| ลูกเดือย (75 กรัม) | 6.84 | 8.76 | 3.57 | 53.06 | 279.42 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (25 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 22.7 | 0.00 | 204.30 |
| รวม | 15.63 | 56.13 | 45.49 | 195.99 | 1417.81 |
| ร้อยละของพลังงานทั้งหมด | - | 15.83 | 28.88 | 55.29 | - |

**ตารางผนวกที่ ก-6** ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร สริมธาตุเหล็กจากงาขาว และลูกเดือย (สูตร 5)

| ส่วนประกอบ | ปริมาณสารอาหาร | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็ก (มิลลิกรัม) | โปรตีน (กรัม) | ไขมัน (กรัม) | คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | พลังงาน (กิโลแคลอรี) |
| โปรตีนเกษตร (60 กรัม) | 3.07 | 31.47 | 0.25 | 22.15 | 216.70 |
| นมถั่วเหลือง (200 มิลลิลิตร) | 0.91 | 7.29 | 7.91 | 19.61 | 178.80 |
| ข้าวกล้อง (20 กรัม) | 0.54 | 1.39 | 0.46 | 15.58 | 71.95 |
| น้ำตาลทราย (60 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 59.42 | 237.70 |
| ฟักทอง (100 กรัม) | 1.85 | 2.79 | 0.51 | 25.43 | 117.47 |
| งาขาว (0 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| ลูกเดือย (100 กรัม) | 9.12 | 11.68 | 4.76 | 70.75 | 372.6 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (30 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 27.24 | 0.00 | 245.16 |
| รวม | 15.49 | 54.61 | 41.12 | 212.94 | 1440.24 |
| ร้อยละของพลังงานทั้งหมด | - | 15.17 | 25.62 | 59.14 | - |

**ตารางผนวกที่ ก-7** ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง (สูตร 6)

| ส่วนประกอบ | ปริมาณสารอาหาร | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็ก (มิลลิกรัม) | โปรตีน (กรัม) | ไขมัน (กรัม) | คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | พลังงาน (กิโลแคลอรี) |
| โปรตีนเกษตร (60 กรัม) | 3.07 | 31.47 | 0.25 | 22.15 | 216.70 |
| นมถั่วเหลือง (200 มิลลิลิตร) | 0.90 | 7.29 | 7.91 | 19.61 | 178.80 |
| ข้าวกล้อง (20 กรัม) | 0.54 | 1.39 | 0.46 | 15.58 | 71.95 |
| น้ำตาลทราย (60 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 59.42 | 237.70 |
| ฟักทอง (100 กรัม) | 1.85 | 2.79 | 0.51 | 25.43 | 117.47 |
| งาขาว (52.5 กรัม) | 7.28 | 13.30 | 30.30 | 2.19 | 334.70 |
| ถั่วแดง (22.5 กรัม) | 2.38 | 4.16 | 0.17 | 13.44 | 71.89 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (10 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 9.08 | 0.00 | 81.72 |
| รวม | 16.02 | 60.39 | 48.67 | 157.83 | 1310.83 |
| ร้อยละของพลังงานทั้งหมด | - | 18.43 | 33.41 | 48.16 | - |

**ตารางผนวกที่ ก-8** ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง (สูตร 7)

| ส่วนประกอบ | ปริมาณสารอาหาร | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็ก (มิลลิกรัม) | โปรตีน (กรัม) | ไขมัน (กรัม) | คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | พลังงาน (กิโลแคลอรี) |
| โปรตีนเกษตร (60 กรัม) | 3.07 | 31.47 | 0.25 | 22.15 | 216.70 |
| นมถั่วเหลือง (200 มิลลิลิตร) | 0.90 | 7.29 | 7.91 | 19.61 | 178.80 |
| ข้าวกล้อง (20 กรัม) | 0.54 | 1.39 | 0.46 | 15.58 | 71.95 |
| น้ำตาลทราย (60 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 59.42 | 237.70 |
| ฟักทอง (100 กรัม) | 1.85 | 2.79 | 0.51 | 25.43 | 117.47 |
| งาขาว (35 กรัม) | 4.85 | 8.87 | 20.20 | 1.46 | 223.13 |
| ถั่วแดง (45 กรัม) | 4.75 | 11.09 | 0.33 | 26.88 | 74.23 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (15 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 13.62 | 0.00 | 122.58 |
| รวม | 15.97 | 62.89 | 43.28 | 170.53 | 1242.46 |
| ร้อยละของพลังงานทั้งหมด | - | 20.25 | 31.35 | 54.90 | - |

**ตารางผนวกที่ ก-9** ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง (สูตร 8)

| ส่วนประกอบ | ปริมาณสารอาหาร | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็ก (มิลลิกรัม) | โปรตีน (กรัม) | ไขมัน (กรัม) | คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | พลังงาน (กิโลแคลอรี) |
| โปรตีนเกษตร (60 กรัม) | 3.07 | 31.47 | 0.25 | 22.15 | 216.70 |
| นมถั่วเหลือง (200 มิลลิลิตร) | 0.91 | 7.29 | 7.91 | 19.61 | 178.80 |
| ข้าวกล้อง (20 กรัม) | 0.54 | 1.39 | 0.46 | 15.58 | 71.95 |
| น้ำตาลทราย (60 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 59.42 | 237.70 |
| ฟักทอง (100 กรัม) | 1.85 | 2.79 | 0.51 | 25.43 | 117.47 |
| งาขาว (17.5 กรัม) | 2.43 | 4.43 | 10.10 | 0.73 | 111.57 |
| ถั่วแดง (67.5 กรัม) | 7.13 | 16.63 | 0.50 | 40.32 | 232.30 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (25 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 22.7 | 0.00 | 204.30 |
| รวม | 15.92 | 64.00 | 42.42 | 183.24 | 1370.69 |
| ร้อยละของพลังงานทั้งหมด | - | 18.68 | 27.85 | 53.47 | - |

**ตารางผนวกที่ ก-10** ปริมาณสารอาหารในสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง (สูตร 9)

| ส่วนประกอบ | ปริมาณสารอาหาร | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็ก (มิลลิกรัม) | โปรตีน (กรัม) | ไขมัน (กรัม) | คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | พลังงาน (กิโลแคลอรี) |
| โปรตีนเกษตร (60 กรัม) | 3.07 | 31.47 | 0.25 | 22.15 | 216.70 |
| นมถั่วเหลือง (200 มิลลิลิตร) | 0.91 | 7.29 | 7.91 | 19.61 | 178.80 |
| ข้าวกล้อง (20 กรัม) | 0.54 | 1.39 | 0.46 | 15.58 | 71.95 |
| น้ำตาลทราย (60 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 59.42 | 237.70 |
| ฟักทอง (100 กรัม) | 1.85 | 2.79 | 0.51 | 25.43 | 117.47 |
| งาขาว (0 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| ถั่วแดง (90 กรัม) | 9.50 | 22.18 | 0.67 | 53.76 | 309.72 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (30 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 22.7 | 0.00 | 204.30 |
| รวม | 15.87 | 65.11 | 37.03 | 195.95 | 1377.41 |
| ร้อยละของพลังงานทั้งหมด | - | 18.91 | 24.19 | 56.90 | - |

**ตารางผนวกที่ ก-11** ปริมาณสารอาหารสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว (สูตร1A)

| ส่วนประกอบ | ปริมาณสารอาหาร | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็ก (มิลลิกรัม) | โปรตีน (กรัม) | ไขมัน (กรัม) | คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | พลังงาน (กิโลแคลอรี) |
| โปรตีนเกษตร (45 กรัม) | 2.30 | 23.60 | 0.18 | 16.61 | 162.53 |
| นมถั่วเหลือง (150 มิลลิลิตร) | 0.66 | 5.31 | 5.76 | 14.28 | 130.20 |
| ข้าวกล้อง (15 กรัม) | 0.40 | 1.040 | 0.34 | 11.68 | 53.97 |
| น้ำตาลทราย (45 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 44.57 | 178.27 |
| ฟักทอง (75 กรัม) | 1.39 | 2.093 | 0.38 | 19.07 | 88.11 |
| งาขาว (70 กรัม) | 9.70 | 17.73 | 40.40 | 2.93 | 446.26 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (0 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| รวม | 14.46 | 49.78 | 47.07 | 109.14 | 1,059.35 |
| ร้อยละของพลังงานทั้งหมด | - | 18.80 | 39.99 | 41.21 | - |

**ตารางผนวกที่ ก-12** ปริมาณสารอาหารสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และลูกเดือย (สูตร 2A)

| ส่วนประกอบ | ปริมาณสารอาหาร | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็ก (มิลลิกรัม) | โปรตีน (กรัม) | ไขมัน (กรัม) | คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | พลังงาน (กิโลแคลอรี) |
| โปรตีนเกษตร (45 กรัม) | 2.30 | 23.60 | 0.18 | 16.61 | 162.53 |
| นมถั่วเหลือง (150 มิลลิลิตร) | 0.66 | 5.31 | 5.76 | 14.28 | 130.20 |
| ข้าวกล้อง (15 กรัม) | 0.40 | 1.04 | 0.34 | 11.68 | 53.97 |
| น้ำตาลทราย (45 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 44.57 | 178.27 |
| ฟักทอง (75 กรัม) | 1.39 | 2.09 | 0.38 | 19.07 | 88.11 |
| งาขาว (52.5 กรัม) | 7.28 | 13.30 | 30.30 | 2.19 | 334.70 |
| ลูกเดือย (25 กรัม) | 2.28 | 2.92 | 14.43 | 17.69 | 212.30 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (0 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| รวม | 14.31 | 48.26 | 51.31 | 126.1 | 1,160.08 |
| ร้อยละของพลังงานทั้งหมด | - | 16.63 | 39.80 | 43.47 | - |

