# การปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของเนื้อเทียม โดยเสริมแป้งถั่วขาว และแป้งแก่นตะวัน

# THE NUTRITIONAL QUALITY IMPROVEMENT OF MEAT ANALOGUES SUPPLEMENTED WITH WHITE KIDNEY BEANS FLOUR AND JERUSALEM ARTICHOKE FLOUR

**วีรยา ศรีอิทธิยาเวทย์**

**วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร**
**ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์**
**คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์**
**มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี**
**ปีการศึกษา 2562**
**ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี**

# การปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของเนื้อเทียม โดยเสริมแป้งถั่วขาว และแป้งแก่นตะวัน

วีรยา ศรีอิทธิยาเวทย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

| | |
|---|---|
| **หัวข้อวิทยานิพนธ์** | การปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของเนื้อเทียม โดยเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน<br>The Nutritional Quality Improvement of Meat Analogues Supplemented with White Kidney Beans Flour and Jerusalem Artichoke Flour |
| **ชื่อ – นามสกุล** | นางสาววีรยา ศรีอิทธิยาเวทย์ |
| **สาขาวิชา** | เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, ปร.ด. |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรรณทิพา เจริญไทยกิจ, ปร.ด. |
| **ปีการศึกษา** | 2562 |

**คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์**

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์สุภา จุฬคุปต์, Ph.D.)

..... กรรมการ
(อาจารย์ธนัท อ้วนอ่อน, Dr.Ing.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรรณทิพา เจริญไทยกิจ, ปร.ด.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, ปร.ด.)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาคร ชลสาคร, Ph.D.)
วันที่ 23 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2563

| | |
|---|---|
| **หัวข้อวิทยานิพนธ์** | การปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของเนื้อเทียม โดยเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน |
| **ชื่อ – นามสกุล** | นางสาววีรยา ศรีอิทธิยาเวทย์ |
| **สาขาวิชา** | เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, ปร.ด. |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรรณทิพา เจริญไทยกิจ, ปร.ด. |
| **ปีการศึกษา** | 2562 |

# บทคัดย่อ


งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค และศึกษาต้นทุนการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันโดยวางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture Design) ปัจจัยที่ทำการศึกษามี 3 ปัจจัย ได้แก่ แป้งถั่วขาวร้อยละ 30-45, แป้งแก่นตะวันร้อยละ 20-30, แป้งถั่วเหลืองร้อยละ 35-40 จะได้สูตรเนื้อเทียมทั้งหมด 9 สูตร โดยทำการคัดเลือกเบื้องต้นพิจารณาจากคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าแรงตัด (N) และค่าแรงเฉือน (N) ด้วยวิธี Cluster Analysis แบบ K-Mean Cluster และหลังจากนั้นทำการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ทางจุลินทรีย์ ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค และศึกษาต้นทุนการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

ผลการวิจัยพบว่า สูตรที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน คือ สูตรที่ 6 คุณภาพกายภาพมีค่าแรงตัด 5.98 (N) ค่าแรงเฉือน 19.26 (N) และค่า $a_w$ 0.52 คุณภาพทางเคมี มีความชื้นร้อยละ 4.98 พลังงานทั้งหมด 381.42 กิโลแคลอรี พลังงานจากไขมัน 85.86 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมด 9.54 กรัม ไขมันอิ่มตัว 1.92 กรัม โปรตีน 33.76 กรัม คาร์โบไฮเดรต 40.13 กรัม ใยอาหาร 33.44 กรัม อินนูลิน 13.82 กรัม วิตามินบี 1 < 0.030 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 < 0.025 มิลลิกรัม แคลเซียม 192.90 มิลลิกรัม ธาตุเหล็ก 5.12 มิลลิกรัม และเถ้าร้อยละ 5.01 และเมื่อนำไปทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากโปรตีนเกษตร (มผช.1514) พ.ศ.2562 และเมื่อนำมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า มีค่าความชอบโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 514 บาท/กิโลกรัม



**คำสำคัญ:** เนื้อเทียม แป้งถั่วขาว แป้งแก่นตะวัน แป้งถั่วเหลือง การทดลองแบบผสม

| | |
|---|---|
| **Thesis Title** | The Nutritional Quality Improvement of Meat Analogues Supplemented with White Kidney Beans Flour and Jerusalem Artichoke Flour |
| **Name – Surname** | Miss Weeraya Sreeitthiyawet |
| **Program** | Home Economics Technology |
| **Thesis Advisor** | Assistant Professor Orawan Oupathumpanont, Ph.D. |
| **Thesis Co - advisor** | Assistant Professor Phantipha Charoenthaikij, Ph.D. |
| **Academic Year** | 2019 |

# ABSTRACT

This research was aimed to investigate the suitable formula for producing meat analogues supplemented with white kidney beans flour and Jerusalem artichoke flour and also the physical, chemical and microbiological qualities of the products from the supplemented meat analogues. In addition, the consumers' acceptance and its production cost of producing meat analogues supplemented with white kidney beans flour and Jerusalem artichoke flour were also studied.

The experiment was planned by mixture design approach and the following three parameters were included: 30-45% white kidney beans flour, 20-30% Jerusalem artichoke flour, and 35-40% soybean flour. The nine formulas of the supplement meat analogues were created. The physical quality by the cutting force (N) and the shear force (N) of the supplemented meat analogues was analyzed by means of Cluster Analysis in K-Mean Cluster. After that, the suitable supplemented meat analogues was selected based on its physical, chemical and microbiological qualities. The consumers' acceptance and its production cost of the supplemented meat analogues were also studied.

The research results showed that the most suitable formula was the $6^{th}$ formula, resulting in the supplemented meat analogues with the following physical qualities: the cutting force (N) of 5.98, the shear force (N) of 19.26, and $a_w$ of 0.52. The chemical qualities were the moisture of 4.98%, the total energy of 381.42 kcal, the calories from fat of 85.86 kcal, the total fat of 9.54 g and the saturated fat of 1.92 g. Other qualities were: 33.76 g protein, 40.13 g total carbohydrate, 33.44 g dietary fiber, 13.82 g inulin, < 0.030 mg vitamin b1, < 0.025 mg vitamin

b2, 192.90 mg calcium, 5.12 mg iron and 5.01% ash. From the microbiological quality test, it was found that the developed product met the criteria set for rice seasoning from textured vegetable protein (Thai Community Product Standard.1514), B.E. 2562. The consumers' acceptance of the supplemented meat analogues was at the moderate level while the production cost was 514 Baht/kg.

**Keywords:** meat analogues, white kidney beans flour, Jerusalem artichoke flour, soybean flour, mixture design

# กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณา และความอนุเคราะห์ของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณทิพา เจริญไทยกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และ ดร.สุภา จุฬคุปต์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณในความกรุณาเป็นอย่างสูงที่ให้เกียรติมาเป็นประธานสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร.ธนัท อ้วนอ่อน ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้ให้คำปรึกษาช่วยเหลือในด้านต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ ประสาทวิชาความรู้ด้านต่างๆ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา และมารดา ที่ช่วยให้ความสนับสนุนทุนทรัพย์ และเป็นกำลังใจให้เสมอมา และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอนมาจนถึงบัดนี้

ขอขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ และสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความสนับสนุนในการใช้ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการวิเคราะห์คุณภาพ และสุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนในแผนงานเสริมสร้างศักยภาพและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ ตามทิศทางยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม ประเภทบัณฑิตศึกษา ระดับปริญญาโท ประจำปี 2562 ที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงโดยดี

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจค้นคว้า หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขาดตกบกพร่องหรือไม่สมบูรณ์ประการใด ผู้วิจัยกราบขออภัยมา ณ โอกาสนี้

วีรยา ศรีอิทธิยาเวทย์

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... (3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... (4)
กิตติกรรมประกาศ..... (6)
สารบัญ..... (7)
สารบัญตาราง..... (9)
สารบัญรูป..... (10)
บทที่ 1 บทนำ..... 12
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 12
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 13
1.3 สมมติฐานของการวิจัย..... 14
1.4 ขอบเขตของการวิจัย..... 14
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 14
บทที่ 2 วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 15
2.1 เนื้อเทียม..... 15
2.2 กระบวนการเอกซ์ทรูชัน..... 22
2.3 เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์..... 26
2.4 การวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design..... 28
2.5 ถั่วขาว..... 31
2.6 แก่นตะวัน..... 34
2.7 การทดสอบผู้บริโภค..... 41
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 45
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 51
3.1 วัตถุดิบ..... 51
3.2 อุปกรณ์..... 51
3.3 วิธีการทดลอง..... 52

# สารบัญ (ต่อ)


หน้า

3.4 ระยะเวลาในการทดลอง..... 60

3.5 สถานที่ทำการทดลอง..... 60

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิจารณ์..... 61

4.1 ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน..... 61

4.2 การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน..... 72

4.3 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน..... 76

4.4 การศึกษาต้นทุนการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน 87

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 89

5.1 สรุปผลการทดลอง..... 89

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 91

บรรณานุกรม..... 92

ภาคผนวก..... 101

ภาคผนวก ก แบบสอบถามความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค..... 102

ภาคผนวก ข ขั้นตอนการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน โดยใช้เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์..... 110

ภาคผนวก ค รายงานผลการวิเคราะห์..... 114

ภาคผนวก ง หนังสือตอบรับการเผยแพร่..... 126

ประวัติผู้เขียน..... 137

# สารบัญตาราง


| | | หน้า |
|---|---|---|
| ตารางที่ 2.1 | ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของถั่วขาว 100 กรัม..... | 33 |
| ตารางที่ 2.2 | ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของแก่นตะวัน 100 กรัม..... | 40 |
| ตารางที่ 3.1 | วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design..... | 54 |
| ตารางที่ 4.1 | คุณภาพทางกายภาพ และทางเคมี ของแป้งถั่วขาว แป้งแก่นตะวัน และแป้งถั่วเหลือง..... | 63 |
| ตารางที่ 4.2 | คุณสมบัติทางเคมีของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน..... | 66 |
| ตารางที่ 4.3 | คุณภาพทางกายภาพของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน..... | 67 |
| ตารางที่ 4.4 | คุณภาพทางเคมีของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน..... | 70 |
| ตารางที่ 4.5 | ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน..... | 71 |
| ตารางที่ 4.6 | ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันที่พัฒนาได้ 100 กรัม..... | 73 |
| ตารางที่ 4.7 | ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 100 คน..... | 76 |
| ตารางที่ 4.8 | ผลการสำรวจข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 100 คน..... | 78 |
| ตารางที่ 4.9 | คะแนนเฉลี่ยความชอบของผู้บริโภคจำนวน 100 คน..... | 84 |
| ตารางที่ 4.10 | ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน | 85 |
| ตารางที่ 4.11 | การคำนวณต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน | 87 |

# สารบัญรูป


| | | หน้า |
|---|---|---|
| รูปที่ 2.1 | เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ | 26 |
| รูปที่ 2.2 | หน้าจอของเครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ | 26 |
| รูปที่ 2.3 | สิ่งทดลองสำหรับแผนการทดลองแบบ Scheffe’ Simplex-Lattice | 28 |
| รูปที่ 2.4 | สิ่งทดลองสำหรับแผนการทดลองแบบ Scheffe’ Simplex-Lattice ที่มี 3 ตัวแปร แต่ละตัว แปรมี 2 ระดับ และ 3 ระดับ ไม่รวม 0 | 29 |
| รูปที่ 2.5 | สิ่งทดลองสำหรับแผนการทดลองแบบ Scheffe’ Simplex-Centroid | 29 |
| รูปที่ 2.6 | สิ่งทดลองสำหรับแผนการทดลองแบบ Simplex-Axial | 30 |
| รูปที่ 2.7 | ต้นถั่วขาว | 31 |
| รูปที่ 2.8 | ดอกถั่วขาว | 32 |
| รูปที่ 2.9 | ฝักถั่วขาว | 32 |
| รูปที่ 2.10 | ลำต้นแก่นตะวัน | 35 |
| รูปที่ 2.11 | ใบแก่นตะวัน | 36 |
| รูปที่ 2.12 | ดอกแก่นตะวัน | 36 |
| รูปที่ 2.13 | หัวแก่นตะวัน | 37 |
| รูปที่ 3.1 | จำนวนสูตรทั้งหมด 9 สูตร | 54 |
| รูปที่ 3.2 | กระบวนการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน | 55 |
| รูปที่ 4.1 | แป้งถั่วขาว | 61 |
| รูปที่ 4.2 | แป้งแก่นตะวัน | 62 |
| รูปที่ 4.3 | แป้งถั่วเหลือง | 62 |
| รูปที่ 4.4 | แผนผังการจัดกลุ่มเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันทั้ง 9 สูตร ด้วยวิธีการจัดกลุ่มตัวแปร (Cluster Analysis) โดยใช้การประเมินค่าแรงตัด และค่าแรงเฉือนของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน | 65 |
| รูปที่ 4.5 | การศึกษาลักษณะของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันทั้ง 4 สูตร โดยส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (ก) สูตรที่ 1 WBF : 40, JAF : 20, SF : 35 (ข) สูตรที่ 3 WBF : 30, JAF : 30, SF : 40 (ค) สูตรที่ 5 WBF : 38.75, JAF : 25, SF : 36.25 (ง) สูตรที่ 6 WBF : 40, JAF : 22.5, SF : 37.5 | 68 |

# สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า


| | | |
|---|---|---|
| รูปที่ 4.6 | บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน | 88 |
| รูปที่ ข.1 | เตรียมแป้งถั่วขาว แป้งแก่นตะวัน และแป้งถั่วเหลือง..... | 111 |
| รูปที่ ข.2 | ตีส่วนผสมของแป้งและน้ำให้เข้ากัน..... | 111 |
| รูปที่ ข.3 | แบ่งเป็นก้อนเล็กๆ ชั่งก้อนละ 10 กรัม..... | 112 |
| รูปที่ ข.4 | ใส่ก้อนแป้งลงในเบ้าของเครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์..... | 112 |
| รูปที่ ข.5 | ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน..... | 113 |
| รูปที่ ข.6 | ผัดพริกแกงเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน..... | 113 |

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื้อเทียม หรือโปรตีนเกษตร เป็นผลิตภัณฑ์ที่คนไทยส่วนใหญ่คุ้นเคยกันมานาน และนิยมบริโภคในช่วงเทศกาลกินเจ หรืออาหารมังสวิรัติซึ่งเป็นอาหารสำหรับผู้ที่รักสุขภาพ ผู้ที่ไม่ต้องการรับประทานเนื้อสัตว์และกลุ่มคนที่ถือศีลหรือเคร่งครัดในเรื่องศาสนา เนื้อเทียมเป็นโปรตีนที่สกัดจากถั่วเหลือง (Soybean) ผลิตจากแป้งถั่วเหลืองจึงมีคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งเป็นโปรตีนจากพืชถึงร้อยละ 50 ยังเป็นแหล่งโปรตีนแทนเนื้อสัตว์ได้แต่มีราคาถูกกว่าเนื้อสัตว์ประมาณ 3-4 เท่า [1] จากเนื้อเทียมที่ผลิตกันอยู่ในปัจจุบันซึ่งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมาก เนื่องจากในแป้งถั่วเหลืองมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมาก จึงส่งผลทำให้เนื้อเทียมที่ผลิตจากแป้งถั่วเหลืองมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากไปด้วย ปริมาณโปรตีนในเนื้อเทียมเท่ากับ 49.76 กรัมต่อเนื้อเทียม 100 กรัม และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตของเนื้อเทียมเท่ากับ 40.86 กรัมต่อเนื้อเทียม 100 กรัม [2] ซึ่งถือว่าเนื้อเทียมยังมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่มากอยู่ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโปรตีนในเนื้อเทียม ถ้าบริโภคเนื้อเทียมหรือโปรตีนเกษตรมากเกินไปจะทำให้ร่างกายได้รับปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากเกิน อาจจะส่งผลทำให้ร่างกายมีส่วนของพลังงานที่เหลืออยู่มาก เมื่อพลังงานส่วนที่เหลืออยู่มากแปรสภาพเป็นไขมันและสะสมก็จะเกิดโรคอ้วน ซึ่งมักจะมีผลให้เกิดโรคอื่นตามมาได้อีก เช่น โรคเบาหวาน โรคไต โรคหัวใจและหลอดเลือดบางอย่าง [3]

ถั่วขาว มีสารอาหารที่ให้พลังงาน เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต อีกทั้งถั่วขาวมีใยอาหารสูง จึงช่วยทำให้ระบบขับถ่ายดีขึ้น [4] และในถั่วขาวมีสารที่ชื่อว่า ฟาซิโอลามิน (Phaseolamin) ที่ทำหน้าที่ช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส มีผลทำให้แป้งที่รับประทานเข้าไปไม่สามารถเปลี่ยนจากแป้งกลายเป็นน้ำตาลได้น้อยลง [5] ส่งผลทำให้ร่างกายได้รับพลังงานจากแป้งน้อยลงตามไปด้วย ทำให้การสะสมของไขมันที่จะเกิดขึ้นในรูปของน้ำตาลเป็นไขมันลดน้อยลงตามไปด้วย เมื่อร่างกายได้รับพลังงานน้อยลงซึ่งไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกายในแต่ละวัน จะส่งผลทำให้น้ำหนักตัวลดลงตามไปด้วย เนื่องจากแป้งที่ไม่ถูกย่อยในกระเพาะอาหารจะทำให้เกิดความรู้สึกอิ่มนานขึ้น และลดความอยากอาหารไปด้วย [4]

แก่นตะวัน เป็นสมุนไพรที่มีสรรพคุณหลายอย่าง เช่น ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง และโรคหลอดเลือด เนื่องจากแก่นตะวันมีแคลอรีต่ำ และยังไม่เพิ่มน้ำตาลในเลือดเพราะในแก่นตะวันมีสารที่ชื่อว่า อินนูลิน (Inulin) ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ถูกย่อยในระบบทางเดินอาหาร จึงไม่ให้พลังงาน และไม่ถูกดูดซึมเข้าไปกระแสเลือด นอกจากนี้อินนูลิน ยังช่วยในการดักจับน้ำตาลชนิดอื่นๆ ทำให้ลดปริมาณการดูดซึมน้ำตาลเข้าสู่กระแสเลือดได้ [6] อินนูลินมีคุณสมบัติเป็นอาหารเยื่อใยสูง [7] อินนูลินจึงสามารถผ่านไปถึงลำไส้ใหญ่ และถูกนำไปใช้โดยแบคทีเรียที่มีประโยชน์หรือโพรไบโอติก (Probiotic) เช่น บิฟิโดแบคทีเรีย ทำให้แบคทีเรียที่มีประโยชน์เหล่านี้เพิ่มจำนวนมากขึ้น และช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่เป็นโทษ เช่น *Clostridium Perfringens* และ *Escherichia coli* ดังนั้น อินนูลินจึงจัดได้ว่าเป็นสารพรีไบโอติก (Prebiotic) ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ช่วยป้องกันโรคมะเร็งลำไส้ ช่วยในการย่อยและการดูดซึมสารอาหาร การดูดซึมแคลเซียม และการสังเคราะห์วิตามิน จึงสามารถอยู่ในระบบทางเดินอาหารได้นาน ส่งผลทำให้ไม่รู้สึกหิว และยังลดความอยากอาหาร [6]

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ถึงประโยชน์ถั่วขาวและแก่นตะวัน ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน เพื่อให้เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันเป็นที่ต้องการของตลาดอาหารเพื่อสุขภาพ และยังเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการใยอาหารสูง

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน โดยใช้เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ โดยวางแผนการทดลองออกแบบส่วนผสมแบบ Mixture Design

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

1.2.3 เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

1.2.4 เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

## 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

ปริมาณแป้งถั่วขาว ปริมาณแป้งแก่นตะวัน และปริมาณแป้งถั่วเหลืองมีผลต่อคุณภาพเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

## 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันที่เหมาะสม โดยวางแผนการทดลองออกแบบส่วนผสมแบบ Mixture Design โดยแปรปริมาณแป้งถั่วขาว ปริมาณแป้งแก่นตะวัน และปริมาณแป้งถั่วเหลือง เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ทางจุลินทรีย์ และการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทำให้ทราบถึงสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

1.5.2 เป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคที่ต้องการใยอาหารสูง

1.5.3 เป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

1.5.4 เป็นแนวทางในการผลิตเนื้อเทียมจากพืชชนิดอื่น

# บทที่ 2
# วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของเนื้อเทียม โดยเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน โดยใช้เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ โดยวางแผนการทดลองออกแบบส่วนผสมแบบ Mixture Design เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน และศึกษาต้นทุนการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน มีทฤษฎีที่จะนำมาใช้อ้างอิงเป็นพื้นฐานในการศึกษาวิจัย ดังต่อไปนี้

2.1 เนื้อเทียม
2.2 กระบวนการเอกซ์ทรูชัน
2.3 เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์
2.4 การวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design
2.5 ถั่วขาว
2.6 แก่นตะวัน
2.7 การทดสอบผู้บริโภค
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 เนื้อเทียม

เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมาจากโปรตีนของพืช แต่มีเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏคล้ายกับเนื้อสัตว์ (Meat-like Texture Product) ส่วนใหญ่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบหลักในการทำเนื้อเทียม เนื้อเทียมจัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพและยังเป็นแหล่งของโปรตีนและใยอาหารอื่นๆ อีกมากมาย กระบวนการผลิตเนื้อเทียมมีหลายวิธี เช่น การสร้างเส้นใยในสารละลายที่มีความเป็นกรดและเป็นด่างสูง (Fiber Spinning) กระบวนการอัดพอง (Extrusion) การสร้างเนื้อสัมผัสด้วยไอน้ำ (Steam Texturization) และการสร้างเนื้อสัมผัสด้วยการกดอัด (Press Texturization) เป็นต้น [8] โดยวิธีที่นิยมมากที่สุดคือ กระบวนการอัดพองหรือเอกซ์ทรูชันใช้ในการผลิตเนื้อเทียม เพราะนอกจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสคล้ายเนื้อสัตว์ และยังมีต้นทุนในการผลิตค่อนข้างต่ำ สามารถผลิตเนื้อเทียมในกระบวนการเดียวได้อย่างต่อเนื่อง และยังสามารถแก้ไขปัญหาด้านโภชนาการในถั่วเหลืองได้อีกด้วย [9] กระบวนการหุงต้มแบบเอกซ์ทรูชัน (Extrusion Cooking) ส่วนใหญ่นำมาใช้ในการผลิตพาสต้า และผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญพืชมามากกว่า 60 ปี [10]

ในปี ค.ศ.1970 ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมมีเนื้อสัมผัสที่มีความคล้ายกับเนื้อสัตว์มาก ซึ่งเนื้อเทียมทำมาจากโปรตีนถั่วเหลืองและมีการพัฒนาในอุตสาหกรรมเป็นอย่างมากประมาณร้อยละ 95 ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมทั้งหมดทำจากเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์และกระจายไปทั่วภูมิภาคของโลกในรูปแบบของผลิตภัณฑ์แห้ง [8], [11] ผลิตภัณฑ์คล้ายเนื้อสัตว์นี้อยู่ในรูปของ (Meat Extender) ซึ่งใช้เทคโนโลยีเอกซ์ทรูชันในการผลิตเนื้อเทียมเรียกกระบวนการนี้ว่า Thermoplastic Extrusion Process คือเมื่อป้อนวัตถุดิบซึ่งเป็นแป้งถั่วเหลืองเข้าสู่กระบวนการเอกซ์ทรูชันและปรับความชื้นให้เหมาะสมแป้งถั่วเหลืองจะเคลื่อนที่ไปตามร่องสกรูของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ที่ใช้อุณหภูมิสูง ความดันสูง และระยะเวลาสั้น ความร้อนและแรงเฉือนจะทำให้โปรตีนที่มีอยู่ในแป้งถั่วเหลืองสลาย เสียสภาพของโปรตีน และถูกยืดออกมาเป็นเส้นสายแล้วจัดเรียงโครงสร้างใหม่มีพันธะเชื่อมต่อกัน จนทำให้เกิดเส้นใย (Fiber Formation) และเมื่อผลิตภัณฑ์ถูกอัดผ่านหน้าแปลนก็จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นชิ้นเนื้อมีความพองตัวและยืดหยุ่น [12]

2.1.1 ประเภทของเนื้อเทียม

2.1.1.1 เนื้อเทียมที่ใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์อาหาร (Meat Extender)

ในปีค.ศ. 1983 G. Boison [9] ได้ทำการทดลองผลิตเนื้อเทียมชนิดที่นำไปทดแทนเนื้อสัตว์ โดยการเติมสารโซเดียมอัลจิเนต มีส่งผลทำให้เนื้อเทียมมีความแข็งแรงมากขึ้น มีความคงทนต่อการเคี้ยว ความสามารถในการดูดซับน้ำ และมีความหนาแน่นจำเพาะของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ได้ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมชนิดที่นำไปทดแทนเนื้อสัตว์ได้บางส่วน และผสมกับโปรตีนจากพืชหรือคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนอื่นๆ จากนั้นนำไปแช่เย็น แล้วจึงบดให้เป็นชิ้นเล็กซึ่งสามารถนำไปเป็นส่วนประกอบของซอสเนื้อ สตรูบรรจุกระป๋อง และเนื้อของแฮมเบอเกอร์ เป็นต้น [8], [11]

2.1.1.2 เนื้อเทียมที่สามารถแทนเนื้อสัตว์ (Meat Analogues)

เนื้อเทียมสามารถนำมาปรุงอาหารได้ทันที แต่จำเป็นต้องมีลักษณะปรากฏคล้ายกับเนื้อเทียม และเนื้อสัมผัสรวมทั้งความรู้สึกในปากต้องมีความคล้ายกับเนื้อสัตว์มากที่สุด [8], [13] โดย S. Lin, H. E. Huff [14] และ S. Lin, H. E. Huff [15] ได้ทำการทดลองแปรรูปเนื้อเทียมที่มีความชื้นสูงร้อยละ 60 ด้วย (Soy Protein Isolate) และสตาร์ชแป้งสาลี ได้เนื้อเทียมที่มีความแน่นเนื้อไม่พองตัวและมีลักษณะโครงสร้างแบบเส้นใยคล้ายเนื้อสัตว์มากนอกจากนี้สามารถแบ่งเนื้อเทียมออกตามปริมาณน้ำในกระบวน การผลิต ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมที่ผลิตที่ความชื้นต่ำที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 30 ผลิตภัณฑ์มีลักษณะของเส้นใยมีการพองตัวมากและมี รูพรุนมาก ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมที่มีความชื้นปานกลางต่ำกว่าร้อยละ 40 ผลิตภัณฑ์มีการพองตัวน้อยและมีโครงสร้างแบบเส้นใย ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมที่มีความชื้นสูงมากกว่าร้อยละ 40 ได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการพองตัวและมีโครงสร้างแบบเส้นใยที่ดีคล้ายเนื้อสัตว์มากและอาจเรียกกระบวนการแปรรูปนี้ว่า กระบวนการเอกซ์ทรูชันแบบเปียก [15] และในปีพ.ศ.2512 สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ทำการทดลองและค้นคว้าในการ

ทำผลิตภัณฑ์คล้ายเนื้อสัตว์เพื่อบริโภคแทนเนื้อสัตว์เป็นที่แรก โดยนำกระบวนการเอกซ์ทรูชันเข้ามาใช้ในการผลิตเนื้อเทียม หรือโปรตีนเกษตรตั้งแต่ปี พ.ศ.2523 โดยใช้เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ชนิดสกรูเดี่ยว [12]

2.1.2 หลักการของการขึ้นรูปเนื้อสัมผัสของโปรตีนถั่วเหลือง (Texturization of Soy Protein) ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก [8] ได้แก่

2.1.2.1 การสูญเสียสภาพดั้งเดิมของโปรตีน เป็นผลมาจากความร้อนและแรงเฉือนซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง เมื่ออุณหภูมิและปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้โปรตีนเริ่มคลายตัวออกจากโครงสร้างแบบก้อนกลม ทำให้แรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิต พันธะไฮโดรเจน พันธะไดซัลไฟด์ และแรงดึงดูดไฮโดรโฟบิก ที่เชื่อมโยงกับโครงสร้างของระบบอยู่เกิดการแตกแยกออกจากกัน หลังจากนั้นโมเลกุลของโปรตีนที่เป็นเส้นสายที่มาเรียงตัวและเกิดการรวมตัวกันในรูปแบบใหม่ ซึ่งมีผลต่อสภาวะแรงเฉือนเข้ามาสนับสนุนด้วย ทำให้ส่วนของโปรตีนบริเวณที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาเข้ามาใกล้กัน จึงเกิดพันธะระหว่างโมเลกุล (Intermolecular Bonds) ขึ้นแสดงถึงโครงสร้างแบบเส้นใยของโปรตีนที่สูญเสียสภาพมีการสร้างพันธะไฮโดรเจน พันธะไดซัลไฟด์ แรงดึงดูดไฮโดรโฟบิก และพันธะเอไมด์ขึ้นมาใหม่

2.1.2.2 การเกิดลักษณะของโครงสร้างแบบเส้นใย เมื่อโมเลกุลโปรตีนเม็ดแกรนูลของสตาร์ชและอนุภาคต่างๆ ได้รับน้ำ ความร้อน และความดันจากกระบวนการเอกซ์ทรูชันจึงทำให้เกิดการแตกแยกตัวของโครงสร้าง และมาเรียงตัวในสภาวะของแรงเฉือน ก่อให้เกิดโครงสร้างร่างแหแบบตาข่ายของโปรตีน (Protein Matrix) ในรูปแบบคล้ายเส้นใย น้ำอิสระในโดของโปรตีนที่ได้รับร้อนบริเวณหัวแบบมารวมตัวกันเป็นหยดน้ำที่อยู่ในรูปแบบของไอน้ำร้อนยิ่งยวดที่สามารถระเหยและกระจายตัวออกอย่างกะทันหัน เมื่อผลิตภัณฑ์เคลื่อนผ่านรูเปิดของหัวแบบออกสู่ภายนอก จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างแบบเส้นใยที่เชื่อมระหว่างชั้นของเนื้อเยื่อโปรตีน (Plexilamella Structure) ที่มีรูพรุนปรากฏอยู่ตลอดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์

2.1.3 วัตถุดิบที่มีบทบาทต่อคุณภาพของเนื้อเทียม [16]

2.1.3.1 โปรตีน

โปรตีนจะนิยมใช้แป้งถั่วเหลือง โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม ส่วนในกรณีของขนมขบเคี้ยวและอาหารเช้าธัญชาติชนิดกรอบพอง โปรตีนจะลดการพองตัวลดขนาดของโพรงอากาศเพิ่มความหนาแน่น และให้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสกรอบแข็งมากยิ่งขึ้น คุณภาพของโปรตีนถั่วเหลืองมีผลต่อลักษณะทางกายภาพ พันธะเคมี และสมบัติเชิงหน้าที่ของเนื้อเทียม โครงสร้างหลักที่เป็นเส้นใยแบบไฟเบอร์ (Fiber) และเลเยอร์ (Layer) ของเนื้อเทียมที่มีลักษณะคล้ายเนื้อสัตว์ เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับโปรตีน และระหว่างโปรตีนกับองค์ประกอบอื่นๆ ส่วนปริมาณของโปรตีนในวัตถุดิบก็ยังมีอิทธิพลต่อโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้เกิดโครงสร้างหลักที่เป็นเส้นใยคล้ายเนื้อสัตว์ (Fibrous Meat-like Texture) ขึ้น

2.1.3.2 คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตจัดว่ามีอิทธิพลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ คาร์โบไฮเดรตที่มีความสามารถละลายได้ (Soluble Carbohydrate) ไม่มีบทบาทสำคัญต่อโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ แต่อาจส่งผลทำให้เกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เข้าร่วมในปฏิกิริยา (Non-Enzymatic Reaction) ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพสีของผลิตภัณฑ์ ส่วนคาร์โบไฮเดรตที่ไม่สามารถละลายได้ (Insoluble Carbohydrate) เช่น ใยอาหาร (Dietary Fiber) มีอิทธิพลต่อโครงสร้างภายในแบบโพรงอากาศ (Air Cell) ของผลิตภัณฑ์

2.1.3.3 ไขมัน

ไขมันจะทำหน้าที่เหมือนตัวหล่อลื่น ช่วยลดความเหนียวหนืดของส่วนผสม ทำให้ถูกผลักพาได้ง่าย ถ้าไขมันสูงจะให้ผลิตภัณฑ์เนื้อแน่น ดังนั้นในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความพอง ปริมาณไขมันควรต่ำกว่าร้อยละ 2 และไขมันยังมีส่วนทำให้เกิดความหนืดของโดลดลง ทำให้ความดันก่อนถึงหัวแบบไม่เพียงพอต่อการเกิดโครงสร้างแบบเส้นใยของผลิตภัณฑ์ การผลิตเนื้อเทียมจากวัตถุดิบที่มีไขมันอยู่ร้อยละ 0.5-6.5 โดยน้ำหนัก จำเป็นต้องปรับแรงเฉือนให้เพิ่มขึ้นและปรับอุณหภูมิในกระบวนการผลิตให้สูงขึ้น รวมทั้งการนำรูปแบบการจัดเรียงสกรูที่ให้แรงเฉือนสูงมาใช้ในการผลิตด้วย เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความสมบูรณ์

2.1.3.4 น้ำ

ในการผลิตจะต้องมีการเพิ่มความชื้นโดยการเติมน้ำลงไปในส่วนผสม เพื่อลดอุณหภูมิพร้อมกับคล้ายเป็นตัวหล่อลื่นให้ผลิตภัณฑ์ไหลไปข้างหน้า และเป็นส่วนสำคัญในการเกิดเจลเมื่อแป้งดูดความชื้นจะทำให้เกิดการพองตัว ทำให้น้ำเข้าไปได้มากขึ้น ถ้ามีการกวนที่แรงเพียงพอ หรืออุณหภูมิที่เพียงพอ หากความชื้นไม่สม่ำเสมอจะทำให้ปฏิกิริยาการเกิดเจลของอาหารไม่สม่ำเสมอ เป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายไม่ได้คุณภาพ และน้ำยังเป็นตัวที่ทำหน้าที่เป็นตัวถ่ายเทความร้อน และยังเป็นสารหล่อลื่นของระบบในเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ เนื่องจากน้ำมีผลต่อการสุกของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม โดยเฉพาะในระบบที่มีปริมาณน้ำน้อยในกระบวนการเอกซ์ทรูชัน น้ำเป็นตัวที่กระทำให้เป็นพลาสติไซเซอร์ (Plasticization) ของระบบส่งผลให้คุณสมบัติทางด้านการไหลของโดเปลี่ยนแปลงไป และยังมีส่วนทำให้ความหนืดของโดลดลง จนกระทั่งเกิดโครงสร้างเชื่อมโยงที่ไม่สมบูรณ์ตลอดผลิตภัณฑ์ แต่เมื่อเพิ่มความชื้นของวัตถุดิบทำให้อัตราส่วนของการพองตัวลดลงมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นเนื่องจากเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น ทำให้ความดันและทอร์คภายในเอกซ์ทรูเดอร์ลดลง แรงเฉือนที่เป็นตัวกระทำต่อวัตถุดิบลดน้อยลง ดังนั้นการผสมและการสร้างเนื้อสัมผัสจึงเกิดขึ้นน้อย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ S. Lin, H. E. Huff [14] และ S. Lin, H. E. Huff [15] พบว่า เมื่อลดความชื้นของวัตถุดิบลดลงจากร้อยละ 70 เป็นร้อยละ 60 จะส่งผลทำให้เนื้อเทียมมีโครงสร้างภายในที่ชัดเจนมากขึ้น เนื่องจากแรงเฉือนและแรงเสียดทานที่บริเวณหัวแบบสูงขึ้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างเส้นใยที่มีความละเอียดและเป็นไปตามทิศทางที่เหมาะสม

2.1.3.5 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

สภาวะความเป็นกรดและด่างมีผลต่อรูปแบบการจัดเรียงตัว (Conformation) และการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของโปรตีนถั่วเหลือง ค่า pH มีผลต่อการขยายตัวและการพัฒนาของโครงสร้างแบบเส้นใยที่เชื่อมระหว่างชั้นเนื้อเยื่อของโปรตีนในผลิตภัณฑ์ โดยกระบวนการเอกซ์ทรูชันโดยใช้โปรตีนถั่วเหลืองที่มีความเป็นกรดให้ผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราการขยายตัวต่ำมีค่าของแรงเฉือนเพิ่มขึ้น และไม่พบการจัดเรียงตัวแบบเส้นใย แต่เมื่อเปลี่ยนโปรตีนถั่วเหลืองให้มีค่าความเป็นด่างสูงและนำมาเข้ากระบวนการเอกซ์ทรูชัน พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะไม่แน่นเนื้อ และโครงสร้างของเอกซ์ทรูเดตแยกตัวออกจากกันหลังแช่น้ำ พบว่า เมื่อทำการเอกซ์ทรูชันในสภาวะที่มีค่า pH 5.5 ทำให้ดำเนินการผลิตได้ยากและผลิตภัณฑ์ที่ได้เมื่อนำไปแช่น้ำ พบว่าเนื้อสัมผัสของเอกซ์ทรูเดตมีลักษณะยืดเหนียว (Rubbery) และมีรสเปรี้ยว แต่เมื่อผ่านกระบวนการเอกซ์ทรูชันในสภาวะที่มีค่า pH มากกว่า 8.5 ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรสฝาดจึงได้แนะนำว่าควรทำการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนที่เลียนแบบเนื้อสัตว์ในช่วง pH 6.5-7.5