**ตารางผนวกที่ ก-13** ปริมาณสารอาหารสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และลูกเดือย (สูตร 3A)

| ส่วนประกอบ | ปริมาณสารอาหาร | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็ก (มิลลิกรัม) | โปรตีน (กรัม) | ไขมัน (กรัม) | คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | พลังงาน (กิโลแคลอรี) |
| โปรตีนเกษตร (45 กรัม) | 2.30 | 23.60 | 0.18 | 16.61 | 162.53 |
| นมถั่วเหลือง (150 มิลลิลิตร) | 0.66 | 5.31 | 5.76 | 14.28 | 130.20 |
| ข้าวกล้อง (15 กรัม) | 0.40 | 1.04 | 0.34 | 11.68 | 53.97 |
| น้ำตาลทราย (45 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 44.57 | 178.27 |
| ฟักทอง (75 กรัม) | 1.39 | 2.09 | 0.38 | 19.07 | 88.11 |
| งาขาว (35 กรัม) | 4.85 | 8.87 | 20.20 | 1.46 | 223.13 |
| ลูกเดือย (50 กรัม) | 4.56 | 5.84 | 2.38 | 35.37 | 186.28 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (15 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 13.62 | 0.00 | 122.58 |
| รวม | 14.17 | 46.75 | 42.78 | 143.05 | 1,1445.08 |
| ร้อยละของพลังงานทั้งหมด | - | 16.32 | 33.62 | 49.96 | - |

**ตารางผนวกที่ ก-14** ปริมาณสารอาหารสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และลูกเดือย (สูตร 4A)

| ส่วนประกอบ | ปริมาณสารอาหาร | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็ก (มิลลิกรัม) | โปรตีน (กรัม) | ไขมัน (กรัม) | คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | พลังงาน (กิโลแคลอรี) |
| โปรตีนเกษตร (45 กรัม) | 2.30 | 23.60 | 0.18 | 16.61 | 162.53 |
| นมถั่วเหลือง (150 มิลลิลิตร) | 0.66 | 5.31 | 5.76 | 14.28 | 130.20 |
| ข้าวกล้อง (15 กรัม) | 0.40 | 1.04 | 0.34 | 11.68 | 53.97 |
| น้ำตาลทราย (45 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 44.57 | 178.27 |
| ฟักทอง (75 กรัม) | 1.39 | 2.09 | 0.38 | 19.07 | 88.11 |
| งาขาว (17.5 กรัม) | 2.43 | 4.43 | 10.10 | 0.73 | 111.56 |
| ลูกเดือย (75 กรัม) | 6.84 | 8.76 | 3.57 | 53.06 | 279.42 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (25 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 22.7 | 0.00 | 204.3 |
| รวม | 14.02 | 45.24 | 43.04 | 160.01 | 1,004.07 |
| ร้อยละของพลังงานทั้งหมด | - | 18.02 | 38.58 | 63.75 | - |

**ตารางผนวกที่ ก-15** ปริมาณสารอาหารสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และลูกเดือย (สูตร 5A)

| ส่วนประกอบ | ปริมาณสารอาหาร | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็ก (มิลลิกรัม) | โปรตีน (กรัม) | ไขมัน (กรัม) | คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | พลังงาน (กิโลแคลอรี) |
| โปรตีนเกษตร (45 กรัม) | 2.30 | 23.60 | 0.18 | 16.61 | 162.53 |
| นมถั่วเหลือง (150 มิลลิลิตร) | 0.66 | 5.31 | 5.76 | 14.28 | 130.20 |
| ข้าวกล้อง (15 กรัม) | 0.40 | 1.04 | 0.34 | 11.68 | 53.97 |
| น้ำตาลทราย (45 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 44.57 | 178.27 |
| ฟักทอง (75 กรัม) | 1.39 | 2.09 | 0.38 | 19.07 | 88.11 |
| งาขาว (0 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| ลูกเดือย (100 กรัม) | 9.12 | 11.68 | 4.76 | 70.75 | 372.56 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (30 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 27.24 | 0.00 | 245.16 |
| รวม | 13.88 | 43.73 | 38.58 | 176.72 | 1,230.80 |
| ร้อยละของพลังงานทั้งหมด | - | 14.21 | 28.21 | 57.43 | - |

**ตารางผนวกที่ ก-16** ปริมาณสารอาหารสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง (สูตร 6A)

| ส่วนประกอบ | ปริมาณสารอาหาร | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็ก (มิลลิกรัม) | โปรตีน (กรัม) | ไขมัน (กรัม) | คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | พลังงาน (กิโลแคลอรี) |
| โปรตีนเกษตร (45 กรัม) | 2.30 | 23.60 | 0.18 | 16.61 | 162.53 |
| นมถั่วเหลือง (150 มิลลิลิตร) | 0.66 | 5.31 | 5.76 | 14.28 | 130.20 |
| ข้าวกล้อง (15 กรัม) | 0.40 | 1.04 | 0.34 | 11.68 | 53.97 |
| น้ำตาลทราย (45 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 44.57 | 178.27 |
| ฟักทอง (75 กรัม) | 1.39 | 2.09 | 0.38 | 19.07 | 88.11 |
| งาขาว (52.5 กรัม) | 7.28 | 13.30 | 30.30 | 2.19 | 334.70 |
| ถั่วแดง (22.5 กรัม) | 2.38 | 4.16 | 0.17 | 13.44 | 71.89 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (0 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| รวม | 14.41 | 49.50 | 36.97 | 121.85 | 1,019.67 |
| ร้อยละของพลังงานทั้งหมด | - | 19.44 | 32.65 | 47.81 | - |

**ตารางผนวกที่ ก-17** ปริมาณสารอาหารสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง (สูตร 7A)

| ส่วนประกอบ | ปริมาณสารอาหาร | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็ก (มิลลิกรัม) | โปรตีน (กรัม) | ไขมัน (กรัม) | คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | พลังงาน (กิโลแคลอรี) |
| โปรตีนเกษตร (45 กรัม) | 2.30 | 23.60 | 0.18 | 16.61 | 162.53 |
| นมถั่วเหลือง (150 มิลลิลิตร) | 0.66 | 5.31 | 5.76 | 14.28 | 130.20 |
| ข้าวกล้อง (15 กรัม) | 0.40 | 1.04 | 0.34 | 11.68 | 53.97 |
| น้ำตาลทราย (45 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 44.57 | 178.27 |
| ฟักทอง (75 กรัม) | 1.39 | 2.09 | 0.38 | 19.07 | 88.11 |
| งาขาว (35 กรัม) | 4.85 | 8.87 | 20.20 | 1.46 | 223.13 |
| ถั่วแดง (45 กรัม) | 4.75 | 11.09 | 0.33 | 26.88 | 74.23 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (15 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 13.62 | 0.00 | 122.58 |
| รวม | 14.36 | 63.09 | 40.82 | 134.56 | 1,033.02 |
| ร้อยละของพลังงานทั้งหมด | - | 24.43 | 35.57 | 52.10 | - |

**ตารางผนวกที่ ก-18** ปริมาณสารอาหารสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง (สูตร 8A)

| ส่วนประกอบ | ปริมาณสารอาหาร | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็ก (มิลลิกรัม) | โปรตีน (กรัม) | ไขมัน (กรัม) | คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | พลังงาน (กิโลแคลอรี) |
| โปรตีนเกษตร (45 กรัม) | 2.30 | 23.60 | 0.18 | 16.61 | 162.53 |
| นมถั่วเหลือง (150 มิลลิลิตร) | 0.66 | 5.31 | 5.76 | 14.28 | 130.20 |
| ข้าวกล้อง (15 กรัม) | 0.40 | 1.04 | 0.34 | 11.68 | 53.97 |
| น้ำตาลทราย (45 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 44.57 | 178.27 |
| ฟักทอง (75 กรัม) | 1.39 | 2.09 | 0.38 | 19.07 | 88.11 |
| งาขาว (17.5 กรัม) | 2.43 | 4.43 | 10.10 | 0.73 | 111.56 |
| ถั่วแดง (67.5 กรัม) | 7.13 | 16.63 | 0.50 | 40.32 | 232.30 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (25 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 22.70 | 0.00 | 204.30 |
| รวม | 14.31 | 53.11 | 39.97 | 147.28 | 1,161.25 |
| ร้อยละของพลังงานทั้งหมด | - | 18.29 | 30.98 | 50.73 | - |

**ตารางผนวกที่ ก-19** ปริมาณสารอาหารสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสม 1,000 มิลลิลิตร เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง (สูตร 9A)

| ส่วนประกอบ | ปริมาณสารอาหาร | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็ก (มิลลิกรัม) | โปรตีน (กรัม) | ไขมัน (กรัม) | คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | พลังงาน (กิโลแคลอรี) |
| โปรตีนเกษตร (45 กรัม) | 2.30 | 23.60 | 0.18 | 16.61 | 162.53 |
| นมถั่วเหลือง (150 มิลลิลิตร) | 0.66 | 5.31 | 5.76 | 14.28 | 130.20 |
| ข้าวกล้อง (15 กรัม) | 0.40 | 1.04 | 0.34 | 11.68 | 53.97 |
| น้ำตาลทราย (45 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 44.57 | 178.27 |
| ฟักทอง (75 กรัม) | 1.39 | 2.09 | 0.38 | 19.07 | 88.11 |
| งาขาว (0 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| ถั่วแดง (90 กรัม) | 9.50 | 22.18 | 0.67 | 53.76 | 309.73 |
| น้ำมันถั่วเหลือง (30 กรัม) | 0.00 | 0.00 | 27.24 | 0.00 | 245.16 |
| รวม | 14.26 | 54.22 | 34.58 | 159.97 | 1,167.97 |
| ร้อยละของพลังงานทั้งหมด | - | 18.57 | 26.64 | 54.79 | - |

# ภาคผนวก ข

# วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและวิธีการวิเคราะห์ธาตุเหล็ก

# ภาคผนวก ข
# วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

## 1. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในอาหารโดยการอบแห้งในตู้ไฟฟ้า (hot air oven method) (Kangsadalampai และ Sungpuag, 1984 ; AOAC, 2000)

1.1 อบภาชนะสำหรับอบแห้งในตู้อบไฟฟ้า (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส ครั้งละประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วนำมาทิ้งให้เย็นในโถทำแห้ง (dessicator) ชั่งน้ำหนักและทำซ้ำจนน้ำหนักต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิกรัม

1.2 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนในภาชนะอบแห้ง

1.3 นำเข้าตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

1.4 นำออกจากตู้อบไฟฟ้า ทิ้งไว้ให้เย็นในโถทำแห้ง ชั่งน้ำหนัก

1.5 อบต่อไปเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำซ้ำจนน้ำหนักคงที่ (น้ำหนักแตกต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิกรัม)

คำนวณหาปริมาณความชื้น โดย

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไปหลังการอบแห้ง (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนการอบแห้ง (กรัม)}} \times 100$$

## 2. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

*2.1 โดยวิธี soxhlet extraction (Kangsadalampai และ Sungpuag, 1984; AOAC, 2000)*

2.1.1 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งจนได้น้ำหนักคงที่ ประมาณ 5 กรัม

2.1.2 นำมาสกัดไขมันด้วย ปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether, A.R. Grade, บริษัท J. T Baker)เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ด้วยเครื่อง soxhlet

2.1.3 ระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออกจากไขมันที่สกัดได้

2.1.4 อบแห้งในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่

คำนวณปริมาณไขมัน โดย

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักของไขมันที่สกัดได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

*2.2 โดยวิธี Rose- Gottlieb (AOAC, 2000)*

2.2.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ให้ได้น้ำหนักแน่นอนใส่ลงในหลอด Rohrig เติมน้ำปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

2.2.2 เติมสารละลายแอมโมเนียเข้มข้นร้อยละ 27 ปริมาณ 1.25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

2.2.3 นำสารละลายไปอุ่นให้มีอุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

2.2.4 เติมเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ปิดจุกแล้วเขย่าให้เข้ากัน

2.2.5 เติมไดเอทิลีเทอร์ (diethyl ether) 25 มิลลิลิตร ปิดจุกเขย่า ประมาณ 1 นาที

2.2.6 เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) 25 มิลลิลิตร ปิดจุกเขย่าประมาณ 1 นาที

2.2.7 ตั้งทิ้งไว้ประมาณครึ่งชั่วโมงเพื่อให้แยกชั้นอย่างชัดเจนและใส

2.2.8 ไขส่วนของอีเทอร์ลงในฟลาสก์

2.2.9 เติมเอทิลแอลกอฮอล์ 2-3 หยด ลงในหลอด Rohrig แล้วทำการสกัดครั้งที่สอง โดยใช้ส่วนผสมของไดเอทิลอีเทอร์และปิโตรเลียมอีเทอร์ อย่างละ 15 มิลลิลิตร แยกเอาส่วนของอีเทอร์ลงในฟลาสค์เดิม

2.2.10 เติมเอทิลแอลกอฮอล์ 2-3 หยด และทำการสกัดครั้งที่สามโดยใช้ส่วนผสมของไดเอทิลอีเทอร์ และปิโตรเลียมอีเทอร์ อย่างละ 25 มิลลิลิตร ไขส่วนของอีเทอร์ลงในฟลาสก์เดิม

2.2.11 นำฟลาสก์ไประเหยไล่อีเทอร์ออกด้วยเครื่องอังน้ำ (water bath) แล้วนำฟลาสค์ไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถทำแห้งแล้วชั่งน้ำหนัก นำเข้าตู้อบอีกครึ่งชั่วโมงทิ้งให้เย็นในโถทำแห้งแล้ว ชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่

2.2.12 ล้างไขมันที่อยู่ในฟลาสค์ออกโดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ที่อุ่น ครั้งละ 5 มิลลิลิตร จนไขมันออกหมด

2.2.13 นำฟลาสค์ที่ล้างไขมันออกแล้ว เข้าตู้อบที่ 100-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาชั่งและทำซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่ คำนวณหาปริมาณไขมันโดย

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักฟลาสค์รวมกับไขมัน}) - (\text{น้ำหนักฟลาสค์}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง ( กรัม)}}$$

**3. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน โดยวิธี macro kjedahl (AOAC, 2000)**

3.1 ชั่งตัวอย่างอาหาร 1 กรัม ใส่หลอดทดลอง

3.2 เติมสารช่วยเร่งปฏิกิริยา (โพแทสเซียมซัลเฟต 10 กรัมและคอปเปอร์ซัลเฟต 4 กรัม ลงในหลอดทดลอง

3.3 เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น (sulfuric acid nitrogen free, A.R. grade, บริษัท E. Merck) 25 มิลลิลิตร

3.4 นำหลอดทดลองใส่ในเครื่องย่อยสลาย ในตู้ควัน ปรับความร้อนอยู่ที่เลข 3-7 ตามความเหมาะสม เมื่อแน่ใจว่าไม่เกิดฟองล้นออกมานอกหลอดทดลองให้ปรับปุ่มความร้อนไปที่หมายเลข 10 ย่อยสลายตัวอย่างจนได้สารละลายใส แล้วย่อยสลายต่อเป็นเวลา 20-30 นาที เพื่อให้เกิดการย่อยอย่างสมบูรณ์ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

3.5 นำสารละลายในหลอด kjedahl จากข้อ 3.4 มาวางในเครื่องกลั่น Buchi 322

3.6 ตวงสารละลาย กรดบอริก (boric acid, A.R. grade, บริษัท E. Merck) ความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 140 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่

3.7 เติมโมดิฟายด์เมทิลเรดอินดิเคเตอร์ (modified methyl red indicator) ลงไป 2-3 หยด นำไปวางใต้เครื่องควบแน่นของเครื่องกลั่น Buchi 322 โดยให้สายยางแอมโมเนียจมอยู่ใต้สารละลายกรดบอริก

3.8 ปรับปุ่มที่เติมน้ำและด่างของเครื่องกลั่น โดยเติมน้ำ 100 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 40 ปริมาตร 140 แล้วเริ่มกลั่น ใช้เวลาประมาณ 4 นาที

3.9 นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานของกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

คำนวณหาปริมาณโปรตีน โดย

ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ) = ร้อยละของไนโตรเจนทั้งหมด × Empirical factor

= [0.014 × N × V × 100/ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)] × factor

N = นอร์มอลลิตี้ของกรดซัลฟูริกที่ใช้ไทเทรต

V = จำนวนมิลลิลิตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ไทเทรต

Empirical factor = 6.25 (อาหารทั่วไป)

5.71 (ถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง)

**4. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าโดยการเผาในเต้าเผาเถ้า (Kangsadalampai และ Sungpuag, 1984 ; AOAC, 2000)**

4.1 อบภาชนะสำหรับหาเถ้า (porcelain crucible) ในเตาเผาที่ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำมาทิ้งให้เย็นในโถทำแห้ง เป็นเวลา 20 นาที ชั่งน้ำหนักและทำซ้ำจนน้ำหนักแตกต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิกรัม

4.2 นำตัวอย่างที่ชั่งน้ำหนักแน่นอนใส่ลงในภาชนะสำหรับหาเถ้า นำไปเผาด้วยเตาไฟฟ้าจนหมดควัน

4.3 นำไปเข้าเตาเผา อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง นำตัวอย่างออกจากเตาเผา นำมาทิ้งให้เย็นในโถทำแห้ง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ได้

4.4 ทำซ้ำในข้อ 4.3 จนกระทั่งน้ำหนักแตกต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิกรัม และคำนวณปริมาณเถ้าได้ ดังนี้

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่ง(กรัม)}} \times 100$$

**5. การวิเคราะห์ปริมาณกากใยอาหาร (Crude fiber) โดยการย่อยด้วยกรดและด่างอ่อน (Kngsadalampi และ Sungpuag ; AOAC, 2000)**

5.1 ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งแล้ว 2-5 กรัม ใส่ในภาชนะสำหรับย่อย ประกอบเข้ากับเครื่องหาใยอาหาร

5.2 เติมกรดซัลฟูริกความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาณ 150 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที

5.3 กรองและล้างส่วนที่เหลือด้วยน้ำเดือดครั้งละ 30 มิลลิลิตร จนหมดความเป็นกรด (ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส)

5.4 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาณ 150 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที

5.5 กรองและล้างส่วนที่เหลือด้วยน้ำเดือดครั้งละ 30 มิลลิลิตร จนหมดความเป็นด่าง (ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส) แล้วล้างด้วยเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 95 ประมาณ 15 มิลลิลิตร

5.6 นำใยอาหารที่ได้ไปอบให้แห้งด้วยตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 100-110 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่

5.7 ทิ้งให้เย็นในโถทำแห้ง นำไปชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่หายไปจะเป็นน้ำหนักของใยอาหาร

$$\text{ปริมาณกากใยอาหาร (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักใยอาหาร (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง(กรัม)}} \times 100$$

**6. การคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต**

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) = 100 – (ปริมาณความชื้น + ปริมาณโปรตีน + ปริมาณไขมัน + ปริมาณเถ้า + ปริมาณกากใยอาหาร)