2.1.4 ปัจจัยทางสภาวะเอกซ์ทรูชันที่มีผลต่อลักษณะของเนื้อเทียม [12]

2.1.4.1 เวลา (Time)

กระบวนการเอกซ์ทรูชันมีลักษณะเป็นกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะต่างๆ และต้องอาศัยเวลาในการปรับตัวให้เข้าสู่สมดุลเวลาที่ผลิตภัณฑ์อยู่ภายใต้การดำเนินการขึ้นอยู่กับอัตราการไหลและขนาดเครื่องจักรเป็นสำคัญ

2.1.4.2 อุณหภูมิ (Temperature)

จะมีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากปฏิกิริยาหลักของกระบวนการนี้ คือ การเกิดเจล (Gelatinization) และถ้าหากต้องการทำให้เกิดการพองตัวของผลิตภัณฑ์จะต้องควบคุมอุณหภูมิให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำ และน้ำในอาหารจึงจะเกิดการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอเมื่อผ่านหน้าแปลน (Die) อุณหภูมิที่สูงเพียงพอช่วยทำลายพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลเม็ดแป้งจะเกิดการพองตัว

2.1.4.3 อัตราการเฉือน (Shear Rate)

แสดงระดับของการผสมของเนื้อวัตถุดิบ (Mixing Intensity) ขณะวัตถุดิบเคลื่อนที่โดยการขับเคลื่อนของสกรู วัตถุดิบจะสัมผัสกับบาร์เรลที่อยู่รอบสกรูตลอดเวลา ทำให้เกิดการเคลื่อนไถลออกจากกัน อัตราเฉือนแปรเปลี่ยนตามความเร็วที่เปลี่ยนไป นอกจากนั้นยังขึ้นกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสกรู และความลึกของร่องเกลียว

2.1.4.4 ความเร็วรอบสกรู (Screw Speed)

ระดับความเร็วรอบสกรูจัดเป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ เมื่อความเร็วรอบสกรูเพิ่มขึ้นทำให้แรงทอร์คและความดันที่หัวแบบลดลง ส่งผลให้เอกซ์ทรูเดตมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มความเร็วรอบขึ้นจะทำให้อัตราการขยายตัวของเนื้อเทียมลดลง เนื่องจากที่ความเร็วรอบสกรูสูงๆ ทำให้โดมีระยะที่เวลาอยู่ในบาเรลสั้นลง จะส่งผลให้ส่วนประกอบได้รับความร้อนไม่เพียงพอจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างแบบไม่สมบูรณ์

2.1.4.5 อัตราการป้อนวัตถุดิบ (Feed Rate)

อัตราการป้อนวัตถุดิบเป็นปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของเอกซ์ทรูเดต ถ้าเพิ่มอัตราการป้อนวัตถุดิบเข้าสู่เครื่องจะส่งผลทำให้อัตราการเติมเต็มของวัตถุดิบภายในบาเรลมากขึ้นจะทำให้แรงทอร์คเพิ่มขึ้นและยังจะทำให้ความดันที่ทางออกของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอีกด้วย และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาที่วัตถุดิบที่อยู่ในเครื่อง (Residence Time) ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น อัตราการขยายตัวของเนื้อเทียม และความสามารถในการละลายน้ำของผลิตภัณฑ์

2.1.4.6 รูปแบบการจัดเรียงสกรู (Screw Configuration)

ชิ้นส่วนของสกรูและตำแหน่งของชิ้นส่วนต่างๆของสกรูก็เป็นปัจจัยที่สำคัญโดยเฉพาะกับเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์สกรูคู่ ซึ่งจะมีผลต่อการผสม การขนส่งวัตถุดิบไปยังรูเปิดของเครื่อง การถ่ายเทพลังงาน เวลาของวัตถุดิบที่อยู่ภายในเครื่องและแรงเฉือนที่กระทำต่อวัตถุดิบ จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างเนื้อเทียม การสร้างรูปร่างของผลิตภัณฑ์ และอุณหภูมิของโด ซึ่งกมลวรรณ [17] ได้กล่าวว่า การผลิตเนื้อเทียมจากวัตถุดิบที่มีไขมันอยู่ร้อยละ 0.5-6.5 โดยน้ำหนัก จะให้พลังงานในการเฉือนเพิ่มขึ้น โดยการนำรูปแบบการจัดเรียงของสกรูที่ให้ค่าแรงเฉือนสูงมาใช้ในการผลิต เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมที่มีคุณภาพที่ดี

2.1.5 สมบัติเชิงหน้าที่ของเนื้อเทียมและการตรวจสอบ [18]

2.1.5.1 เนื้อสัมผัส (Textural Property)

เป็นคุณลักษณะที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของเนื้อเทียม สามารถนำมาใช้ในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ เนื่องจากเนื้อสัมผัสของเนื้อเทียมสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาวะของการแปรรูปและส่วนผสมของวัตถุดิบ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ด้วยเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์เนื้อสัมผัสและการทดสอบทางประสาทสัมผัส การตรวจวัดเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสที่นำมาใช้ได้แก่ Kramer Shear Press® ที่ประกอบด้วย CS-1 Shear Cell ได้ค่าแรงเฉือน (Shear Force) และงานของการเฉือน (Work of Shearing) และ Texture Analyzer ที่ประกอบด้วยหัววัดแบบ Warner-Bratzler Shear Cell ซึ่งใช้ในการตรวจสอบความแข็งแรงและความนุ่มเหนียวของเนื้อเทียม [8] ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อเทียมสามารถตรวจสอบในด้านความแข็งแรง (Hardness)

ความคงทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) ความยืดหยุ่น (Springiness) และความเป็นเส้นใย (Fibrousness) เป็นต้น

2.1.5.2 อัตราการขยายตัว (Expansion Ratio)

การขยายตัวของผลิตภัณฑ์อาหารที่แปรรูปด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชันจะทำให้เกิดไอน้ำร้อนในโดระเหยออกจากผลิตภัณฑ์อย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความดันและอุณหภูมิจะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ผ่านหัวแบบออกมาสู่ภายนอกเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ ทำให้ส่วนประกอบของโดที่มีความยืดหยุ่นเกิดการขยายตัวและเกิดลักษณะโครงสร้างแบบรูพรุนขึ้น อัตราการขยายตัวของเนื้อเทียมจะเป็นสัดส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของผลิตภัณฑ์กับเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเปิดที่หัวแบบ โดยอัตราส่วนของการขยายตัวของผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติด้านความยืดหยุ่นขององค์ประกอบแต่ละชนิดของวัตถุดิบ ถ้าแป้งสตาร์ชจะมีการพองตัวได้มากกว่าโปรตีน ส่งผลทำให้เนื้อเทียมที่เติมในโปรตีนถั่วเหลืองและโปรตีนกลูเตนจะมีการพองตัวลดลง

2.1.5.3 ความหนาแน่นจำเพาะ (Bulk Density)

ความหนาแน่นจำเพาะของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการเอกซ์ทรูชัน จัดว่าเป็นปัจจัยที่ใช้ในการอธิบายอัตราการพองตัวโดยรวมของผลิตภัณฑ์ เมื่อผลิตภัณฑ์มีอัตราการขยายตัวมากขึ้นจะส่งผลทำให้ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ลดลงด้วย ความหนาแน่นของเนื้อเทียมระหว่างน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ต่อปริมาตรของผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้นำวิธีการแทนที่ปริมาตรของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเช่น ทรายนำมาใช้วัดปริมาตรที่แน่นอนของเนื้อเทียม

2.1.5.4 การดูดซับน้ำ (Water Absorption)

ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับไว้ในผลิตภัณฑ์ก็มีความสำคัญต่อสมบัติเชิงหน้าที่โดยเฉพาะลักษณะ เนื้อสัมผัสของเนื้อเทียมที่จะนำมาปรุงอาหาร สามารถตรวจสอบลักษณะการดูดซับน้ำของเนื้อเทียมได้ โดยวิธีการวัดปริมาณน้ำที่ตัวอย่างดูดซับไว้ต่อมวลของตัวอย่างแห้ง การที่ความสามารถในการดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำ จะแสดงได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างที่ชิดแนบแน่นกัน จะส่งผลต่อการทำให้น้ำไม่สามารถผ่านเข้าไปในโครงสร้างได้ จะส่งผลทำให้เนื้อเทียมมีลักษณะเรียบไม่มีรูพรุน แต่ถ้าเนื้อเทียมมีการดูดซับน้ำที่ดี จะส่งผลทำให้เนื้อเทียมมีรูพรุนจำนวนมากจึงมีความสามารถในการดูดซับน้ำไว้ในโครงสร้างได้ดี

2.1.6 โปรตีนในอนาคต

โปรตีนในอนาคต คือ การสร้างโปรตีนจากธรรมชาติขึ้นมาทดแทนเนื้อสัตว์ โดยมีส่วนประกอบจากพืชและแมลง เช่น ธัญพืช ถั่ว สมุนไพร สาหร่าย จิ้งหรีด ดักแด้ไหม และหนอนไม้ไผ่ ซึ่งกลุ่มโปรตีนในอนาคตกำลังได้รับความนิยมมากขึ้น จากกลุ่มผู้สูงอายุ กลุ่มผู้บริโภคที่ไม่บริโภคเนื้อสัตว์ หรือ Vegan [19] และปัจจุบันพบว่าแมงที่สามารถกินได้เป็นแหล่งของโปรตีนที่สำคัญ

เนื่องจากแมลงสามารถหาได้จากแหล่งธรรมชาติโดยไม่ต้องซื้อ ซึ่งแมลงยังมีปริมาณโปรตีนและวิตามินมากกว่าเนื้อสัตว์ เช่น แมงกระชอน ตั๊กแตนปาทังก้า แมงตับต่า และในอนาคตข้างหน้าแมลงอาจจะเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญสามารถทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ได้ [20]

## 2.2 กระบวนการเอกซ์ทรูชัน

กระบวนการเอกซ์ทรูชัน คือ กระบวนการแบบต่อเนื่องที่มีการหมุน ผลัก พา วัตถุดิบ ให้ไหลผ่านช่อง (Channel) ภายในเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ภายใต้สภาวะควบคุมต่างๆ โดยวัตถุดิบจะถูกขับผ่านรูหน้าแปลนให้มีรูปร่างตามต้องการ และจัดเป็นกระบวนการแปรรูปที่ผสมผสานกันระหว่างแรงกลและแรงเฉือน เป็นกระบวนการแปรรูปอาหารที่ได้รับความนิยมกันมากในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารประเภทต่างๆ ได้แก่ การผลิตอาหารขบเคี้ยวประเภทที่พองตัวทันที อาหารขบเคี้ยวประเภทที่ต้องผ่านกระบวนการเพื่อทำให้เกิดการพองตัวในภายหลัง เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารเช้า ผลิตภัณฑ์พาสต้า เป็นต้น เป็นกระบวนการที่รวมหลาย ๆ วิธีการเข้าด้วยกัน เช่น การผสม การต้ม การนวด การเฉือน การขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์ ซึ่งในการผลิตอาหารกระบวนการเอกซ์ทรูชัน ก็มีข้อดีมากมาย เช่น ทำให้กระบวนการแปรรูปอาหารง่ายขึ้น เพิ่มความหลากหลายของอาหาร โดยเพิ่มชนิดของอาหารจากส่วนผสมพื้นฐานให้มี รูปร่าง เนื้อสัมผัส สี กลิ่น รส แบบต่าง ๆ เป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ ประหยัดพลังงานและแรงงานในการผลิต รวมถึงพื้นที่สำหรับการผลิตทำให้อัตราการผลิตสูง นอกจากนี้ยังเป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องที่ใช้อุณหภูมิสูง เวลาสั้น (High Temperature Short Time หรือ HTST) ซึ่งสามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์และยังยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้อีกด้วย [8] กระบวนการผลิตแบบเอกซ์ทรูชันสามารถนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรม ได้หลายลักษณะ เช่น การผสม (Mixing) การขึ้นรูปอาหาร (Forming) การทำให้สุก (Cooking) การทำให้พอง (Kneading) การนวด (Shearing) และการทำแห้ง (Drying) เป็นต้น [12]

2.2.1 ประเภทของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ [18]

จำแนกประเภทของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ตามคุณสมบัติเชิงหน้าที่ ลักษณะทางอุณหพลศาสตร์ และตามจำนวนของสกรู ดังต่อไปนี้

2.2.1.1 การแบ่งประเภทของเอกซ์ทรูเดอร์ จะแบ่งตามสมบัติเชิงหน้าที่ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์สามารถแบ่งได้เป็น พาสตาเอกซ์ทรูเดอร์ (Pasta Extruder) ซึ่งเป็นเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์จากแป้งสาลี เช่น มักกะโรนี โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่ถึงกับสุกพอง แต่ต้องใช้ขั้นตอนอื่นมาช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์สุกต่อไป และเอกซ์ทรูเดอร์ประเภทขึ้นรูปด้วยแรงกดดันสูง สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1) (High Pressure Forming Extruder) จัดเป็นเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ที่มีความดันสูง เนื่องจากตัวสกรูได้ถูกออกแบบมาให้เป็นชนิดที่ทำให้เกิดแรงอัดสูงมาก อุณหภูมิของโดสูงมากจะส่งผลทำให้เกิดการสุกพองเกิดขึ้นที่หน้าแปลนเอกซ์ทรูเดอร์ประเภทแรงเฉือนต่ำ

2) (Low Shear Cooking Extruder) จะใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเอกซ์ทรูเดอร์ประเภทนี้จะมีลักษณะที่เนื้อแน่นมากกว่าการพองตัว เนื่องจากความชื้นหรือไอน้ำที่มีอยู่ภายในชิ้นอาหารยังไม่ระเหยจนกลายเป็นไอน้ำออกไปทันที จึงต้องนำไปอบแห้งและก่อนนำไปรับประทานก็ต้องนำไปทอด คั่ว หรือ อบเพื่อทำให้สุกพองก่อน และเอกซ์ทรูเดอร์ประเภทแรงเฉือนสูง

3) (High Shear Cooking Extruder) เป็นเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ที่ออกแบบสำหรับในการทำผลิตภัณฑ์ได้หลายลักษณะ เช่น ประเภทสุกเพียงบางส่วนหรือประเภทกึ่งสำเร็จรูป และโปรตีนเกษตรหรือเนื้อเทียม

2.2.1.2 การแบ่งประเภทของเอกซ์ทรูเดอร์ ตามหลักการถ่ายเทความร้อนจะสามารถแบ่งออกได้เป็นดังนี้

1) ออโตจีนัสเอกซ์ทรูเดอร์ (Autogenous Extruder) ความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการเสียดสี จะถูกระบายออกไปจากบาเรล ส่งผลทำให้อุณหภูมิภายในเครื่องขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของวัตถุดิบที่ป้อนเข้าไปและการจัดรูปแบบของสกรู เช่น คอลเลตเอกซ์ทรูเดอร์

2) ไอโซเทอร์มอลเอกซ์ทรูเดอร์ (Isothermal Extruder) จัดเป็นเอกซ์ทรูเดอร์ประเภทที่มีระบบการความคุมอุณหภูมิให้คงที่ตลอดความยาวของบาร์เรล เช่น เอกซ์ทรูเดอร์ประเภทขึ้นรูป และพอลิโทรปิกเอกซ์ทรูเดอร์ (Polytropic Extruder) ซึ่งโดยทั่วไปเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์เกือบทุกชนิดจัดเป็นประเภทพอลีโทรปิกโดยได้รับความร้อนจากสองทางทั้งจากพลังงานกล และความร้อนที่ได้มาจากแหล่งความร้อนภายนอกที่ส่งผ่านมาทางช่องว่างของบาร์เรล

2.2.1.3 การแบ่งประเภทของเอกซ์ทรูเดอร์ตามจำนวนสกรู แบ่งได้เป็น 2 ประเภทดังต่อไปนี้ คือ

1) เอกซ์ทรูเดอร์แบบสกรูเดี่ยว (Single-Screw Extruder) เป็นเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ที่ประกอบด้วย 1 สกรูทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนภายในบาร์เรล โดยลักษณะรูปแบบของสกรูจะมีอิทธิพลต่อการทำงานของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ สกรูจะมีลักษณะคล้ายกับฟันเกลียวหมุนรอบแกนโลหะที่อยู่ภายในบาร์เรลทรงกระบอก จะทำหน้าที่ในการลำเลียงและให้ความร้อนแก่ส่วนผสมของอาหาร และทำหน้าที่ในการนวดส่วนผสมให้อยู่ในรูปของก้อนวัตถุที่เป็นเนื้อเดียวกันและมีคุณสมบัติในการยืดหยุ่น

2) เอกซ์ทรูเดอร์แบบสกรูคู่ (Twin-Screw Extruder) เป็นเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ที่ประกอบด้วย 2 สกรูที่มีความยาวเท่ากันและยังอยู่ในบาร์เรลเดียวกัน เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์แบบสกรูคู่ถูกออกแบบมาให้มีความแตกต่างกันทั้งในการแปรรูป ลักษณะทางกล และกำลังความสามารถของเครื่องจักร

ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของเอกซ์ทรูเดอร์สกรูคู่ได้ตามตำแหน่งของสกรู คือลักษณะที่เกลียวของสกรูตัวหนึ่งวางหรือซ้อนกันอยู่ในร่องของสกรูอีกตัวหนึ่ง (Intermeshing Twin-Screw Extruder) การทำงานของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์จะมีลักษณะถูกผลักไปข้างหน้าด้วยการแทนที่ จะทำให้มีการผสมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังสามารถทำความสะอาดได้ด้วยตัวเอง ลักษณะของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ที่สกรูสองตัววางอยู่ในตำแหน่งที่ห่างกันไม่ซ้อนพอดีกัน (Non Intermeshing Twin-Screw Extruder) จะคล้ายกับมีสกรูเดี่ยวสองตัววางอยู่ข้างๆ กัน แต่จะมีช่องว่างเล็กน้อยและมีความสามารถที่สูงกว่าการหมุนของสกรูแต่ละตัวจึงไม่เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน การทำงานของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ประเภทนี้จะขึ้นอยู่กับการเสียดสี (Friction) โดยไม่มีโครงสร้างที่ถูกออกแบบให้ผลักวัตถุอาหารไปข้างหน้าจากสกรูตัวหนึ่งไปยังสกรูอีกตัวหนึ่ง ดังนั้นการผสมของวัตถุอาหารจึงไม่ค่อยดี อีกทั้งยังสามารถแบ่งเอกซ์ทรูเดอร์แบบสกรูคู่ได้ตามทิศทางการหมุน คือ ลักษณะที่สกรูสองตัวหมุนไปในทิศทางเดียวกัน (Corotating Twin-Screw Extruder) จัดเป็นเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ที่ใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร มีความสามารถในการผลิตอาหารได้หลากหลายชนิด อาทิเช่น อาหารสัตว์ ขนมขบเคี้ยว และผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทานจากธัญพืช ข้อดีของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ประเภทนี้คือ จะมีประสิทธิภาพในการขับเคลื่อนอาหารไปข้างหน้า ส่งผลทำให้เกิดการผสมกันของวัตถุดิบได้ดี และยังสามารถควบคุมระยะเวลาการหุงต้มได้ดี มีระบบการทำความสะอาดด้วยตัวเองและยังมีความสม่ำเสมอในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์อีกด้วย และแบบลักษณะที่สกรูสองตัวหมุนในทิศทางตรงกันข้าม (Counter-Rotating Twin-Screw Extruder) ไม่ได้มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร แต่ก็จัดว่าเป็นเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ที่มีลักษณะการลำเลียงได้ดีเยี่ยม เหมาะสมสำหรับในการแปรรูปวัตถุอาหารที่ไม่มีความข้นหนืด โดยใช้ความเร็วรอบต่ำและต้องการเวลาอยู่ภายในบาร์เรลนานๆ

2.2.2 หลักการทำงานของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ [21]

วัตถุดิบที่ถูกเติมลงไปในส่วนรับวัตถุดิบ (Feed Hopper) จากนั้นจะมีการส่งผ่านไปที่ตัวของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ วัตถุดิบที่ได้รับการผสมแล้วจะเกิดการหลอมเหลวอยู่ในรูปคล้ายพลาสติก เนื่องจากความดันสูง อุณหภูมิสูง และแรงเฉือน (Shear Force) ที่เกิดขึ้นในบาร์เรล จากนั้นวัตถุดิบจะค่อยๆ เปลี่ยนสภาพไปอยู่ในรูปแบบของโดและเคลื่อนที่ต่อไปตามทิศทางของการหมุนของสกรู ช่วงระยะที่ผ่านตัวเอกซ์ทรูเดอร์นี้โดถูกทำให้สุกและจะเกิดรูปร่างต่างๆ โดยผ่านหน้าแปลน ซึ่งมีรูเปิดหรือช่องอยู่ส่วนปลายของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า เอกซ์ทรูเดต และมีรูปร่างลักษณะตามรูเปิดที่หัวแปลน [44] ในระหว่างกระบวนการแปรรูปนั้น วัตถุดิบเกิดการเปลี่ยนแปลงหลายรูปแบบทั้งทางด้านโครงสร้างและด้านเคมี เช่น การเกิดเจลลาติไนซ์ของแป้งสตาร์ช (Gelatinization) การสูญเสียสภาพทางธรรมชาติของโปรตีน (Denaturation) การเกิดสารประกอบของอะมิโลสและไขมัน (Amylose-Lipid Complexes) การเกิดผลิตภัณฑ์ของมิลลาร์ด (Millard Products) รวมทั้งการเสียหายของเม็ดสี (Pigments) และวิตามิน (Vitamins) เป็นต้น [8]

ในกระบวนการผลิตอาหารโดยใช้เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ ทำการผสมผสานและปรับเปลี่ยนโครงสร้างของส่วนประกอบที่เป็นสารประกอบหรือผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสและรูปร่างที่ดีเพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น การให้ความร้อนจะส่งผลทำให้ส่วนประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ร้อนขึ้น หรือเกิดการสุกมากเพียงพอที่จะทำให้แป้งย่อยสลายได้ดี และทำลายหรือยับยั้งสารที่เป็นพิษต่อร่างกาย ซึ่งอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการเอกซ์ทรูชันค่อนข้างสูง 200 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาสั้นมาก 5-10 วินาที ในระหว่างกระบวนการเอกซ์ทรูชันนั้น โครงสร้างดั้งเดิมของโปรตีนถูกเปลี่ยนแปลง เนื่องจากได้รับความร้อนและแรงเฉือนสูง พันธะที่เสถียรของโครงสร้างของโปรตีน ได้แก่ แรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิต พันธะไดซัลไฟด์ พันธะไฮโดรเจน และแรงดึงดูดไฮโดรโฟบิกจะถูกทำลาย ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้โปรตีนที่ออกมาในสภาวะที่เหมาะสมโปรตีนเหล่านี้จะสามารถจัดเรียงตัวใหม่และเกิดลักษณะเนื้อสัมผัสที่แตกต่างไปจากเดิม โดยเฉพาะโปรตีนจากพืช เช่น โปรตีนจากถั่วเหลืองหรือธัญพืชอื่นๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสของโปรตีนถั่วเหลืองโดยแรงเฉือนสูงเป็นหลักการในการผลิตเนื้อเทียม

2.2.3 ประโยชน์ของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ [21]

2.2.3.1 สามารถใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายรูปแบบ โดยใช้อุปกรณ์การทำงานชุดเดียวกัน ด้วย แต่เลือกใช้วัตถุดิบ ส่วนผสม และสภาวะในการแปรรูปที่ต่างๆ กัน

2.2.3.2 อัตราการผลิตสูงเนื่องจากเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์เป็นเครื่องจักรที่มีระบบการผลิตที่ต่อเนื่องและให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความสม่ำเสมอ

2.2.3.3 ต้นทุนในการผลิตโดยเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ จะทำให้สามารถลดแรงงานคนให้น้อยลงและยังใช้พื้นที่ในการผลิตน้อย

2.2.3.4 เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์สามารถผลิตรูปแบบของผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย

2.2.3.5 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์จะมีคุณภาพสูง เนื่องจากกระบวนการเอกซ์ทรูชันเป็นกระบวนการแบบใช้อุณหภูมิสูง และระยะเวลาสั้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว เช่น เชื้อซาโมเนลลา (Salmonella) สามารถถูกทำลายในระหว่างกระบวนการผลิต

2.2.3.6 เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ สามารถใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องเป็นการแปรรูปผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำทำให้การใช้ความร้อนเพื่อทำให้สุกและแห้งน้อยลง

2.2.3.7 เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์สามารถผลิตอาหารใหม่ๆ หรือผลิตภัณฑ์ จากโปรตีนพืช แป้ง โดยการเปลี่ยนแปลงส่วนผสม

## 2.3 เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ที่คล้ายเนื้อสัตว์ แต่ทำจากแป้งถั่วเหลืองหรือแป้งชนิดอื่นๆ ผสมกัน โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะเป็นแผ่นฟูกรอบซึ่งจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและรสชาติที่ดี นอกจากนี้เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ยังสามารถใช้ในการผลิตอาหารว่าง หรืออาหารขบเคี้ยว (Snack Food) ได้อีกด้วย โดยอาหารว่างหรืออาหารคบเคี้ยวที่ทำจากวัตถุดิบที่มีส่วนผสมของแป้งชนิดต่างๆ เช่น แป้งถั่วเหลือง ถั่วเขียว แป้งข้าวโพด หรือข้าว ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์จะมีความกรอบแต่ยังมีเนื้อสัมผัสคล้ายเนื้อเทียมเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยสามารถเลือกวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงหรือเลือกวัตถุดิบที่มีไขมันต่ำหรือแคลอรี่น้อยเพื่อเป็นอาหารสุขภาพได้อีกด้วย [22] ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และ 2.2

**รูปที่ 2.1** เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์

**รูปที่ 2.2** หน้าจอของเครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์

2.3.1 ปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเนื้อเทียมโดยใช้เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ [22]

ปัจจัยที่เหมาะสมคือ ความชื้น อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการผลิต ซึ่งถ้าหากปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นไม่อยู่ในภาวะที่เหมาะสมจะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาปัจจัยต่างๆ ดังนี้

2.3.1.1 อุณหภูมิ ความร้อนที่ให้กับเบ้าและฝากดเบ้าของเครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์จะต้องสามารถปรับและควบคุมอุณหภูมิให้ถูกต้อง และมีความคงที่สม่ำเสมอ เพราะควบคุมหากอุณหภูมิไม่คงที่สม่ำเสมอ อาจจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปก็อาจจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่สุกและเนื้อสัมผัสที่ได้อาจจะไม่คล้ายเนื้อสัตว์ แต่ถ้าหากให้ความร้อนสูงมากเกินไปจะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมาแห้งหรืออาจจะไหม้

2.3.1.2 ความดัน อุณหภูมิและความดันจะทำงานร่วมกัน การที่ให้ความดันแก่ผลิตภัณฑ์โดยใช้ฝาเบ้ากดลงไปในวัตถุดิบซึ่งวางอยู่ในเบ้าความร้อน โดยใช้คานกดที่ด้านหนึ่งยึดติดกับกระบอกลมซึ่งเมื่อก้านกระบอกลมเคลื่อนที่จะทำให้ฝาเบ้าเคลื่อนที่ลงมากดวัตถุดิบที่วางอยู่ในเบ้าความร้อน โดยคานกดนี้จะให้แรงกดที่สม่ำเสมอและใช้แรงดันจากลมที่ควบคุมด้วยชุดควบคุมแรงดันลม (Regulator) ซึ่งใช้ระบบนิวเมติกส์ควบคุมการทำงานการใช้แรงกดไม่สม่ำเสมอ เช่น ถ้าความดันน้อยเกินไปก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่เกิดการขยายและพองตัว หรือจะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่สุก แต่ถ้าหากใช้แรงกดดันมากจนเกินไปก็จะมีผลเสียต่อก็ได้ผลิตภัณฑ์ อาจจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไหม้และฉีกขาดจากกัน

2.3.1.3 เวลา สำหรับเวลาที่ใช้กับแรงกดและอุณหภูมิขณะใดก็ตามที่ใช้กับวัตถุดิบ ซึ่งอยู่ในเบ้าที่ร้อนถูกกดด้วยฝากดเบ้าซึ่งร้อน ก่อนที่จะยกฝาเบ้าขึ้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องบันทึกผลของการทดลองเพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมของอุณหภูมิ แรงกดดัน และเวลา เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด

2.3.1.4 ความชื้นของวัตถุดิบเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการทำผลิตภัณฑ์ ถึงแม้ความชื้นจะไม่เกี่ยวข้องโดยตรง แต่ในการใช้เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวข้างต้น ความชื้นในส่วนผสมของวัตถุดิบก็มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและแรงกดดัน ดังนั้นความชื้นจึงเป็นสำคัญที่จะต้องมีการทดสอบวัตถุดิบแต่ละชนิดก่อนว่ามีปริมาณความชื้นที่ต่างกัน ซึ่งปกติแล้วถ้าความชื้นไม่เพียงพอจะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่สุก ดังนั้นในการผลิตจึงต้องมีการเติมน้ำลงไปในปริมาณต่างๆ เพื่อปรับความชื้นของวัตถุดิบ แต่ก็ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นเดิมที่มีอยู่ในวัตถุดิบ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามต้องการ

2.3.2 ประโยชน์ของเครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์

2.3.2.1 เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ มีอัตราการผลิต 200 ชิ้นต่อชั่วโมง

2.3.2.2 สามารถใช้ในการผลิตอาหารว่าง หรือขนมขบเคี้ยวได้

2.3.2.3 สามารถช่วยลดความเสี่ยงจากการใช้น้ำมันในการทอด เนื่องจากแป้งที่ผ่านกระบวนการของเครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์จะมีการอัดแรงดันสูงและความร้อนสูงที่จะทำให้แป้งสุกโดยที่ไม่ต้องใช้น้ำมัน

## 2.4 การวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design [23]

เป็นการออกแบบการทดลองเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมของปัจจัยเชิงปริมาณตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป โดยผลรวมของปริมาณแต่ละปัจจัยทั้งหมดจะได้ร้อยละ 100 หรือ 1.0 กล่าวคือเมื่อปัจจัยหนึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้น ย่อมจะส่งผลต่อปัจจัยอื่นๆ มีสัดส่วนลดลง ซึ่งแตกต่างจากการทดลองที่ไม่ใช่แบบผสม (Mixture) ที่ตัวแปรแต่ละตัวเป็นอิสระจากกัน การออกแบบการทดลองแบบส่วนผสมมีแบบแผนการออกแบบย่อยแบ่งได้เป็น 4 แบบ ดังต่อไปนี้

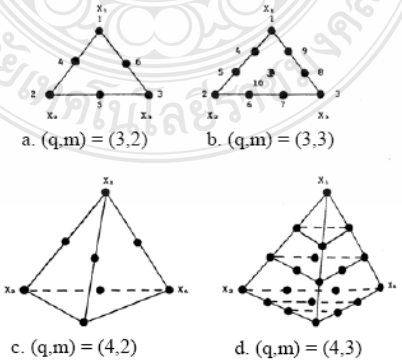
2.4.1 การออกแบบ (Scheffe' Simplex-Lattice) พิกัด Coordinate ซึ่งเป็นส่วนประกอบต่าง ๆ ของการทดลอง โดยแต่ละตัวแปรสามารถคำนวณระดับได้ดังนี้

$$x_i = 0, \frac{1}{m}, \frac{2}{m}, \ldots, 1$$

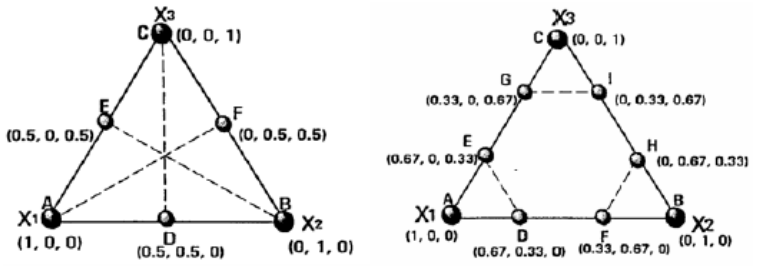
โดยที่ i = 1,2,3,...,q

m = เป็นสัดส่วนของแต่ละปัจจัยจาก 0-1 (ร้อยละ 0-100)

สำหรับในกรณีที่มีจำนวนส่วนผสม (q) เท่ากับ 3 หรือมี 3 ปัจจัย เป็นตัวอย่างที่นิยมใช้แสดงให้เห็นถึงการออกแบบดังกล่าว หาก m = 3 พิกัดที่ได้เป็นส่วนประกอบของ $x_1$ , $x_2$ และ $x_3$ จะเป็น 0, 1/3 และ 2/3 ตามลำดับจำนวนของจุดในการทดลองทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และ รูปที่ 2.4



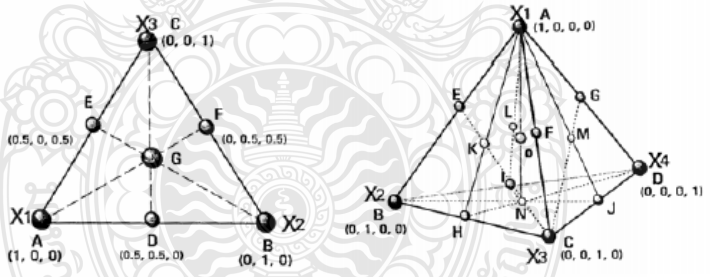

**รูปที่ 2.3** สิ่งทดลองสำหรับแผนการทดลองแบบ Scheffe' Simplex-Lattice
**ที่มา** : [23]




**รูปที่ 2.4** สิ่งทดลองสำหรับแผนการทดลองแบบ Scheffe' Simplex-Lattice ที่มี 3 ตัวแปร แต่ละตัว แปรมี 2 ระดับ และ 3 ระดับ ไม่รวม 0

**ที่มา** : [23]

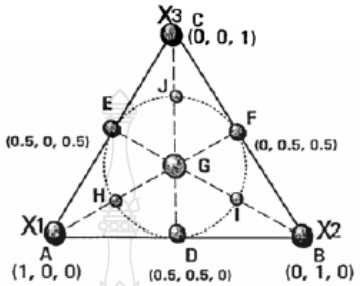
2.4.2 การออกแบบแบบ (Scheffe' Simplex-Centroid) เป็นการออกแบบการทดลองที่มีสิ่งทดลองเท่ากับ 2q–1 แต่ละปัจจัยมีสัดส่วนที่เท่ากันทุกปัจจัยสิ่งทดลองประกอบด้วยจุดที่เป็นส่วนผสมเดี่ยว (Pure Component) ต่าง ๆ หมายถึง สิ่งทดลองที่มีปัจจัยร้อยละ 100 หรือเท่ากับ 1.0 และ 0.5, 0.5, 0, ..., 0 เป็นส่วนผสมคู่ (Binary Mixtures) และ 1/3, 1/3, 1/3, 0, ...,0 สำหรับส่วนผสม 3 ชนิด และ 1/q,1/q, 0, ...,0 ตัวอย่างของสิ่งทดลองต่าง ๆ สำหรับ 3 และ 4 ปัจจัย ดังแสดงในรูปที่ 2.5




**รูปที่ 2.5** สิ่งทดลองสำหรับแผนการทดลองแบบ Scheffe' Simplex-Centroid

**ที่มา** : [23]

2.4.3 การออกแบบ (Simplex-Axial) เป็นการออกแบบการทดลองโดยเน้นจุดที่เป็นส่วนประกอบต่าง ๆ ของทุกปัจจัย สังเกตจากจุดเอช (H) ไอ (I) และเจ (J) โดยจุดทั้ง 3 ดังกล่าว มาจากจุดกึ่งกลางของแต่ละส่วนย่อย จากภาพที่ 2-4 หากพิจารณาจุดเอ (A) ดี (D) และอี (E) จะมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมย่อย โดยมีจุดเอช (H) เป็นจุดกึ่งกลางสามเหลี่ยม ดังกล่าวซึ่งเป็นเช่นเดียวกับจุดไอ (I) และเจ (J) ดังแสดงในรูปที่ 2.6