**7. วิธีการวิเคราะห์ปริมาณธาตุเหล็ก**

7.1 น้ำที่ใช้ตลอดการวิเคราะห์ เป็นชนิดที่กำจัดไอออนและกลั่น 2 ครั้ง เครื่องแก้วและภาชนะใส่ตัวอย่างจะต้องผ่านการแช่ใน 10% ของกรดไฮโดรคลอริกค้างคืนและล้างหลายๆครั้งด้วยน้ำที่ปราศจากไอออนและกลั่น 2 ครั้ง เพื่อไม่ให้มีธาตุเหล็กปนเปื้อน

7.2 ตัวอย่างที่เป็นผงแห้ง

ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งแล้ว ให้ได้น้ำหนักแน่นอน ประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง นำไปเผาบนเตาไฟฟ้าจนหมดควัน หลังจากนั้นนำไปเผาต่อในเตาเผาอุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีเทา (ใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง) เถ้าที่ได้นำมาละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริก 10% 5 มล. แล้วกรองผ่านกระดาษกรองชนิดไม่มีเถ้า ลงในขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 50 มล. เติมน้ำจนครบ 50 มล. เก็บสารละลายในขวดโพลีเอทิลีน (polyethylene) แล้วนำไปวัดหาปริมาณธาตุเหล็กด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

7.3 ตัวอย่างที่เป็นสารละลาย

ปิเปตต์ตัวอย่างที่เขย่าให้สารละลายเข้ากันดีแล้ว 50 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์นำไประเหยจนแห้งบนเครื่องอังน้ำ เติมกรดไนตริกเข้มข้นลงในตัวอย่างที่แห้งแล้ว 4 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 4 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นนำสารละลายที่ได้ ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มล. ถ้าสารละลายขุ่นก็กรองด้วยกระดาษกรองชนิดไม่มีเถ้า เก็บสารละลายในขวดโพลีเอทิลีน นำไปวัดหาปริมาณธาตุเหล็กด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

7.4 สารละลายมาตรฐานของธาตุเหล็ก

เตรียมจากสารละลายสต๊อกของสารละลายเหล็กเข้มข้น 1000 ส่วนในล้านส่วนใน 10% ของกรดไนตริก ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน ตรวจวัดโดยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

ภายใต้สภาวะดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| Lamp Fe Current | 5 | mA. |
| Wavelength | 248.3 | nm. |
| Spectral band pass | 0.2 | nm. |
| Air/Acetylene | 13.5 | L/min/2.2 L/min |

| | |
|---|---|
| Burner height | 13.5 mm. |
| Flame stoichiometry | Oxidizing |

สร้างกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายและค่าการดูดกลืนแสง แล้วหาความเข้มข้นของสารละลายเหล็กตัวอย่างโดยอาศัยกราฟมาตรฐานนี้

# ภาคผนวก ค

# วิธีการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

# ภาคผนวก ค

## วิธีการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา (Food and Drug Administration, 1998)

การวิเคราะห์ทำในลักษณะที่ปราศจากเชื้อ (aseptic technique) เตรียมจานเพาะเชื้อ (Petri dishes) ชนิดแก้ว ปิเปตขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร โดยนำไปอบฆ่าเชื้อในตู้อบไฟฟ้า (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

**1. การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count)**

1.1 เจือจางตัวอย่าง ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้ตัวอย่างความเจือจางเท่ากับ 1:10 ($10^{-1}$)

1.2 ปิเปตตัวอย่างที่เจือจางเป็น 1:10 จากข้อ 1.1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตรใส่ในสารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้ตัวอย่างความเจือจางเท่ากับ 1:100 ($10^{-2}$)

1.3 ปิเปตตัวอย่างที่เจือจางเป็น 1:100 จากข้อ 1.2 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้ตัวอย่างความเจือจางเท่ากับ 1:1000 ($10^{-3}$)

1.4 ปิเปตตัวอย่างที่เจือจางเป็น 1:1000 จากข้อ 1.3 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้ตัวอย่างความเจือจางเท่ากับ 1:10000 ($10^{-4}$)

1.5 ปิเปตตัวอย่างที่ถูกเจือจางเป็นความเจือจางต่างๆ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อความเจือจางละ 2 จาน

1.6 เทอาหารเพาะเชื้อเพลตเคาต์ อะการ์ (plate count agar) ที่มีอุณหภูมิประมาณ 45-55 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อจานละ 15-20 มิลลิลิตร แล้วหมุนจานไปในทิศทางที่เป็นรูปหมายเลขแปด เพื่อให้ตัวอย่างผสมกับอาหารและกระจายไปทั่วจาน แล้วตั้งทิ้งไว้ให้แข็ง

1.7 กลับจานเพาะเชื้อแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48ชั่วโมง

1.8 นับโคโลนีในจานเพาะเชื้อโดยเลือกจานที่มีโคโลนีประมาณ 30-300 โคโลนี

1.9 หาค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีที่นับได้ คูณด้วย dilution factor แล้วรายงานผล โดยรายงานเป็นจำนวนโคโลนี/ มิลลิลิตร หรือ colony forming unit (CFU/ml) ของตัวอย่าง

**2. การวิเคราะห์จำนวนยีสต์และรา (yeast and mold count)**

วิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในข้อ 1 แต่เปลี่ยนอาหารเลี้ยงเชื้อจาก เพลตเคาท์อะการ์ เป็น ซาโบรัวเดกซ์โทรสอะการ์ (sabouraud dextrose agar) หรือ มอลต์อะการ์ (malt agar) หรือ โปเตโตเดกซ์โทรสอะการ์ (potato dextrose agar) ที่ปรับความเป็นกรด-ด่างเป็น 3.5 นำไปอบเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน นับจำนวนโคโลนีในจานเพาะเชื้อ หาค่าเฉลี่ยจำนวนโคโลนีใน 1 จาน และคำนวณค่า CFU ต่อมิลลิลิตร

**3. การวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด (total coliform) และ *Escherichia coli***

*3.1 การทดสอบขั้นต้น (presumptive coliform)*

3.1.1 ปิเปตตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร, 1 มิลลิลิตร และตัวอย่างที่มีความเจือจาง 1:10 มา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อแล็กโทสบรอท (lactose broth) ที่มีหลอดดักก๊าช (durham tube) วางคว่ำอยู่ ตัวอย่างละ 5 หลอด

3.1.2 นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส

3.1.3 อ่านผลการทดลองหลังจากบ่มเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตการเจริญจากความขุ่นและและมีก๊าซเกิดขึ้นในหลอดดักก๊าซ

3.1.4 บ่มหลอดที่ไม่ให้ผลบวกต่อไปเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และอ่านผลเช่นเดียวกันอีกครั้ง

*3.2 การทดสอบขั้นยืนยัน (confirm test)*

3.2.1 ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อ ถ่ายเชื้อจากหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อแล็กโทสบรอท ที่ให้ผลบวกลงในหลอดอาหารเพาะเชื้อบริลลิแอนต์กรีนแล็กโทสไบล์บรอท (brilliant green lactose bile broth) ที่มีหลอดดักก๊าซอยู่หลอดต่อหลอด

3.2.2 นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง หลอดอาหารที่อ่านผลเป็นบวก อาหารเพาะเชื้อจะขุ่นและมีก๊าซเกิดขึ้นในหลอดดักก๊าซ

3.2.3 นำค่าหลอดที่ให้ผลบวกจากทุกความเจือจางไปอ่านค่าปริมาณโคลิฟอร์มจากตารางเอ็มพีเอ็น จะได้ค่าเอ็มพีเอ็นของโคลิฟอร์มต่อตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร

*3.3 การทดสอบขั้นสมบูรณ์ของการวิเคราะห์ E. coli*

3.3.1 นำหลอดอาหารเพาะเชื้อบริลลิแอนต์กรีนแล็กโทสไบล์บรอท ที่ให้ผลบวกแต่ละหลอดมา steak ลงบนอาหารเพาะเชื้ออีเอ็มบีอะการ์ (eosin methylene blue agar, EMB agar)

3.3.2 บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.3.3 สังเกตลักษณะโคโลนีของ *E. coli* มีวาวโลหะออกสีเขียวเมื่อสะท้อนแสง (metallic sheen) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของ *E.coli*

3.3.4 เลือกโคโลนีที่มีลักษณะเฉพาะของ *E.coli* บนอาหารเพาะเชื้อ EMB นำไปทดสอบด้วยชุด IMVIC ดังนี้

3.1.4.1 การทดสอบอินโดล (Indole test)

เพาะโคโลนีลงในอาหารเลี้ยงเชื้อทริปโตนบรอท ความเข้มข้นร้อยละ 1 (1% tryptose broth) นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เติมสารละลายโคแวคส์ ปริมาณ 0.2-0.3 มิลลิลิตร ลงในหลอด เขย่าเบาๆ ผลของ *E.coli* คือเกิดชั้นสีแดงด้านบนของอาหารเลี้ยงเชื้อ (ผลบวก)

3.1.4.2 การทดสอบเอ็มอาร์ (methyl red test)

เพาะโคโลนีลงในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อเอ็มอาร์-วีพีบรอท (MR-VP broth) นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วเติมสารละลายเมธิลเรดจำนวน 5 หยด ลงในหลอด เขย่าแรงๆ ผลของ *E.coli* คืออาหารเลี้ยงเชื้อเปลี่ยนเป็นสีแดง (ผลบวก)

3.1.4.3 การทดสอบวีพี (Voges-Proskauer test)

เพาะโคโลนีลงในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อเอ็มอาร์-วีพีบรอท (MR-VP broth) นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วเติมสารละลายแอลฟาแนฟทอลปริมาณ 0.6 มิลลิลิตร และสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 40 ปริมาณ 0.2 มิลลิลิตร ลงในหลอด เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง ผลของ *E.coli* คืออาหารเลี้ยงเชื้อไม่เปลี่ยนเป็นสีแดง (ผลลบ)

3.1.4.4 การทดสอบการใช้ซิเตรต (citrate test)

เพาะโคโลนีลงในอาหารเลี้ยงเชื้อซิมมอนส์ซิเตรต อะการ์ Simmon's citrate agar นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลของ *E.coli* คืออาหารเลี้ยงเชื้อมีสีเขียวเช่นเดิม (ผลลบ)

**5. การวิเคราะห์ Staphylococcus aureus**

5.1 ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อ (loop) จุ่มลงในตัวอย่าง แล้วนำมา steak ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ mannitol salt egg yolk (MS-EY) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

5.2 สังเกตโคโลนีที่มีสีเหลืองล้อมด้วยโซนสีขุ่นขาวซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของ *S.aureus* หากโคโลนีที่เกิดขึ้น ไม่สามารถบ่งบอกชัดเจนได้ ให้ใช้ loop ถ่ายเชื้อลงในหลอดแก้วที่บรรจุพลาสมาของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม 0.5 มิลลิลิตร นำไปแช่ในเครื่องอังน้ำ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ถ้าพลาสมาไม่มีการจับตัวเป็นก้อนหลังเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง จนถึง 24 ชั่วโมง แสดงว่าไม่มี *S.aureus* ชนิด coagulase positive

**ส่วนประกอบและวิธีเตรียมอาหารเพาะเชื้อ**

1. <u>เพลตเคาต์อะการ์ (plate count agar)</u> ประกอบด้วย

| | | |
|---|---|---|
| tryptone | 5.0 | กรัม |
| yeast extract | 2.5 | กรัม |
| dextrose | 1.0 | กรัม |
| agar | 15.0 | กรัม |

เตรียมโดยการชั่งเพลตเคาต์อะการ์ 23.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ต้มให้ละลายหมด ปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร เทใส่ภาชนะที่เหมาะสม และนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัดไอ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

2. <u>ซาโบรัว เด็กซ์โทรส อะการ์ (sabauraud dextrose agar)</u> ประกอบด้วย

| | | |
|---|---|---|
| peptone | 10.0 | กรัม |
| dextrose | 40.0 | กรัม |
| agar | 15.0 | กรัม |

เตรียมโดยการชั่งซาโบรัว เดกซ์โทรส อะการ์ 65 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ต้มจนละลายหมด และปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร เทใส่ภาชนะที่เหมาะสม ฆ่าเชื้อในเครื่องนึ่งอัดไอ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

3. <u>แล็กโทสบรอท</u> (lactose broth) ประกอบด้วย

| | | |
|---|---|---|
| beef extract | 3.0 | กรัม |
| peptone | 5.0 | กรัม |
| lactose | 5.0 | กรัม |

เตรียมโดยการชั่งแลกโทสบรอท 13 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร เทใส่ในหลอดแก้วขนาด 16 × 150 มิลลิลิตร หลอดละ 10 มิลลิลิตร และใส่หลอดดักก๊าซ 1 หลอด ในลักษณะคว่ำหลอด นำไปฆ่าเชื้อในเครื่องนึ่งอัดไอ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

4. <u>บริลลิแอนต์กรีนแลคโทสไบล์บรอท</u> (brilliant green lactose bile broth) ประกอบด้วย

| | | |
|---|---|---|
| peptone | 10.0 | กรัม |
| lactose | 10.0 | กรัม |
| ox gall | 20.0 | กรัม |
| brilliant green | 0.0133 | กรัม |

เตรียมโดยการละลายส่วนผสมในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร เทใส่ในหลอดแก้วขนาด 16 × 150 มิลลิลิตร หลอดละ 10 มิลลิลิตร และใส่หลอดดักก๊าซ 1 หลอด ในลักษณะคว่ำหลอด นำไปฆ่าเชื้อในเครื่องนึ่งอัดไอ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

5. <u>อีเอ็มบีอะการ์</u> (eosin methylene blue, EMB agar) ประกอบด้วย

| | | |
|---|---|---|
| peptone | 10.0 | กรัม |
| lactose | 5.0 | กรัม |
| sucrose | 5.0 | กรัม |
| dipotassium hydrogen phosphate | 2.0 | กรัม |
| eosin Y | 0.4 | กรัม |
| methylene blue | 0.065 | กรัม |
| agar | 15.0 | กรัม |

เตรียมโดยการละลายส่วนผสมในน้ำกลั่น ต้มให้ละลายหมด ปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร เทใส่ภาชนะที่เหมาะสม นำไปฆ่าเชื้อในเครื่องนึ่งอัดไอ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที เขย่าให้เข้ากันและเทใส่จานเพาะเชื้อ

6. ทริปโตนบรอทความเข้มข้นร้อยละ 1 (1% tryptone broth) ประกอบด้วย

เตรียมโดยการละลายทริปโตน 10 กรัมในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร เทใส่ในหลอดแก้วขนาด 13 × 100 มิลลิลิตร หลอดละ 3 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อในเครื่องนึ่งอัดไอ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

7. เอ็มอาร์-วีพีบรอท (MR-VP broth) ประกอบด้วย

| | | |
|---|---|---|
| peptone | 5.0 | กรัม |
| glucose | 5.0 | กรัม |
| dipotassium hydrogen phosphate | 5.0 | กรัม |

เตรียมโดยการละลายทริปโตน 10 กรัมในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร เทใส่ในหลอดแก้วขนาด 13 × 100 มิลลิลิตร หลอดละ 3 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อในเครื่องนึ่งอัดไอ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

8. ซิมมอนส์ซิเตรต อะการ์ (Simmon's citrate agar) ประกอบด้วย

| | | |
|---|---|---|
| sodium chloride | 5.0 | กรัม |
| magnesium sulphated heptahydrate | 0.2 | กรัม |
| ammonium dihydrogen phosphate | 1.0 | กรัม |
| sodium citrate | 5.0 | กรัม |
| bromthymol blue | 0.08 | กรัม |
| agar | 15.0 | กรัม |

เตรียมโดยการละลายทริปโตน 10 กรัมในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร เทใส่ในหลอดแก้วขนาด 13 × 100 มิลลิลิตร หลอดละ 3 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อในเครื่องนึ่งอัดไอ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

ตารางภาคผนวกที่ ค-1 ตารางแปรผลปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม วัดโดยวิธี เอ็มพีเอ็น โดยการเจือจาง 5 หลอด เมื่อเพาะตัวอย่าง 10, 1 และ 0.1 มิลลิลิตร ในอาหารเลี้ยงเชื้อ (Hleyn และคณะ, 1999)

| Combination | MPN Index | | | Combination | MPN Index | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Of Positive | 100 ml | Lower | Upper | Of Positive | 100 ml | Lower | Upper |
| 0-0-0 | < 2 | - | - | 4-3-0 | 27 | 12 | 67 |
| 0-0-1 | 3 | 1.0 | 10 | 4-3-1 | 33 | 15 | 77 |
| 0-1-0 | 3 | 1.0 | 10 | 4-4-0 | 34 | 16 | 80 |
| 0-2-0 | 4 | 1.0 | 13 | 5-0-0 | 23 | 9.0 | 86 |
| 1-0-0 | 2 | 1.0 | 11 | 5-0-1 | 30 | 10 | 110 |
| 1-0-1 | 4 | 1.0 | 15 | 5-0-2 | 40 | 20 | 140 |
| 1-1-0 | 4 | 1.0 | 15 | 5-1-0 | 30 | 10 | 120 |
| 1-1-1 | 6 | 2.0 | 18 | 5-1-1 | 50 | 10 | 150 |
| 1-2-0 | 6 | 2.0 | 18 | 5-1-2 | 70 | 30 | 180 |
| 2-0-0 | 4 | 1.0 | 17 | 5-2-0 | 50 | 20 | 170 |
| 2-0-1 | 7 | 2.0 | 20 | 5-2-1 | 70 | 30 | 210 |
| 2-1-0 | 7 | 2.0 | 21 | 5-2-2 | 90 | 40 | 250 |
| 2-1-1 | 9 | 3.0 | 24 | 5-3-0 | 80 | 30 | 250 |
| 2-2-0 | 9 | 3.0 | 25 | 5-3-1 | 110 | 40 | 300 |
| 2-3-0 | 12 | 5.0 | 29 | 5-3-2 | 140 | 60 | 360 |
| 3-0-0 | 8 | 3.0 | 24 | 5-3-3 | 170 | 80 | 410 |
| 3-0-1 | 11 | 4.0 | 29 | 5-4-0 | 130 | 50 | 390 |
| 3-1-0 | 11 | 4.0 | 29 | 5-4-1 | 170 | 70 | 480 |
| 3-1-1 | 14 | 6.0 | 35 | 5-4-2 | 220 | 100 | 580 |
| 3-2-0 | 14 | 6.0 | 35 | 5-4-3 | 280 | 120 | 690 |
| 3-2-3 | 17 | 7.0 | 40 | 5-4-4 | 350 | 160 | 820 |
| 4-0-0 | 13 | 5.0 | 38 | 5-5-0 | 240 | 100 | 940 |
| 4-0-1 | 17 | 7.0 | 45 | 5-5-1 | 300 | 100 | 1300 |
| 4-1-0 | 17 | 7.0 | 46 | 5-5-2 | 500 | 200 | 2000 |
| 4-1-1 | 21 | 9.0 | 55 | 5-5-3 | 900 | 300 | 2900 |
| 4-1-2 | 26 | 12. | 63 | 5-5-4 | 1600 | 600 | 5300 |
| 4-2-0 | 22 | 9.0 | 56 | 5-5-5 | ≥1600 | - | - |
| 4-2-1 | 26 | 12. | 65 | | | | |

# ภาคผนวก ง

# แบบประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

**แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส**

ผลิตภัณฑ์หมายเลข.....