**รูปที่ 2.6** สิ่งทดลองสำหรับแผนการทดลองแบบ Simplex-Axial
**ที่มา** : [23]

2.4.4 การออกแบบ (Extreme Vertices) เป็นการออกแบบการทดลองแบบที่มีข้อจำกัดสัดส่วนหรือแบบที่มีข้อจำกัด (Constrained Mixture Design) กล่าวคือ แผนการทดลองนี้ ระดับในแต่ละปัจจัยไม่จำเป็นต้องเป็นร้อยละ 0-100 โดยอาจเป็นร้อยละ 30-40 หรือร้อยละ 15-25 เป็นต้น สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากความจำเป็นโดยพื้นฐานในการทดสอบบางอย่าง เช่น ในการผลิตอาหารบางชนิดที่มีส่วนผสมของกลูเตน (Gluten) โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (Soy Protein Isolated) และน้ำ พบว่าต้องมีส่วนผสมของกลูเตนและโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองรวมกันอย่างน้อยร้อยละ 50 (ใช้ในปริมาณเท่ากันชนิดละร้อยละ 25) จึงสามารถจับเป็นก้อนเพื่อทำการรีดเป็นแผ่นได้ ดังนั้น ส่วนผสมของกลูเตนและโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองที่ต่ำกว่าร้อยละ 50 จึงไม่ต้องสนใจขณะเดียวกันพบว่าหากมีน้ำต่ำกว่าร้อยละ 30 จะไม่สามารถปั้นให้เป็นก้อนได้ ดังนั้นจึงอาจกำหนดเฉพาะปริมาณขั้นต่ำของส่วนผสมแต่ละชนิดเป็นร้อยละ 25, 25 และ 30 ตามลำดับ โดยให้สังเกตว่าปริมาณขั้นต่ำของส่วนผสมทั้งสามรวมกันต้องไม่เกินหรือเท่ากับร้อยละ 100 ไม่เช่นนั้นจะมีเพียงส่วนผสมเดียวที่เป็นไปได้หรือไม่มีส่วนผสมใดที่เป็นไปได้เลย

## 2.5 ถั่วขาว

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Phaseolus vulgalis* L. [24]

ชื่อสามัญ White kidneys bean, Navy bean, Haricot bean [24]

ชื่อท้องถิ่นไทย ถั่วขาว (ภาคกลาง) โปรง, โปรย (ภาคใต้) ปร้ย (สตูล) ประสักขาว (จันทบุรี) ลุ่ย (เพชรบุรี) [25]

ถั่วขาว เป็นพืชตระกูลถั่วและยังจัดเป็นพืชวงศ์เดียวกับถั่วเหลือง ซึ่งถั่วขาวมีต้นกำเนิดอยู่ในประเทศเม็กซิโกและกัวเตมาลา มีการปลูกถั่วขาวอยู่เป็นจำนวนมากในพื้นที่สูงของประเทศ และต่อมาชาวแอทเทกส์ (Aztecs) ได้นำถั่วขาวไปปลูกยังอเมริกากลาง และมีการแพร่ขยายพันธุ์เข้าไปยังยุโรป อเมริกาเหนือ อังกฤษ เรื่อยๆ มาจนในปัจจุบันนี้มีการปลูกถั่วขาวอยู่ทั่วไป และได้มีการนำถั่วขาวมาผลิตเป็นอาหารและนำมาสกัดสารใช้เป็นส่วนผสมในอาหารเสริมหลายชนิด ในปัจจุบันนี้ประเทศหลักที่ส่งออกถั่วขาวของโลกคือประเทศลาตินอเมริกา [25]

2.5.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [25]

ถั่วขาวเป็นพืชที่มีลักษณะคล้ายกับถั่วฝักยาว จัดเป็นพืชตระกูลถั่วที่เป็นพืชล้มลุกมีอายุประมาณหนึ่งปีหรือที่เรียกว่าพืชฤดูเดียว

2.5.1.1 ลำต้น เป็นพุ่มมีขนาดไม่สูงมากมีใบหนาทึบ จะมีความสูงเฉลี่ย 8-15 เซนติเมตร ลักษณะของพุ่มมีลักษณะคล้ายรูปทรงคล้ายปิรามิด และยังมีลักษณะเหมือนกับต้นของถั่วแขกและต้นถั่วแดงหลวง ส่วนโคนต้นมีขนาดใหญ่ ลำต้นมีเปลือกหยาบสีเทาหรือสีน้ำตาลรอบต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.7

**รูปที่ 2.7** ต้นถั่วขาว

**ที่มา** : [26]

2.5.1.2 ใบ ส่วนของใบถั่วขาวจะยื่นออกมาบริเวณข้อของต้น ใบจะมีลักษณะเป็นกลุ่มที่ปลายก้านโดยแต่ละกลุ่มจะมี 3 ใบ ลักษณะของใบคล้ายกับใบโพธิ์ คือมีฐานใบกว้าง ส่วนปลายแหลมของใบจะลักษณะเนื้อบนใบเนียนเรียบ เช่นเดียวกับขอบใบด้านบนของใบมีสีเขียวเข้มกว่าด้านล่างของใบมีขนเล็กๆ คล้ายกำมะหยี่อยู่รอบใบ

2.5.1.3 ดอกของถั่วขาว จะออกเป็นช่อในหนึ่งช่อจะมีดอกอยู่ประมาณ 3 ดอกต่อหนึ่งช่อ ซึ่งจะเป็นลักษณะพิเศษของถั่วขาว ดอกของถั่วขาวมีสีขาวอมม่วง สามารถผสมพันธุ์กันได้เป็นผลได้โดยไม่ต้องอาศัยเกสรจากดอกอื่น ดอกจะมีก้านยื่นออกมาจากช่อมีความยาวประมาณ 1 เซนติเมตร ก้านของช่อดอกจะยื่นออกมาจากซอกของก้านในที่ติดกันอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 2.8

**รูปที่ 2.8** ดอกถั่วขาว
**ที่มา** : [27]

2.5.1.4 ฝักของถั่วขาวจะเหมือนกับถั่วชนิดอื่น แต่จะมีลักษณะกลมเป็นทรงกระบอกยาวเรียวยาวหรือเรียวโค้ง มีความยาวประมาณ 7-14 เซนติเมตร มีความกว้างประมาณ 0.4-0.6 เซนติเมตร ฝักอ่อนจะมีสีเขียว ฝักแก่จะมีสีน้ำตาล ถั่วขาวจะมีการออกดอกและให้ผลผลิตตลอดทั้งปี ภายในฝักจะมีเมล็ดสีขาวเป็นทรงกลม ซึ่งเป็นที่ของชื่อถั่วขาว เมล็ดของถั่วขาวจะมีขนาดเล็กกว่าเมล็ดถั่วแดงหลวง ดังแสดงในรูปที่ 2.9

**รูปที่ 2.9** ฝักถั่วขาว
**ที่มา** : [28]

2.5.2 คุณค่าทางโภชนาการ

ถั่วขาวเป็นแหล่งอาหารที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 เพราะมีแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย

**ตารางที่ 2.1** ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของถั่วขาว 100 กรัม

| สารอาหาร | ปริมาณ |
|---|---|
| พลังงาน กิโลแคลอรี่ | 359.00 |
| น้ำ (กรัม) | 11.20 |
| โปรตีน (กรัม) | 22.30 |
| ไขมัน (กรัม) | 2.80 |
| คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | 61.10 |
| กากใยอาหาร (กรัม) | 3.10 |
| เถ้า (กรัม) | 2.60 |
| เหล็ก (กรัม) | 6.80 |
| วิตามิน B1 (มิลลิกรัม) | 0.32 |
| วิตามิน B2 (มิลลิกรัม) | 0.42 |
| ไนอะซิน (มิลลิกรัม) | 2.70 |
| ฟาซิโอลามีน (กรัม) | 2.00 |

**ที่มา** : [29], [30]

2.5.3 คุณประโยชน์ของถั่วขาว [31]

2.5.3.1 ในถั่วขาวมีสารที่ชื่อว่า ฟาซิโอลามิน (Phaseolamin) ที่ทำหน้าที่ช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ซึ่งมีส่วนช่วยในการยับยั้งการย่อยของคาร์โบไฮเดรต

2.5.3.2 ป้องกันไม่ให้เกิดอาการหิวบ่อย เนื่องจากในถั่วขาวมีใยอาหารสูง

2.5.3.3 สารฟาซิโอลามินในถั่วขาวจะมีหน้าที่ในการยับยั้งกระบวนการย่อยแป้งเป็นน้ำตาล แป้งที่บริโภคเข้าไปจึงไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายทั้งหมด ทำให้แป้งเหล่านั้นถูกขับออกจากทางร่างกายทางอุจจาระมากขึ้น เมื่อร่างกายได้รับแป้งน้อยลง จึงทำให้น้ำหนักตัวลดน้อยลงด้วย

2.5.3.4 ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด

2.5.3.5 มีส่วนช่วยลดระดับไตรกลีเซอไรด์ ถ้าปริมาณไตรกลีเซอไรด์มากเกินไป ก็จะไปสะสมตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย จนร่างกายอ้วนขึ้น และอาจมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจขาดเลือด

2.5.4 คุณสมบัติของถั่วขาว และคุณสมบัติของสารฟาซิโอลามีน Phaseolamin [24]

คุณสมบัติที่โดดเด่นที่สุดของถั่วขาว คือ ช่วยควบคุมน้ำหนัก โดยการยับยั้งการย่อยคาร์โบไฮเดรต โดยได้มีการทดลองให้ผู้ที่มีน้ำหนักเกินเล็กน้อยประมาณ 5-15 กิโลกรัม จำนวน 60 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 30 คน กลุ่มแรก รับประทานสารสกัดจากถั่วขาวอัดเม็ด น้ำหนัก 445 มิลลิกรัม จำนวน 1 เม็ด ก่อนรับประทานอาหารเที่ยงซึ่งปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงในอาหาร อาทิเช่น พาสต้า ข้าว มันฝรั่ง ขนมปัง ผลไม้สด และกาแฟใส่น้ำตาล เป็นต้น ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งให้รับประทานยาหลอกซึ่งไม่ได้มีสารสกัดจากถั่วขาว แล้วให้รับประทานอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงเช่นกัน โดยควบคุมอาหารทุกๆ มื้อของผู้ทดสอบทั้ง 2 กลุ่มให้มีปริมาณเหมือนกัน การทดลองอย่างต่อเนื่องนาน 30 วัน และตรวจติดตามผลของค่าน้ำหนักตัว น้ำหนักไขมัน และส่วนที่ไม่ใช่ไขมันในร่างกาย ความหนาของผิวหนัง ระยะรอบเอว สะโพก และต้นขา พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ได้รับสารสกัดจากถั่วขาวมีค่าที่ถูกตรวจติดตามทุกค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยส่วนที่ลดลงเป็นผลมาจากไขมันที่ลดลงเท่านั้น ส่วนของกล้ามเนื้อยังคงเดิม การที่ผู้ทดลองกลุ่มที่ได้รับประทานสารสกัดจากถั่วขาวจึงทำให้น้ำหนักลดลง เกิดขึ้นจากกลไกการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส โดยสารประกอบโปรตีนชื่อ ฟาซิโอลามีน ซึ่งปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างให้ไม่เหมาะกับการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส จากค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 6.6–7.6 ให้กลายเป็น 5.5 เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสจะทำหน้าที่ในการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล ซึ่งถูกดูดซึมที่ผนังลำไส้เล็ก น้ำตาลจะถูกส่งไปที่ตับเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงาน น้ำตาลส่วนเกินที่ไม่ถูกใช้จะเปลี่ยนเป็นไกลโคเจนสะสมอยู่ในตับหรือไขมันสะสมตามส่วนต่างๆของร่างกาย

## 2.6 แก่นตะวัน

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Helianthus tuberosus* L. [32]

ชื่อสามัญ Jerusalem artichoke, Sunchoke, Sunroot, Earth apple, Topinambour [32]

ชื่อท้องถิ่น แก่นตะวัน, แห้วบัวตอง, มันทานตะวัน [32]

แก่นตะวัน หรือทานตะวันหัว, แห้วบัวตอง จัดเป็นพืชล้มลุกอายุสั้น แก่นตะวันจะอยู่วงศ์เดียวกับเบญจมาศและเก๊กฮวย สกุลเดียวกับทานตะวัน มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาเหนือ นิยมปลูกแก่นตะวันกันมากในแถบตะวันออกกลาง ยุโรป และออสเตรเลีย แก่นตะวันจะมีดอกสีเหลืองคล้ายดอกบัวตอง แต่จะมีดอกขนาดเล็กกว่า แก่นตะวันมีหัวใต้ดินลักษณะคล้ายขิงหรือข่า เปลือกมีสีน้ำตาลอ่อน เนื้อข้างในจะมีสีขาว รสชาติจะรสหวาน แก่นตะวันจะกรอบคล้ายแห้วและมันแกว [33]

2.6.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [34]

แก่นตะวัน จัดเป็นพืชล้มลุก มีหัวไว้สำหรับสะสมอาหาร ลักษณะหัวของแก่นตะวันจะผิวที่ตะปุ่มตะป่ำ ผิวไม่ค่อยเรียบ มีลักษณะคล้ายหัวขิงและหัวข่า แต่มีหลากหลายสี เช่น สีเหลือง สีขาว สีแดง และสีม่วง แต่โดยทั่วไปแล้วเปลือกของแก่นตะวันจะมีสีน้ำตาลอ่อน เนื้อในจะมีสีขาว เนื้อของแก่นตะวันจะกรอบคล้ายแห้วดิบ การเจริญเติบโตของแก่นตะวันจะมีอยู่ 2 ช่วง ช่วงแรกนับตั้งแต่ตอนปลูกจนถึงออกดอกเป็นครั้งแรก แก่นตะวันจะสะสมอาหารในใบและลำต้น หรือที่เรียกว่าหัวแก่นตะวันหรือว่านแก่นตะวัน และช่วงที่สองหลังจากดอกแรกบานจนถึงระยะเก็บเกี่ยว ใบของแก่นตะวันจะหลุดร่วง อาหารที่สะสมไว้ที่ใบก็จะถูกส่งไปที่หัวของแก่นตะวันแทน ซึ่งหัวแก่นตะวันสามารถนำมารับประทานได้

2.6.1.1 ลำต้นแก่นตะวันจะมีลำต้นเหนือพื้นดินลักษณะกลม เปลือกลำต้นของแก่นตะวันมีสีม่วงเข้ม ขนาดลำต้นประมาณ 1-3 เซนติเมตร ลำต้นสูงประมาณ 150-160 เซนติเมตร ส่วนลำต้นใต้ดินเรียกว่า หัวเป็นลำต้นสะสมอาหาร หัวมีลักษณะแบ่งเป็นแง่งยาว ไม่มีขนหรือรากออกจากหัว ขนาดหัวประมาณ 2-6 เซนติเมตรยาวได้ถึง 6-20 เซนติเมตร ส่วนรากเป็นรากแขนงที่แตกออกบริเวณโคนต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.10

**รูปที่ 2.10** ลำต้นแก่นตะวัน
**ที่มา :** [35]

2.6.1.2 ใบ จะมีลักษณะเป็นใบคล้ายกับรูปไข่ ผิวของใบสาก จะมีขนตามกิ่งและใบ ลำต้นมีความสูงประมาณ 1.5-2 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 2.11

**รูปที่ 2.11** ใบแก่นตะวัน
**ที่มา** : [36]

2.6.1.3 ดอกของแก่นตะวัน จะมีลักษณะของดอกเป็นทรงกลมแบน ออกดอกเป็นช่อ ดอกของแก่นตะวันจะมีสีเหลือง คล้ายกับดอกทานตะวันหรือบัวตอง แต่มีขนาดเล็กกว่า ดังแสดงในรูปที่ 2.12

**รูปที่ 2.12** ดอกแก่นตะวัน
**ที่มา :** [37]

2.6.1.4 หัวของแก่นตะวัน มีลักษณะมีรูปลิ่มคล้ายเมล็ดดาวเรือง ปลายเรียวยาว เปลือกผลมีสัน 4 สัน สีน้ำตาลอ่อน มีลายสีน้ำตาล และมีขนสั้นแน่นปกคลุม ขนาดผลกว้างประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 5-8 มิลลิเมตร ด้านในเป็นเนื้อเมล็ด 1 เมล็ด ดังแสดงในรูปที่ 2.13

**รูปที่ 2.13** หัวแก่นตะวัน
**ที่มา** : [38]

2.6.1.5 ฤดูออกดอก แก่นตะวันจะออกดอกบานประมาณ 60 วัน และทั้งแปลงปลูกจะมีต้นแก่นตะวันที่ออกดอกอยู่ประมาณ 2 เดือน ดอกจะมีสีเหลืองคล้ายกับดอกบัวตอง

2.6.1.6 วิธีการปลูกและดูแล แก่นตะวันเป็นพืชที่ปลูกง่าย ลักษณะการปลูกคล้ายกับการปลูกขมิ้นชัน แก่นตะวันเติบโตได้ดีในดินร่วนปนดินทราย และทำให้แก่นตะวันที่ได้จากดินร่วนปนทรายสามารถปลูกได้ทุกฤดู โดยเฉพาะช่วงฤดูฝนอาจจะต้องระวังอย่าให้น้ำขัง เพราะถ้าน้ำขังจะทำให้หัวแก่นตะวันเกิดการเน่าเสียได้

2.6.2 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ [39]

แก่นตะวันเป็นพืชพรีไบโอติก (Prebiotics) จัดเป็นอาหารที่มีสารใยสูงซึ่งประกอบด้วย อินนูลิน (Inulin) และฟรุคโตโอลิโกแซคคาร์ไรด์ (FOS) ซึ่งเป็นน้ำตาลเชิงซ้อน ในโครงสร้างมีฟรุคโตสหลายโมเลกุลเกาะอยู่กับกลูโคส จึงจัดเป็นสารประเภทกึ่งแป้งกึ่งน้ำตาล และพบโครงสร้างเหล่านี้ได้ในผักและผลไม้ตามธรรมชาติได้ เช่น กระเทียม กล้วยหอม และแก่นตะวันยังจัดเป็นพืชที่มีปริมาณอินนูลินที่สูงถึงร้อยละ 14-19 อินนูลินจะสะสมไว้ที่หัวใต้ดินของแก่นตะวัน

2.6.2.1 อินนูลิน จัดเป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่มีโมเลกุลของฟรุกโตสต่อเชื่อมเป็นสายโซ่จำนวน 10-50 โมเลกุล ทำให้อินนูลินมีคุณสมบัติเป็นอาหารเยื่อใย (Dietary Fiber) ที่ไม่ถูกย่อยในระบบย่อยอาหาร อินนูลินจึงผ่านไปถึงลำไส้ใหญ่ และถูกนำไปใช้โดยแบคทีเรียที่มีประโยชน์ หรือ

โพรไบโอติก (Probiotic) เช่น บิฟิโดแบคทีเรีย (*Bifidobacteria*) กลุ่มของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแล็กติก (Lactic Acid Bacteria, LAB) ทำให้แบคทีเรียที่มีประโยชน์เหล่านี้เพิ่มจำนวนมากขึ้น และไปยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่เป็นโทษ เช่น *Clostridium Perfringens* และ *Escherichia coli* ดังนั้น อินนูลินจึงนับได้ว่าเป็นสารพรีไบโอติก (Prebiotic) ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ช่วยป้องกันโรคมะเร็งลำไส้ ช่วยในการย่อยและการดูดซึมสารอาหาร การดูดซึมแคลเซียม และการสังเคราะห์วิตามิน [7]

2.6.2.2 การทำงานของฟรุคโตโอลิโกแซคคาร์ไรด์ (Fructo-Oligosaccharides หรือ FOS) [40]

1) ฟรุคโตโอลิโกแซคคาร์ไรด์ เป็นอาหารของแบคทีเรียกลุ่มที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เป็นอาหารจำเพาะของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์เฉพาะกลุ่มบิฟิโดแบคทีเรีย (*Bifidobacteria*) และยังมีส่วนในการยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ และเชื้อโรคอื่นในลำไส้ใหญ่ ทั้งนี้เนื่องจากเอนไซม์ β-fructosidase ซึ่งย่อยพันธะ β-2,1 โดยเฉพาะกลุ่มบิฟิโดแบคทีเรีย และไม่มีในเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นโทษเข้าย่อยฟรุคโตโอลิโกแซคคาร์ไรด์ด้วย จึงทำให้บิฟิโดแบคทีเรียมีจำนวนมาก และยังมีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นและลดปริมาณของแบคทีเรียที่เป็นโทษลดลงในขณะเดียวกัน

2) การย่อยของฟรุคโตโอลิโกแซคคาร์ไรด์จะช่วยกระตุ้นการบีบตัว (Peristalsis) ของลำไส้ [69]

3) เพิ่มการดูดซึมของแร่ธาตุ โดยกรดไขมันสายสั้นจะมีการเพิ่มการดูดซึมโซเดียม แคลเซียม และคลอไรด์ โดยการกระตุ้นการทำงานของกระบวนการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนในลำไส้ใหญ่

4) ฟรุคโตโอลิโกแซคคาร์ไรด์และอินนูลิน จะทำหน้าที่ในการยับยั้งการสร้างคอเลสเทอรอลในร่างกาย เมื่อร่างกายได้รับสารอาหารที่มีฟรุคโตโอลิโกแซคคาร์ไรด์ และอินนูลินจะส่งผลทำให้น้ำย่อยในกระเพาะอาหาร การใช้ประโยชน์ของบิฟิโดแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้และได้กรดไขมันสายสั้น [38]

2.6.3 ประโยชน์ของแก่นตะวัน [41]

2.6.3.1 แก่นตะวัน จัดเป็นพืชพรีไบโอติกที่มีเส้นใยสูงมาก ถ้ารับประทานแก่นตะวันเข้าไปจะไปช่วยในการดักจับไขมันในเส้นเลือดที่มีอยู่มากเกินไปในร่างกายได้

2.6.3.2 แก่นตะวันจะช่วยในการควบคุมน้ำหนัก เนื่องจากแก่นตะวันมีสารประกอบเชิงซ้อนกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงานต่ำกว่าคาร์โบไฮเดรตทั่วไป มีลักษณะคล้ายกับแป้งจะช่วยรักษาระดับพลังงานให้คงที่ได้ ทำให้รู้สึกอิ่มนานขึ้น ซึ่งไม่เหมือนกับแป้งทั่วไปที่ร่างกายย่อยสลายแล้วถูกดูดซึมเข้าไปสะสมเป็นไขมันแล้วทำให้อ้วน จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก

2.6.3.3 ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและโรคหลอดเลือด เนื่องจากแก่นตะวันจัดเป็นเส้นใยอาหารจะเป็นตัวช่วยดูดซับไขมันที่เป็นโทษต่อร่างกาย

2.6.3.4 ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดและยังช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวานได้เป็นอย่างดี เนื่องจากแก่นตะวันมีแคลอรีต่ำ ซึ่งไม่ส่งผลต่อระดับน้ำตาลในเลือด เหมาะสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน หากรับประทานอย่างต่อเนื่องจะลดระดับน้ำตาลในเลือดได้

2.6.3.5 ช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ช่วยในการทำงานของลำไส้ให้เป็นปกติ และยังช่วยบำรุงสุขภาพของลำไส้ใหญ่ได้เป็นอย่างดี เพราะผู้ที่ได้รับแก่นตะวันเป็นประจำ จะทำให้ลำไส้ใหญ่มีแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเพิ่มมากขึ้น และมีปริมาณของแบคทีเรียที่เป็นอันตรายต่อร่างกายหรือแบคทีเรียที่เป็นตัวก่อโรคลดลง

2.6.3.6 ช่วยลดอาการจุกเสียดแน่นท้อง แก้อาการท้องเสีย

2.6.3.7 แก่นตะวันมีส่วนช่วยในการขับปัสสาวะ

2.6.3.8 หัวแก่นตะวันสามารถรับประทานสดเป็นผัก และยังใช้ทำขนมรับประทานได้ ซึ่งภายในหัวแก่นตะวันจะมีน้ำอยู่ร้อยละ 80 และมีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 18 โดยคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่เป็นอินนูลิน (Inulin) ที่เป็นสารเยื่อใยอาหารที่ให้ความหวาน ซึ่งอินนูลินจะไม่ถูกย่อยในกระเพาะและลำไส้เล็ก จึงสามารถอยู่ในระบบทางเดินอาหารเป็นเวลานานทำให้ไม่รู้สึกหิว กินอาหารได้น้อย ช่วยลดความอ้วนและป้องกันโรคเบาหวานได้

2.6.4 คุณค่าทางโภชนาการ

แก่นตะวันเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงมาก ดังแสดงในตารางที่ 2.2 เพราะมีแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม และฟอสฟอรัส [42]

**ตารางที่ 2.2** ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของแก่นตะวัน 100 กรัม

| สารอาหาร | ปริมาณ |
|---|---|
| พลังงาน กิโลแคลอรี่ | 73.00 |
| คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | 17.44 |
| น้ำตาล (กรัม) | 9.60 |
| เส้นใย (กรัม) | 1.60 |
| ไขมัน (กรัม) | 0.01 |
| โปรตีน (กรัม) | 2.00 |
| วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม) | 0.20 |
| วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม) | 0.06 |
| วิตามินบี 3 (มิลลิกรัม) | 1.30 |
| วิตามินบี 5 (มิลลิกรัม) | 0.397 |
| วิตามินบี 6 (มิลลิกรัม) | 0.077 |
| วิตามินบี 9 (มิลลิกรัม) | 13.00 |
| วิตามินซี (มิลลิกรัม) | 4.00 |
| ธาตุแคลเซียม (มิลลิกรัม) | 14.00 |
| ธาตุเหล็ก (มิลลิกรัม) | 3.40 |
| ธาตุแมกนีเซียม (มิลลิกรัม) | 17.00 |
| ธาตุฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม) | 78.00 |
| ธาตุโพแทสเซียม (มิลลิกรัม) | 429.00 |
| อินนูลิน (กรัม) | 20.00 |
| ฟรุคโตโอลิโกแซคคาร์ไรด์ | 5.16 |

**ที่มา :** [42], [52]

## 2.7 การทดสอบผู้บริโภค [43]

มนุษย์รู้จักที่จะใช้ประสาทสัมผัสบอกแก่ตนเอง และบอกแก่ผู้อื่นในการตัดสินใจว่าอาหารหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ มีสี กลิ่น รส ลักษณะเนื้อสัมผัส และความพึงพอใจในระดับต่างๆ มนุษย์จะค่อยๆ พัฒนาการเรียนรู้ การรับรู้ ผ่านระบบประสาทสัมผัสของมนุษย์เอง จนเกิดความแม่นยำเสมอเหมือนมนุษย์ที่มีประสาทสัมผัสเป็นอุปกรณ์ทดสอบอาหาร จนกระทั่งเกิดเป็นหลักการของศาสตร์สำคัญที่สามารถใช้งานร่วมกับกิจกรรมต่างๆ ทุกระดับของภาคการวิจัย และภาคการผลิตในวงการอาหารยอมรับว่า ผลิตภัณฑ์อาหารที่ไม่ผ่านการทดสอบด้วยประสาทสัมผัสของมนุษย์เสมือนเป็นสินค้าที่ไม่มีใครรู้จักหรือสินค้าตาบอด (Blind Product)

2.7.1 การใช้มนุษย์เป็นอุปกรณ์ทดสอบ (Panel Instrument)

การใช้มนุษย์หรือใช้ประสาทสัมผัสของมนุษย์เป็นอุปกรณ์ทดสอบหรือเสมอเหมือนอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ทดสอบคุณภาพอาหารนับว่าเป็นการใช้ทางลัดของการวิเคราะห์คุณภาพอาหาร โดยไม่ต้องพึ่งวัสดุอุปกรณ์เคมี ส่วนการจัดยอมรับคำตัดสินหรือไม่เป็นเรื่องที่ต้องอยู่ภายในกรอบของหลักการออกแบบทดสอบ และวิเคราะห์ผลสรุปทางสถิติให้ได้ ซึ่งวิธีดังกล่าวได้รับการยอมรับว่าไม่แตกต่างไปจากวิธีการทดสอบด้วยอุปกรณ์วัตถุ เรียกว่า Objective Test สำหรับเทมอที่เรียก อุปกรณ์มนุษย์ ในการทดสอบคุณภาพอาหารหรือคุณภาพสิ่งใดๆ เรียกอย่างใดอย่างหนึ่งว่า Panel, Subject, Judge, Respondent, Taster และ Assessor ผู้ทดสอบหรืออุปกรณ์มนุษย์ (Tester) จัดเป็นอุปกรณ์พิเศษที่มีขีดจำกัด ดังนี้ มนุษย์มีความแปรปรวนตลอดเวลาอย่างเห็นได้ชัดตามธรรมชาติ มนุษย์มีความแตกต่างระหว่างมนุษย์ด้วยกันมาก และมนุษย์มีความเอนเอียงไปสู่ความมีอคติ ลำเอียง ลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์มนุษย์หรือผู้ทดสอบทั้ง 3 ประการ จัดเป็นขีดจำกัดของการนำไปใช้ในการทดสอบคุณภาพอาหาร ดังนั้น ต้องตระหนักไว้ และตัดตอนออกไปให้ได้มีข้อแนะนำเพื่อลดขีดจำกัด ความแปรปรวนของมนุษย์ คือ การทดลองหลายซ้ำ ความแตกต่างของมนุษย์ คือ ใช้วิธีการเพิ่มจำนวนผู้ทดสอบ และความเอนเอียงของมนุษย์ คือ ใช้วิธีฝึกหัด และองค์ประกอบของวิทยาศาสตร์ทางประสาทสัมผัสจะต้องพิจารณาองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบ คือ

2.7.1.1 ลักษณะทางสภาวะกายภาพหรือสรีระของประสาทสัมผัส (Physiological of Senses) หมายถึง อวัยวะของมนุษย์ที่มีระบบประสาทการรับรู้ ได้แก่ ตา หู จมูก ปาก และผิวหนัง ส่วนประสิทธิภาพการรับรู้จะมีระดับใดก็ถือเป็นเหตุปัจจัยที่ต้องเข้าใจให้ลึกซึ้ง และสร้างมาตรฐานของระบบประสาทเหล่านี้ให้เกิดขึ้น โดยผ่านระบบการคัดเลือก และการฝึกหัดของผู้ทดสอบหรือใช้ผู้ทดสอบที่มาจากผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์

2.7.1.2 ลักษณะทางสภาวะจิต (Psychological of Senses) หมายถึง อิทธิพลของสิ่งที่มากระทบทางจิต เช่น อิทธิพลจากเวลาและสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อความชอบ ความกระตือรือร้น ทัศนคติ ซึ่งจะโยงไปสู่ความแม่นยำ ในการรับรู้ของอวัยวะของมนุษย์ จนไปสู่คำตัดสินของประสาทสัมผัส

การควบคุมผลทางสภาวะจิตอาจจะซับซ้อนกว่าข้อมูลทางสภาวะกายภาพ การใช้ระบบการคัดเลือก และการฝึกหัดของผู้ทดสอบ อาจจะไม่สามารถทำได้ ดังนั้น จึงต้องตัดตอนข้อจำกัดนี้ โดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์แขนงอื่นประกอบ เช่น หลักสถิติตามรูปแบบทดสอบหรือการออกแบบทดลองหรือรูปแบบของแบบทดสอบ

2.7.1.3 การออกแบบทดลองตามหลักวิเคราะห์สถิติ (Experimental Design) หมายถึงองค์ประกอบของการใช้หลักวิทยาศาสตร์ของการออกแบบการทดลอง การควบคุมตัวแปร รวมทั้งปัจจัยร่วมที่จะทำให้เกิดการแปรผล และแสดงบทสรุปนำไปสู่วัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.7.2 สภาวะร่างกายมนุษย์ต่อระบบการรับรู้ (Human Condition for Perception System)

มนุษย์มีความเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทั้งสภาวะ และสภาวะจิตใจโดยอาศัยปัจจัยภายในและภายนอกร่างกาย เช่น ลักษณะทางพันธุกรรม เพศ วัย วัฒนธรรม การศึกษา และนวัตกรรม สังคม เป็นต้น มีผลทำให้มนุษย์มีประสิทธิภาพของการรับรู้ด้วยประสาทสัมผัสแตกต่างกันออกไปบ้างก็มีความไวหรือความอ่อนไหว (Sensitivity) มีความมั่นคง (Stable) สามารถใช้ระบบประสาทอย่างแม่นยำทำซ้ำๆ ได้เหมือนเดิม (Reproducible) มีความรู้สึกเอนเอียง (Bias) มีอารมณ์แปรปรวน (Variability) ไม่มีเหตุผลเต็มไปด้วยจิตสำนึกคิด (Rational) มีความชัดเจน (Meaningful) เป็นต้น โดยสภาวะร่างกายมนุษย์ต้องระบบการรับรู้มีดังนี้

2.7.2.1 สภาวะทางกาย (Physiological Condition) สภาวะทางกายภาพของร่างกายมนุษย์ที่ตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งที่มากระทบ เช่น ความไวลดลงเนื่องจากวัยสูงขึ้น อาการชินเนื่องจากได้รับสารสิ่งเร้าซ้ำๆ ตลอดเวลาจนเกิดการปรับตัวหรือในทางตรงข้าม คือ มีความสามารถในการรับรู้เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุจากการที่ร่างกายได้รับการกระตุ้น หรือเพิ่ม (Enhancement) หรือเสริมฤทธิ์ (Synergism) ด้วยสารประกอบอีกชนิดที่อยู่ในอาหาร ทั้งหมดเป็นผลสู่สภาวะกายภาพของประสาทสัมผัสดังนี้

1) สภาวะปรับตัวหรือชิน (Adaptation Condition) หมายถึง การปรับตัวหรือปรับร่างกายให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมที่มากระทบเป็นสภาวะธรรมชาติของมนุษย์ มีผลให้ระบบความไวต่อการรับรู้หรือตอบสนองเปลี่ยนไปในทางช้าลงหรือว่องไวขึ้นผลดังกล่าวจะต้องควบคุมหรือหลีกเลี่ยง

2) สภาวะเพิ่มหรือระงับ (Enhancement or Suppression Condition) หมายถึงสภาวะที่เกิดขึ้นเมื่อมนุษย์ได้รับสิ่งเร้าในคราวเดียวกันหลายชนิด อาจจะมีชนิดหนึ่งมีผลทำให้ร่างกายมนุษย์ตอบสนองต่อสิ่งเร้าเปลี่ยนเป็น เพิ่ม ระงับ ต้าน หรือ เสริมฤทธิ์ได้

2.7.2.2 สภาวะทางจิตหรืออารมณ์ (Psychological Condition) หมายถึง สภาวะใดๆ ที่มากระทบจิต ทำให้จิตตอบสนองไปร่วมกับประสาทสัมผัสด้านการรับรู้ มีอิทธิพลให้เกิด ความคลาดเคลื่อน (Error) ในการวิเคราะห์คุณภาพอาหาร ดังนั้น ต้องทำความเข้าใจกับอิทธิพลเหล่านี้ เพื่อสร้างมาตรฐานการวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

1) อิทธิพลของความคาดหวัง (Expectation Effect) ความคาดหวังไว้ล่วงหน้าจากสิ่งที่กระทบจิต เช่น การเห็นชื่อ การเห็นเลขรหัสตัวอย่าง การรับรู้ข้อมูลบางอย่างที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ การรู้จักชื่อผู้ผลิต ความภักดี (Royalty) ในตราผลิตภัณฑ์ ล้วนมีอิทธิพลในการคาดหวังล่วงหน้าว่าสิ่งนั้นๆ ดีหรือไม่ดี จะต้องหลีกเลี่ยงและควบคุม เช่น การใช้เลขรหัสต้องไม่บ่งบอกความเชื่อถือโชคลาง เช่น 1, 9 และ 13 สัญลักษณ์ A และ F แนะนำให้ใช้ตารางสุ่มเลขรหัส 3 ตัว แทนการแสดงตารางหรือชื่อเฉพาะ

2) อิทธิพลของสิ่งเร้า (Stimulus Effect) หรืออิทธิพลจากสิ่งเร้า ที่มีความรู้สึกการรับรู้ของมนุษย์ ได้แก่ สี รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร และภาชนะบรรจุ ดังนั้น อิทธิพลของสิ่งเร้าจัดเป็นอิทธิพลปกติที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาร่วม (Interaction) ระหว่างสิ่งเร้าหลายชนิดในขณะที่มีการวิเคราะห์คุณลักษณะหนึ่งๆ เช่น ต้องการวิเคราะห์รสชาติ ต้องไม่ให้มีผลกระทบระหว่างรสชาติกับสี

3) อิทธิพลของการใช้เหตุผล (Logical Effect) คล้ายกับอิทธิพลของสิ่งเร้าเน้นตรงที่มีความรู้ และเหตุผล ใช้ประกอบการตัดสินใจเสริมกับการรับรู้ เช่น ต้องการวิเคราะห์กลิ่นหืนของมันฝรั่งทอด อาจมีความรู้สึกที่ได้จากการเห็นสีเหลืองแตกต่างกัน จะให้เหตุผลเชื่อมโยงที่เข้ากันได้กับปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในการทดสอบต้องเสนอผลิตภัณฑ์ในลักษณะที่มีความสม่ำเสมอและจัดตัวอย่างโดยไม่ให้ปรากฏความแตกต่างที่ทำให้ผู้ทดสอบนำไปเชื่อมโยงกับเหตุผลแทนการวิเคราะห์อาหารอย่างจริงจัง