ชื่อผู้ชิม.....วันที่.....

**คำชี้แจง** โปรดทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ และให้คะแนนโดยใส่เครื่องหมาย ✓ ในช่อง ( ) ตามระดับความชอบและไม่ชอบต่อผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่าง

| การทดสอบผลิตภัณฑ์ | ไม่ชอบมาก | ไม่ชอบ | เฉยๆ | ชอบ | ชอบมาก |
|---|---|---|---|---|---|
| สี | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) |
| กลิ่น | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) |
| รสชาติ | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) |
| เนื้อสัมผัส | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) |
| ลักษณะโดยรวม | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) |

**เหตุผลของความชอบหรือไม่ชอบผลิตภัณฑ์**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

# ภาคผนวก จ

# ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส

**ตารางผนวกที่ จ-1** ความถี่ของคะแนนความชอบในสีที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ

| แต่งกลิ่น | คะแนน* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **5 (ชอบมาก)** | **4 (ชอบ)** | **3 (เฉยๆ)** | **2 (ไม่ชอบ)** | **1 (ไม่ชอบมาก)** |
| ไม่แต่งกลิ่น | - | 10 (76.92) | 3 (23.08) | - | - |
| วานิลลา | 2 (15.38) | 7 (53.85) | 4 (30.77) | - | - |
| กล้วยหอม | - | 8 (61.54) | 5 (38.46) | - | - |
| ช็อคโกแลต | 1 (7.69) | 9 (69.23) | 2 (15.38) | 1 (7.69) | - |
| อัลมอนด์ | 2 (15.38) | 8 (61.54) | 3 (23.08) | - | - |

* ค่าในวงเล็บแสดงร้อยละของความถี่

**ตารางผนวกที่ จ-2** ความถี่ของคะแนนความชอบในกลิ่นที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั้นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ

| แต่งกลิ่น | คะแนน* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **5 (ชอบมาก)** | **4 (ชอบ)** | **3 (เฉยๆ)** | **2 (ไม่ชอบ)** | **1 (ไม่ชอบมาก)** |
| ไม่แต่งกลิ่น | - | 5 (38.46) | 7 (53.85) | 1 (7.69) | - |
| วานิลลา | 1 (7.69) | 6 (46.15) | 6 (46.15) | - | - |
| กล้วยหอม | - | 2 (15.38) | 6 (46.15) | 4 (30.77) | 1 (7.69) |
| ช็อคโกแลต | - | 6 (46.15) | 5 (38.46) | 2 (15.38) | - |
| อัลมอนด์ | 1 (7.69) | 5 (38.46) | 5 (38.46) | 2 (15.38) | - |

* ค่าในวงเล็บแสดงร้อยละของความถี่

**ตารางผนวกที่ จ-3** ความถี่ของคะแนนความชอบในรสชาติที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ

| แต่งกลิ่น | คะแนน* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **5 (ชอบมาก)** | **4 (ชอบ)** | **3 (เฉยๆ)** | **2 (ไม่ชอบ)** | **1 (ไม่ชอบมาก)** |
| ไม่แต่งกลิ่น | 2 (15.38) | 8 (61.54) | 2 (15.38) | 1 (7.69) | - |
| วานิลลา | - | 6 (46.15) | 6 (46.15) | 1 (7.69) | - |
| กล้วยหอม | - | 5 (38.46) | 4 (30.77) | 4 (30.77) | - |
| ช็อคโกแลต | - | 9 (69.23) | 2 (15.38) | 2 (15.38) | - |
| อัลมอนด์ | 2 (15.38) | 1 (7.69) | 7 (53.85) | 3 (23.08) | - |

* ค่าในวงเล็บแสดงร้อยละของความถี่

**ตารางผนวกที่ จ-4** ความถี่ของคะแนนความชอบในเนื้อสัมผัสที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ

| แต่งกลิ่น | คะแนน* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **5 (ชอบมาก)** | **4 (ชอบ)** | **3 (เฉยๆ)** | **2 (ไม่ชอบ)** | **1 (ไม่ชอบมาก)** |
| ไม่แต่งกลิ่น | 2 (15.38) | 6 (46.15) | 3 (23.08) | 2 (15.38) | - |
| วานิลลา | - | 6 (46.15) | 4 (30.77) | 3 (23.08) | - |
| กล้วยหอม | - | 9 (69.23) | 4 (30.77) | - | - |
| ช็อคโกแลต | 2 (15.38) | 5 (38.46) | 4 (30.77) | 2 (15.38) | - |
| อัลมอนด์ | 1 (7.69) | 5 (38.46) | 4 (30.77) | 3 (23.08) | - |

* ค่าในวงเล็บแสดงร้อยละของความถี่

**ตารางผนวกที่ จ-5** ความถี่ของคะแนนความชอบในลักษณะโดยรวมที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ

| แต่งกลิ่น | คะแนน* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **5 (ชอบมาก)** | **4 (ชอบ)** | **3 (เฉยๆ)** | **2 (ไม่ชอบ)** | **1 (ไม่ชอบมาก)** |
| ไม่แต่งกลิ่น | - | 10 (76.92) | 2 (15.38) | 1 (7.69) | - |
| วานิลลา | - | 8 (61.54) | 4 (30.77) | 1 (7.69) | - |
| กล้วยหอม | - | 6 (46.15) | 4 (30.77) | 3 (23.08) | - |
| ช็อคโกแลต | 1 (7.69) | 7 (53.85) | 2 (15.38) | 3 (23.08) | - |
| อัลมอนด์ | - | 6 (46.15) | 4 (30.77) | 3 (23.08) | - |

* ค่าในวงเล็บแสดงร้อยละของความถี่

**ตารางผนวกที่ จ-6** ความถี่ของคะแนนความชอบในแต่ละลักษณะโดยรวมที่ผู้ชิมให้แก่ สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ

| แต่งกลิ่น | คะแนน* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สี | กลิ่น | รสชาติ | เนื้อสัมผัส | ลักษณะโดยรวม |
| ไม่แต่งกลิ่น | 3.77 | 3.31 | 3.62* | 3.62 | 3.69* |
| วานิลลา | 3.85 | 3.62* | 3.38 | 3.23 | 3.54 |
| กล้วยหอม | 3.38 | 2.69 | 3.08 | 3.69* | 3.23 |
| ช็อคโกแลต | 3.77 | 3.31 | 3.54 | 3.54 | 3.15 |
| อัลมอนด์ | 3.92* | 3.38 | 3.15 | 3.31 | 3.23 |

* คะแนนความชอบมากที่สุดในแต่ละลักษณะ

**ตารางผนวกที่ จ-7** ความถี่ของคะแนนความชอบในสีที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ

| แต่งกลิ่น | คะแนน* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **5 (ชอบมาก)** | **4 (ชอบ)** | **3 (เฉยๆ)** | **2 (ไม่ชอบ)** | **1 (ไม่ชอบมาก)** |
| ไม่แต่งกลิ่น | 1 (7.69) | | 3 (23.08) | 4 (30.77) | - |
| วานิลลา | 1 (7.69) | 5 (38.46) | 2 (15.38) | 3 (23.08) | 1 (7.69) |
| กล้วยหอม | - | 6 (46.15) | 5 (38.46) | 4 (30.77) | - |
| ช็อคโกแลต | - | 4 (30.77) | 3 (23.08) | 4 (30.77) | - |
| อัลมอนด์ | - | 6 (46.15) | 2 (15.38) | 5 (38.46) | - |
| | | 6 (46.15) | | | |

* ค่าในวงเล็บแสดงร้อยละของความถี่

**ตารางผนวกที่ จ-8** ความถี่ของคะแนนความชอบในกลิ่นที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมที่เสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ

| แต่งกลิ่น | คะแนน* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **5 (ชอบมาก)** | **4 (ชอบ)** | **3 (เฉยๆ)** | **2 (ไม่ชอบ)** | **1 (ไม่ชอบมาก)** |
| ไม่แต่งกลิ่น | | 2 (15.38) | 7 (53.85) | 2 (15.38) | - |
| วานิลลา | 2 (15.38) | 8 (61.54) | 4 (30.77) | - | - |
| กล้วยหอม | 1 (7.69) | 2 (15.38) | 3 (23.08) | 8 (61.54) | - |
| ช็อคโกแลต | - | 7 (53.85) | 4 (30.77) | 2 (15.38) | - |
| อัลมอนด์ | - | 1 (7.69) | 8 (61.54) | 2 (15.38) | 2 (15.38) |
| | - | | | | |

* ค่าในวงเล็บแสดงร้อยละของความถี่

**ตารางผนวกที่ จ-9** ความถี่ของคะแนนความชอบในรสชาติที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์และแต่งกลิ่นต่างๆ

| แต่งกลิ่น | คะแนน* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **5 (ชอบมาก)** | **4 (ชอบ)** | **3 (เฉยๆ)** | **2 (ไม่ชอบ)** | **1 (ไม่ชอบมาก)** |
| ไม่แต่งกลิ่น | 2 (15.38) | 2 (15.38) | 6 (46.15) | 3 (23.08) | - |
| วานิลลา | 3 (23.08) | 5 (38.46) | 2 (15.38) | 2 (15.38) | 1 (7.69) |
| กล้วยหอม | 2 (15.38) | 1 (7.69) | 3 (23.08) | 7 (53.85) | - |
| ช็อคโกแลต | 2 (15.38) | 5 (38.46) | 5 (38.46) | 1 (7.69) | - |
| อัลมอนด์ | 1 (7.69) | 4 (30.77) | 4 (30.77) | 2 (15.38) | 2 (15.38) |