4) อิทธิพลของความเคยชิน ความคุ้นเคย (Habituation Effect) มีผลกระทบต่อความไวของการรับรู้หรือความไวของการสังเกต ทำให้ขาดความกระตือรือร้น ซึ่งเป็นลักษณะนิสัยด้านลบของมนุษย์ แม้ว่าการทดสอบซ้ำๆ อาจสร้างประสบการณ์ให้กับผู้ทดสอบ แต่เห็นได้ชัดเจนว่าอิทธิพลของปัจจัยดังกล่าวลดความว่องไวในการวิเคราะห์ เช่น ผู้ทดสอบในหน่วยควบคุมคุณภาพหากได้รับอิทธิพลของความเคยชิน และจำเจต่องานในการทำหน้าที่วิเคราะห์อาจทำให้ผลวิเคราะห์คลาดเคลื่อนได้ อิทธิพลของความเคยชินในแง่ของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์อาจแปรเปลี่ยนเป็นความคุ้นเคย และความติดใจจนแยกไม่ออก เช่น มีความเคยชินต่อการรับประทานข้าวเจ้ามากกว่าขนมปัง พิซซ่า เป็นต้น

5) อิทธิพลของภาพรวม (Halo Effect) หมายถึง อิทธิพลจากหลายลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ซึ่งมนุษย์แยกออกมาค่อนข้างยาก เพราะมนุษย์ใช้ประสาทรับรู้ร่วมกันได้ไม่ดี อาจเกิดอาการล้า เช่น การรับรู้ลักษณะปรากฏทางสี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส เพื่อลดอิทธิพลร่วมดังกล่าว ควรให้เวลาในการปล่อยให้ประสาทสัมผัสทำงาน โดยเว้นจังหวะให้เหมาะสม นอกจากนี้ ระบบการรับรู้แต่ละอย่างไม่ว่าจะ

เป็นด้านการเห็น (Vision) การดมกลิ่น (Aroma) การชิมรส (Taste) การสัมผัส (Texture) การฟังเพลง (Sound) มนุษย์จะประมวลออกมาแบบปฏิกิริยารวมเสมอ

6) อิทธิพลจากการแลกเปลี่ยนความเห็น (Mutual Suggestion Effect) การตัดสินใจ ของผู้ทดสอบในบางครั้งอาจได้รับอิทธิพลมาจากผู้อื่น โดยวิธีการพูดคุยให้ความเห็นต่อกัน ทั้งตั้งใจ และไม่ตั้งใจ ทำให้ผู้ทดสอบอาจไม่กล้าแสดงความรู้สึกแท้จริงออกมา ต้องสร้างบรรยากาศให้เกิดความอิสระ เช่น ใช้สถานที่ทดสอบแยกไม่ให้ได้ยินเสียงรบกวน

7) อิทธิพลจากการกระตือรือร้น (Motivation Effect) ความกระตือรือร้นจะมีผลส่งเสริมการรับรู้ของผู้ทดสอบในทุกด้าน ในขั้นตอนของกระบวนการฝึกฝนผู้ทดสอบ พบว่า การสร้างนิสัยให้ผู้ทดสอบเกิดความสนใจในการใช้ประสาทสัมผัส เพื่อวิเคราะห์อาหารอย่างถูกต้องนั้น ต้องมีวิธีทำให้ผู้ทดสอบเกิดความกระตือรือร้นในการทำงาน ซึ่งอาจทำได้หลายวิธี เช่น การให้รางวัล การให้ความชอบ

8) อิทธิพลของความลังเล และขาดความกล้า (Capriciousness and Timidity Effect) มนุษย์บางกลุ่มมักไม่กล้าวิเคราะห์คุณภาพในลักษณะสุดสเกลหรือตึง เช่น ไม่กล้าระบุว่ามากที่สุดหรือน้อยที่สุดอาจเป็นเพราะอารมณ์สงสารหรืออิจฉาก็เป็นได้จึงมักวิเคราะห์คุณภาพในระดับปานกลาง และพอใช้เพื่อให้ผลลัพธ์ออกมาไม่ค่อยแตกต่างในระหว่างตัวอย่างชัดเจนเกินไป หรือในทางกลับกันมีบางกลุ่มที่ค่อนข้างเจาะจงวิเคราะห์คุณภาพในระดับตึงเกินไป เช่น มากเกินไป และน้อยเกินไปหรืออยู่ตำแหน่งสุดสเกลมากๆ จนไม่เป็นธรรมชาติ เพื่อหลีกเลี่ยงอิทธิพลเหล่านี้ ต้องให้คำชี้แจงก่อนใช้แบบสอบถามหรือแบบทดสอบ รวมทั้งอธิบายเรื่องการใช้สเกลกำหนด ให้เข้าใจร่วมกับให้คำแนะนำเป็นแนวทางพร้อมกับสาธิต

9) อิทธิพลของการเสนอตัวอย่าง (Sample Presentation Effect) มีอิทธิพลต่อการรับรู้ของประสาทสัมผัสมนุษย์ (Human Sense) ได้ตลอดเวลา แม้ผู้ทดสอบจะผ่านการฝึกมาแล้ว เนื่องจากธรรมชาติของมนุษย์ผูกพันอยู่กับลำดับของตัวอย่าง ที่ทดสอบก่อน และหลังเสมอ บ้างก็ติดใจตัวอย่างต้นจนไม่ลืม บ้างก็คาดหวังว่าจะมีตัวอย่างที่ดีกว่าไปเรื่อยๆ บ้างก็พอใจตัวอย่างใดแล้วตัวอย่างที่เหลือเป็นอันว่าไม่อยู่ในความสนใจ

## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 สมชาย ประภาวัต และคณะ [44] ศึกษาการผลิตโปรตีนเกษตรจากแป้งถั่วลิสงพร่องไขมัน จากโปรตีนเกษตร 6 สูตร ผลิตจากแป้งถั่วลิสงพร่องไขมันและไม่เสริมด้วย ดีแอลเมทธิโอนินร้อยละ 1 แป้งถั่วลิสงพร่องไขมันร้อยละ 25, 50 โดยมีการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อลักษณะต่างๆ ในด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับในการบริโภคของโปรตีนเกษตรแห้งหลังแช่น้ำ ยำโปรตีนเกษตร ยำวุ้นเส้น และผัดโป๊ยเซียน จากโปรตีนเกษตรทั้ง 6 สูตร ผลการศึกษาพบว่า โปรตีนเกษตรแห้งหลังแช่น้ำ ยำโปรตีนเกษตรและยำวุ้นเส้นได้รับการยอมรับในการบริโภคไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนผัดโป๊ยเซียนซึ่งทำจากแป้งถั่วลิสงพร่องไขมันเสริมคุณค่าโปรตีนด้วยดีแอลเมทธิโอนินร้อยละ 1 ได้รับการยอมรับในการบริโภคจาก ผู้ชิมไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

2.8.2 เยาวดี คุปตะพันธ์ และคณะ [45] ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนเกษตรจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มซึ่งผลิตโดยเครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ โดยทำโปรตีนเกษตร 3 สูตร คือ แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มเสริมคุณค่าโปรตีนดีแอลเมทธิโอนิน ร้อยละ 1 และแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มเสริมคุณค่าโปรตีนด้วยแป้งงานพร่องไขมันร้อยละ 25 ซึ่งใช้เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ในการผลิตโปรตีนเกษตรทั้ง 3 สูตร ผลการศึกษาพบว่า โปรตีนเกษตรที่เสริมดีแอลเมทธิโอนินและแป้งงาพร่องไขมันสามารถให้คุณค่าทางโภชนาการที่มากกว่าโปรตีนเกษตรจากแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม

2.8.3 กาญจนารัตน์ ทวีสุข และคณะ [46] ศึกษาการใช้โปรตีนเกษตรทดแทนในเนื้อหมูในกุนเชียง โดยใช้โปรตีนเกษตรร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของเนื้อหมูทั้งหมดที่ใช้ในการทำกุนเชียง ทำการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค ด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อโปรตีนเกษตรทดแทนในเนื้อหมู ผลการศึกษาพบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับกุนเชียงที่ใช้โปรตีนเกษตรทดแทนร้อยละ 10 และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.8.4 สมชาย ประภาวัต [47] ศึกษาผลของความชื้นของโปรตีนเกษตรชนิดถั่วเหลืองไขมันเต็ม ได้ทำการทดลองผลิตโปรตีนเกษตรที่มีความชื้นร้อยละ 35, 40 และ 45 โดยใช้เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ในการผลิตโปรตีนเกษตร ที่อุณหภูมิ 160-170 องศาเซลเซียส และใช้ความดัน 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 10 นาที และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า โปรตีนเกษตรที่มีความชื้นร้อยละ 35 และร้อยละ 40 เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเป็นอย่างดี และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านความพอง รูปร่าง สี และความชอบ

2.8.5 นันทวรรณ กิจเจริญถาวรชัย [48] ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์นักเก็ตเนื้อเทียมแช่แข็ง โดยให้ผลิตภัณฑ์นักเก็ตเนื้อเทียมเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะปรากฏ รสชาติ และเนื้อสัมผัสคล้ายนักเก็ตทำจากเนื้อสัตว์ ให้เป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ และผู้บริโภคที่รับประทานอาหารมังสวิรัติ

ผลจากการสำรวจพบว่า ผู้บริโภคต้องการผลิตภัณฑ์นักเก็ตเนื้อเทียมที่มีลักษณะปรากฏน่ารับประทาน รสชาติอร่อย และเนื้อสัมผัสคล้ายกับนักเก็ตที่ทำจากเนื้อสัตว์ เมื่อทำการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์นักเก็ตเนื้อเทียมด้วยการเติมโปรตีนเกษตร พบว่า ผลิตภัณฑ์นักเก็ตเนื้อเทียมที่มีการเติมโปรตีนเกษตรคืนรูปร้อยละ 75 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในทุกๆ ด้าน จึงทำการศึกษาผลของสารช่วยยึดเกาะโดยใช้เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0, 1 และ 2 และแซนแทนกัมร้อยละ 0, 0.25 และ 0.50 พบว่าเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสและแซนแทนกัม มีผลต่อสมบัติด้านเนื้อสัมผัส ผลการศึกษาพบว่าสูตรผลิตภัณฑ์นักเก็ตเนื้อเทียมแช่แข็งที่ได้ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เนื้อเทียมประกอบด้วย โปรตีนเกษตรคืนรูปร้อยละ 75 น้ำร้อยละ 10.6 โปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 4.1 กลูเตนร้อยละ 4.1 น้ำมันถั่วเหลืองร้อยละ 2.7 เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 2 สารแต่งกลิ่นร้อยละ 1.0 และสารปรุงแต่งรสร้อยละ 0.8 และส่วนที่ 2 แป้งชุบทอด ประกอบด้วย แป้งสาลีร้อยละ 88 แป้งมันร้อยละ 4 แป้งดัดแปรร้อยละ 4 ผงฟูร้อยละ 2 และเกลือร้อยละ 2 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง 6.9-7.3 โดยผู้บริโภคร้อยละ 88 ยอมรับผลิตภัณฑ์ และผู้บริโภคร้อยละ 88 สนใจซื้อผลิตภัณฑ์นักเก็ตเนื้อเทียมแช่แข็ง

2.8.6 ดวงใจ มาลัย และคณะ [49] ศึกษาผลของการพัฒนาบะหมี่สดผสมผงแก่นตะวัน โดยอัตราส่วนของส่วนผสมเป็นร้อยละ 0:100, 10:90, 15:85 เป็นอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งแก่นตะวัน ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความเข้มของสี ด้านกลิ่นรสของผงแก่นตะวัน ด้านความเหนียวและความนุ่ม เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงแก่นตะวันพบว่ามีร้อยละของความชื้น โปรตีน ไขมัน กากอาหาร เถ้า และคาร์โบไฮเดรตเป็น 8.42, 8.14, 0.30, 5.28 และ 73.63 ตามลำดับ และบะหมี่สดผสมผงแก่นตะวันอัตราส่วน 90:10 เป็น 21.57, 9.76, 0.71, 2.42, 1.36 และ 66.79 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าบะหมี่สดผสมผงแก่นตะวันอัตราส่วนร้อยละ 10:90 ได้คะแนนทางประสาทสัมผัสทุกด้านสูงสุด ($p<0.05$)

2.8.7 ณัฐธิดา กิจเนตร และคณะ [50] ศึกษาผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผสมแก่นตะวัน โดยมีการเตรียมและการผสมแก่นตะวันแตกต่างกันทั้ง 4 วิธี กรรมวิธี 1 แก่นตะวันแบบสดปั่นละเอียด กรรมวิธี 2 แก่นตะวันแบบสดสับหยาบ กรรมวิธี 3 แก่นตะวันแบบอบแห้งบดเป็นผงละเอียด กรรมวิธี 4 แก่นตะวันแบบอบแห้งบดหยาบ ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ผลการศึกษาพบว่า กรรมวิธี 1 ได้คะแนนการยอมรับมากที่สุดในทุกคุณลักษณะ ($p\leq0.05$) ดังนั้นจึงเลือกกรรมวิธีที่ 1 เป็นสูตรในการศึกษาปริมาณแก่นตะวันที่เหมาะสม ในการผลิตนมถั่วเหลือง โดยเสริมแก่นตะวันแตกต่างกัน 3 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 100 กรัม สูตรที่ 2 150 กรัม และสูตรที่ 3 200 กรัม และทำทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่มเนียน ความหนืดข้น และความชอบโดยรวม พบว่า สูตรที่ 3 เป็นสูตรที่มีการเสริมปริมาณแก่นตะวัน 200 กรัม ได้คะแนนการยอมรับมากที่สุดในทุกคุณลักษณะ ($p\leq0.05$)

2.8.8 จุฑามาศ อบทม และคณะ [51] ศึกษาการทำแป้งเครปเสริมแก่นตะวัน โดยทำการศึกษาอัตราส่วนของแป้งเครปเสริมแก่นตะวัน 2 ระดับ คือ ร้อยละ 50 และร้อยละ 100 ทำการศึกษาการยอมรับด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวมของแป้งเครปเสริมแก่นตะวัน ผู้ทดสอบให้การยอมรับพบว่า แป้งเครปเสริมแก่นตะวันร้อยละ 50 มากที่สุดในทุกด้าน

2.8.9 ศิริพร ตันจอ และคณะ [52] ศึกษาอินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ในแก่นตะวันสายพันธ์ต่างๆ เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณอินนูลิน และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรค์ FOS ประกอบด้วย 1-Kestose (หรือ 1-Kestotriose; GF2), Nystose (1,1-Kestotetraose; GF3), และ 1F-β-Fructofuranosylnystose (1,1,1-Kestopentaose; GF4)] ในแก่นตะวัน เก็บตัวอย่างแก่นตะวันแต่ละสายพันธุ์ประมาณ 1 กิโลกรัม โดยแต่ละสายพันธุ์ได้ถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งทำการวิเคราะห์แบบปอกเปลือกและอีกส่วนหนึ่งแบบไม่ปอกเปลือก การวิเคราะห์อินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรค์ เริ่มจากการสกัดตัวอย่างด้วยน้ำร้อน แล้วย่อยต่อด้วยเอนไซม์อินนูลิเนส นำมาวิเคราะห์โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ผลการศึกษาพบว่าปริมาณอินนูลินในแก่นตะวันทั้งแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือกอยู่ในช่วง 14.0-20.4 กรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม สายพันธุ์ที่พบอินนูลิน ปริมาณสูงคือสายพันธุ์ JA 38 และ CN 52867 (79.2-84.9 และ 70.5-77.6 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม ตามลำดับ) ส่วนปริมาณฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรค์อยู่ในช่วง 3.0-6.6 กรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 19-40 ของอินนูลินทั้งหมด สายพันธุ์ที่พบปริมาณฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรค์สูงคือสายพันธุ์ HEL 69 และ JA 38 (20.8-23.3 และ 20.9-22.7 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ) พบว่า ในแก่นตะวันแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก แก่นตะวันทั้ง 16 สายพันธุ์จัดเป็นพืชหัวที่มีอินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรค์ในระดับสูงมาก

2.8.10 ดุสิต บุหลัน [53] ศึกษาผลของปริมาณแก่นตะวันผงต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของเส้นพาสต้า โดยการแช่แก่นตะวันในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ร้อยละ 0.05 เพื่อยับยั้งเอนไซน์ที่ท่าให้เกิดสีน้ำตาลน่ามาอบแห้งแบบลม ร้อนและบดเป็นผง แก่นตะวันผงที่ได้มีลักษณะเป็นผงสีขาวนวล โดยกำหนดอัตราส่วนของแก่นตะวันผงที่ร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 ของน้ำหนักแป้งสาลี นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่า เส้นพาสต้าผสมแก่นตะวันผงร้อยละ 5 ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้านสูงสุด ($p<0.05$) และเมื่อนำมาประกอบอาหารแล้ว ไม่มีความแตกต่างกันกับเส้นสูตรพื้นฐาน

2.8.11 จุฑามาศ เหลาพรม และคณะ [54] ศึกษาทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพจากแก่นตะวัน ของหมู่บ้านถ้ำกลองเพล ตำบลโนนทัน อำเภอเมือง จังหวัดหนองบัวลำภู โดยทำการใช้แบบสอบถาม ข้อมูลทั่วไป พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ ทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ ความเชื่อมั่น แรงจูงใจ และการรับรู้ประโยชน์ของแก่นตะวัน และความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพจากแก่นตะวัน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มผู้บริโภค

มีทัศนคติที่ดีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ เพราะเชื่อมั่นว่าเป็นอาหารมีคุณภาพและมีประโยชน์ สามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ของชุมชน และกลุ่มผู้บริโภคมีความต้องการพัฒนาแก่นตะวันเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพในรูปแบบแก่นตะวันอบกรอบ รองลงมาคือ น้ำแก่นตะวัน และแยมแก่นตะวัน

2.8.12 วิลาสินี มีมุข และคณะ [55] ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมแป้งถั่วขาว โดยทำการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการใช้แป้งถั่วขาวทดแทนปริมาณแป้งสาลีในการผลิตขนมปังเสริมแป้งถั่วขาว แบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 จากนั้นนำไปทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ กับผู้บริโภคจำนวน 100 พัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมแป้งถั่วขาวเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความสะอาด สดใหม่ รสชาติของผลิตภัณฑ์ และคุณค่าทางอาหารมีประโยชน์ต่อสุขภาพ และนำไปทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับขนมปังเสริมแป้งถั่วขาวที่ปริมาณร้อยละ 30 มากที่สุด ได้คะแนนความชอบโดยรวมในระดับความชอบปานกลางที่ 7.52 และผู้บริโภคร้อยละ 82 สนใจจะซื้อขนมปังเสริมถั่วขาว

2.8.13 วิลาสินี ถาวโรจน์ [56] ศึกษาคุณลักษณะและคุณค่าทางโภชนาการของโยเกิร์ตถั่วขาว โดยการสกัดถั่วขาวเพื่อนำไปผลิตโยเกิร์ต พบว่า น้ำถั่วขาวจากการสกัดด้วยปริมาณน้ำ 1 เท่า มีปริมาณของแข็งทั้งหมดมากกว่าน้ำถั่วขาวจากการสกัดด้วยปริมาณน้ำ 2 เท่า จากการเก็บรักษาโยเกิร์ตถั่วขาวภายหลังการหมักที่อุณหภูมิแช่เย็นนาน 18 ชั่วโมง พบว่า มีค่า pH ของโยเกิร์ตถั่วขาวน้ำถั่วขาวสกัดด้วยน้ำ 1 เท่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ความแตกต่างของค่าสี L* a* และ b* ของโยเกิร์ตถั่วขาวอาจเป็นผลมาจากความแตกต่างของปริมาณของแข็งทั้งหมด และมีความแตกต่างของค่าความแน่นเนื้อของโยเกิร์ตถั่วขาวทั้งสอง โยเกิร์ตถั่วขาวจากน้ำถั่วขาวสกัดด้วยน้ำ 2 เท่าได้รับคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะสูงกว่า ทำการศึกษาคุณลักษณะสมบัติทางกายภาพ และการยอมรับโยเกิร์ตถั่วขาวที่มีการเติมเพคตินที่ปริมาณแตกต่างกัน พบว่า การเติมเพคตินมีผลต่อค่าสีและค่าความแน่นเนื้อของโยเกิร์ตถั่วขาวที่ผ่านการหมัก โยเกิร์ตถั่วขาวที่มีการเติมเพคตินร้อยละ 0.25 ได้รับคะแนนความชอบรวมมากที่สุด ซึ่งมีปริมาณไขมันเพียงร้อยละ 0.01 และพลังงาน 52 แคลอรี่/100 กรัม ดังนั้นโยเกิร์ตจากถั่วขาวที่มีการเติมเพคตินร้อยละ 0.25 จัดเป็นโยเกิร์ตเพื่อสุขภาพที่มีไขมันต่ำ

2.8.14 บุศรินทร์ จงเจริญยานนท์ [57] ศึกษาคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของถั่วขาวและการประยุกต์แป้งถั่วขาวในผลิตภัณฑ์ขนมอบ พบว่า ถั่วขาวยังมีองค์ประกอบที่สำคัญชื่อว่า มีสารฟาซิโอลามีน (Phaseolamin) ซึ่งสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสที่ย่อยแป้ง จึงช่วยลดพลังงานที่ได้จากการบริโภคแป้ง เป็นข้อมูลส่งเสริมการใช้ถั่วขาวในผลิตภัณฑ์ขนมอบ ซึ่งมีส่วนประกอบหลักที่ให้พลังงานสูง คือ แป้งสาลี ไขมัน และน้ำตาล บทความนี้ยังได้รวบรวมข้อควรระวังในการบริโภคถั่วขาวเพื่อการใช้ถั่วขาวอย่างปลอดภัยและนำเสนอแนวทางการใช้ถั่วขาวในผลิตภัณฑ์ขนมอบเพื่อเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้ที่สนใจดูแลสุขภาพมากขึ้น

2.8.15 พรทิพย์ พสุกมลเศรษฐ์ และคณะ [58] ศึกษาการพัฒนาสูตรพุดดิ้งโดยการทดแทนนมสดด้วยน้ำนมถั่วขาว โดยทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของนมสดที่ถูกทดแทนด้วยน้ำนมถั่วขาวจำนวน 5 สูตร คือ สูตรร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) ร้อยละ25, 50, 75 และ 100 และศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค คุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L* a* และ b*) ค่าความแน่นเนื้อ และค่าความยืดหยุ่นของเจล และคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ พลังงาน คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ผลการศึกษาพบว่า น้ำนมถั่วขาวมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค คุณลักษณะทางกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการของพุดดิ้ง เมื่อเพิ่มสัดส่วนของน้ำนมถั่วขาวในสูตรทำให้คุณค่าทางโภชนาการ (พลังงาน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน) ของพุดดิ้งเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความชอบทางประสาทสัมผัสโดยรวมของพุดดิ้งลดลง นอกจากนี้ค่า a* b* และค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ค่าความยืดหยุ่นของเจลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อสัดส่วนของน้ำนมถั่วขาวเพิ่มขึ้น จากการศึกษาพบว่าพุดดิ้งที่เตรียมจากสูตรที่ทดแทนด้วยน้ำนมถั่วขาวร้อยละ 75 ได้รับการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสมากที่สุดและมีลักษณะคุณสมบัติทางกายภาพมีความใกล้เคียงกับสูตรควบคุม ดังนั้นการใช้ถั่วขาวในผลิตภัณฑ์ขนมหวานจึงเป็นทางเลือกในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่สนใจดูแลรักษาสุขภาพมากขึ้น

2.8.16 รินทร์ลภัส พุกจินดา และกฤติกา ลิมปิทีป [59] ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพจากสารสกัดถั่วขาวในรูปแบบเยลลี่ โดยทำการคัดเลือกสูตรพื้นฐานที่ได้พัฒนาไว้แล้วคือ น้ำตาล (Sucrose), D-et®,คาราจีแนน และกรดซิตริกในอัตราส่วนร้อยละ 5.0, 0.45, 0.7 และ 0.1 ตามลำดับสูตรพื้นฐานที่ได้พัฒนาขึ้นใหม่ มี 5 สูตร ได้แก่ สูตรที่มีส่วนผสมสารสกัดถั่วขาวร้อยละ 0.6 ,0.8 ,1.0 , 1.5 และ 2.0 โดยนำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 30 คน พบว่า สูตรเยลลี่ที่มีส่วนผสมจากสารสกัดถั่วขาวร้อยละ 1.5 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ย 6.50 และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ กับสูตรเยลลี่ที่มีส่วนผสมจากสารสกัดถั่วขาวร้อยละ 1.0 ที่ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ย 6.07 ดังนั้นจึงนำเยลลี่ทั้ง 2 สูตร มาแต่งกลิ่นรสผลไม้จากน้ำผลไม้คั้นสด ได้แก่ กีวี่ สตรอเบอรี่ และ เสาวรส และนำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยวิธี 9-point hedonic scaling กับผู้บริโภคจำนวน 30 คน ผลการศึกษาพบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับเยลลี่สูตรผสมสารสกัดถั่วขาวร้อยละ 1.5 ในน้ำสตรอเบอรี่ และน้ำเสาวรสได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ย 6.20 และ 6.10 ตามลำดับ

2.8.17 สมศักดิ์ แก้วพลอย [60] ศึกษาสูตรที่เหมาะสมสำหรับลูกชิ้นเอ็นไก่ผสมผักพื้นบ้าน โดยวิธีการออกแบบการทดลอง เป็นการพัฒนาลูกชิ้นเอ็นไก่ผสมผักพื้นบ้าน โดยการออกแบบการทดลองแบบผสม กำหนดปัจจัยที่ทำการศึกษาแบบมีกำหนดช่วงศึกษา 3 ปัจจัย คือ สาหร่ายร้อยละ 10-100 ฟักทองร้อยละ 10-100 และตำลึงร้อยละ 10-100 ได้สูตรการทดลองทั้งหมด 10 สูตร และทำการวิเคราะห์ผลโดยวิธีการวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนอง พบว่า ปัจจัยทั้ง 3 มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ

ค่าคะแนนความชอบโดยรวมทางประสาทสัมผัส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากการวิเคราะห์หาค่าพื้นผิวตอบสนองที่เหมาะสมของลูกชิ้นเอ็นไก่ผสมผักพื้นบ้าน จะได้สูตรผสมของลูกชิ้นเอ็นไก่ผสมผักพื้นบ้านที่เหมาะสมประกอบด้วยสาหร่าย ฟักทองและตำลึง เท่ากับร้อยละ 22.80, 38.99 และ 38.21 ตามลำดับ

2.8.18 ธนกิจ ถาหมี และพิไลรัก อินธิปัญญา [61] ศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ชาชงจากใบหม่อนและผลหม่อน โดยวางแผนการทดลองแบบส่วนผสม Mixture Design โดยปัจจัยที่ทำการศึกษามี 3 ปัจจัย ได้แก่ ใบหม่อนอบแห้งร้อยละ 20-60 ผลหม่อนห่ามอบแห้งร้อยละ 20-60 และผลหม่อนสุก ร้อยละ 20-60 ผลการศึกษาพบว่า สูตรที่เหมาะสมในการผลิตชาชงจากใบหม่อนและผลหม่อน คือ ใบหม่อนอบแห้งร้อยละ 30 ผลหม่อนห่ามอบแห้งร้อยละ 24 และผลหม่อนอบสุกร้อยละ 46 และมีคะแนนความชอบเฉลี่ยทุกคุณลักษณะอยู่ในระดับชอบถึงชอบปานกลาง

2.8.19 ธิดารัตน์ จุทอง และคณะ [62] ศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมที่มีต่อคุณลักษณะทางกายภาพ เคมีและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นอบแห้ง โดยการจัดการทดลองแบบผสม Mixture design โดยช่วงการศึกษาของปัจจัยประกอบด้วย เนื้อลองกองร้อยละ 88-96 กลีเซอรอลร้อยละ 0-4 เพคตินร้อยละ 3-7 โดยกำหนดปริมาณกลูโคสไซรัปคงที่ที่ระดับร้อยละ 1 ผลการศึกษาพบว่าเนื้อลองกอง กลีเซอรอลและเพคติน มีผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นอบแห้ง ผลการศึกษา พบว่า สูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่น คือ มีอัตราส่วนของเนื้อลองกองร้อยละ 92 กลีเซอรอลร้อยละ 4 เพคตินร้อยละ 3 และกลูโคสไซรัปร้อยละ 1

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของเนื้อเทียม โดยเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน โดยใช้เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ โดยวางแผนการทดลองออกแบบส่วนผสมแบบ Mixture Design เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน และศึกษาต้นทุนการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน มีขั้นตอนและวิธีการวิจัย ดังต่อไปนี้

## 3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ถั่วขาว ตราโครงการหลวง

3.1.2 แป้งแก่นตะวัน จากไร่สะออนฟาร์ม อำเภอทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา

3.1.3 ถั่วเหลืองซีก ตราไร่ทิพย์

## 3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ในการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

3.2.1.1 เครื่องตีผสม ยี่ห้อ KitchenAid รุ่น 5K5SSWH

3.2.1.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Tanita รุ่น KD-200

3.2.1.3 ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ยี่ห้อ Binder รุ่น FD 115

3.2.1.4 เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์

3.2.1.5 เครื่องบดแห้งอเนกประสงค์ ยี่ห้อ Nanotech รุ่น 2500G

3.2.1.6 ที่ร่อนแป้งขนาด 100 แมช

3.2.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

3.2.2.1 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1) เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) ยี่ห้อ Stable micro systems รุ่น TA-XT 2i

2) เครื่องวิเคราะห์สมบัติเส้นใย (Scanning Electron Microscope) ยี่ห้อ JSM รุ่น JSM-6510

3) เครื่องวิเคราะห์ค่า Water Activity ($a_w$) ยี่ห้อ Aqua lab รุ่น CX3TE

3.2.2.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1) เครื่องวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย (AOAC, 2016)

2) เครื่องวิเคราะห์ค่าความชื้น (AOAC., 2016)

3) เครื่องวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2016)

4) เครื่องวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2016)

5) เครื่องวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2016)

6) เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2016)

7) เครื่องวิเคราะห์ปริมาณ Inulin

3.2.2.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

1) ปิเปต

2) จานเพาะเชื้อ Plate

3) ตู้บ่มเพาะเชื้อ Incubator ยี่ห้อ Memmert รุ่น IF75

3.2.2.4 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

1) อุปกรณ์ในการทดสอบ เช่น ถ้วยพลาสติกสำหรับชิมและน้ำดื่ม

2) แบบทดสอบการให้คะแนนประสาทสัมผัสความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale Test)

3) โปรแกรม SPSS (Statistical Package for the Social Science for Windows)

## 3.3 วิธีการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของเนื้อเทียม โดยเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน โดยใช้เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ เพื่อศึกษาการพัฒนาสูตรการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันที่เหมาะสมโดยวางแผนการทดลองออกแบบส่วนผสมแบบ Mixture Design เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน และศึกษาต้นทุนการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.3.1 ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

3.3.1.1 การเตรียมวัตถุดิบเพื่อผลิตเนื้อเทียม

1) แป้งถั่วขาว ทำการเตรียมแป้งถั่วขาว โดยนำถั่วขาวมาใส่ในเครื่องบดแห้งอเนกประสงค์ แล้วนำไปร่อนโดยผ่านตะแกรงที่มีขนาด 100 แมช จะได้แป้งถั่วขาว

2) แป้งแก่นตะวัน โดยนำแป้งแก่นตะวันจากไร่สะออนฟาร์ม ไปร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาด 100 แมช จะได้แป้งแก่นตะวันสำหรับผลิตเนื้อเทียม

3) แป้งถั่วเหลือง นำถั่วเหลืองที่กะเทาะให้แตกเป็น 2 ซีกแล้ว นำมาใส่ในเครื่องบดแห้งอเนกประสงค์ แล้วนำไปร่อนโดยผ่านตะแกรงที่มีขนาด 100 แมช ก็จะได้แป้งถั่วเหลือง

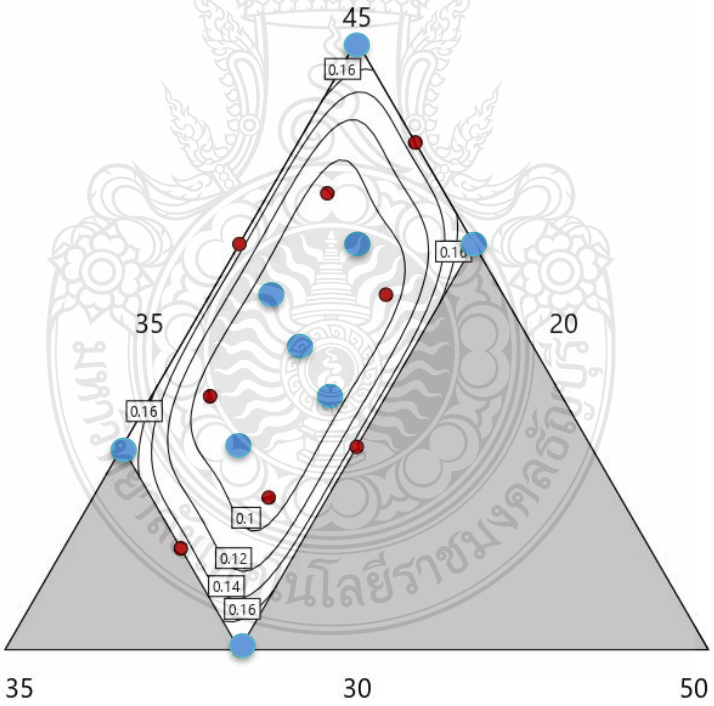
หลังจากนั้นนำแป้งถั่วขาว แป้งแก่นตะวัน และแป้งถั่วเหลืองที่เตรียมไว้มาทำการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ กำลังการพองตัวและการละลายของแป้ง และศึกษาคุณภาพทางเคมี ได้แก่ วิเคราะห์ค่าความชื้น

3.3.1.2 การศึกษาสูตรการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันที่เหมาะสม โดยวางแผนการทดลองส่วนผสมแบบ Mixture Design

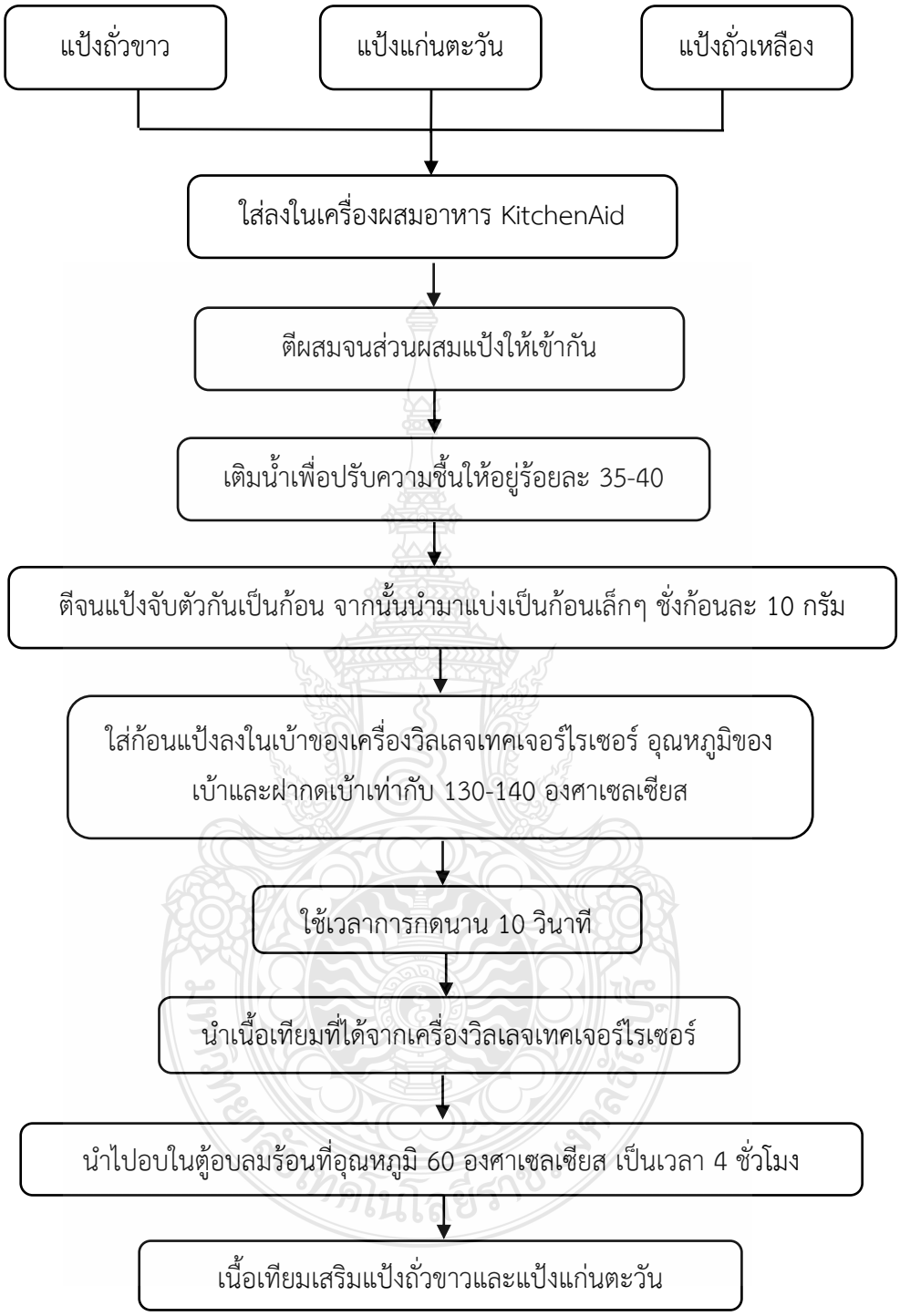
จากการทำ Pretest เพื่อศึกษาสูตรในการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันเบื้องต้น โดยวางแผนการทดลองออกแบบส่วนผสมแบบ Mixture Design ซึ่งส่วนผสมของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันรวมกันได้เท่ากับร้อยละ 100 ปัจจัยที่ทำการศึกษามี 3 ปัจจัย ได้แก่ แป้งถั่วขาวร้อยละ 50-60 แป้งแก่นตะวันร้อยละ 30-35 และแป้งถั่วเหลืองร้อยละ 5-20 ผลการศึกษาเบื้องต้น พบว่า ไม่สามารถขึ้นรูปเป็นเนื้อเทียมได้ จึงทำการปรับเปลี่ยนปริมาณแป้งถั่วขาว, แป้งแก่นตะวัน และแป้งถั่วเหลืองให้เหมาะสม ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการขึ้นรูปของเนื้อเทียม คือ ปริมาณแป้งถั่วเหลือง เนื่องจากปริมาณแป้งถั่วเหลืองจะมีผลต่อการขึ้นรูปของเนื้อเทียม แป้งถั่วเหลืองมีคุณสมบัติช่วยในการยืดหยุ่น และทำให้เกิดเส้นใยภายในผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม [75] ดังนั้นจึงทำการปรับปริมาณแป้งถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 35-40 และทำการปรับปริมาณแป้งถั่วขาวกับแป้งแก่นตะวันให้ลดลงจนเหลือปริมาณแป้งถั่วขาวร้อยละ 30-45 และแป้งแก่นตะวันร้อยละ 20-30 ซึ่งจะได้สูตรทั้งหมด 9 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยวางแผนการทดลองแบบ (Randomized Complete Block Design หรือ RCBD) ทำการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และคัดเลือกสูตรที่ได้คะแนนสูงสุดมาทำการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

**ตารางที่ 3.1** วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design

| สูตรที่ | แป้งถั่วขาว (ร้อยละ) | แป้งแก่นตะวัน (ร้อยละ) | แป้งถั่วเหลือง (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|
| 1 | 45.00 | 20.00 | 35.00 |
| 2 | 30.00 | 30.00 | 40.00 |
| 3 | 40.00 | 20.00 | 40.00 |
| 4 | 35.00 | 30.00 | 35.00 |
| 5 | 38.75 | 25.00 | 36.25 |
| 6 | 40.00 | 22.50 | 37.50 |
| 7 | 37.50 | 25.00 | 37.50 |
| 8 | 36.25 | 25.00 | 38.75 |
| 9 | 35.00 | 27.50 | 37.50 |




**รูปที่ 3.1** จำนวนสูตรทั้งหมด 9 สูตร




**รูปที่ 3.2** กระบวนการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

**ที่มา** : ดัดแปลงจาก [22]

**หมายเหตุ** : *การวิเคราะห์คุณภาพข้อ 3.3.1.3

นำเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ที่ได้ทั้ง 9 สูตร มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และทางเคมี ดังนี้

3.3.1.3 เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน* ทำการวิเคราะห์ ดังนี้

1) การวิเคราะห์ทางกายภาพ

(1) วัดค่าแรงตัด (Texture Analyzer) นำเนื้อเทียมแช่ในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำตัวอย่างเนื้อเทียมที่ตัดขนาด 3.0 x 2.0 เซนติเมตร โดยวางตัวอย่างเนื้อเทียมลงบนแท่นวางตัวอย่างและตัดตัวอย่างให้ขาดออกจากกันด้วยใบมีดแบบ (Cutting Force by Warner Bratzler Blade) โดยกำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ของใบมีด 2 มิลลิเมตรต่อวินาที เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสจะบันทึกค่าแรงที่ใบมีดใช้ในการตัดตัวอย่างให้ขาดออกจากกัน ทดสอบตัวอย่างแต่ละชนิด 10 ซ้ำ และทำการบันทึกค่า

(2) วัดค่าแรงเฉือน (Texture Analyzer) นำเนื้อเทียมแช่ในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำตัวอย่างเนื้อเทียมที่ตัดขนาด 3.0 x 2.0 เซนติเมตร โดยวางตัวอย่างบนแท่นวางตัวอย่างและตัดตัวอย่างให้ขาดออกจากกันด้วยใบมีดแบบ (Cutting Force by Blade set with Knife) โดยให้หัววัดเคลื่อนที่ลงด้วยความเร็ว 20 มิลลิเมตรต่อวินาที เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสจะบันทึกค่าแรงที่ใบมีดใช้ในการตัดตัวอย่างให้ขาดออกจากกัน ทดสอบตัวอย่างแต่ละชนิด 10 ซ้ำ และทำการบันทึกค่า

2) การวิเคราะห์ทางเคมี

(1) วิเคราะห์ค่าความชื้น ของตัวอย่างเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ด้วยวิธี (AOAC, 2016) [63] เป็นวิธีการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง บันทึกน้ำหนักก่อนการอบ และจดบันทึกน้ำหนักที่น้อยที่สุดของถ้วยอลูมิเนียมและน้ำหนักตัวอย่างหลังจากอบแห้ง ดังแสดงในสมการที่ 1

$$(\%)\ \text{ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ-น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100 \quad \text{---- (1)}$$

ที่มา : [63]

นำเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ที่ได้ทั้ง 9 สูตร มาคัดเลือกตัวอย่างเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน โดยพิจารณาจากค่าแรงเฉือน ค่าแรงตัด และวิเคราะห์ค่าความชื้น โดยทำการวัดค่าคุณภาพ 10 ซ้ำ และนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์สถิติ คัดเลือกให้เหลือ 4 สูตร

นำเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ที่ได้ทั้ง 4 สูตร มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ดังนี้

3.3.1.4 เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน* ทำการวิเคราะห์ ดังนี้

1) การวิเคราะห์ทางกายภาพ

(1) วัดค่าแรงตัด (Texture Analyzer) นำเนื้อเทียมแช่ในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำตัวอย่างเนื้อเทียมที่ตัดขนาด 3.0 x 2.0 เซนติเมตร โดยวางตัวอย่างเนื้อเทียมลงบนแท่นวางตัวอย่างและตัดตัวอย่างให้ขาดออกจากกันด้วยใบมีดแบบ (Cutting Force by Warner Bratzler Blade) โดยกำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ของใบมีด 2 มิลลิเมตรต่อวินาที เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสจะบันทึกค่าแรงที่ใบมีดใช้ในการตัดตัวอย่างให้ขาดออกจากกัน ทดสอบตัวอย่างแต่ละชนิด 10 ซ้ำ และทำการบันทึกค่า

(2) วัดค่าแรงเฉือน (Texture Analyzer) นำเนื้อเทียมแช่ในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำตัวอย่างเนื้อเทียมที่ตัดขนาด 3.0 x 2.0 เซนติเมตร โดยวางตัวอย่างบนแท่นวางตัวอย่างและตัดตัวอย่างให้ขาดออกจากกันด้วยใบมีดแบบ (Cutting Force by Blade set with Knife) โดยให้หัววัดเคลื่อนที่ลงด้วยความเร็ว 20 มิลลิเมตรต่อวินาที เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสจะบันทึกค่าแรงที่ใบมีดใช้ในการตัดตัวอย่างให้ขาดออกจากกัน ทดสอบตัวอย่างแต่ละชนิด 10 ซ้ำ และทำการบันทึกค่า

(3) วิเคราะห์สมบัติเส้นใย เป็นการทดสอบลักษณะภาคตัดขวางและภาพตามยาว (Microscopic Cross Section Examination) โดยทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงแบบ Scanning Electron Microscope ยี่ห้อ JSM รุ่น JSM-6510

(4) วิเคราะห์ค่า Water Activity ($a_w$) เป็นอัตราส่วนของความดัน (Vapor pressure) ของน้ำในอาหาร (P) ต่อความดันของไอน้ำบริสุทธิ์ (Po) ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน และเป็นค่าที่แสดงระดับพลังงานของน้ำที่มีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา การเสื่อมเสียและความปลอดภัยของอาหาร โดยใช้เครื่อง Water Activity ($a_w$) ยี่ห้อ Aqua lab รุ่น CX3TE ทำการวัดซ้ำ 10 ซ้ำ

2) การวิเคราะห์ทางเคมี

(1) วิเคราะห์ค่าความชื้น ของตัวอย่างเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ด้วยวิธี (AOAC, 2016) [63] เป็นวิธีการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง บันทึกน้ำหนักก่อนการอบ และจดบันทึกน้ำหนักที่น้อยที่สุดของถ้วยอลูมิเนียมและน้ำหนักตัวอย่างหลังจากอบแห้ง ดังแสดงในสมการที่ 1

$$(\%)\ \text{ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ-น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100 \qquad \text{---- (1)}$$

ที่มา : [63]

3) การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ที่ได้ทั้ง 4 สูตร มาทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสผู้บริโภคโดยใช้วิธีการใช้ให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Test) โดยพิจารณาในด้าน ลักษณะปรากฏ กลิ่นโดยรวม สี ความเหนียว รสชาติโดยรวม ความชอบโดยรวม เป็นกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 50 คน และผู้บริโภคอาหารมังสวิรัติในเขตจังหวัดปทุมธานี จำนวน 50 คน โดยวางแผนการทดลองแบบ (Randomized Complete Block Design หรือ RCBD) และคัดเลือกสูตรที่ได้คะแนนความชอบสูงสุดมาทำการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

3.3.2 การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

นำผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันสูตรที่เหมาะสม มาศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์แสดงดังหัวข้อต่อไปนี้

3.3.2.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่

1) เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer)
2) เครื่องวิเคราะห์สมบัติเส้นใย (Microscopic Cross Section Examination)
3) เครื่องวิเคราะห์ค่า Water Activity ($a_w$)

3.3.2.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี [63] ได้แก่

1) วิเคราะห์ปริมาณเส้นใย (AOAC, 2016)
2) วิเคราะห์ค่าความชื้น (AOAC, 2016)
3) วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2016)
4) วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2016)
5) วิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2016)
6) วิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2016)
7) วิเคราะห์ปริมาณ Inulin (AOAC, 2005)
8) วิเคราะห์ปริมาณฟาซิโอลามิน (โดยการคำนวณ)

3.3.2.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ [63] ได้แก่

1) วิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) (AOAC, 2016)
2) วิเคราะห์ปริมาณยีสต์ และรา (Yeast and Mold Count) (AOAC, 2016)
3) วิเคราะห์ปริมาณ *Staphylococcus aureus* ตามวิธี (AOAC, 2016)

3.3.3 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

ทำการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน โดยทำการสำรวจผู้บริโภคจำนวน 100 คน เป็นกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 50 คน และผู้บริโภคอาหารมังสวิรัติในเขตจังหวัดปทุมธานี จำนวน 50 คน ใช้สถานที่ในการทดสอบแบบ Central Location Test (CLT) โดยวางแผนการทดลองแบบ (Randomized Complete Block Design หรือ RCBD) และใช้แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและ แป้งแก่นตะวัน แบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของแบบสอบถาม ได้แก่ ประเภทของกลุ่มผู้บริโภค เพศ อายุ ระดับการศึกษาสูงสุด อาชีพ และรายได้ทั้งหมดต่อเดือน

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นข้อมูลที่ดำเนินการสำรวจเพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคเป็นข้อมูลที่ใช้เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ได้แก่ การทดสอบความชอบของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสโดยรวม ความเหนียว รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวม โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Test)

| | |
|---|---|
| 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด | 6 หมายถึง ชอบเล็กน้อย |
| 2 หมายถึง ไม่ชอบมาก | 7 หมายถึง ชอบปานกลาง |
| 3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง | 8 หมายถึง ชอบมาก |
| 4 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย | 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด |
| 5 หมายถึง บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ | |

ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะ เป็นการตอบแบบสอบถามแบบปลายเปิด โดยให้ผู้บริโภคให้ข้อเสนอแนะต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

3.3.4 การศึกษาต้นทุนการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

โดยใช้การคำนวณตามวิธีของจิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงค์ [64] ประกอบด้วยวัตถุดิบทางตรง และค่าโสหุ้ยร้อยละ 35 ของราคาวัตถุดิบ และกำไรร้อยละ 30 ของราคาวัตถุดิบ

## 3.4 ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มตั้งแต่ เดือนกันยายน พ.ศ. 2561 - เดือนตุลาคม พ.ศ. 2562

## 3.5 สถานที่ทำการทดลอง

3.5.1 คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

3.5.2 สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# บทที่ 4
# ผลการทดลองและการวิจารณ์

การวิจัยเรื่อง การปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของเนื้อเทียม โดยเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน โดยใช้เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ มีการวางแผนการทดลองส่วนผสมแบบ Mixture Design เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน และศึกษาต้นทุนการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน สรุปผลการทดลองและการวิจารณ์ผล ดังต่อไปนี้

## 4.1 ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

ในการศึกษาสูตรการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันที่เหมาะสม โดยวางแผนการทดลองส่วนผสมแบบ Mixture Design มีปัจจัยที่ทำการศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ แป้งถั่วขาว ร้อยละ 30-45 แป้งแก่นตะวันร้อยละ 20-30 และแป้งถั่วเหลืองร้อยละ 35-40 ซึ่งจะได้สูตรทั้งหมด 9 สูตร

4.1.1 การเตรียมวัตถุดิบเพื่อผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

1) แป้งถั่วขาว

จากการเตรียมแป้งถั่วขาว ลักษณะของแป้งถั่วขาวที่ได้มีสีขาวนวล มีกลิ่นของถั่วขาว ไม่มีกลิ่นอับหรือกลิ่นหืน [57] ดังแสดงในรูปที่ 4.1

**รูปที่ 4.1** แป้งถั่วขาว

2) แป้งแก่นตะวัน

จากการเตรียมแก่นตะวัน ลักษณะของแป้งแก่นตะวันที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นหอมของแก่นตะวัน ไม่มีสิ่งผิดปกติ [65] ดังแสดงในรูปที่ 4.2

**รูปที่ 4.2** แป้งแก่นตะวัน

3) แป้งถั่วเหลือง

จากการเตรียมถั่วเหลือง ลักษณะของแป้งถั่วเหลืองที่ได้จะมีสีเหลืองอ่อน ซึ่งเป็นสีธรรมชาติ ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน [66] ดังแสดงในรูปที่ 4.3

**รูปที่ 4.3** แป้งถั่วเหลือง

โดยนำแป้งถั่วขาว แป้งแก่นตะวัน และแป้งถั่วเหลือง มาทำการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ กำลังการพองตัวและการละลายของแป้ง และศึกษาคุณภาพทางเคมี ได้แก่ วิเคราะห์ค่าความชื้น ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** คุณภาพทางกายภาพ และทางเคมี ของแป้งถั่วขาว แป้งแก่นตะวัน และแป้งถั่วเหลือง

| คุณภาพ | ปริมาณ | หน่วย |
|---|---|---|
| คุณภาพทางกายภาพ | | |
| กำลังการพองตัว ของแป้งถั่วขาว | | |
| ที่อุณหภูมิ 65 อาศาเซลเซียส | 3.76 | กรัม/กรัมโดยน้ำหนัก |
| ที่อุณหภูมิ 75 อาศาเซลเซียส | 7.02 | กรัม/กรัมโดยน้ำหนัก |
| ที่อุณหภูมิ 85 อาศาเซลเซียส | 8.92 | กรัม/กรัมโดยน้ำหนัก |
| การละลายของแป้งถั่วขาว | | |
| ที่อุณหภูมิ 65 อาศาเซลเซียส | 27.26 | ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง |
| ที่อุณหภูมิ 75 อาศาเซลเซียส | 29.58 | ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง |
| ที่อุณหภูมิ 85 อาศาเซลเซียส | 30.27 | ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง |
| กำลังการพองตัว ของแป้งแก่นตะวัน | | |
| ที่อุณหภูมิ 65 อาศาเซลเซียส | 7.80 | กรัม/กรัมโดยน้ำหนัก |
| ที่อุณหภูมิ 75 อาศาเซลเซียส | 10.54 | กรัม/กรัมโดยน้ำหนัก |
| ที่อุณหภูมิ 85 อาศาเซลเซียส | 14.72 | กรัม/กรัมโดยน้ำหนัก |
| การละลายของแป้งแก่นตะวัน | | |
| ที่อุณหภูมิ 65 อาศาเซลเซียส | 67.42 | ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง |
| ที่อุณหภูมิ 75 อาศาเซลเซียส | 73.17 | ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง |
| ที่อุณหภูมิ 85 อาศาเซลเซียส | 75.80 | ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง |
| กำลังการพองตัว ของแป้งถั่วเหลือง | | |
| ที่อุณหภูมิ 65 อาศาเซลเซียส | 3.78 | กรัม/กรัมโดยน้ำหนัก |
| ที่อุณหภูมิ 75 อาศาเซลเซียส | 5.52 | กรัม/กรัมโดยน้ำหนัก |
| ที่อุณหภูมิ 85 อาศาเซลเซียส | 6.63 | กรัม/กรัมโดยน้ำหนัก |
| การละลายของแป้งถั่วเหลือง | | |
| ที่อุณหภูมิ 65 อาศาเซลเซียส | 59.70 | ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง |
| ที่อุณหภูมิ 75 อาศาเซลเซียส | 59.85 | ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง |
| ที่อุณหภูมิ 85 อาศาเซลเซียส | 60.74 | ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง |

**ตารางที่ 4.1** คุณภาพทางกายภาพ และทางเคมี ของแป้งถั่วขาว แป้งแก่นตะวัน และแป้งถั่วเหลือง (ต่อ)

| คุณภาพ | ปริมาณ | หน่วย |
|---|---|---|
| คุณภาพทางเคมี | | |
| ความชื้นแป้งถั่วขาว | 11.25 | ร้อยละ |
| ความชื้นแป้งแก่นตะวัน | 8.27 | ร้อยละ |
| ความชื้นแป้งถั่วเหลือง | 8.60 | ร้อยละ |

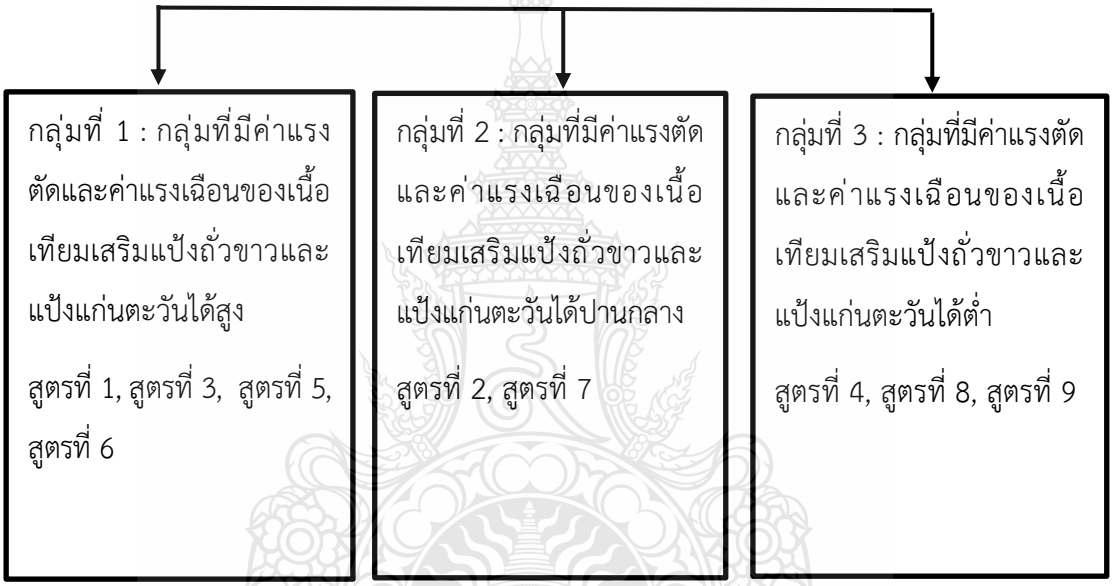
จากตารางที่ 4.1 คุณภาพทางกายภาพ ของแป้งถั่วขาว แป้งแก่นตะวัน และแป้งถั่วเหลือง พบว่า แป้งทั้ง 3 ชนิดที่อุณหภูมิ 65, 75 และ 85 องศาเซลเซียส มีค่ากำลังการพองตัวและการละลายของแป้งมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ซึ่งความสอดคล้องกับงานวิจัยของทัศนีย์ [67] พบว่า กำลังการพองตัวและการละลายของแป้งมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น การพองตัวของฟลาวร์ (Flour) ขึ้นอยู่กับส่วนอสัณฐาน (Amorphous Region) และส่วนผลึก (Crystalline Region) โดยส่วนอสัณฐานเป็นบริเวณที่มีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแป้งอย่างไม่เป็นระเบียบด้วยแรงยึดเหนี่ยวที่น้อยจึงถูกทำลายได้ง่าย และทำให้เกิดการพองตัวในช่วงแรก ส่วนผลึกเป็นบริเวณที่มีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแป้งอย่างหนาแน่นด้วยแรงยึดเหนี่ยวที่แข็งแรงจะถูกทำลายได้ยาก จึงจำเป็นต้องได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นเพื่อให้เกิดการพองตัวที่ดีขึ้น อีกทั้งโครงสร้างของอะไมโลสก็ที่มีผลต่อกำลังการพองตัว โดยแป้งที่มีปริมาณของอะไมโลสต่ำ จะส่งผลทำให้แป้งสามารถพองตัวได้สูง ส่วนแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะมีผลทำให้แป้งพองตัวได้ต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์กำลังการพองตัวและการละลายของแป้งถั่วขาว แป้งแก่นตะวัน และแป้งถั่วเหลือง พบว่า แป้งถั่วขาวและแป้งถั่วเหลือง มีค่ากำลังการพองตัวและการละลายของแป้งต่ำ เนื่องจากเป็นแป้งตระกูลถั่วที่มีปริมาณอะไมโลสสูงถึงร้อยละ 20-30 [68] ซึ่งปริมาณอะไมโลสที่สูงของแป้งทั้ง 2 ชนิด ส่งผลทำให้โครงสร้างของเม็ดแป้งมีความแข็งแรง จึงเกิดการพองตัวและการละลายของแป้งต่ำ [69] ในส่วนของแป้งแก่นตะวันมีค่ากำลังการพองตัวและการละลายของแป้งสูงที่สุด เนื่องจากแป้งแก่นตะวันมีปริมาณอะไมโลสต่ำร้อยละ 0.04 [70] จึงส่งผลทำให้กำลังการพองตัวของแป้งแก่นตะวันมีค่าสูง โดยแป้งจากส่วนหัวจะมีกำลังการพองตัวสูง เนื่องจากพันธะภายในร่างแหของโครงสร้างเม็ดแป้งแข็งแรงน้อยกว่าแป้งจากธัญพืช จึงส่งผลทำให้แป้งสามารถพองตัวได้สูง [71]

คุณภาพทางเคมี ของแป้งถั่วขาว แป้งแก่นตะวัน และแป้งถั่วเหลือง พบว่า ค่าความชื้นของแป้งทั้ง 3 ชนิด อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของแป้ง [72] ที่กำหนดไว้ว่าแป้งต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 ทั้งนี้ความชื้นของแป้งแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับตามอายุของวัตถุดิบ สภาวะแวดล้อมของการปลูกและสายพันธุ์ของแต่ละวัตถุดิบโดยแป้งจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 10-20 [76]

4.1.2 การศึกษาสูตรการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันที่เหมาะสม โดยวางแผนการทดลองส่วนผสมแบบ Mixture Design

4.1.2.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การวิเคราะห์ค่าแรงตัด (Cutting Force by Warner Bratzler Blade) และค่าแรงเฉือน (Cutting Force by Blade set with Knife) ของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันทั้ง 9 สูตร โดยนำผลค่าแรงตัดและค่าแรงเฉือนมาทำการวิเคราะห์ด้วยการแบ่งกลุ่ม โดยใช้วิธี Cluster Analysis แบบ K-Mean Cluster ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.4

**แผนผังการแบ่งกลุ่ม**




**รูปที่ 4.4** แผนผังการจัดกลุ่มเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ทั้ง 9 สูตร ด้วยวิธีการจัดกลุ่มตัวแปร (Cluster Analysis) โดยใช้การประเมินค่าแรงตัด และค่าแรงเฉือนของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาว และแป้งแก่นตะวัน

จากรูปที่ 4.4 พบว่า การแบ่งกลุ่มเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันโดยวิธี Cluster Analysis แบบ K-Mean Cluster (KMO) สามารถแบ่งเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันตามค่าแรงตัด และค่าแรงเฉือนได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีค่าแรงตัด และค่าแรงเฉือนสูง จะอยู่ใน Cluster ที่ 1 คือ สูตรที่ 1, 3, 5 และ 6 กลุ่มที่มีค่าแรงตัดและค่าแรงเฉือนปานกลาง จะอยู่ใน Cluster ที่ 2 คือ สูตรที่ 2, 7 และกลุ่มที่มีค่าแรงตัด และค่าแรงเฉือนต่ำ จะอยู่ใน Cluster ที่ 3 คือ สูตรที่ 4, 8, 9 ซึ่งหากค่าแรงตัดและค่าแรงเฉือนมีค่าสูงขึ้น จะส่งผลให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความเหนียว และยืดหยุ่นมากขึ้น ซึ่งผลิตภัณฑ์

เนื้อเทียมที่ดีจะต้องมีความเหนียว และความยืดหยุ่น [74] เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองดังกล่าว จึงเลือกสูตรที่ 1, 3, 5 และ 6 มีค่าแรงตัด และค่าแรงเฉือนสูง เนื่องจากเป็นกลุ่มที่มีปริมาณโปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองและแป้งถั่วขาวที่สูง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของขจีรัตน์ [75] พบว่า ปริมาณแป้งถั่วเหลืองมีผลต่อการขยายตัวของเนื้อเทียมเพิ่มขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของแป้งถั่วเหลืองมีคุณสมบัติในการยืดหยุ่น และทำให้เกิดเส้นใย จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมมีความเหนียว และความยืดหยุ่น ซึ่งทำให้ค่าแรงตัด และค่าแรงเฉือนของเนื้อเทียมสูงขึ้น โดยจะเห็นได้ว่าสูตรที่ 2, 4, 7, 8, และ 9 มีค่าแรงตัด และแรงเฉือนต่ำ เนื่องจากแป้งแก่นตะวันมีปริมาณใยอาหารสูง มีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลเม็ดแป้งที่ไม่หนาแน่น [70] ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีจะการเกาะตัวกันได้ไม่ดี ผลิตภัณฑ์จึงมีความยืดหยุ่นน้อย และไม่พองตัว ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าแรงตัด และค่าแรงเฉือนต่ำ [70]

4.1.2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความชื้น ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2** คุณสมบัติทางเคมีของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

| สูตรที่ | ปริมาณแป้งถั่วขาว (ร้อยละ) | ปริมาณแป้งแก่นตะวัน (ร้อยละ) | ปริมาณแป้งถั่วเหลือง (ร้อยละ) | ความชื้น$^{ns}$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 45.00 | 20.00 | 35.00 | 3.45 ± 0.07 |
| 2 | 30.00 | 30.00 | 40.00 | 3.60 ± 0.16 |
| 3 | 40.00 | 20.00 | 40.00 | 3.64 ± 0.39 |
| 4 | 35.00 | 30.00 | 35.00 | 3.73 ± 0.74 |
| 5 | 38.75 | 25.00 | 36.25 | 3.49 ± 0.13 |
| 6 | 40.00 | 22.50 | 37.50 | 3.53 ± 0.20 |
| 7 | 37.50 | 25.00 | 37.50 | 3.69 ± 0.14 |
| 8 | 36.25 | 25.00 | 38.75 | 3.17 ± 0.15 |
| 9 | 35.00 | 27.50 | 37.50 | 3.13 ± 0.06 |

**หมายเหตุ :** ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ค่าความชื้นของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันทั้ง 9 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลมาตรฐานอาหารแห้งที่จะต้องมีค่าความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 8 จึงจะช่วยป้องกันการเกิดจุลินทรีย์ รา ยีสต์ และแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียได้ [76]

จากการวิเคราะห์ผลคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าแรงตัด และค่าแรงเฉือน พบว่า กลุ่มเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันที่มีค่าแรงตัด และค่าแรงเฉือนสูงมีอยู่ 4 สูตร คือ สูตรที่ 1, 3, 5 และ 6 และการวิเคราะห์ผลคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความชื้น พบว่า ค่าความชื้นของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันทั้ง 9 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ด้วยเหตุนี้ จึงเลือกเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันในสูตรที่ 1, 3, 5 และ 6 มาทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ดังนี้

4.1.2.3 การศึกษาคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันทั้ง 4 สูตร มีการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ดังนี้

1) ค่าแรงตัด ค่าแรงเฉือน และค่า Water Activity ($a_w$) ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3** คุณภาพทางกายภาพของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

| สูตรที่ | ค่าแรงตัด (N) | ค่าแรงเฉือน (N) | ค่า Water Activity ($a_w$)$^{ns}$ |
|---|---|---|---|
| 1 | $5.09^{b} \pm 0.01$ | $17.88^{b} \pm 1.27$ | $0.52 \pm 0.01$ |
| 3 | $5.88^{ab} \pm 0.64$ | $18.88^{ab} \pm 0.40$ | $0.53 \pm 0.01$ |
| 5 | $5.74^{ab} \pm 0.59$ | $18.72^{ab} \pm 0.22$ | $0.51 \pm 0.00$ |
| 6 | $5.98^{a} \pm 0.71$ | $19.26^{a} \pm 0.50$ | $0.52 \pm 0.01$ |

**หมายเหตุ :** ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

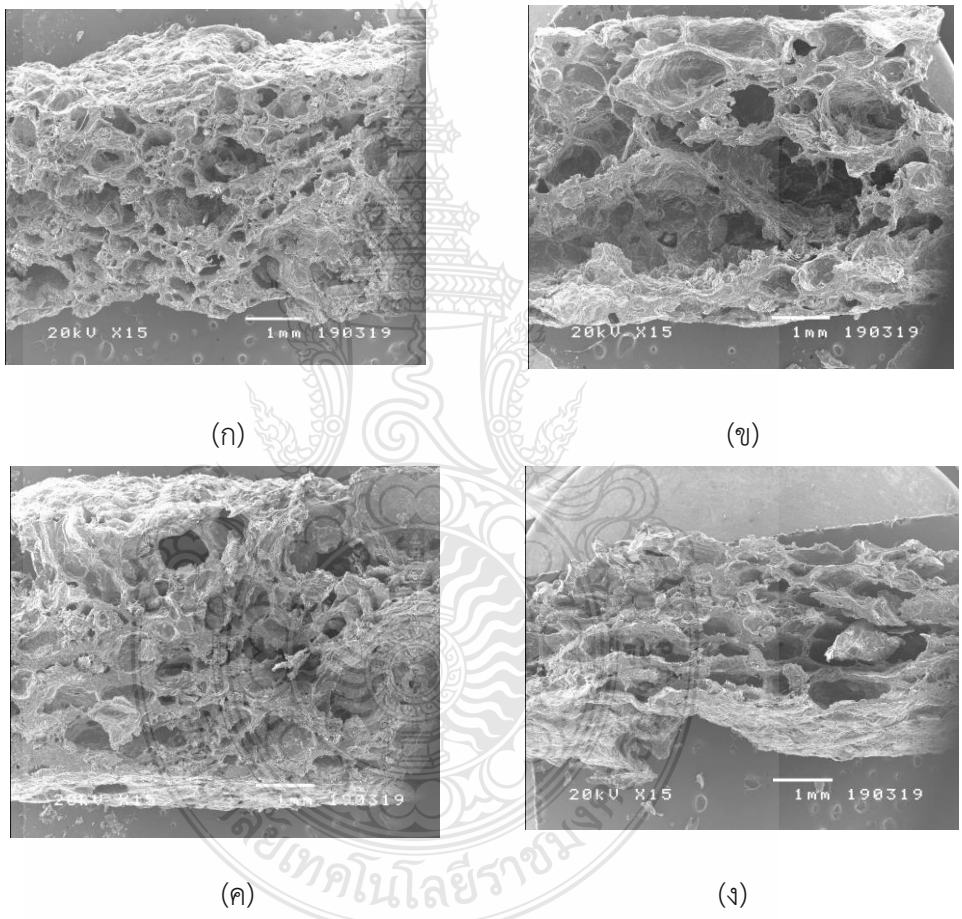
a,b,c หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่า ค่าแรงตัดและค่าแรงเฉือนของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันในสูตรที่ 1, 3, 5 และ 6 พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 โดยสูตรที่ 6 มีค่าแรงตัดและค่าแรงเฉือนสูงที่สุด เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนแป้งถั่วเหลือง และแป้งถั่วขาวในสูตรมาก ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของขจีรัตน์ [75] พบว่า ปริมาณแป้งถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้การขยายตัวของเนื้อเทียมเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งถั่วเหลืองมีคุณสมบัติทำให้เกิดเส้นใยในผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม ทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมมีความเหนียวและความยืดหยุ่น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมมีค่าแรงตัด และค่าแรงเฉือนสูง

ค่า Water Activity ($a_w$) ของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน พบว่าสูตรที่ 1, 3, 5 และ 6 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งค่า $a_w$ เป็นปัจจัยชี้ระดับปริมาณน้ำค่าต่ำสุดในอาหาร ที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโต และเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ที่ช่วยป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร และกำหนดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร ดังนั้นหากอาหารมีค่า $a_w$ ต่ำจะทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารได้นานขึ้น [76]

2) การศึกษาลักษณะของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope) ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.5




(ก) (ข)

(ค) (ง)

**รูปที่ 4.5** การศึกษาลักษณะของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันทั้ง 4 สูตร โดยส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (ก) สูตรที่ 1 WBF : 40, JAF : 20, SF : 35 (ข) สูตรที่ 3 WBF : 30, JAF : 30, SF : 40 (ค) สูตรที่ 5 WBF : 38.75, JAF : 25, SF : 36.25 (ง) สูตรที่ 6 WBF : 40, JAF : 22.5, SF : 37.5

จากรูปที่ 4.5 การศึกษาลักษณะของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope) กำลังขยาย 15 เท่า สูตรที่ 1 รูป (ก) ปริมาณแป้งถั่วขาวร้อยละ 40 แป้งแก่นตะวันร้อยละ 20 และแป้งถั่วเหลืองร้อยละ 35 พบว่าเนื้อเทียมมีรูพรุนทั้งขนาดเล็กและใหญ่ ผนังของรูหนา และมีการจัดเรียงโครงสร้างแบบหนาแน่น สูตรที่ 3 รูป (ข) ปริมาณแป้งถั่วขาวร้อยละ 30 แป้งแก่นตะวันร้อยละ 30 และแป้งถั่วเหลืองร้อยละ 40 พบว่าเนื้อเทียมมีรูพรุนขนาดใหญ่ ผนังของรูบาง มีการจัดเรียงโครงสร้างแบบร่างแห สูตรที่ 5 รูป (ค) ปริมาณแป้งถั่วขาว ร้อยละ 38.75 แป้งแก่นตะวันร้อยละ 25 และแป้งถั่วเหลืองร้อยละ 36.25 พบว่าเนื้อเทียมมีรูพรุนขนาดเล็ก ผนังของรูพรุนขนาดเล็กหนาแน่นลักษณะเชื่อมเกาะติดเป็นเนื้อสูตรที่ 6 รูป (ง) ปริมาณแป้งถั่วขาวร้อยละ 40 แป้งแก่นตะวันร้อยละ 22.5 และแป้งถั่วเหลืองร้อยละ 37.5 พบว่า เนื้อเทียมมีการกระจายตัว เกิดช่องรูพรุนขนาดใหญ่ ผนังของรูบาง มีการจัดเรียงโครงสร้างแบบร่างแห เนื่องจากสูตรที่ 6 มีปริมาณโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตจากแป้งถั่วขาว และแป้งถั่วเหลืองในปริมาณมาก อีกทั้งยังมีส่วนผสมของแป้งแก่นตะวัน จึงทำให้มีช่องของรูพรุนขนาดใหญ่กว่าสูตรอื่นๆ ซึ่งแป้งถั่วขาวมีสมบัติในการดูดซับน้ำ ทำให้ส่วนผสมต่างๆ เกาะเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียว และยืดหยุ่น [25],[77] ส่วนแป้งถั่วเหลืองมีสมบัติทำให้เกิดเส้นใย ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมมีความเหนียว และยืดหยุ่น [74] ในส่วนของแป้งแก่นตะวัน หากเพิ่มปริมาณมากขึ้นจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกาะตัวกันได้ไม่ดี ผลิตภัณฑ์มีความยืดหยุ่นน้อย เนื่องจากแป้งแก่นตะวันมีการจัดเรียงตัวของเม็ดแป้งที่ไม่หนาแน่น [50] ซึ่งสอดคล้องกับผลของ P.R. Sheard [78] พบว่า ปริมาณโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตในวัตถุดิบจะมีอิทธิพลต่อโครงสร้างเส้นใยภายในเนื้อเทียม และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งก่อให้เกิดโครงสร้างหลักที่เป็นเส้นใยคล้ายเนื้อสัตว์ กระบวนการผลิตเนื้อเทียมด้วยเครื่อง Extruder ต้องใช้อุณหภูมิ และความดันสูง ในระยะเวลาที่สั้น ซึ่งจะทำให้โปรตีนในแป้งถั่วเหลืองเสียสภาพ และถูกยืดออกเป็นเส้นโครงสร้างใหม่ต่อกันเป็นเส้นใย (Fiber Formation) [79]