* ค่าในวงเล็บแสดงร้อยละของความถี่

**ตารางผนวกที่ จ-10** ความถี่ของคะแนนความชอบในเนื้อสัมผัสที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ

| แต่งกลิ่น | คะแนน* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **5 (ชอบมาก)** | **4 (ชอบ)** | **3 (เฉยๆ)** | **2 (ไม่ชอบ)** | **1 (ไม่ชอบมาก)** |
| ไม่แต่งกลิ่น | 2 (15.38) | 4 (30.77) | 4 (30.77) | 3 (23.08) | - |
| วานิลลา | 2 (15.38) | 5 (38.46) | 4 (30.77) | 1 (7.69) | 1 (7.69) |
| กล้วยหอม | 1 (7.69) | 3 (23.08) | 4 (30.77) | 5 (38.46) | - |
| ช็อคโกแลต | - | 9 (69.23) | 2 (15.38) | 2 (15.38) | - |
| อัลมอนด์ | - | 4 (30.77) | 6 (46.15) | 3 (23.08) | - |

* ค่าในวงเล็บแสดงร้อยละของความถี่

**ตารางผนวกที่ จ-11** ความถี่ของคะแนนความชอบในลักษณะโดยรวมที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ

| แต่งกลิ่น | คะแนน* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **5 (ชอบมาก)** | **4 (ชอบ)** | **3 (เฉยๆ)** | **2 (ไม่ชอบ)** | **1 (ไม่ชอบมาก)** |
| ไม่แต่งกลิ่น | 2 (15.38) | 3 (23.08) | 5 (38.46) | 3 (23.08) | - |
| วานิลลา | 1 (7.69) | 8 (61.54) | 1 (7.69) | 3 (23.08) | - |
| กล้วยหอม | - | 2 (15.38) | 4 (30.77) | 7 (53.85) | - |
| ช็อคโกแลต | - | 8 (61.54) | 4 (30.77) | 1 (7.69) | - |
| อัลมอนด์ | - | 3 (23.08) | 6 (46.15) | 3 (23.08) | 1 (7.69) |

* ค่าในวงเล็บแสดงร้อยละของความถี่

**ตารางผนวกที่ จ-12** ความถี่ของคะแนนความชอบในแต่ละลักษณะโดยรวมที่ผู้ชิมให้แก่สูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ

| **แต่งกลิ่น** | **คะแนน*** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **สี** | **กลิ่น** | **รสชาติ** | **เนื้อสัมผัส** | **ลักษณะโดยรวม** |
| ไม่แต่งกลิ่น | 3.23* | 3.31 | 3.23 | 3.38 | 3.31 |
| วานิลลา | 3.23* | 3.77* | 3.54 | 3.46* | 3.54* |
| กล้วยหอม | 3.00 | 2.54 | 2.85 | 3.00 | 2.62 |
| ช็อคโกแลต | 3.15 | 3.38 | 3.62* | 3.54 | 3.54* |
| อัลมอนด์ | 3.08 | 2.62 | 3.00 | 3.08 | 2.85 |

* คะแนนความชอบมากที่สุดในแต่ละลักษณะ

# ภาคผนวก ฉ

# การวิเคราะห์ทางสถิติ

**ตารางผนวกที่ ฉ-1** การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว สูตร 1A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

| แหล่งของความแปรปรวน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) | ค่าผลบวกกำลังสอง (SS) | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS) | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 2 | 994.602 | 497.301 | 98.130 | 0.000* |
| Error | 6 | 30.407 | 5.068 | | |
| Total | 8 | 1025.009 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความหนืดของสูตรอาหารปั่นผสมเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ**

| เวลา (วัน) | 0 วัน | 7 วัน | 3 วัน |
|---|---|---|---|
| สูตร 1A | 24.70 | 27.33 | 48.20 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-2** การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

| แหล่งของความแปรปรวน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) | ค่าผลบวกกำลังสอง (SS) | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS) | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 2 | 77.162 | 38.581 | 5.871 | 0.039* |
| Error | 6 | 39.427 | 6.571 | | |
| Total | 8 | 116.589 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความหนืดของสูตรอาหารปั่นผสมเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ**

| เวลา (วัน) | 0 วัน | 3 วัน | 7 วัน |
|---|---|---|---|
| สูตร 6A | 77.80 | 73.23 | 71.10 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-3** การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 7A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

| แหล่งของความแปรปรวน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) | ค่าผลบวกกำลังสอง (SS) | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS) | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 2 | 7157.927 | 3578.963 | 259.868 | 0.000* |
| Error | 6 | 82.633 | 13.772 | | |
| Total | 8 | 7240.560 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความหนืดของสูตรอาหารปั่นผสมเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ**

| เวลา (วัน) | 0 วัน | 3 วัน | 7 วัน |
|---|---|---|---|
| สูตร 7A | 42.83 | 95.07 | 108.10 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-4** การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 8A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

| แหล่งของความแปรปรวน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) | ค่าผลบวกกำลังสอง (SS) | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS) | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 2 | 1010.807 | 505.403 | 63.263 | 0.000* |
| Error | 6 | 47.933 | 7.989 | | |
| Total | 8 | 1058.740 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความหนืดของสูตรอาหารปั่นผสมเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ**

| เวลา (วัน) | 0 วัน | 3 วัน | 7 วัน |
|---|---|---|---|
| สูตร 8A | 117.50 | 108.23 | 91.87 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-5** การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 9A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

| **แหล่งของความแปรปรวน** | **ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df)** | **ค่าผลบวกกำลังสอง (SS)** | **ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS)** | **F** | **P** |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 2 | 290.202 | 145.101 | 18.437 | 0.003* |
| Error | 6 | 47.220 | 7.870 | | |
| Total | 8 | 337.422 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความหนืดของสูตรอาหารปั่นผสมเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ**

| เวลา (วัน) | 0 วัน | 3 วัน | 7 วัน |
|---|---|---|---|
| สูตร 9A | 71.57 | 82.03 | 84.73 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-6** การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

| **แหล่งของความแปรปรวน** | **ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df)** | **ค่าผลบวกกำลังสอง (SS)** | **ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS)** | **F** | **P** |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 2 | 20.176 | 10.088 | 0.670 | 0.546 |
| Error | 6 | 90.320 | 15.053 | | |
| Total | 8 | 110.496 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความหนืดของสูตรอาหารปั่นผสมเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ**

| เวลา (วัน) | 0 วัน | 3 วัน | 7 วัน |
|---|---|---|---|
| สูตร 6B | 87.13 | 85.23 | 83.46 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-7** การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 7B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้นและหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

| แหล่งของความแปรปรวน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) | ค่าผลบวกกำลังสอง (SS) | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS) | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 2 | 7913.429 | 3956.714 | 137.508 | 0.000* |
| Error | 6 | 172.647 | 28.774 | | |
| Total | 8 | 8086.076 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความหนืดของสูตรอาหารปั่นผสมเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ**

| เวลา (วัน) | 0 วัน | 3 วัน | 7 วัน |
|---|---|---|---|
| สูตร 7B | 56.60 | 101.47 | 128.50 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-8** การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 8B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้นและหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

| แหล่งของความแปรปรวน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) | ค่าผลบวกกำลังสอง (SS) | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS) | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 2 | 1539.749 | 769.874 | 82.961 | 0.000* |
| Error | 6 | 55.680 | 9.280 | | |
| Total | 8 | 1595.429 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความหนืดของสูตรอาหารปั่นผสมเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ**

| เวลา (วัน) | 0 วัน | 3 วัน | 7 วัน |
|---|---|---|---|
| สูตร 8B | 135.67 | 157.47 | 126.23 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-9** การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 9B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

| แหล่งของความแปรปรวน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) | ค่าผลบวกกำลังสอง (SS) | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS) | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 2 | 5.627 | 2.813 | 0.169 | 0.848 |
| Error | 6 | 99.933 | 16.656 | | |
| Total | 8 | 105.560 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความหนืดของสูตรอาหารปั่นผสมเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ**

| เวลา (วัน) | 0 วัน | 3 วัน | 7 วัน |
|---|---|---|---|
| สูตร 9B | 203.97 | 201.13 | 202.90 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-10** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอัตราการไหลผ่านสายให้อาหารของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

| แหล่งของความแปรปรวน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) | ค่าผลบวกกำลังสอง (SS) | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS) | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 2 | 1.026 | 0.513 | 3.244 | 0.111 |
| Error | 6 | 0.949 | 0.158 | | |
| Total | 8 | 1.976 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าอัตราการไหลผ่านสายให้อาหารของสูตรอาหารปั่นผสมเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ**

| เวลา (วัน) | 0 วัน | 3 วัน | 7 วัน |
|---|---|---|---|
| สูตร 6A | 6.07 | 5.29 | 5.47 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-11** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอัตราการไหลผ่านสายให้อาหารของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

| แหล่งของความแปรปรวน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) | ค่าผลบวกกำลังสอง (SS) | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS) | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 2 | 0.993 | 0.497 | 2.278 | 0.184 |
| Error | 6 | 1.308 | 0.218 | | |
| Total | 8 | 2.301 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าอัตราการไหลผ่านสายให้อาหารของสูตรอาหารปั่นผสมเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ**

| เวลา (วัน) | 0 วัน | 3 วัน | 7 วัน |
|---|---|---|---|
| สูตร 6B | 5.99 | 5.20 | 5.39 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-12** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่างของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