4.1.2.4 การศึกษาคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันทั้ง 4 สูตร จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.4

**ตารางที่ 4.4** คุณภาพทางเคมีของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

| สูตรที่ | ปริมาณแป้งถั่วขาว (ร้อยละ) | ปริมาณแป้งแก่นตะวัน (ร้อยละ) | ปริมาณแป้งถั่วเหลือง (ร้อยละ) | ความชื้น$^{ns}$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 45.00 | 20.00 | 35.00 | 3.45 ± 0.07 |
| 3 | 40.00 | 20.00 | 40.00 | 3.64 ± 0.39 |
| 5 | 38.75 | 25.00 | 36.25 | 3.49 ± 0.13 |
| 6 | 40.00 | 22.50 | 37.50 | 3.53 ± 0.20 |

**หมายเหตุ :** ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a,b,c หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ค่าความชื้นของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันทั้ง 4 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลมาตรฐานอาหารแห้งที่ว่า ความชื้นจะต้องต่ำกว่าร้อยละ 8 จึงจะช่วยป้องกัน และควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ รายีสต์ และแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย [76]

4.1.2.5 การศึกษาการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

เมื่อนำเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันทั้ง 4 สูตร มาศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคโดยการทดสอบความชอบแบบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) โดยพิจารณาในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสโดยรวม ความเหนียว รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวมของผู้บริโภคจำนวน 100 คน เป็นกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 50 คน และผู้บริโภคอาหารมังสวิรัติในเขตจังหวัดปทุมธานี จำนวน 50 คน มีการวางแผนการทดลองแบบ (Randomized Complete Block Design หรือ RCBD) ทำการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากคะแนนสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 4.5

**ตารางที่ 4.5** ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

| สูตรที่ | คุณภาพทางประสาทสัมผัส | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ลักษณะปรากฏ | สี | กลิ่นรสโดยรวม | ความเหนียว | รสชาติโดยรวม | ความชอบโดยรวม |
| 1 | $6.14^{c} \pm 1.32$ | $6.34^{c} \pm 0.99$ | $6.48^{c} \pm 0.70$ | $5.96^{c} \pm 1.06$ | $6.42^{c} \pm 0.94$ | $6.24^{c} \pm 0.91$ |
| 3 | $6.84^{b} \pm 1.21$ | $6.74^{b} \pm 1.18$ | $6.64^{bc} \pm 1.08$ | $6.52^{b} \pm 1.08$ | $6.68^{bc} \pm 0.97$ | $6.80^{b} \pm 1.10$ |
| 5 | $6.94^{b} \pm 1.31$ | $6.74^{b} \pm 1.15$ | $6.80^{b} \pm 0.92$ | $6.64^{b} \pm 1.18$ | $6.78^{b} \pm 0.90$ | $6.90^{b} \pm 0.99$ |
| 6 | $7.82^{a} \pm 0.99$ | $7.58^{a} \pm 1.05$ | $7.62^{a} \pm 1.09$ | $7.64^{a} \pm 1.06$ | $7.60^{a} \pm 1.08$ | $7.84^{a} \pm 0.99$ |

**หมายเหตุ :** ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a,b,c หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน พบว่า ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสโดยรวม ความเหนียว รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันในสูตรที่ 6 มากที่สุด เนื่องจากเนื้อเทียมมีเนื้อสัมผัสที่เหนียวมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลของค่าแรงตัด (Cutting Force) และค่าแรงเฉือน (Shear Force) ของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันพบว่า เนื้อเทียมในสูตรที่ 6 นี้มีค่าแรงตัด และค่าแรงเฉือนสูงกว่าสูตรอื่นๆ ซึ่งค่าแรงตัดและค่าแรงเฉือนที่สูง จะเป็นตัวบ่งบอกถึงความเหนียว และความยืดหยุ่นของเนื้อสัมผัสที่สูงตามไปด้วย [79] ซึ่งลักษณะเนื้อเทียมที่ดีจะต้องมีความเหนียวและความยืดหยุ่น [79] จากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันในสูตรที่ 6 มีคะแนนความชอบสูงกว่าสูตรอื่นๆ ดังนั้นจึงเลือกเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันสูตรที่ 6 มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ทางจุลินทรีย์และศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันต่อไป ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

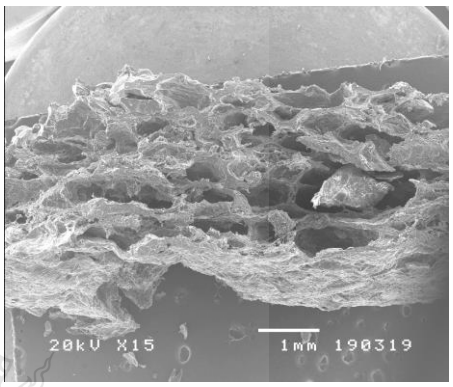
## 4.2 การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

จากการศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน โดยนำเนื้อเทียมสูตรที่ 6 มาศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 4.2.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์

จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าแรงตัด (Cutting Force) ค่าแรงเฉือน (Shear Force) วิเคราะห์สมบัติเส้นใย (Microscopic Cross Section Examination) และวิเคราะห์ค่า Water Activity ($a_w$) การศึกษาคุณภาพทางเคมี และการศึกษาทางจุลินทรีย์ ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.6

**ตารางที่ 4.6** ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันที่พัฒนาได้ 100 กรัม

| คุณภาพ | ปริมาณ |
|---|---|
| คุณภาพทางกายภาพ | |
| - ค่าแรงตัด (N) | 5.98 |
| - ค่าแรงเฉือน (N) | 19.26 |
| - ลักษณะของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน |   |
| - ค่า Water Activity ($a_w$) | 0.52 |
| คุณภาพทางเคมี | |
| - ความชื้น (ร้อยละ) | 4.98 |
| - พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี) | 381.42 |
| - พลังงานจากไขมันทั้งหมด (กิโลแคลอรี) | 85.86 |
| - ไขมันทั้งหมด (กรัม) | 9.54 |
| - ไขมันอิ่มตัว (กรัม) | 1.92 |
| - โคเลสเตอรอล (มิลลิกรัม) | ไม่พบ |
| - โปรตีน (กรัม) | 33.76 |
| - คาร์โบไฮเดรต (กรัม) | 40.13 |
| - ใยอาหาร (กรัม) | 33.44 |
| - อินนูลิน (กรัม) | 13.82 |
| - น้ำตาล (กรัม) | 24.36 |
| - โซเดียม (มิลลิกรัม) | 15.52 |
| - วิตามินเอ (ไมโครกรัม) | ไม่พบ |

**ตารางที่ 4.6** ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันที่พัฒนาได้ 100 กรัม (ต่อ)

| คุณภาพ | ปริมาณ |
|---|---|
| คุณภาพทางเคมี | |
| - วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม) | น้อยกว่า 0.030 |
| - วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม) | น้อยกว่า 0.025 |
| - แคลเซียม (มิลลิกรัม) | 192.90 |
| - เหล็ก (มิลลิกรัม) | 5.12 |
| - ฟาซิโอลามิน (กรัม) | 0.80 |
| - เถ้า (ร้อยละ) | 5.01 |
| คุณภาพทางจุลินทรีย์ | |
| - จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) | $1.52 \times 10^2$ |
| - ยีสต์รา (CFU/g) | 75 |
| - *Staphylococcus aureus* (MPN/g) | < 3 |

จากตารางที่ 4.6 การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ พบว่า ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันมีค่าแรงตัดเท่ากับ 5.98 (N) และมีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 19.26 (N) ซึ่งค่าแรงตัดและค่าแรงเฉือนจะเป็นตัวบ่งบอกถึงความเหนียวของเนื้อสัมผัส โดยหากค่าแรงตัด และค่าแรงเฉือนสูงจะส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความเหนียว และมีความยืดหยุ่นสูงตามไปด้วย [79]

การศึกษาลักษณะของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope) โดยใช้กำลังขยาย 15 เท่า พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมมีช่องรูพรุนขนาดใหญ่ มีการกระจายตัว ผนังของรูบาง และมีการจัดเรียงโครงสร้างแบบร่างแห ทั้งนี้เนื่องจากในผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน มีปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่มาจากแป้งถั่วขาว แป้งถั่วเหลือง และแป้งแก่นตะวัน ซึ่งสอดคล้องกับผลของ P.R. Sheard [75] พบว่า ปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในวัตถุดิบจะมีอิทธิพลต่อโครงสร้างเส้นใยของเนื้อเทียมและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งก่อให้เกิดโครงสร้างเส้นใยคล้ายเนื้อสัตว์

ค่า Water Activity ($a_w$) ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันมีค่าเท่ากับ 0.52 ซึ่งมาตรฐานอาหารแห้งได้กำหนดค่าปริมาณน้ำอิสระ Water Activity ในผลิตภัณฑ์อาหารแห้งจะต้องไม่เกิน 0.6 เพราะค่าปริมาณน้ำอิสระ Water Activity เป็นปัจจัยที่สำคัญในการ

ควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร ถ้าหากผลิตภัณฑ์อาหารมีค่า ($a_w$) ต่ำ จะทำให้สามารถเก็บอาหารไว้ได้นานยิ่งขึ้น [76]

การศึกษาคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน พบว่า เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันมีค่าความชื้นร้อยละ 4.98 ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของมาตรฐานอาหารแห้งที่จะต้องมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 8 จึงจะช่วยป้องกันและควบคุมจุลินทรีย์ รายีสต์ และแบคทีเรีย ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย [76] อีกทั้งในผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันที่พัฒนาได้ปริมาณ 100 กรัม จะให้พลังงานทั้งหมด 381.42 กิโลแคลอรี พลังงานจากไขมัน 85.86 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมด 9.54 กรัม ไขมันอิ่มตัว 1.92 กรัม โปรตีน 33.76 กรัม คาร์โบไฮเดรต 40.13 กรัม ใยอาหาร 33.44 กรัม ซึ่งใยอาหารมีประโยชน์ต่อระบบขับถ่าย ช่วยจับไขมันจากอาหาร และลดการดูดซึมน้ำตาล ใยอาหารชนิดที่เป็นเซลลูโลส มีคุณสมบัติอุ้มน้ำทำให้อุจจาระอ่อน ส่งผลดีต่อระบบขับถ่าย ทำให้ไม่เป็นโรคริดสีดวงทวาร ลำไส้โป่งพอง และมะเร็งลำไส้ใหญ่ [80] ในผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันยังประกอบไปด้วย สารอินนูลิน 13.82 กรัม ที่ได้จากแก่นตะวัน ซึ่งมีสารที่ชื่อว่า อินนูลิน (Inulin) ที่จัดเป็นใยอาหารแบบละลายน้ำได้ (Soluble Dietary Fiber) จึงส่งผลดีต่อสุขภาพ ช่วยเพิ่มมวลอุจจาระทำให้อุจจาระอ่อนนุ่มขับถ่ายได้ง่าย [81] อินนูลินยังมีคุณสมบัติเป็นอาหารเยื่อใยสูง [7] ที่สามารถผ่านไปถึงลำไส้ใหญ่ และถูกนำไปใช้โดยแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย หรือโพรไบโอติก (Probiotic) เช่น บิฟิโดแบคทีเรีย (*Bifidobacteria*) ทำให้แบคทีเรียที่มีประโยชน์เหล่านี้เพิ่มจำนวนมากขึ้น [6] อีกทั้งยังช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่เป็นโทษ เช่น (*Clostridium Perfringens*) และ (*Escherichia coli*) ซึ่งอินนูลินจึงจัดได้ว่าเป็นสารพรีไบโอติก (Prebiotic) ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ จึงช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ช่วยควบคุมน้ำหนัก ให้พลังงานต่ำ ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลและไขมันในเลือด ช่วยในการดูดซึมแคลเซียมในสำไส้ จึงสามารถอยู่ในระบบทางเดินอาหารได้นาน ส่งผลทำให้รู้สึกอิ่ม และยังลดความอยากอาหารลงได้ [81] ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันที่พัฒนาได้ ยังประกอบด้วยน้ำตาล 24.36 กรัม โซเดียม 15.52 มิลลิกรัม วิตามินบี 1 < 0.03 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 < 0.025 มิลลิกรัม แคลเซียม 192.90 มิลลิกรัม ธาตุเหล็ก 5.12 มิลลิกรัม มีสารฟาซิโอลามีน 0.80 กรัม และเถ้าร้อยละ 5.01 ซึ่งปริมาณแคลเซียมและธาตุเหล็กที่สูง ยังส่งผลดีต่อกลุ่มผู้สูงอายุที่ขาดแคลเซียม เนื่องจากแคลเซียมและธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของกระดูกและฟัน มีส่วนช่วยเสริมสร้างความแข็งแกร่งให้กับกระดูกและฟัน ช่วยป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุของมวลกระดูก และสามารถลดความเสี่ยงจากโรคกระดูกพรุนได้ [82]

การศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์รา และ *Staphylococcus aureus* ในผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากโปรตีนเกษตร (มผช.1514) พ.ศ.2563 [83]

## 4.3 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

**ส่วนที่ 1** ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม คือ ผู้บริโภคอาหารทั่วไป และผู้บริโภคอาหารมังสวิรัติในเขตจังหวัดปทุมธานี จำนวน 100 คน ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา อาชีพ และรายได้ต่อเดือน รายงานผลการสำรวจ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

**ตารางที่ 4.7** ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 100 คน

| ข้อมูลทั่วไปขอผู้ตอบแบบสอบถาม | ความถี่ | ร้อยละ |
|---|---|---|
| 1. กลุ่มผู้บริโภค | | |
| - กลุ่มผู้บริโภคอาหารทั่วไป | 50 | 50.00 |
| - กลุ่มผู้บริโภคอาหารมังสวิรัติ | 50 | 50.00 |
| รวม | 100 | 100.00 |
| 2. เพศ | | |
| - ชาย | 38 | 38.00 |
| - หญิง | 62 | 62.00 |
| รวม | 100 | 100.00 |
| 3. อายุ | | |
| - 15-24 ปี | 20 | 20.00 |
| - 25-34 ปี | 38 | 38.00 |
| - 35-44 ปี | 20 | 20.00 |
| - 45-54 ปี | 18 | 18.00 |
| - 55 ปี ขึ้นไป | 4 | 4.00 |
| รวม | 100 | 100.00 |

ที่มา : ผลจากการทำแบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค

**ตารางที่ 4.7** ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 100 คน (ต่อ)

| ข้อมูลทั่วไปขอผู้ตอบแบบสอบถาม | ความถี่ | ร้อยละ |
|---|---|---|
| 4. ระดับการศึกษาสูงสุด | | |
| - ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนต้น | 0 | 0.00 |
| - มัธยมศึกษาตอนต้น | 4 | 4.00 |
| - มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. | 8 | 8.00 |
| - อนุปริญญา/ปวส. | 22 | 22.00 |
| - ปริญญาตรี | 64 | 64.00 |
| - สูงกว่าปริญญาตรี | 2 | 2.00 |
| รวม | 100 | 100.00 |
| 5. อาชีพ | | |
| - นักเรียน / นักศึกษา | 19 | 19.00 |
| - ข้าราชการ | 12 | 12.00 |
| - พนักงานบริษัทเอกชน/ รัฐวิสาหกิจ | 53 | 53.00 |
| - ธุรกิจส่วนตัว | 12 | 12.00 |
| - รับจ้าง / ลูกจ้าง | 4 | 4.00 |
| - พ่อบ้าน / แม่บ้าน | 0 | 0.00 |
| รวม | 100 | 100.00 |
| 6. รายได้ทั้งหมดต่อเดือน | | |
| - น้อยกว่าหรือเท่ากับ 15,000 บาท | 23 | 23.00 |
| - 15,001 – 20,000 บาท | 27 | 27.00 |
| - 20,001 – 30,000 บาท | 43 | 43.00 |
| - 30,001 – 40,000 บาท | 7 | 7.00 |
| - 40,001 – 50,000 บาท | 0 | 0.00 |
| - มากกว่า 50,001 บาท | 0 | 0.00 |
| รวม | 100 | 100.00 |

ที่มา : ผลจากการทำแบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.7 พบว่า กลุ่มผู้บริโภคอาหารทั่วไปจำนวน 50 คน คิดเป็นร้อยละ 50 และกลุ่มผู้บริโภคอาหารมังสวิรัติจำนวน 50 คน คิดเป็นร้อยละ 50 พบว่ากลุ่มผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 62 คน คิดเป็นร้อยละ 62 อายุของผู้บริโภคอยู่ระหว่าง 25-34 ปี จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 38 การศึกษาของผู้บริโภคอยู่ในระดับปริญญาตรี จำนวน 64 คน คิดเป็นร้อยละ 64 ผู้บริโภคส่วนใหญ่ประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน/ รัฐวิสาหกิจจำนวน 53 คน คิดเป็นร้อยละ 53 และมีรายได้ต่อเดือนส่วนใหญ่ 20,001-30,000 บาทจำนวน 43 คน คิดเป็นร้อยละ 43

**ส่วนที่ 2** ข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นข้อมูลที่ดำเนินการสำรวจเพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน รายงานผลการสำรวจได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.8

**ตารางที่ 4.8** ผลการสำรวจข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 100 คน

| ข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถาม | ความถี่ | ร้อยละ |
|---|---|---|
| 1. จุดประสงค์หลักของท่านในการบริโภคอาหารมังสวิรัติ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) | | |
| - ราคาประหยัด | 60 | 60.00 |
| - เพื่อสุขภาพที่ดี | 95 | 95.00 |
| - บรรเทารักษาโรค | 80 | 80.00 |
| - ข้อกำหนดทางศาสนา | 31 | 31.00 |
| - ไม่ต้องการเบียดเบียนสัตว์ | 46 | 46.00 |
| - ความนิยมในปัจจุบัน | 21 | 21.00 |
| - อื่นๆ | 1 | 1.00 |

**ตารางที่ 4.8** ผลการสำรวจข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 100 คน (ต่อ)

| ข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถาม | ความถี่ | ร้อยละ |
|---|---|---|
| 2. ท่านบริโภคอาหารมังสวิรัติในโอกาสใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) | | |
| - เทศกาลกินเจ | 100 | 100.00 |
| - เฉพาะวันพระ | 70 | 70.00 |
| - เฉพาะวันเกิด | 60 | 60.00 |
| - ทานประจำทุกวัน | 50 | 50.00 |
| - ไม่แน่นอน | 5 | 5.00 |
| - อื่นๆ | 0 | 0.00 |
| 3. ท่านบริโภคอาหารมังสวิรัติมาเป็นระยะเวลานานเท่าใด | | |
| - น้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 เดือน | 27 | 27.00 |
| - มากกว่า 3 เดือน – 6 เดือน | 23 | 23.00 |
| - มากกว่า 6 เดือน – 1 ปี | 30 | 30.00 |
| - มากกว่า 1 ปี – 3 ปี | 20 | 20.00 |
| รวม | 100 | 100.00 |
| 4. บุคคลที่มีอิทธิพลมากที่สุดที่สามารถทำให้ท่านเปลี่ยนมาบริโภคอาหารมังสวิรัติ | | |
| - ตนเอง | 79 | 79.00 |
| - ญาติพี่น้อง | 9 | 9.00 |
| - พ่อแม่/ผู้ปกครอง | 6 | 6.00 |
| - เพื่อน | 2 | 2.00 |
| - ข้อมูลจากสื่อต่างๆ | 4 | 4.00 |
| - อื่นๆ | 0 | 0.00 |
| รวม | 100 | 100.00 |

**ตารางที่ 4.8** ผลการสำรวจข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 100 คน (ต่อ)

| ข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถาม | ความถี่ | ร้อยละ |
|---|---|---|
| 5. วัตถุประสงค์หลักที่ท่านบริโภคอาหารมังสวิรัติ | | |
| - วัตถุประสงค์ทางด้านสุขภาพร่างกาย | 71 | 71.00 |
| - วัตถุประสงค์ทางด้านการเข้าสังคมกับกลุ่มที่เป็นผู้บริโภคอาหารมังสวิรัติ | 13 | 13.00 |
| - วัตถุประสงค์ทางด้านความสุขของจิตใจ | 16 | 16.00 |
| - อื่นๆ | 0 | 0.00 |
| รวม | 100 | 100.00 |
| 6. ส่วนใหญ่ท่านรับประทานอาหารมังสวิรัติที่ใดมากที่สุด | | |
| - ร้านขายอาหารมังสวิรัติโดยเฉพาะ | 33 | 39.00 |
| - ร้านอาหารทั่วไปที่มีอาหารมังสวิรัติ | 39 | 33.00 |
| - ทำทานเองที่บ้าน | 20 | 20.00 |
| - ซื้อจากตลาด | 8 | 8.00 |
| - อื่นๆ | 0 | 0.00 |
| รวม | 100 | 100.00 |
| 7. วัตถุดิบหลักที่ท่านใช้ในการทำอาหารมังสวิรัติ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) | | |
| - เนื้อเทียม หรือโปรตีนเกษตร | 72 | 72.00 |
| - เต้าหู้ | 49 | 49.00 |
| - เห็ดหอม | 33 | 33.00 |
| - ผัก | 42 | 42.00 |
| - หมี่ซั่ว | 21 | 21.00 |
| - อื่นๆ | 0 | 0.00 |

**ตารางที่ 4.8** ผลการสำรวจข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 100 คน (ต่อ)

| ข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถาม | ความถี่ | ร้อยละ |
|---|---|---|
| 8. สถานที่ใดที่ท่านซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม หรือโปรตีนเกษตรบ่อยที่สุด | | |
| - ซุปเปอร์มาเก็ต | 64 | 64.00 |
| - ห้างค้าปลีก | 18 | 18.00 |
| - ร้านสะดวกซื้อ | 10 | 10.00 |
| - ร้านขายของชำ | 8 | 8.00 |
| - รถเร่/แผงลอย | 0 | 0.00 |
| - อื่นๆ | 0 | 0.00 |
| รวม | 100 | 100.00 |
| 9. ปัญหาที่ท่านพบจากการบริโภคอาหารมังสวิรัติ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) | | |
| - ร่างกายขาดสารอาหารที่จำเป็น | 84 | 84.00 |
| - น้ำหนักเพิ่มขึ้นเกินมาตรฐาน | 95 | 95.00 |
| - โรคอ้วน | 64 | 64.00 |
| - โรคเบาหวาน | 32 | 32.00 |
| - เนื้อเทียมหรือโปรตีนเกษตรมีส่วนประกอบหลักมาจากแป้งถั่งเหลืองเพียงอย่างเดียวจึงทำให้มีไขมันและแคลอรีสูง | 47 | 47.00 |
| - อื่นๆ | 10 | 10.00 |
| 10. ถ้ามีการเสริมพืชชนิดอื่นนอกจากถั่วเหลือง ลงในผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม หรือโปรตีนเกษตร ท่านคิดว่าควรเสริมพืชชนิดใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) | | |
| - ถั่วขาว | 74 | 74.00 |
| - แก่นตะวัน | 82 | 82.00 |
| - งาขาว | 45 | 45.00 |
| - งาดำ | 37 | 37.00 |
| - อื่นๆ | 10 | 10.00 |

**ตารางที่ 4.8** ผลการสำรวจข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 100 คน (ต่อ)

| ข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถาม | ความถี่ | ร้อยละ |
|---|---|---|
| 11. ถ้ามีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม หรือโปรตีนเกษตร ท่านคิดว่าควรพัฒนาด้านใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) | | |
| - มีการเสริมใยอาหาร | 87 | 87.00 |
| - ใช้วัตถุดิบภายในประเทศ | 78 | 78.00 |
| - มีฉลากโภชนาการกำกับ | 84 | 84.00 |
| - พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เฉพาะกลุ่ม เช่น ผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก | 85 | 85.00 |
| - อื่นๆ | 11 | 11.00 |

**ที่มา :** ผลจากการทำแบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.8 พบว่า จุดประสงค์หลักที่ผู้บริโภคบริโภคอาหารมังสวิรัติมากที่สุด คือ เพื่อสุขภาพที่ดีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 95 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐพร [84] เรื่องพฤติกรรมการบริโภคอาหารมังสวิรัติในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ด้านพฤติกรรมการบริโภคอาหารมังสวิรัติของผู้บริโภคส่วนใหญ่จะเห็นว่าจุดประสงค์หลักในการรับประทานมังสวิรัติ คือ เพื่อสุขภาพที่ดี โอกาสที่ผู้บริโภคบริโภคอาหารมังสวิรัติมากที่สุด คือ เทศกาลกินเจมากที่สุด คิดเป็น ร้อยละ 100 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนัยนา [85] เรื่องพฤติกรรมการบริโภคอาหารมังสวิรัติของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร พบว่า พฤติกรรมการบริโภคอาหารมังสวิรัติส่วนใหญ่จะบริโภคในช่วงเทศกาลกินเจมากที่สุด ระยะเวลาในการบริโภคอาหารมังสวิรัติมากที่สุด คือ มากกว่า 6 เดือน-1 ปี คิดเป็นร้อยละ 30 กลุ่มหรือบุคคลที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนมาบริโภคอาหารมังสวิรัติของผู้บริโภคมากที่สุดคือตนเอง คิดเป็นร้อยละ 79 วัตถุประสงค์หลักในการเลือกบริโภคอาหารมังสวิรัติ คือ วัตถุประสงค์ทางด้านสุขภาพร่างกาย คิดเป็นร้อยละ 71 ส่วนผู้บริโภคอาหารมังสวิรัติที่ร้านอาหารทั่วไปที่มีอาหารมังสวิรัติมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 39 วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการประกอบทำอาหารมังสวิรัติ คือ เนื้อเทียมหรือโปรตีนเกษตร คิดเป็นร้อยละ 72 เนื่องจากผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม หรือโปรตีนเกษตรมีเนื้อสัมผัสที่ยืดหยุ่นลักษณะคล้ายกับเนื้อสัตว์ สามารถมานำมาประกอบอาหารได้หลายเมนู [79] สถานที่ที่ผู้บริโภคเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม หรือโปรตีนเกษตร คือ ซุปเปอร์มาเก็ต คิดเป็นร้อยละ 64 เนื่องจากมีหลายสาขาทั่วประเทศ มีสินค้าหลากหลาย ซึ่งจะทำให้สะดวกต่อการเลือกซื้อสินค้า ซึ่งศิริวรรณ [86] ได้กล่าวว่า

สถานที่ที่มีการอำนวยความสะดวกให้กับผู้บริโภค โดยการจัดสถานที่จอดรถให้เพียงพอ มีสินค้าหลากหลายให้เลือกซื้อ มีการตกแต่งร้านสีสันสวยงาม ก็จะเป็นที่ดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคเพิ่มขึ้น ในด้านปัญหาที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่พบจากการบริโภคอาหารมังสวิรัติมากที่สุด คือ น้ำหนักเพิ่มขึ้นเกินมาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 95 รองลงมา ร่างกายขาดสารอาหารที่จำเป็น คิดเป็นร้อยละ 84 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐพร พบว่า กระแสด้านการดูแลรักษาสุขภาพมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกบริโภคอาหารมังสวิรัติมากขึ้น เป็นเพราะผู้บริโภครับประทานเข้าไปแล้วเกิดปัญหาต่อสุขภาพ เช่น น้ำหนักตัวของผู้บริโภคขึ้นเกินมากมาตรฐาน [84] โดยความคิดเห็นของผู้บริโภคในการเลือกพืชที่ควรเสริมชนิดอื่นนอกจากถั่วเหลือง ในผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมหรือโปรตีนเกษตร คือ แก่นตะวันร้อยละ 82 รองลงมาเป็นถั่วขาวร้อยละ 74 ซึ่งในแก่นตะวันมีสารที่ชื่อว่า อินนูลิน (Inulin) ที่จัดเป็นใยอาหารชนิดละลายน้ำได้ (Soluble Dietary Fiber) จึงส่งผลดีต่อสุขภาพ เช่น ช่วยทำให้อุจจาระอ่อนนุ่ม ช่วยเพิ่มมวลอุจจาระ [82] อินนูลินยังมีคุณสมบัติเป็นอาหารเยื่อใยสูง [7] นอกจากนี้อินนูลินยังมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกที่เป็นประโยชน์ต่อลำไส้ สามารถช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกาย และช่วยเพิ่มการดูดซึมของแร่ธาตุโดยเฉพาะแคลเซียมได้อีกด้วย [82] ส่วนในถั่วขาว มีสารสำคัญที่ชื่อว่า ฟาซีโอลามิน (Phaseolamin) ที่ทำหน้าที่ในการยับยั้งกระบวนการย่อยแป้งเป็นน้ำตาล แป้งที่บริโภคเข้าไปจึงไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายทั้งหมด ทำให้แป้งเหล่านั้นถูกขับออกจากทางร่างกายทางอุจจาระมากขึ้น เมื่อร่างกายได้รับแป้งน้อยลงจึงทำให้น้ำหนักตัวลดน้อยลงด้วย [31] ถั่วขาวยังช่วยป้องกันภาวะไขมันในเลือดสูง ช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด และยังช่วยลดการเกิดโรคความดันโลหิตสูงได้อีกด้วย [57] ผู้บริโภคส่วนใหญ่คิดว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมหรือโปรตีนเกษตร ควรพัฒนาในด้านการเสริมใยอาหารร้อยละ 87 เนื่องจากกระแสการบริโภคอาหารที่มีไฟเบอร์หรือใยอาหาร กำลังได้รับความสนใจในปัจจุบัน [87] อาหารที่มีใยอาหารสูงช่วยทำให้อิ่มท้องได้นาน และดีต่อระบบย่อยอาหารเละช่วยเรื่องการขับถ่าย โดยเฉพาะผู้ที่กำลังลดน้ำหนักควรทานอาหารที่มีใยอาหารสูง เพื่อช่วยลดอาการท้องผูก [87]

**ส่วนที่ 3** ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค

ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคเป็นข้อมูลที่ใช้เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน รายงานผลการสำรวจได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.9 และ 4.10

**ตารางที่ 4.9** คะแนนเฉลี่ยความชอบของผู้บริโภคจำนวน 100 คน

| การทดสอบความชอบของผู้บริโภค | ค่าเฉลี่ยความชอบ | การแปลผลค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|
| คุณลักษณะ | | |
| ลักษณะปรากฏ | 7.64 ± 0.72 | ชอบปานกลาง |
| สี | 7.72 ± 0.73 | ชอบปานกลาง |
| กลิ่นรสโดยรวม | 7.62 ± 0.80 | ชอบปานกลาง |
| ความเหนียว | 7.66 ± 0.75 | ชอบปานกลาง |
| รสชาติโดยรวม | 7.88 ± 0.71 | ชอบปานกลาง |
| ความชอบโดยรวม | 7.94 ± 0.74 | ชอบปานกลาง |

**ที่มา :** ผลจากการทำแบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.9 คะแนนการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.94 ± 0.74 รองลงมา ด้านรสชาติโดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.88 ± 0.71 และด้านสี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.72 ± 0.73 ความเหนียว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.66 ± 0.75 ลักษณะปรากฏ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.64 ± 0.72 และกลิ่นรสโดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.62 ± 0.80 ไพโรจน์ [88] ได้กล่าวว่า มนุษย์ในแต่ละคนจะมีวิธีการที่แตกต่างกันในการมองภาพการยอมรับผลิตภัณฑ์ บางคนอาจจะต้องพิจารณาถึงขนาด รูปร่างในเบื้องต้น หรืออาจจะคำนึงตำหนิที่ผิดปกติของผลิตภัณฑ์ ในขณะที่บางคนติดอยู่กับสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ ปฏิกิริยาแรกจะเริ่มจากการสังเกตเห็นด้วยตาเป็นอันดับแรก โดยปราศจากการใช้สัมผัส แม้กระทั่งการรับรสชาติ ดังนั้นลักษณะที่ปรากฏทางกายภาพของผลิตภัณฑ์จึงนับว่ามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการยอมรับและการปฏิเสธของผู้บริโภค

**ตารางที่ 4.10** ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน

| ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค | ความถี่ | ร้อยละ |
|---|---|---|
| 1. ท่านคิดว่าเมื่อเทียบกับเนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน มีเนื้อสัมผัสที่สามารถแทนเนื้อสัตว์ได้หรือไม่ | | |
| - ได้ | 74 | 74.00 |
| - ไม่แน่ใจ | 26 | 18.00 |
| - ไม่ได้ | 0 | 0.00 |
| รวม | 100 | 100.00 |
| 2. เมื่อท่านได้ทราบข้อมูลประโยชน์ของถั่วขาวและแก่นตะวัน แล้วท่านคิดว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันหรือไม่ | | |
| - ซื้อ | 95 | 95.00 |
| - ไม่แน่ใจ | 5 | 5.00 |
| - ไม่ซื้อ | 0 | 0.00 |
| รวม | 100 | 100.00 |
| 3. หากมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ท่านคิดว่าควรวางจำหน่ายสถานที่ใดจึงจะเหมาะสมที่สุด | | |
| - ซุปเปอร์มาเก็ต | 30 | 30.00 |
| - ห้างค้าปลีก | 15 | 15.00 |
| - ร้านสะดวกซื้อ | 3 | 3.00 |
| - ร้านขายของชำ | 3 | 3.00 |
| - ร้านขายผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ | 49 | 49.00 |
| รวม | 100 | 100.00 |

**ตารางที่ 4.10** ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน (ต่อ)

| ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค | ความถี่ | ร้อยละ |
|---|---|---|
| 4. เหตุผลใดท่านจึงสนใจรับประทานผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน | | |
| - เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่น่าลอง | 10 | 10.00 |
| - เป็นทางเลือกใหม่เพื่อสุขภาพ | 18 | 18.00 |
| - มีคุณค่าทางโภชนาการสูง | 47 | 47.00 |
| - เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัตถุดิบภายในประเทศ | 5 | 5.00 |
| - เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ | 20 | 20.00 |
| รวม | 100 | 100.00 |

จากตารางที่ 4.10 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความชอบ และการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันมีเนื้อสัมผัสที่สามารถแทนเนื้อสัตว์ได้ กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่คิดว่าสามารถใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ได้ จำนวน 74 คน คิดเป็นร้อยละ 74 และเมื่อผู้ตอบแบบสอบถามทราบข้อมูลเกี่ยวกับถั่วขาวและแก่นตะวัน จึงเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน จำนวน 95 คน คิดเป็นร้อยละ 95 เนื่องจากในผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ยังประกอบด้วยแก่นตะวันที่มีสารที่ชื่อว่าอินนูลิน ซึ่งมีจัดเป็นใยอาหารแบบละลายน้ำได้ (Soluble Dietary Fiber) จึงส่งผลดีต่อสุขภาพ ช่วยเพิ่มมวลอุจจาระทำให้อุจจาระอ่อนนุ่มขับถ่ายได้ง่าย [80] และผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาว และแป้งแก่นตะวัน ยังมีประกอบของถั่วขาวที่มีสารสำคัญที่ชื่อว่า ฟาซีโอลามิน (Phaseolamin) ที่ทำหน้าที่ในการยับยั้งกระบวนการย่อยแป้งเป็นน้ำตาล แป้งที่บริโภคเข้าไปจึงไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายทั้งหมด ทำให้แป้งเหล่านั้นถูกขับออกจากทางร่างกายทางอุจจาระมากขึ้น เมื่อร่างกายได้รับแป้งน้อยลง จึงทำให้น้ำหนักตัวลดน้อยลงด้วย [31] ถั่วขาวยังช่วยป้องกันภาวะไขมันในเลือดสูง ช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด และยังช่วยลดการเกิดโรคความดันโลหิตสูงได้อีกด้วย [57] ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่คิดว่าควรมีการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันในร้ายขายผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ จำนวน 49 คน คิดเป็นร้อยละ 49 และผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความสนใจรับประทานผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันเนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง จำนวน 47 คน คิดเป็นร้อยละ 47 รองลงมาผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ จำนวน 20 คน

คิดเป็นร้อยละ 20 เนื่องจากปัจจุบันคนไทยส่วนใหญ่มีวิถีชีวิตที่เปลี่ยนจากสังคมชนบทเป็นสังคมเมืองมากขึ้น [89] คนไทยเริ่มมีการศึกษาที่สูงขึ้น รวมไปถึงการมีรายได้รายบุคคลค่อนข้างสูง จึงส่งผลให้บุคคลเหล่านั้นหันมาสนใจในเรื่องสุขภาพและอนามัยของตัวเองมากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นไปตามกระแสจากประเทศที่พัฒนาแล้ว ที่ผู้บริโภคหันมาให้ความสนใจเรื่องของการป้องกันและรักษาตนเอง [90] ดังนั้นการผลิตอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสารอาหารครบถ้วน ไม่มีสารพิษปนเปื้อน จึงมีส่วนสำคัญต่อการดูแลสุขอนามัยของผู้บริโภค และเป็นการเชื่อมโยงระหว่างภาคเกษตรกรรมกับกลุ่มผู้ดูแลสุขภาพโดยตรง [89]

**ส่วนที่ 4** ข้อเสนอแนะ

การตอบแบบสอบถามปลายเปิด ผู้ตอบแบบสอบถามให้ข้อเสนอแนะต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ประกอบด้วย เห็นควรให้มีการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเป็นอาหารมังสวิรัติทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภค

## 4.4 การศึกษาต้นทุนการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

จากการต้นทุนการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน โดยมีการคำนวณหาต้นทุนการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ประกอบด้วย วัตถุดิบทางตรง ดังแสดงในตารางที่ 4.11 และคำนวณต้นทุนการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน โดยมีค่าโสหุ้ยร้อยละ 35 ของราคาวัตถุดิบ และกำไรร้อยละ 30 ของราคาวัตถุดิบ

**ตารางที่ 4.11** การคำนวณต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

| ส่วนผสมในการผลิต | ต้นทุน | ปริมาณ (กรัม) | ราคา/หน่วย (บาท) |
|---|---|---|---|
| ถั่วขาว | 140 บาท/กิโลกรัม | 200.00 | 28.00 |
| แป้งแก่นตะวัน | 1,100 บาท/กิโลกรัม | 112.50 | 123.75 |
| ถั่วเหลือง | 40 บาท/กิโลกรัม | 187.50 | 7.50 |
| | รวม | | 159.25 |

โดยมีการคำนวณต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ดังนี้

ราคารวมต้นทุนวัตถุดิบ = 159.25

คิดค่าโสหุ้ย ร้อยละ 35 ของราคาวัตถุดิบ = $\frac{159.25 \times 35}{100}$ = 55.73 บาท

ค่าโสหุ้ย + กำไร ร้อยละ 30 ของราคาวัตถุดิบ = $\frac{55.73 \times 30}{100}$ = 16.72 บาท

ต้นทุนวัตถุดิบ + ค่าโสหุ้ย + กำไร = 159.25+55.73+16.72

ต้นทุนการผลิตรวม = 231.70 บาท

จากตารางที่ 4.11 การคำนวณต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน พบว่า ในการผลิตเนื้อเทียมเสริมถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันมีต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน เท่ากับ 231.70 บาท โดยเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน 1 กิโลกรัม มีราคาเท่ากับ 514.00 บาท เนื่องจากมีการใช้วัตถุดิบที่มีราคาสูงกว่าเนื้อเทียม หรือโปรตีนเกษตร ซึ่งเนื้อเทียม หรือโปรตีนเกษตรที่วางขายตามท้องตลาดขนาด 1 กิโลกรัม ราคาเฉลี่ยเท่ากับ 250.00 บาท จึงทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันมีต้นทุนในการผลิตที่สูงขึ้นและการบรรจุผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันในบรรจุภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.6 เนื่องจากผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันเป็นเนื้อเทียมที่ผลิตจากแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน จึงจัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพที่มีใยอาหารสูงที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายซึ่งปาริชาติ ประภาสัย [91] ได้กล่าวว่า ถึงแม้ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพนั้นจะมีราคาสูง แต่ถ้าผู้บริโภครับทราบถึงประโยชน์ และคุณค่าทางโภชนาการ ที่สามารถช่วยทำให้สุขภาพแข็งแรงและคุณประโยชน์ที่ได้รับคุ้มค่ากับราคาที่จ่ายไป ผู้บริโภคก็ยินดีที่จะซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพอย่างไม่ลังเล บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ดังแสดงในรูปที่ 4.6

**รูปที่ 4.6** บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของเนื้อเทียม โดยเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน โดยใช้เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ โดยวางแผนการทดลองออกแบบส่วนผสมแบบ Mixture Design เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน และศึกษาต้นทุนการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน สามารถสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะได้ดังต่อไปนี้

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของเนื้อเทียม โดยเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน มีสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ ได้ดังนี้

5.1.1 การศึกษาสูตรการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันที่เหมาะสมโดยวางแผนการทดลองส่วนผสมแบบ Mixture Design

ผลการศึกษาสูตรการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันที่เหมาะสมโดยวางแผนการทดลองส่วนผสมแบบ Mixture Design พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตเนื้อเทียม คือ ปริมาณแป้งถั่วขาว ปริมาณแป้งแก่นตะวัน และปริมาณแป้งถั่วเหลือง ทำการแบ่งกลุ่มโดยพิจารณาจากคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าแรงตัด และค่าแรงเฉือน ด้วยวิธี Cluster Analysis แบบ K-Mean Cluster พบว่า มี 4 สูตร คือ สูตรที่ 1, 3, 5 และ 6 ที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีค่าแรงตัดและค่าแรงเฉือนของเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันที่สูงสุด และนำสูตรทั้ง 4 ไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าแรงตัด ค่าแรงเฉือน และค่า ($a_w$) พบว่า มีค่าแรงตัด 5.98 (N) ค่าแรงเฉือน 19.26 (N) และค่า ($a_w$) 0.52 ตามลำดับ วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่า มีค่าความชื้น 3.54 และนำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีการใช้ให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Test) พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสโดยรวม ความเหนียว รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวม ว่าสูตรที่ 6 เป็นสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

5.1.2 การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

ผลจากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน พบว่า คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน มีค่าแรงตัดเท่ากับ 5.98 (N) ค่าแรงเฉือนเท่ากับ 19.26 (N) และมีค่า $a_w$ เท่ากับ 0.52 และคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน พบว่า มีความชื้นร้อยละ 4.98 พลังงานทั้งหมด 381.42 กิโลแคลอรี พลังงานจากไขมัน 85.86 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมด 9.54 กรัม ไขมันอิ่มตัว 1.92 กรัม โปรตีน 33.76 กรัม คาร์โบไฮเดรต 40.13 กรัม ใยอาหาร 33.44 กรัม อินนูลิน 13.82 กรัม น้ำตาล 24.36 กรัม โซเดียม 15.52 มิลลิกรัม วิตามินบี 1 < 0.03 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 < 0.025 มิลลิกรัม แคลเซียม 192.90 มิลลิกรัม ธาตุเหล็ก 5.12 มิลลิกรัม และเถ้าร้อยละ 5.01 คุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่า ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากโปรตีนเกษตร (มผช.1514) พ.ศ.2562 มีจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.52 X $10^2$ CFU/g ยีสต์รา 75 CFU/g และ *Staphylococcus aureus* < 3 MPN/g

5.1.3 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

ผลจากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน โดยใช้สถานที่ทดสอบแบบ Central Location Test (CLT) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 100 คน เป็นกลุ่มผู้บริโภคอาหารทั่วไป 50 คน และผู้บริโภคอาหารมังสวิรัติในเขตจังหวัดปทุมธานี 50 คน พบว่า การสำรวจข้อมูลเชิงพฤติกรรม และทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถาม ผู้ตอบแบบสอบถามมีจุดประสงค์บริโภคอาหารมังสวิรัติเพื่อสุขภาพที่ดี โอกาสที่ผู้ตอบแบบสอบถามนิยมบริโภคอาหารมังสวิรัติ คือ เทศกาลกินเจ ในด้านระยะเวลาผู้ตอบแบบสอบถามบริโภคมังสวิรัติ คือ มากกว่า 6 เดือน-1 ปี ในการเลือกบริโภคอาหารมังสวิรัติกลุ่มหรือบุคคลที่มีอิทธิพลต่อบริโภคอาหารมังสวิรัติของผู้ตอบแบบสอบถาม คือ ตนเอง วัตถุประสงค์สำคัญที่ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกบริโภคอาหารมังสวิรัติ คือ วัตถุประสงค์ทางด้านสุขภาพร่างกาย ในการบริโภคอาหารมังสวิรัติ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามนิยมบริโภคอาหารมังสวิรัติที่ร้านอาหารทั่วไปที่มีอาหารมังสวิรัติ ปัจจัยที่ใช้ในการเลือกวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการประกอบทำอาหารมังสวิรัติ คือ เนื้อเทียม หรือโปรตีนเกษตร และผู้ตอบแบบสอบถามเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม หรือโปรตีนเกษตรจากแหล่งจำหน่าย คือ ซุปเปอร์มาเก็ต โดยในด้านปัญหาผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่พบปัญหาจากการบริโภคอาหารมังสวิรัติ คือ น้ำหนักเพิ่มขึ้นเกินมาตรฐาน รองลงมา ร่างกายขาดสารอาหารที่จำเป็น และด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม หรือโปรตีนเกษตร ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญกับเรื่องให้มีการเสริมใยอาหารลงไปในผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม หรือโปรตีนเกษตร

กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามมีความชอบผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง และมีการยอมรับผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน สามารถใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ได้ คิดเป็นร้อยละ 74 และการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ เมื่อได้รับทราบข้อมูลเกี่ยวกับถั่วขาวและแก่นตะวัน จะเลือกผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน โดยมีการวางจำหน่ายในร้านขายอาหารเพื่อสุขภาพ และผู้ตอบแบบสอบถามมีความสนใจรับประทานผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง

5.1.4 การศึกษาต้นทุนการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

ผลจากการศึกษาต้นทุนการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน พบว่า ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน 1 กิโลกรัม มีราคาเท่ากับ 514.00 บาท

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษา เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ และทางเคมีของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

5.2.2 ควรมีการใช้เครื่อง Extruder ในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมหลากหลายรูปแบบ และมีการพองตัวที่มากกว่าในผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม

5.2.3 ควรลดระยะเวลาที่ใช้ในการอบผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันให้น้อยลง

# บรรณานุกรม


[1] จริยา เดชกุญชร, *อาหารมังสวิรัติ*, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์สถาพรบุ๊คส์, 2557.

[2] สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, *โปรตีนเกษตรหรือเนื้อเทียม*, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 23-24, 2548.

[3] ฉัตรภา หัตถโกศล, “รวมพลังขยับกาย สร้างสังคมไทยไร้พุง,” บทความเผยแพร่ความรู้สู่ประชาชน ชุดโครงการเครือข่ายคนไทยไร้พุง, ราชวิทยาลัยอายุรแพทย์แห่งประเทศไทย, คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล, 2555.

[4] วิชาการดอทคอม, 2552, สารสกัดจากถั่วขาว (ออนไลน์), สืบค้นจาก: http://www.vaharkarm.com/varticle/39058 (12 กุมภาพันธ์ 2561).

[5] สำนักงานบริหารวิชาการ มหาวิทยาลัยบูรพา, ถั่วขาวตัวช่วยควบคุมน้ำหนัก (ออนไลน์), สืบค้นจาก: http:www.uniserv.buu.ac.th/forum2/topic.asp?TOPIC_ID=2864 (12 กุมภาพันธ์ 2561).

[6] ประภาส ช่างเหล็ก, “แก่นตะวันพืชสมุนไพรควบคุมน้ำหนัก,” *หมอชาวบ้าน*, ปีที่ 34, ฉบับที่ 404, มกราคม-กุมภาพันธ์, หน้า 10-15, 2555.

[7] S. Gertjan, and S.L. Joanne, "Significance of inulin fructans in the human diet," vol. 14, pp. 37-47, 2015.

[8] J.M. Harper, *Food Properties and Computer-Aided Engineering of Food Processing Systems* vol. 168, 1981.

[9] G. Boison, V.T. Taranto, and M. Cheryan, *Extrusion of defatted soy flour hydrocolloid mixtures Effect of operating parameters on selected textural and physical properties.* Food Science Technology, 1983. **18**(6): p. 719-730.

[10] J. Ronald, *Extrusion Cooking Technology*, 1984.

[11] E. W. Lusas, and M. N. Riaz, "Soy Protein Products: Processing and Use," *The Journal of Nutrition,* vol. 125, pp. 573-580, March 1995.

[12] สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, *ผลิตภัณฑ์โปรตีนเกษตร*, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.

[13] D.K. Salunkhe, and S.S. Kadam, *Handbook of world food legumes: nutritional chemistry, processing technology, and utilization*. 1989.

# บรรณานุกรม (ต่อ)


[14] S. Lin, H. E. Huff, and F. Hsieh, "Texture and Chemical Characteristics of Soy Protein Meat Analog Extruded at High Moisture," *Journal of Food Science,* vol. 65, pp. 264-269, 2000.

[15] S. Lin, H. E. Huff, and F. Hsieh, "Extrusion Process Parameters, Sensory Characteristics, and Structural Properties of a High Moisture Soy Protein Meat Analog," *Journal of Food Science,* vol. 67, pp. 1066-1072, 2002.

[16] ประชา บุญญสิริกูล, "เทคโนโลยีการอัดพองในกระบวนการผลิตอาหาร," *วารสารอาหาร*, ปีที่ 26, ฉบับที่ 4, หน้า 235-248, 2539.

[17] กมลวรรณ แจ้งชัด, "การแปรรูปโดยวิธีเอกซ์ทรูชัน," *วารสารอุตสาหกรรมเกษตร* ปีที่ 9, ฉบับที่ 2, หน้า 4-8, 2541.

[18] วิไล รังสาดทอง, *เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร*, พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2547.

[19] ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, *SME จับเทรนด์อาหารอนาคตสร้างรายได้*, ข้อมูลวิจัย เดือนพฤษภาคม 2562.

[20] อรนุช สีหามาลา, หนูเดือน สาระบุตร, พรประภา ชุนถนอม, และศุภชัย ภูลายดอก, "คุณค่าทางโภชนาการของแมลงกินได้ในจังหวัดกาฬสินธุ์," *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, ปีที่ 36, ฉบับที่ 2, พฤษภาคม-สิงหาคม 2561.

[21] รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, วิศวกรรมอาหาร : หน่วยปฏิบัติการในอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541.

[22] กฤษณะ เต็มตระกูล, "เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ระบบอัตโนมัติสำหรับผลิตโปรตีนเกษตร," *ข่าวสารเกษตรศาสตร์*, ปีที่ 57, ฉบับที่ 2, กุมภาพันธ์–พฤษภาคม, 2555.

[23] เกรียงไกร ธรรมสร, *การปรับปรุงกระบวนการเตรียมสีสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องเรือนโดยใช้วิธีการออกแบบส่วนผสม*: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2555.

[24] หนังสือพิมพ์กสิกร, ปี 82, ฉบับที่ 4, กรกฎาคม-สิงหาคม, 2552, หน้า 32-34.

[25] วิลาสินี มีมุข, "การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพและการออกแบบการทดลองเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมแป้งถั่วขาว," ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2555.

## บรรณานุกรม (ต่อ)


[26] ต้นถั่วขาว (ออนไลน์), สืบค้นจาก:
https://s-mediacachak0.pinimg.com/originals/cf/7a/44/cf7a448c21b58309fbbec6f47e840711.jpg (12 กุมภาพันธ์ 2561).

[27] ดอกถั่วขาว (ออนไลน์), สืบค้นจาก:
http://v-giff.com/wp-content/uploads/2017/05/ct-whitebean2.png (12 กุมภาพันธ์ 2561).

[28] ฝักถั่วขาว (ออนไลน์), สืบค้นจาก:
http://v-giff.com/wp-content/uploads/2017/05/ct-whitebean3.png (12 กุมภาพันธ์ 2561).

[29] กองโภชนาการ, ถั่วขาว 2544, (ออนไลน์), สืบค้นจาก:
http://www.eatsmartly.net/Files/Name2/CONTENT512241738340.pdf (12 กุมภาพันธ์ 2561).

[30] Opiant biotech company (online), Available:
www.opiantbiotech.com/portfolio/herbal-extracts (25 March 2020).

[31] รัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์, "ฤกษ์ทางชีวภาพ คุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของถั่วเหลืองและถั่วขาวที่ผ่านการหมัก," สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2556.

[32] แก่นตะวันพืชสมุนไพรมากคุณค่า, (ออนไลน์), สืบค้นจาก: http://www.dss.go.th/images/st-article/sti-2-2558-SunChoke.pdf, (13 กุมภาพันธ์ 2561).

[33] วิสุทธิ์ กีปทอง, อดิศักดิ์ คำนวณศิลป์, และประพันธ์ ประเสริฐศักดิ์, "แก่นตะวัน...หรือทานตะวัน," *กสิกร*, ปีที่ 80, ฉบับที่ 2, หน้า 79-82, มีนาคม-เมษายน, 2550.

[34] สนั่น จอกลอย, วีรยา ลาดบัวขาว และรัชนก มีแก้ว, "แก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) พืชชนิดใหม่ใช้เป็นพลังงานทดแทน," *วารสารแก่นเกษตร*, ปีที่ 34, ฉบับที่ 2, หน้า 104-111, เมษายน-มิถุนายน 2549.

[35] ลำต้นแก่นตะวัน (ออนไลน์), สืบค้นจาก: https://puechkaset.com/wp-content/uploads/2016/12/%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%87%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B9%81%E0%B8%81%E0%B9%88%E0%B8%99%E0%B8%95%E0%B8%B0%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%99.jpg (13 กุมภาพันธ์ 2561).

# บรรณานุกรม (ต่อ)


[36] ใบแก่นตะวัน (ออนไลน์), สืบค้นจาก: https://img.kapook.com/image/Food/Jerusalem%20artichoke2.jpg (13 กุมภาพันธ์ 2561).

[37] ดอกแก่นตะวัน (ออนไลน์), สืบค้นจาก: https://medthai.com/wp-content/uploads/2013/09/%E0%B8%A3%E0%B8%B9%E0%B8%9B%E0%B9%81%E0%B8%81%E0%B9%88%E0%B8%99%E0%B8%95%E0%B8%B0%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%99.jpg (13 กุมภาพันธ์ 2561).

[38] หัวแก่นตะวัน (ออนไลน์), สืบค้นจาก: http://medfond.com/uploads/images/default/topinambur.jpg (13 กุมภาพันธ์ 2561).

[39] นิมิตร วรสูตร และสนั่น จอกลอย, "อินนูลินสารสำคัญสำหรับสุขภาพในแก่นตะวัน," *วารสารแก่นเกษตร*, ปีที่ 34, ฉบับที่ 2, เมษายน-มิถุนายน 2549.

[40] เยาวมาลย์ ค้าเจริญ, ศรีสุดา ศิริเหล่าไพศาล, และพัฒนพงษ์ ธิสงค์, "บทบาทของแก่นตะวัน (Jerusalem artichoke) ในอาหารสัตว์," *วารสารแก่นเกษตร*, ปีที่ 34, ฉบับที่ 2, เมษายน-มิถุนายน 2549.

[41] ครรชิต จุดประสงค์, สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นิตยสารธรรมลีลา, ฉบับที่ 132, 2554.

[42] คุณค่าทางโภชนาของแก่นตะวัน, (ออนไลน์), สืบค้นจาก: https://www.honestdocs.co/jerusalem-artichoke (14 กุมภาพันธ์ 2561).

[43] ปราณี อ่านเปรื่อง, *หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส*, พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: นักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2557.

[44] สมชาย ประภาวัต, วันเพ็ญ มีสมญา, และบุญมา นิยมวิทย์, "การผลิตเกษตรโปรตีนจากแป้งถั่วลิสงพร่องไขมัน โดยใช้เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ และทดสอบการยอมรับ," *รายงานผลการวิจัยในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, ครั้งที่ 28, 29-31 มกราคม, หน้า 31-34, 2533.

## บรรณานุกรม (ต่อ)


[45] เยาวดี คุปตะพันธ์, สมชาย ประภาวัต, ผ่องศรี จิตตนูนท์, วันเพ็ญ มีสมญา, ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์, และวิภาภรณ์ ณ ถลาง, “คุณค่าทางโภชนาการของเกษตรโปรตีนจากแป้งถั่วเหลือง ชนิดไขมันเต็มซึ่งผลิตโดยเครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์,” *วารสารวิทยาสารเกษตรศาสตร์* สาขาวิทยาศาสตร์, ปีที่ 25, ฉบับที่ 4, หน้า 450-457, 2534.

[46] กาญจนารัตน์ ทวีสุข, มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, ชิดชม วิทวัสวงศ์, และน้อย สาริกะภูติ, “กุนเชียงจากเนื้อหมูผสมโปรตีนเกษตร,” *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, ครั้งที่ 27, 30 มกราคม – 1 กุมภาพันธ์, หน้า 491-495, 2532.

[47] สมชาย ประภาวัต, “ผลของความชื้นของแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มแ ละอุณหภูมิของเครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ต่อการทำเกษตรโปรตีน,” *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, ครั้งที่ 27, สาขาวิทยาศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิศวกรรมศาสตร์, 30 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์, หน้า 363-373, 2532.

[48] นันทวรรณ กิจเจริญถาวรชัย, “การพัฒนาผลิตภัณฑ์นักเก็ตเนื้อเทียมแช่แข็ง,” ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2558.

[49] ดวงใจ มาลัย, ชุติมณฑน์ ชัยชวลิต, สุพรรษา จันทร์เพ็ญ และสุชานุช ไหมละเอียด, “การพัฒนาบะหมี่สดโดยการเติมผงแก่นตะวัน,” *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, ปีที่ 44, ฉบับที่ 2 (พิเศษ) พฤษภาคม-สิงหาคม 2556.

[50] ณัฐธิดา กิจเนตร, จันทรกานต์ ทรงเดช, ปภัสมน เวชกิจ, นุชนาฏ กุลวิทย์ และณัฐวดี เลิศพรประสพโชค, “องค์ประกอบทางเคมี และการยอมรับของผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองเพื่อสุขภาพที่ได้รับอิทธิพลจากการเติมหัวแก่นตะวัน,”*วารสารคหเศรษฐศาสตร์*, ปีที่ 59, ฉบับที่ 3, กันยายน- ธันวาคม 2559.

[51] จุฑามาศ อบทม, ศศิธร มวลทอง, สิริภา กลกสินธ์ และเกศริน ชูเดช, “แป้งเครปเสริมแก่นตะวัน,” ปริญญานิพนธ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, 2559

[52] ศิริพร ตันจอ, ครรชิต จุดประสงค์, ชนัญฑิตา ไชยโต, และสนั่น จอกลอย, “อินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรค์ในแก่นตะวันสายพันธุ์ต่างๆ,” *วารสารวิจัย มข.,*ฉบับบัณฑิตศึกษา, ปีที่ 17, ฉบับที่ 1, มกราคม-กุมภาพันธ์ 2555.

## บรรณานุกรม (ต่อ)


[53] ดุสิต บุหลัน, “ผลของการใช้แก่นตะวันผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของเส้นพาสต้า,” *การประชุมสวนสุนันทาวิชาการระดับชาติ ด้านการวิจัยเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน,* ครั้งที่ 4, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, หน้า 164-169, 2559.

[54] จุฑามาศ เหลาพรม, สุจิตรา แสงจันดา และนุชรี มาสภา, “การศึกษาทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพจากแก่นตะวัน บ้านถ้ำกลองเพล ตำบลโนนทัน อำเภอเมือง จังหวัดหนองบัวลำภู,” *การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติราชธานีวิชาการ,* ครั้งที่ 1, หน้า 1548-1558, 2559.

[55] วิลาสินี มีมุข, ระพี กาญจนะ, และอรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมแป้งถั่วขาวโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง,” *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ราชมงคลธัญบุรี*, ปีที่ 10, ฉบับที่ 2, กรกฎาคม – ธันวาคม 2555.

[56] วิลาสินี ถาวโรจน์, “คุณลักษณะและคุณค่าทางโภชนาการของโยเกิร์ตถั่วขาว,” บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2554.

[57] บุศรินทร์ จงเจริญยานนท์, “คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของถั่วขาวและการประยุกต์แป้งถั่วขาวในผลิตภัณฑ์ขนมอบ,” *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร*, ปีที่ 11, ฉบับที่ 1, มกราคม – ธันวาคม 2559.

[58] พรทิพย์ พสุกมลเศรษฐ์, อำพร แจ่มผล, สุนิสา ด้วงนุ่ม, และพิสชา ชาญณรงค์, “คุณลักษณะทางกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการของพุดดิ้งที่ทดแทนด้วยน้ำนมถั่วขาว,” *วารสารวิทยาศาสตร์ มศว*, ปีที่ 34, ฉบับที่ 1,หน้าที่ 125-137, 2561.

[59] รินทร์ลภัส พุกจินดา และกฤติกา ลิมปิทีป, “การพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพจากสารสกัดถั่วขาวในรูปแบบเยลลี่,” ปริญญาเภสัชศาสตรบัณฑิต, คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล, 2555.

[60] สมศักดิ์ แก้วพลอย, “การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมสำหรับลูกชิ้นเอ็นไก่ผสมผักพื้นบ้านโดยวิธีการออกแบบการทดลอง,”*การประชุมวิชาการการพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน,* ครั้งที่ 4, ประจำปี 2557 11-13 มิถุนายน 2557.

[61] ธนกิจ ถาหมี และพิไลรัก อินธิปัญญา, “การพัฒนาสูตรชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อนโดยใช้การทดลองออกแบบส่วนผสม,” *วารสารเกษตร*, ปีที่ 32, ฉบับที่ 2, หน้าที่ 235-245, 2559.

# บรรณานุกรม (ต่อ)


[62] ธิดารัตน์ จุทอง, รัทรดา สมพงษ์, และอุราภรณ์ เรืองวัชรินทร์, “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นอบแห้งเสริม *Lactobacillus casei* TISTR 1463 ที่ห่อหุ้มด้วยอัลจิเนตด้วยวิธีเอนแคปซูเลชัน,” *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, ปีที่ 9, ฉบับที่ 9, มกราคม – มิถุนายน 2560.

[63] A.O.A.C., Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Vol.1, 15th ed., Washington D.C.,2016.

[64] จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงค์, *การวิเคราะห์ต้นทุนอุตสาหกรรมและการจัดการทำงบประมาณ*, พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2557.

[65] จิตรา สิงห์ทอง และจิราวรรณ อุ่นเมตตาอารี, ผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปเพื่อสุภาพจากแป้งแก่นตะวัน, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2559.

[66] สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.), มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน แป้งถั่วเหลือง (มผช.1377/2550), กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร, 2552.

[67] ทัศนีย์ พรกิจประสาน และอรอนงค์ นัยวิกุล, “การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมี กายภาพของแป้งและสตาร์ชลูกเดือย,” *วารสารเกษตรศาสตร์*, ปีที่ 22, ฉบับที่ 2, เมษายน -มิถุนายน 2531.

[68] จิรนาถ บุญคง, “Resistant Starch แป้งที่มีบทบาทต่อสุขภาพ,” *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร*, ปีที่ 6, ฉบับที่ 1, มิถุนายน 2553 – พฤษภาคม 2554.

[69] เสาวภาคย์ วัฒนพทุ, “การพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้ากึ่งสำเร็จรูป,” สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2552.

[70] จิตรา สิงห์ทอง, “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพจากแป้งแก่นตะวัน,” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปีที่ 21, ฉบับที่ 1, มกราคม-เมษายน, 2562.

[71] กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. *เทคโนโลยีของแป้ง*, พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 2546.

[72] สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.), มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งสาลีชนิดอเนกประสงค์ (มอก.375/2524), กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร, 2552.

[73] อรพิน ภูมิภมร, *ผลิตภัณฑ์จากแป้ง*, คณะอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 2532.

## บรรณานุกรม (ต่อ)


[74] ปานมนัส ศิริสมบูรณ์, *การวัดเนื้อสัมผัสของผลิตผลทางการเกษตรและอาหาร*, กรุงเทพฯ: งานเทคโนโลยีการศึกษาและประชาสัมพันธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2559.

[75] ขจีรัตน์ ระรื่นรมย์, "ผลของส่วนผสมต่อโครงสร้างทางกายภาพและพันธะเคมีของเนื้อเทียมโปรตีนถั่วเหลือง," ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2548.

[76] รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต และไพศาล วุฒิจำนงค์, การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร, เอกสารประกอบการสัมมนา-อบรมวิชาการด้านอุตสาหกรรมอาหาร, 2545.

[77] เนตรนรินทร์ สุวรรณเดช, รัศมี พันธ์ศร, ธนวัฒน์ นกหงส์, วุฒิชัย ดวงจันทร์, ผกาวดี เอี่ยมกาแพง และโสรัจ วรชุม อินเกตุ, "การใช้แป้งถั่วขาวทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น," *รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนา*, มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร, ครั้งที่ 2, 2558.

[78] P.R. Sheard, D.A. Ledward, and J.R. Mitchell, Role of carbohydrates in soya extrusion. *Journal of Food Technology*. 19: 475-483, 1984.

[79] จุฬาลักษณ์ จารุนุช, หทัยชนก กันตรง, สุรีณา จันทพิรักษ์, วรพล เพ็งพินิจ และโรสริน อัคนิจ, "โปรตีนเกษตรรูปแบบใหม่," *วารสารอาหาร*, ปีที่ 47, ฉบับที่ 2, เมษายน-มิถุนายน 2560.

[80] ใยอาหาร สำคัญอย่างไรกับร่างกาย (ออนไลน์), สืบค้นได้จาก: https://www.si.mahidol.ac.th/th/division/diabetes/admin/knowledges_files/6_44_df, (5 กันยายน 2562).

[81] จิรายุทธ จูมพลหล้า, "การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงแก่นตะวันผลเพื่อสุขภาพ," วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2559.

[82] ศิริพร ตันจอ, ครรชิต จุดประสงค์, และประภาศรี ภูวเสถียร, "อินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์เพื่อสุขภาพ," *วารสารโภชนาการ*, ปีที่ 45, ฉบับที่ 2, กรกฎาคม - ธันวาคม 2553.

[83] สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.), มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผงโรยข้าวจากโปรตีนเกษตร (มผช.1514/2562), กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร, 2552.

## บรรณานุกรม (ต่อ)


[84] ณัฐพร สุริยากานนท์, “พฤติกรรมการบริโภคอาหารมังสวิรัติในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่,” บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2542.

[85] นัยนา สุทิน, “พฤติกรรมการบริโภคอาหารมังสวิรัติของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร,” บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการตลาด, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2555.

[86] ศิริวรรณ เสรีรัตน์, *พฤติกรรมผู้บริโภค* พิมพ์ครั้งที่ 8 กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 2550.

[87] คู่มือสุขภาพดีด้วยตัวเองและวารสารเพื่อนสุขภาพ, ฉบับที่ 3, ปีที่ 19, เดือนมิถุนายน – กรกฎาคม 2560.

[88] ไพโรจน์ วิริยจารี, *การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation)*. เชียงใหม่: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2545.

[89] พัชริน ส่งศรี, “ฟักข้าว พืชพื้นบ้านคุณค่าสูงเพื่อสุขภาพ,” *วารสารแก่นเกษตร*, ปีที่ 40, หน้า 1-6, 2555.

[90] นาฏอนงค์ นามบุดดี, “อนาคตของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและการปรับกลยุทธ์การตลาดในไทย,” *วารสารสังคมศาสตร์*, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ปีที่ 18, หน้า 353-374, 2558.

[91] ปาริชาติ ประภาสัย, “การรับรู้ถึงความเสี่ยง และการรับรู้คุณค่าผลิตภัณฑ์บการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อสุขภาพของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร,” บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยกรุงเทพ, 2557.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก
# แบบสอบถามความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค

**แบบสอบถาม**

**การทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค**

**เรียน** ผู้ตอบแบบสอบถาม

**เรื่อง** การทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

**คำชี้แจง**

แบบสอบถามชุดนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของเนื้อเทียม โดยเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน เพื่อทดสอบความชอบและการยอมรับของผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน อันเป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์แห่งปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ของ นางสาววีรยา ศรีอิทธิยาเวทย์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีทำการทดสอบความชอบ และการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาว และแป้งแก่นตะวัน ซึ่งแบบสอบถาม ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค

ดังนั้นจึงใคร่ขอความร่วมมือจากทุกท่าน กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์และตอบแบบสอบถามข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับใช้ประกอบการศึกษาและเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันในครั้งต่อไป ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอย่างยิ่งที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่สละเวลาในการตอบแบบสอบถาม

นางสาววีรยา ศรีอิทธิยาเวทย์

# แบบสอบถามผู้บริโภค

**ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม**

**คำชี้แจง :** โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ใน ( ) หรือเติมข้อความให้ตรงกับสภาพความเป็นจริงของท่าน

A

**กลุ่มผู้บริโภค**

( ) กลุ่มผู้บริโภคอาหารทั่วไป ( ) กลุ่มผู้บริโภคอาหารมังสวิรัติ

**ส่วนที่ 1** ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

B

1. เพศ

( ) ชาย ( ) หญิง

2. อายุ

C

( ) 15-24 ปี ( ) 25-34 ปี

( ) 35-44 ปี ( ) 45-54 ปี

( ) 55 ปี ขึ้นไป

D

3. ระดับการศึกษาสูงสุด

( ) ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนต้น ( ) มัธยมศึกษาตอนต้น

( ) มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช ( ) อนุปริญญา/ปวส.

( ) ปริญญาตรี ( ) สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

( ) นักเรียน / นักศึกษา ( ) ข้าราชการ

E

( ) พนักงานบริษัทเอกชน/ รัฐวิสาหกิจ ( ) ธุรกิจส่วนตัว

( ) รับจ้าง / ลูกจ้าง ( ) พ่อบ้าน / แม่บ้าน

( ) อื่น ๆ โปรดระบุ.....

5. รายได้ทั้งหมดต่อเดือน

F

( ) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 15,000 บาท ( ) 15,001 - 20,000 บาท

( ) 20,001 - 30,000 บาท ( ) 30,001 - 40,000 บาท

( ) 40,001 - 50,000 บาท ( ) มากกว่า 50,001 บาท

**ส่วนที่ 2** ข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ใน ( ) ให้ตรงกับสภาพความเป็นจริงของท่าน

1. จุดประสงค์หลักของท่านในการบริโภคอาหารมังสวิรัติ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) — G

( ) ราคาประหยัด ( ) เพื่อสุขภาพที่ดี — G1

( ) บรรเทารักษาโรค ( ) ข้อกำหนดทางศาสนา — G2

( ) ไม่ต้องการเบียดเบียนสัตว์ ( ) ความนิยมในปัจจุบัน — G4

( ) อื่นๆ (โปรดระบุ) ..... — G5

2. ท่านบริโภคอาหารมังสวิรัติในโอกาสใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) — G6

( ) เทศกาลกินเจ — G7

( ) เฉพาะวันพระ

( ) เฉพาะวันเกิด — H

( ) ทานประจำทุกวัน — H1

( ) ไม่แน่นอน — H2

( ) อื่นๆ (โปรดระบุ)..... — H3

3. ท่านบริโภคอาหารมังสวิรัติมาเป็นระยะเวลานานเท่าใด — H4

( ) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 เดือน — H5

( ) มากกว่า 3 เดือน – 6 เดือน — H6

( ) มากกว่า 6 เดือน – 1 ปี

( ) มากกว่า 1 ปี – 3 ปี — I

4. บุคคลที่มีอิทธิพล**มากที่สุด**ที่สามารถทำให้ท่านเปลี่ยนมาบริโภคอาหารมังสวิรัติ

( ) ตนเอง ( ) ญาติพี่น้อง — J

( ) พ่อแม่/ผู้ปกครอง ( ) เพื่อน

( ) ข้อมูลจากสื่อต่างๆ ( ) อื่นๆ (โปรดระบุ).....

5. วัตถุประสงค์**หลัก**ที่ท่านบริโภคอาหารมังสวิรัติ

( ) วัตถุประสงค์ทางด้านสุขภาพร่างกาย

( ) วัตถุประสงค์ทางด้านการเข้าสังคมกับกลุ่มที่เป็นผู้บริโภคอาหารมังสวิรัติ — K

( ) วัตถุประสงค์ทางด้านความสุขของจิตใจ

( ) อื่น ๆ (โปรดระบุ) .....

6. ส่วนใหญ่ท่านรับประทานอาหารมังสวิรัติที่ใดมากที่สุด

( ) ร้านขายอาหารมังสวิรัติโดยเฉพาะ

( ) ร้านอาหารทั่วไปที่มีอาหารมังสวิรัติ

( ) ทำทานเองที่บ้าน

( ) ซื้อจากตลาด

( ) อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

7. วัตถุดิบหลักที่ท่านใช้ในการทำอาหารมังสวิรัติ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) เนื้อเทียม หรือโปรตีนเกษตร ( ) เต้าหู้

( ) เห็ดหอม ( ) ผัก

( ) หมี่ซั่ว ( ) อื่นๆ (โปรดระบุ).....