| แหล่งของความแปรปรวน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) | ค่าผลบวกกำลังสอง (SS) | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS) | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 2 | 0.080 | 0.040 | 75.000 | 0.000* |
| Error | 6 | 0.003 | 0.001 | | |
| Total | 8 | 0.083 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรด-ด่างของสูตรอาหารปั่นผสมเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ**

| เวลา (วัน) | 0 วัน | 3 วัน | 7 วัน |
|---|---|---|---|
| สูตร 6A | 7.60 | 7.40 | 7.40 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-13** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่างของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ณ วันเริ่มต้น และหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

| แหล่งของความแปรปรวน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) | ค่าผลบวกกำลังสอง (SS) | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS) | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 2 | 0.061 | 0.030 | 27.310 | 0.001* |
| Error | 6 | 0.007 | 0.001 | | |
| Total | 8 | 0.067 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรด-ด่างของสูตรอาหารปั่นผสมเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ**

| เวลา (วัน) | 3 วัน | 5 วัน | 7 วัน |
|---|---|---|---|
| สูตร 6B | 7.61 | 7.45 | 7.43 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-14** การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชอบในสีของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ

| แหล่งของความแปรปรวน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) | ค่าผลบวกกำลังสอง (SS) | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS) | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 4 | 0.677 | 0.169 | 0.455 | 0.768 |
| Error | 60 | 22.308 | 0.372 | | |
| Total | 64 | 22.985 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าการประเมินความชอบในสีของสูตรอาหารปั่นผสมที่แต่งกลิ่นแตกต่างกัน**

| ผลิตภัณฑ์ | ไม่แต่งกลิ่น | วานิลลา | กล้วยหอม | ช็อคโกแลต | อัลมอนด์ |
|---|---|---|---|---|---|
| สูตร 6A | 3.77 | 3.85 | 3.62 | 3.77 | 3.92 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-15** การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชอบในกลิ่นของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ

| แหล่งของความแปรปรวน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) | ค่าผลบวกกำลังสอง (SS) | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS) | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 4 | 6.092 | 1.523 | 2.652 | 0.042* |
| Error | 60 | 34.462 | 0.574 | | |
| Total | 64 | 40.554 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าการประเมินความชอบในกลิ่นของสูตรอาหารปั่นผสมที่แต่งกลิ่นแตกต่างกัน**

| ผลิตภัณฑ์ | กล้วยหอม | ไม่แต่งกลิ่น | ช็อคโกแลต | อัลมอนด์ | วานิลลา |
|---|---|---|---|---|---|
| สูตร 6A | 2.69 | 3.31 | 3.31 | 3.26 | 3.62 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-16** การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชอบในรสชาติของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ

| แหล่งของความแปรปรวน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) | ค่าผลบวกกำลังสอง (SS) | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS) | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 4 | 4.985 | 1.246 | 1.841 | 0.133 |
| Error | 60 | 40.615 | 0.677 | | |
| Total | 64 | 45.600 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าการประเมินความชอบในรสชาติของสูตรอาหารปั่นผสมที่แต่งกลิ่นแตกต่างกัน**

| ผลิตภัณฑ์ | กล้วยหอม | อัลมอนด์ | วานิลลา | ช็อคโกแลต | ไม่แต่งกลิ่น |
|---|---|---|---|---|---|
| สูตร 6A | 3.08 | 3.15 | 3.38 | 3.54 | 3.85 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-17** การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชอบในเนื้อสัมผัสของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ

| แหล่งของความแปรปรวน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) | ค่าผลบวกกำลังสอง (SS) | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS) | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 4 | 2.062 | 0.515 | 0.700 | 0.595 |
| Error | 60 | 44.154 | 0.736 | | |
| Total | 64 | 46.215 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าการประเมินความชอบในเนื้อสัมผัสของสูตรอาหารปั่นผสมที่แต่งกลิ่นแตกต่างกัน**

| ผลิตภัณฑ์ | ไม่แต่งกลิ่น | วานิลลา | กล้วยหอม | ช็อคโกแลต | อัลมอนด์ |
|---|---|---|---|---|---|
| สูตร 6A | 3.62 | 3.23 | 3.69 | 3.54 | 3.31 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-18** การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชอบในลักษณะโดยรวมของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดง สูตร 6A ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ

| แหล่งของความแปรปรวน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) | ค่าผลบวกกำลังสอง (SS) | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS) | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 4 | 2.092 | 0.523 | 0.829 | 0.512 |
| Error | 60 | 37.846 | 0.631 | | |
| Total | 64 | 39.938 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าการประเมินความชอบในลักษณะโดยรวมของสูตรอาหารปั่นผสมที่แต่งกลิ่นแตกต่างกัน**

| ผลิตภัณฑ์ | ไม่แต่งกลิ่น | วานิลลา | กล้วยหอม | ช็อคโกแลต | อัลมอนด์ |
|---|---|---|---|---|---|
| สูตร 6A | 3.69 | 3.54 | 3.23 | 3.46 | 3.23 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-19** การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชอบในสีของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั้นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ

| แหล่งของความแปรปรวน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) | ค่าผลบวกกำลังสอง (SS) | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS) | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 4 | 0.523 | 0.131 | 0.137 | 0.968 |
| Error | 60 | 57.231 | 0.954 | | |
| Total | 64 | 57.754 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าการประเมินความชอบในสีของสูตรอาหารปั้นผสมที่แต่งกลิ่นแตกต่างกัน**

| ผลิตภัณฑ์ | ไม่แต่งกลิ่น | วานิลลา | กล้วยหอม | ช็อคโกแลต | อัลมอนด์ |
|---|---|---|---|---|---|
| สูตร 6B | 3.23 | 3.23 | 3.00 | 3.15 | 3.08 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-20** การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชอบในกลิ่นของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์และแต่งกลิ่นต่างๆ

| แหล่งของความแปรปรวน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) | ค่าผลบวกกำลังสอง (SS) | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS) | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 4 | 14.554 | 3.638 | 5.676 | 0.001* |
| Error | 60 | 38.462 | 0.641 | | |
| Total | 64 | 53.015 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าการประเมินความชอบในกลิ่นของสูตรอาหารปั่นผสมที่แต่งกลิ่นแตกต่างกัน**

| ผลิตภัณฑ์ | กล้วยหอม | อัลมอนด์ | ไม่แต่งกลิ่น | ช็อคโกแลต | วานิลลา |
|---|---|---|---|---|---|
| สูตร 6B | 2.54 | 2.62 | 3.31 | 3.38 | 3.77 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-21** การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชอบในรสชาติของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์และแต่งกลิ่นต่างๆ

| แหล่งของความแปรปรวน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) | ค่าผลบวกกำลังสอง (SS) | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS) | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 4 | 5.754 | 1.438 | 1.161 | 0.337 |
| Error | 60 | 74.308 | 1.238 | | |
| Total | 64 | 80.062 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าการประเมินความชอบในรสชาติของสูตรอาหารปั่นผสมที่แต่งกลิ่นแตกต่างกัน**

| ผลิตภัณฑ์ | ไม่แต่งกลิ่น | วานิลลา | กล้วยหอม | ช็อคโกแลต | อัลมอนด์ |
|---|---|---|---|---|---|
| สูตร 6B | 3.23 | 3.54 | 2.85 | 3.62 | 3.00 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-22** การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชอบในเนื้อสัมผัสของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั่นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ

| แหล่งของความแปรปรวน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) | ค่าผลบวกกำลังสอง (SS) | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS) | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 4 | 2.985 | 0.746 | 0.822 | 0.516 |
| Error | 60 | 54.462 | 0.908 | | |
| Total | 64 | 57.446 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าการประเมินความชอบในเนื้อสัมผัสของสูตรอาหารปั่นผสมที่แต่งกลิ่นแตกต่างกัน**

| ผลิตภัณฑ์ | ไม่แต่งกลิ่น | วานิลลา | กล้วยหอม | ช็อคโกแลต | อัลมอนด์ |
|---|---|---|---|---|---|
| สูตร 6B | 3.38 | 3.46 | 3.00 | 3.54 | 3.08 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ฉ-23** การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชอบในลักษณะโดยรวมของสูตรอาหารมังสวิรัติชนิดปั้นผสมเสริมธาตุเหล็กจากงาขาว และถั่วแดงแกะเปลือก สูตร 6B ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และแต่งกลิ่นต่างๆ

| แหล่งของความแปรปรวน | ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) | ค่าผลบวกกำลังสอง (SS) | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS) | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Treatment | 4 | 9.138 | 2.285 | 2.980 | 0.026* |
| Error | 60 | 46.000 | 0.767 | | |
| Total | 64 | 55.138 | | | |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าการประเมินความชอบในลักษณะโดยรวมของสูตรอาหารปั้นผสมที่แต่งกลิ่นแตกต่างกัน**

| ผลิตภัณฑ์ | กล้วยหอม | อัลมอนด์ | ไม่แต่งกลิ่น | วานิลลา | ช็อคโกแลต |
|---|---|---|---|---|---|
| สูตร 6B | 2.62 | 2.85 | 3.31 | 3.54 | 3.54 |

** ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
ส่วนค่าเฉลี่ยที่ขีดเส้นใต้ต่อกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

# ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวอภิญญา บุรีศรีตานนท์ เกิดวันที่ 21 มิถุนายน 2517 ที่จังหวัดระยอง สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีเภสัชศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร ในปีการศึกษา 2542 และเข้าศึกษาต่อหลักสูตรเภสัชศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2547 ปัจจุบันรับราชการในตำแหน่งเภสัชกร 6 ที่โรงพยาบาลหันคา จังหวัดชัยนาท