8. สถานที่ใดที่ท่านซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม หรือโปรตีนเกษตรบ่อยที่สุด

( ) ซุปเปอร์มาเก็ต ( ) ห้างค้าปลีก

( ) ร้านสะดวกซื้อ ( ) ร้านขายของชำ

( ) รถเร่/แผงลอย ( ) อื่นๆ (โปรดระบุ).....

9. ปัญหาที่ท่านพบจากการบริโภคอาหารมังสวิรัติ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) ร่างกายขาดสารอาหารที่จำเป็น

( ) น้ำหนักเพิ่มขึ้นเกินมาตรฐาน

( ) โรคอ้วน

( ) โรคเบาหวาน

( ) เนื้อเทียมหรือโปรตีนเกษตรมีส่วนประกอบหลักมาจากแป้งถั่วเหลือง เพียงอย่างเดียวจึงทำให้มีไขมันและแคลอรีสูง

( ) อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

10. ถ้ามีการเสริมพืชชนิดอื่นนอกจากถั่วเหลือง ลงในผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม หรือโปรตีนเกษตร ท่านคิดว่าควรเสริมพืชชนิดใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) ถั่วขาว ( ) แก่นตะวัน

( ) งาขาว ( ) งาดำ

( ) อื่นๆ (โปรดระบุ).....

L

M

M1

M2

M3

M4

M5

M6

N

O

O1

O2

O3

O4

O5

O6

P

P1

P2

P3

P4

P5

11. ถ้ามีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม หรือโปรตีนเกษตร ท่านคิดว่าควรพัฒนาด้านใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) มีการเสริมใยอาหาร
( ) ใช้วัตถุดิบภายในประเทศ
( ) มีฉลากโภชนาการกำกับ
( ) พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เฉพาะกลุ่ม เช่น ผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก
( ) อื่นๆ (โปรดระบุ).....

| Q | |
|---|---|
| | Q1 |
| | Q2 |
| | Q3 |
| | Q4 |
| | Q5 |

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค

3.1 กรุณาตอบแบบสอบถาม โดย ( √ ) ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด หลังจากชิมผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวาแล้วให้คะแนนความชอบของตัวอย่างโดยให้คะแนนตามคำอธิบายคะแนนความชอบและกรุณาดื่มน้ำก่อนชิมตัวอย่าง

1 = ไม่ชอบมากที่สุด
2 = ไม่ชอบมาก
3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง
8 = ชอบมาก
9 = ชอบมากที่สุด

| คุณลักษณะ | คะแนนความชอบ |
|---|---|
| ลักษณะปรากฏ | |
| สี | |
| กลิ่นรสโดยรวม | |
| ความเหนียว | |
| รสชาติโดยรวม | |
| ความชอบโดยรวม | |

3.2 ท่านคิดว่าเมื่อเทียบกับเนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน มีเนื้อสัมผัสที่สามารถแทนเนื้อสัตว์ได้หรือไม่ R

( ) ได้ ( ) ไม่แน่ใจ ( ) ไม่ได้

**คุณค่าทางโภชนาการของแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน**

แป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันเป็นพืชที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมากมาย ในถั่วขาวมีสารที่ชื่อว่า ฟาซิโอลามิน (Phaseolamin) ที่ทำหน้าที่ช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส มีผลทำให้แป้งที่รับประทานเข้าไปไม่สามารถเปลี่ยนจากแป้งกลายเป็นน้ำตาลได้น้อยลง ส่งผลทำให้ร่างกายได้รับพลังงานจากแป้งน้อยลงตามไปด้วย และแก่นตะวัน เป็นสมุนไพรที่มีสรรพคุณหลายอย่าง เช่น ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวาน โรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง และโรคหลอดเลือด เนื่องจากแก่นตะวันมีแคลอรีต่ำ และยังไม่เพิ่มน้ำตาลในเลือดเพราะในแก่นตะวันมีสารที่ชื่อว่า อินนูลิน (Inulin) อินนูลินจึงจัดได้ว่าเป็นสารพรีไบโอติก (Prebiotic) ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีใยอาหารสูง ช่วยป้องกันโรคมะเร็งลำไส้ ช่วยในย่อยและการดูดซึมสารอาหาร การดูดซึมแคลเซียม และการสังเคราะห์วิตามิน จึงสามารถอยู่ในระบบทางเดินอาหารได้นานส่งผลทำให้ไม่รู้สึกหิว และยังลดความอยากอาหารเป็นต้น

3.3 เมื่อท่านได้ทราบข้อมูลประโยชน์ของถั่วขาวและแก่นตะวัน แล้วท่านคิดว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันหรือไม่

( ) ซื้อ ( ) ไม่แน่ใจ ( ) ไม่ซื้อ S

3.4 หากมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ท่านคิดว่าควรวางจำหน่ายสถานที่ใด จึงจะเหมาะสมที่สุด T

( ) ซุปเปอร์มาเก็ต ( ) ร้านสะดวกซื้อ

( ) ร้านขายของชำ ( ) ห้างค้าปลีก

( ) ร้านขายผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ

3.5 เหตุผลใดท่านจึงสนใจรับประทานผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน U

( ) เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่น่าลอง

( ) เป็นทางเลือกใหม่เพื่อสุขภาพ

( ) มีคุณค่าทางโภชนาการสูง

( ) เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ

( ) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัตถุดิบภายในประเทศ

**ข้อเสนอแนะ**

.....

.....

.....

# ภาคผนวก ข
# ขั้นตอนการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน โดยใช้เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์

**ขั้นตอนการผลิตเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน โดยใช้เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์**

1. เตรียมแป้งถั่วขาว แป้งแก่นตะวัน และแป้งถั่วเหลือง ตามอัตราส่วน ดังแสดงในรูปที่ ข.1

**รูปที่ ข.1** เตรียมแป้งถั่วขาว แป้งแก่นตะวัน และแป้งถั่วเหลือง

2. ใส่แป้งถั่วขาว แป้งแก่นตะวัน และแป้งถั่วเหลือง ลงในเครื่องผสมอาหาร KitchenAid ตีผสมจนส่วนผสมแป้งให้เข้ากัน จากนั้นเติมน้ำเพื่อปรับความชื้นให้อยู่ร้อยละ 35-40 ดังแสดงในรูปที่ ข.2

**รูปที่ ข.2** ตีส่วนผสมของแป้งและน้ำให้เข้ากัน

3. ตีจนแป้งจับตัวกันเป็นก้อน จากนั้นนำมาแบ่งเป็นก้อนเล็กๆ ชั่งก้อนละ 10 กรัม ดังแสดงในรูปที่ ข.3

**รูปที่ ข.3** แบ่งเป็นก้อนเล็กๆ ชั่งก้อนละ 10 กรัม

4. ใส่ก้อนแป้งลงในเบ้าของเครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ อุณหภูมิของเบ้าและฝากดเบ้าเท่ากับ 130-140 องศาเซลเซียส ใช้เวลาการกดนาน 10 วินาที ดังแสดงในรูปที่ ข.4

**รูปที่ ข.4** ใส่ก้อนแป้งลงในเบ้าของเครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์

5. นำเนื้อเทียมที่ได้จากเครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ก็จะได้ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ดังแสดงในรูปที่ ข.5

**รูปที่ ข.5** ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

6. จากนั้นผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน นำมาประกอบอาหารเป็นผัดพริกแกงเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน ดังแสดงในรูปที่ ข.6

**รูปที่ ข.6** ผัดพริกแกงเนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน

# ภาคผนวก ค

# รายงานผลการวิเคราะห์

MEIYUME™

**วันที่ออก:** 10 ตุลาคม 2562

**เลขที่ใบรายงาน:** LS01452/19



## ใบรายงานผลการทดสอบ

| | |
|---|---|
| **ชื่อและที่อยู่ลูกค้า** | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี<br>ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 |
| **รายละเอียดตัวอย่าง** | แป้งถั่วขาว<br>ตัวอย่างบรรจุในถุงซิปล็อค |
| **รหัสตัวอย่าง** | LS01452/19 |
| **วันที่รับตัวอย่าง** | 04 ตุลาคม 2562 |
| **วันที่ทดสอบ** | 08 ตุลาคม 2562 |

## ผลการทดสอบ

| รายการวิเคราะห์ | หน่วย | วิธีการทดสอบ | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | ผลการทดสอบ |
|---|---|---|---|---|
| การละลายของแป้ง | ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง | วิธีการโดยลูกค้า | 65 | 27.26 |
| | | | 75 | 29.58 |
| | | | 85 | 30.27 |

**รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา, คัดลอก หรือทำสำเนาเฉพาะบางส่วนยกเว้นการทำทั้งฉบับ โดยต้องได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ**

อนุมัติผลโดย

ในนามของบริษัท เมย์ยูเม แมนูแฟคเจอริ่ง ( ประเทศไทย) จำกัด

อภัสรา แก้วหล่อ

ผู้จัดการอาวุโสแผนกประกันคุณภาพ

**Meiyume Manufacturing (Thailand) Limited**

21/7 Moo 6, Kookot, Lamlukka, Pathumthani 12130, Thailand Tel: (66) 2987 6500 Fax: (66) 2987 6500 Ext.115

Member of the Fung Group
冯氏集团成员

MEIYUME™

**วันที่ออก:** 10 ตุลาคม 2562

**เลขที่ใบรายงาน:** LS01452/19



# ใบรายงานผลการทดสอบ

| | |
|---|---|
| **ชื่อและที่อยู่ลูกค้า** | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี<br>ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 |
| **รายละเอียดตัวอย่าง** | แป้งถั่วขาว<br>ตัวอย่างบรรจุในถุงซิปล็อค |
| **รหัสตัวอย่าง** | LS01452/19 |
| **วันที่รับตัวอย่าง** | 04 ตุลาคม 2562 |
| **วันที่ทดสอบ** | 08 ตุลาคม 2562 |

## ผลการทดสอบ

| รายการวิเคราะห์ | หน่วย | วิธีการทดสอบ | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | ผลการทดสอบ |
|---|---|---|---|---|
| กำลังการพองตัว | กรัม/กรัมโดยน้ำหนักแห้ง | วิธีการโดยลูกค้า | 65 | 3.76 |
| | | | 75 | 7.02 |
| | | | 85 | 8.92 |

รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา, คัดลอก หรือทำสำเนาเฉพาะบางส่วนยกเว้นการทำทั้งฉบับ โดยต้องได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ

อนุมัติผลโดย

ในนามของบริษัท เมย์ยูเม แมนูแฟคเจอริ่ง ( ประเทศไทย) จำกัด

อภัสรา แก้วหล่อ

ผู้จัดการอาวุโสแผนกประกันคุณภาพ

MEIYUME™

**วันที่ออก:** 10 ตุลาคม 2562

**เลขที่ใบรายงาน:** LS01453/19

**หน้าที่** : 1/2

## ใบรายงานผลการทดสอบ

| | |
|---|---|
| **ชื่อและที่อยู่ลูกค้า** | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี<br>ตำบลคลองหา อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 |
| **รายละเอียดตัวอย่าง** | แป้งแก่นตะวัน<br>ตัวอย่างบรรจุในถุงซิปล็อค |
| **รหัสตัวอย่าง** | LS01453/19 |
| **วันที่รับตัวอย่าง** | 04 ตุลาคม 2562 |
| **วันที่ทดสอบ** | 08 ตุลาคม 2562 |

## ผลการทดสอบ

| รายการวิเคราะห์ | หน่วย | วิธีการทดสอบ | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | ผลการทดสอบ |
|---|---|---|---|---|
| การละลายของแป้ง | ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง | วิธีการโดยลูกค้า | 65 | 67.42 |
| | | | 75 | 73.17 |
| | | | 85 | 75.80 |

**รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา, คัดลอก หรือทำสำเนาเฉพาะบางส่วนยกเว้นการทำทั้งฉบับ โดยต้องได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ**

อนุมัติผลโดย

ในนามของบริษัท เมย์ยูเม แมนูแฟคเจอริ่ง ( ประเทศไทย) จำกัด

อภัสรา แก้วหล่อ

ผู้จัดการอาวุโสแผนกประกันคุณภาพ

**Meiyume Manufacturing (Thailand) Limited**
21/7 Moo 6, Kookot, Lamlukka, Pathumthani 12130, Thailand Tel: (66) 2987 6500 Fax: (66) 2987 6500 Ext.115
Member of the Fung Group 冯氏集团成员

MEIYUME™

**วันที่ออก:** 10 ตุลาคม 2562

**เลขที่ใบรายงาน:** LS01453/19



# ใบรายงานผลการทดสอบ

| | |
|---|---|
| **ชื่อและที่อยู่ลูกค้า** | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี<br>ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 |
| **รายละเอียดตัวอย่าง** | แป้งแก่นตะวัน<br>ตัวอย่างบรรจุในถุงซิปล็อค |
| **รหัสตัวอย่าง** | LS01453/19 |
| **วันที่รับตัวอย่าง** | 04 ตุลาคม 2562 |
| **วันที่ทดสอบ** | 08 ตุลาคม 2562 |

## ผลการทดสอบ

| รายการวิเคราะห์ | หน่วย | วิธีการทดสอบ | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | ผลการทดสอบ |
|---|---|---|---|---|
| กำลังการพองตัว | กรัม/กรัมโดยน้ำหนักแห้ง | วิธีการโดยลูกค้า | 65 | 7.80 |
| | | | 75 | 10.54 |
| | | | 85 | 14.72 |

**รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา, คัดลอก หรือทำสำเนาเฉพาะบางส่วนยกเว้นการทำทั้งฉบับ โดยต้องได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ**

อนุมัติผลโดย

ในนามของบริษัท เมย์ยูเม แมนูแฟคเจอริ่ง ( ประเทศไทย) จำกัด

อมัสรา แก้วหล่อ

ผู้จัดการอาวุโสแผนกประกันคุณภาพ

MEIYUME™

**วันที่ออก:** 10 ตุลาคม 2562

**เลขที่ใบรายงาน:** LS01451/19



# ใบรายงานผลการทดสอบ

| | |
|---|---|
| **ชื่อและที่อยู่ลูกค้า** | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี<br>ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 |
| **รายละเอียดตัวอย่าง** | แป้งถั่วเหลือง<br>ตัวอย่างบรรจุในถุงซิปล็อค |
| **รหัสตัวอย่าง** | LS01451/19 |
| **วันที่รับตัวอย่าง** | 04 ตุลาคม 2562 |
| **วันที่ทดสอบ** | 08 ตุลาคม 2562 |

## ผลการทดสอบ

| รายการวิเคราะห์ | หน่วย | วิธีการทดสอบ | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | ผลการทดสอบ |
|---|---|---|---|---|
| การละลายของแป้ง | ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง | วิธีการโดยลูกค้า | 65 | 59.70 |
| | | | 75 | 59.85 |
| | | | 85 | 60.74 |

**รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา, คัดลอก หรือทำสำเนาเฉพาะบางส่วนยกเว้นการทำทั้งฉบับ โดยต้องได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ**

อนุมัติผลโดย

ในนามของบริษัท เมย์ยูเม แมนูแฟคเจอริ่ง ( ประเทศไทย) จำกัด

อภัสรา แก้วหล่อ

ผู้จัดการอาวุโสแผนกประกันคุณภาพ

MEIYUME™

**วันที่ออก:** 10 ตุลาคม 2562

**เลขที่ใบรายงาน:** LS01451/19



# ใบรายงานผลการทดสอบ

| | |
|---|---|
| **ชื่อและที่อยู่ลูกค้า** | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี<br>ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 |
| **รายละเอียดตัวอย่าง** | แป้งถั่วเหลือง<br>ตัวอย่างบรรจุในถุงซิปล็อค |
| **รหัสตัวอย่าง** | LS01451/19 |
| **วันที่รับตัวอย่าง** | 04 ตุลาคม 2562 |
| **วันที่ทดสอบ** | 08 ตุลาคม 2562 |

## ผลการทดสอบ

| รายการวิเคราะห์ | หน่วย | วิธีการทดสอบ | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | ผลการทดสอบ |
|---|---|---|---|---|
| กำลังการพองตัว | กรัม/กรัม โดยน้ำหนักแห้ง | วิธีการโดยลูกค้า | 65 | 3.78 |
| | | | 75 | 5.52 |
| | | | 85 | 6.63 |

**รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น ห้ามนำรายงานนี้ไปประกาศโฆษณา, คัดลอก หรือทำสำเนาเฉพาะบางส่วนยกเว้นการทำทั้งฉบับ โดยต้องได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ**

อนุมัติผลโดย

ในนามของบริษัท เมย์ยูเม แมนูแฟคเจอริ่ง ( ประเทศไทย) จำกัด

อภัสรา แก้วหล่อ

ผู้จัดการอาวุโสแผนกประกันคุณภาพ

บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด
Central Laboratory (Thailand) Co.,Ltd.
สาขากรุงเทพฯ : 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Bangkok Branch : 50 Phaholyothin Rd., Ladyao, Jatujak, Bangkok 10900 Thailand
Tel : (662) 561 4387-8, (662) 940 6881-3 Ext. 164, 218 Fax : (662) 579 4895, (662) 940 6881-3 Ext. 209
http://www.centrallabthai.com

Accreditation No. 1051/47

Central Lab
One Stop & Fast Services

# รายงานผลการทดสอบ

**วันที่ออกรายงาน** 15 ตุลาคม 2562
**เลขที่รายงาน** TRBK62/31025
**หน้า** 01/01

**ชื่อและที่อยู่ลูกค้า** วีรยา ศรีอิทธิยาเวทย์
**รายละเอียดตัวอย่าง** แป้งถั่วขาว
**(ข้อมูลจากลูกค้า)**
**รหัสตัวอย่าง** BK62/17797-001
**ลักษณะและสภาพตัวอย่าง** ประเภทตัวอย่าง : แป้งถั่วขาว
ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 300 กรัม.
อุณหภูมิ : อุณหภูมิห้อง, สภาพตัวอย่างปกติ

**วันที่รับตัวอย่าง** 04 ตุลาคม 2562
**วันที่ทดสอบ** 07 ตุลาคม 2562 - 15 ตุลาคม 2562

## ผลการทดสอบ

| รายการทดสอบ | ผลการทดสอบ | หน่วย | LOD | วิธีทดสอบอ้างอิง |
|---|---|---|---|---|
| Moisture | 11.25 | g/100g | - | AOAC (2016) 925.10 |

~End of Report~

**อนุมัติโดย**

(นางวนิสา ชีเจริญ)
ผู้มีอำนาจลงนาม
บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขากรุงเทพฯ

CERTIFIED

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ

บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด
Central Laboratory (Thailand) Co.,Ltd.
สาขากรุงเทพฯ : 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Bangkok Branch : 50 Phaholyothin Rd., Ladyao, Jatujak, Bangkok 10900 Thailand
Tel : (662) 561 4387-8, (662) 940 6881-3 Ext. 164, 218 Fax : (662) 579 4895, (662) 940 6881-3 Ext. 209
http://www.centrallabthai.com

Accreditation No. 1051/47

Central Lab
One Stop & Fast Services

# รายงานผลการทดสอบ

**วันที่ออกรายงาน** 15 ตุลาคม 2562
**เลขที่รายงาน** TRBK62/31026
**หน้า** 01/01

**ชื่อและที่อยู่ลูกค้า** วีรยา ศรีอิทธิยาเวทย์
**รายละเอียดตัวอย่าง** แป้งแก่นตะวัน
(ข้อมูลจากลูกค้า)
**รหัสตัวอย่าง** BK62/17797-002
**ลักษณะและสภาพตัวอย่าง** ประเภทตัวอย่าง : แป้งแก่นตะวัน
ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 300 กรัม.
อุณหภูมิ : อุณหภูมิห้อง, สภาพตัวอย่างปกติ
**วันที่รับตัวอย่าง** 04 ตุลาคม 2562
**วันที่ทดสอบ** 07 ตุลาคม 2562 - 15 ตุลาคม 2562

## ผลการทดสอบ

| รายการทดสอบ | ผลการทดสอบ | หน่วย | LOD | วิธีทดสอบอ้างอิง |
|---|---|---|---|---|
| Moisture | 8.27 | g/100g | - | AOAC (2016) 925.10 |

~End of Report~

**อนุมัติโดย**

(นางวนิสา [illegible])
ผู้มีอำนาจลงนาม
บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขากรุงเทพฯ

CERTIFIED

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ

บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด
Central Laboratory (Thailand) Co.,Ltd.
สาขากรุงเทพฯ : 50 ถ.พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Bangkok Branch : 50 Phaholyothin Rd., Ladyao, Jatujak, Bangkok 10900 Thailand
Tel : (662) 561 4387-8, (662) 940 6881-3 Ext. 164, 218 Fax : (662) 579 4695, (662) 940 6881-3 Ext. 209
http://www.centrallabthai.com

Accreditation No. 1051/47

Central Lab
One Stop & Fast Services

# รายงานผลการทดสอบ

**วันที่ออกรายงาน** 15 ตุลาคม 2562
**เลขที่รายงาน** TRBK62/31027
**หน้า** 01/01

**ชื่อและที่อยู่ลูกค้า** วีรยา สรีอิทธิยาเวทย์
**รายละเอียดตัวอย่าง** แป้งถั่วเหลือง
**(ข้อมูลจากลูกค้า)**
**รหัสตัวอย่าง** BK62/17797-003
**ลักษณะและสภาพตัวอย่าง** ประเภทตัวอย่าง : แป้งถั่วเหลือง
ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 300 กรัม.
อุณหภูมิ : อุณหภูมิห้อง, สภาพตัวอย่างปกติ

**วันที่รับตัวอย่าง** 04 ตุลาคม 2562
**วันที่ทดสอบ** 07 ตุลาคม 2562 - 15 ตุลาคม 2562

## ผลการทดสอบ

| รายการทดสอบ | ผลการทดสอบ | หน่วย | LOD | วิธีทดสอบอ้างอิง |
|---|---|---|---|---|
| Moisture | 8.60 | g/100g | - | AOAC (2016) 925.10 |

~End of Report~

**อนุมัติโดย**

(นางวนิสา มีเจริญ)
ผู้จัดการฝ่ายวิเคราะห์
บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขากรุงเทพฯ

CERTIFIED

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ
FM-QP-24-01-001-R04(16/10/61)P1/1

# รายงานผลการทดสอบ

**วันที่ออกรายงาน** 06 สิงหาคม 2562
**หน้า** 01/04

**ชื่อและที่อยู่ลูกค้า** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก (คลอง 6) ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

**รายละเอียดตัวอย่าง** เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน
(ข้อมูลจากลูกค้า)

**ลักษณะและสภาพตัวอย่าง** ประเภทตัวอย่าง : เนื้อเทียมเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวัน
ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 3 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 400 กรัม/ถุง.
อุณหภูมิ : อุณหภูมิห้อง, สภาพตัวอย่างปกติ

**วันที่รับตัวอย่าง** 12 มิถุนายน 2562

**วันที่ทดสอบ** 13 มิถุนายน 2562 - 06 สิงหาคม 2562

## ผลการทดสอบ

| รายการทดสอบ | ต่อ 100 กรัม | ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค | %RDI | วิธีทดสอบอ้างอิง |
|---|---|---|---|---|
| พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี) | 381.42 | 250 | - | In-house method TE-CH-169 based on Method of Analysis for Nutrition Labelling (1993) p.106 |
| พลังงานจากไขมัน (กิโลแคลอรี) | 85.86 | 50 | - | In-house method TE-CH-169 based on Method of Analysis for Nutrition Labelling (1993) p.106 |
| ไขมันทั้งหมด (ก.) * | 9.54 | 6 | 9 | AOAC (2016) 922.06 |
| ไขมันอิ่มตัว (ก.) | 1.92 | 1 | 5 | In house method TE-CH-208 based on AOAC (2016) 996.06 |
| โคเลสเตอรอล (มก.) | ไม่พบ | 0 | 0 | In-house method TE-CH-169 based on Method of Analysis for Nutrition Labelling (1993) p.106 |
| โปรตีน (ก.) (%N x 6.25) * | 33.76 | 11 | - | AOAC (2016) 981.10 |
| คาร์โบไฮเดรต (ก.) | 40.13 | 37 | 12 | In-house method TE-CH-169 based on Method of Analysis for Nutrition Labelling (1993) p.106 |

# รายงานผลการทดสอบ

**วันที่ออกรายงาน** 06 สิงหาคม 2562
**หน้า** 02/04

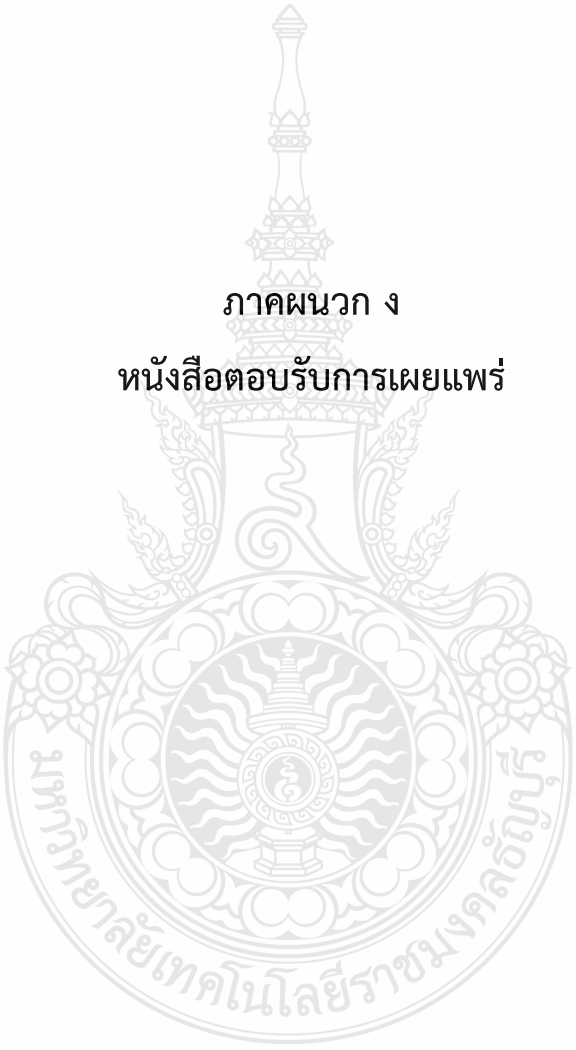
## ผลการทดสอบ

| รายการทดสอบ | ต่อ 100 กรัม | ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค | %RDI | วิธีทดสอบอ้างอิง |
|---|---|---|---|---|
| ใยอาหาร (ก.) * | 33.44 | 20 | 80 | By Calculated |
| ใยอาหาร (ก.) | 19.62 | 12 | - | In house method TE-CH-076 based on AOAC (2016) 985.29 |
| อินนูลิน (ก.) * | 13.82 | 8 | - | AOAC (2005) 997.08 + J. AOAC, 2000, 83(4); 1020-1025 |
| น้ำตาล (ก.) | 24.36 | 15 | - | In-house method TE-CH-074 based on AOAC (2016) 906.03 |
| โซเดียม (มก.) © | 15.52 | 10 | 0 | In-house method TE-CH-134 Based on AOAC(2016) 984.27 |
| วิตามินเอ (มคก.) | ไม่พบ | (0.00) | 0 | In-house method TE-CH-120 based on AOAC (2016) 992.06 |
| วิตามินบี 1 (มก.) | น้อยกว่า 0.030 | (0.00) | 0 | In house method TE-CH-057 based on AOAC (2016) 942.23 |
| วิตามินบี 2 (มก.) | น้อยกว่า 0.025 | (0.00) | 0 | In house method TE-CH-057 based on J. Agric Food Chemistry (1984),32 |
| แคลเซียม (มก.) © | 192.90 | (115.74) | 15 | In-house method TE-CH-134 Based on AOAC(2016) 984.27 |
| เหล็ก (มก.) © | 5.12 | (3.07) | 20 | In-house method TE-CH-134 Based on AOAC(2016) 999.10 |
| เถ้า (ก.) * | 5.01 | - | - | AOAC (2016) 920.153 |
| ความชื้น (ก.) * | 4.98 | - | - | AOAC (2016) 950.46 (B) |

**หมายเหตุ :** © : ผลทดสอบที่ได้จากการจ้างเหมาช่วง
* : รายการทดสอบนอกขอบข่ายการรับรองของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

# ภาคผนวก ง
# หนังสือตอบรับการเผยแพร่



**MALAYSIAN SOCIETY OF APPLIED BIOLOGY**
**Persatuan Biologi Gunaan Malaysia**
M.S.A.B

*d/a Pusat Pengajian BioSains dan Bioteknologi,*
*Fakulti Sains dan Teknologi*
*Universiti Kebangsaan Malaysia*
*43600 UKM Bangi, Selangor*
MALAYSIA.

**E-mail: wicki@ukm.edu.my**
**Tel/Fax: +603-89213840/+603-89253357**
**Website: www.mabjournal.com**

Dr. Abbe Maleyki Mhd Jalil
Faculty of Health Sciences
Universiti Sultan Zainal Abdin
21300 Kuala Nerus, Terengganu
Malaysia.

20th October 2019

**Dear Dr. Abbe**,

We would like to inform you that 20 manuscripts received from **"The First Innovation and Smart Farm International Conference"** submitted to Malaysian Applied Biology for special issue have been accepted for publication in Vol. 48(4), October 2019 Issue. The list of the manuscripts are given below

| No | Title of the manuscript | Corresponding author |
|---|---|---|
| 1 | Synthesis and Antimicrobial Activity of Cerium Oxide/Ag Dopes Silica Mesoporous Modification as Nanofillers for Food Packaging Applications | **Gusliani Eka Putri**, Syukri Arief, Novesar Jamarun, Feni Rahayu Gusti and Anisa Novita Sari |
| 2 | Use of Calcium Carbonate-Nanoparticle-Longkong Peel Extract in Edible Coating to Delay Longkong Fruit Browning | **Lichanporn, I.,** Nantachai, N. and Tanganurat, P. |
| 3 | Effect of Extraction Methods on The Physicochemical Properties of Fiber From Bamboo Shoot Waste | Kamonlak Wicharaew, Trakul Prommajak and **Rawisara Ruenwai** |
| 4 | Effect of Vegetable Oil Blending on Acrylamide in Deep-fried Potato | Nipoon Tangpanithandee, Nattira On-nom, **Warangkana Srichamnong** |
| 5 | Enhanced Survival of Probiotics by Encapsulation with Plant Extracts During Foam-Mat Drying and Under | **Tanganurat, P.**, Lichanporn, I., Nanthachai, N., and Charoenchai, C. |

| | | |
|---|---|---|
| | Simulated Gastrointestinal Conditions | |
| 6 | Effect of gamma irradiation on anthocyanin content and rice growth rate of Thai colored rice | **Sompong Sansenya**, Saowapa Chumanee and Chanun Sricheewin |
| 7 | Effect of Microalgal Diets and its Biochemical Composition on Growth and Survival of Asiatic Freshwater Clam | **Waleewan Changpasert**, Saou-Lien Wong and Kittikoon Torpol |
| 8 | Influence of Chitosan Nanoparticles on Cellulose Acetate Film from Durian Rind | Rachaporn Kudisri and **Tanat Uan-On*** |
| 9 | Removal of Cyanotoxin Microcystin-Lr by *Lactobacillus Plantarum* | **Natthaphon Chaosuan**, Sirikae Pongswat, Manida Chorum |
| 10 | Thermal Death Evaluation of Multi-Strains Probiotic Inoculant for Shelf-Life Prediction | Thanyarat Naksing, Pratchaya Hatawee, Apinan Wanlapa, Kittikoon Torpol, Chiu-Hsia Chiu, Jantima Teeka and **Atsadawut Areesirisuk** |
| 11 | Effect of Various Dietary Pattern on Blood Pressure Management: *A Review* | Wan Ain Nadirah Che Wan Mansor, **Sakinah Harith**, Che Suhaili Che Taha |
| 12 | Bioactive Compounds in *Cucumis Melo L.* And its Beneficial Health Effects: A Scoping Review | Ong Ying Qian, **Sakinah Harith**, Mohd Razif Shahril, Norshazila Shahidan |
| 13 | Selection of Suitable Formula for Manufacturing Meat Analogue Supplemented With White Kidney Bean Flour and Jerusalem Artichoke Flour | Weeraya Sreeitthiyawet, **Orawan Oupathumpanont** and Phantipha Charoenthaikij |
| 14 | Leb Mua Nang Banana Bars With Protein Supplements from Soybean Meal: Nutritional And Sensorial Quality | **Chukwan Techakanon**, Sunantha Tangrujiwatanachai |
| 15 | Single and Mixed Lactic Acid Bacteria Culture Fermentation in Red Bean Milk for Deverlopment of A Functional Beverage | Jetsaraporn Naprasert, Uthaiwan Suttisansanee, **Varongsiri Kemsawasd** |
| 16 | Glycemic Index of Starch-Based Foods Commonly Consumed in Terengganu, Malaysia | Nur Ain Fatinah Abu Bakar, Aina Almardhiyah Abd Rashid, **Mohd Fatahudin Ishak** and Abbe Maleyki Mhd Jalil |
| 17 | Glycaemic Index, Palatability, | Hamsteni Suparmaniam **& Abbe Maleyki** |

| | | |
|---|---|---|
| | Acceptability And Perceived Satiety of Cookies Prepared with Durian (*Durio Zibethinus* Murr.) and β-Glucan | **Mhd Jalil** |
| 18 | Anti-Cholangiocarcinoma Cell Growth and Selective Ability of Bioactive Components of Ripe Wild Mango (*Spondias pinnata*) Fruit Extract | **Supawadee Patathananone**[*], Jureerut Daduang, Amonrat Koraneekij |
| 19 | Development and Evaluation of Stability of Gel Formulation Containing *Ageratum conyzoides* Extract | **Sirikunya Sayompark**, Sopita Tangpiriyavaree, Yupa Khongprik and Khanitta Meepradit |
| 20 | *In Vitro* inhibition of α-Amylase and α-Glucosidase Activity by Water-Lily (*Nymphaea* Genus) | **Korawinwich Boonpisuttinant**, Purin Akkarakultron, Supanida Winitchai and Sarinporn Udompong |

Attached together is the invoice for the publication fee. Please make the payment following the instructions stated in the invoice as soon as possible for publication purposes.

Thank you.

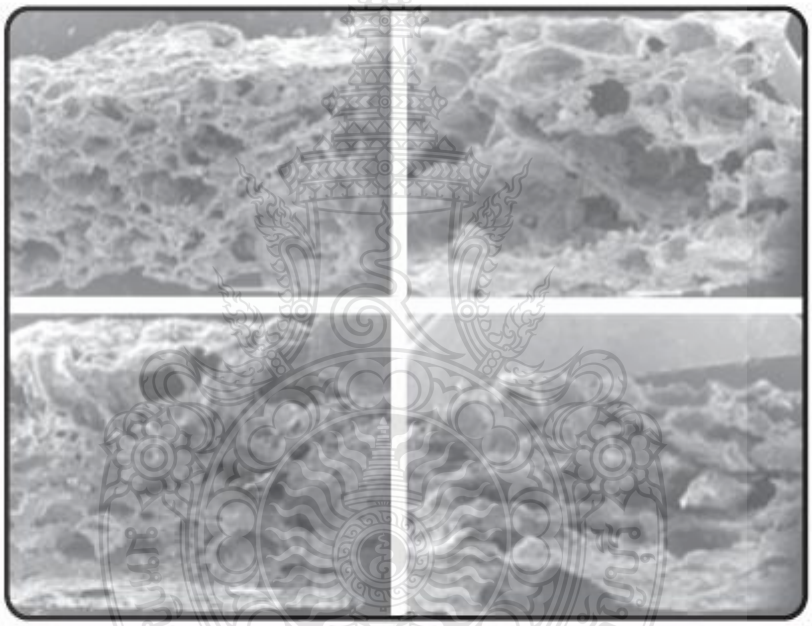
Sincerely,

**Prof. Dr. Wickneswari Ratnam**
Chief Editor
Malaysian Applied Biology

# Malaysian Applied Biology

**Biologi Gunaan Malaysia**

Volume 48 • No. 4 • November 2019


Published by the Malaysian Society of Applied Biology
www.mabjournal.com

ISSN 0126/8643 PP3368/03/2012 (029893)

*Malays. Appl. Biol. (2019) 48(4): 83–88*

# SELECTION OF SUITABLE FORMULA FOR MANUFACTURING MEAT ANALOGUE SUPPLEMENTED WITH WHITE KIDNEY BEAN FLOUR AND JERUSALEM ARTICHOKE FLOUR

WEERAYA SREEITTHIYAWET[1], ORAWAN OUPATHUMPANONT[1*] and PHANTIPHA CHAROENTHAIKIJ[2]

[1]*Home Economics Technology, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand*
[2]*Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University, Thailand*
[*]*E-mail: orawan_o@rmutt.ac.th*

Accepted 11 October 2019, Published online 30 November 2019

## ABSTRACT

This research aimed to study: 1) the suitable formula of meat analogue supplemented with white kidney bean flour and Jerusalem artichoke flour, 2) the chemical and physical properties of the supplemented meat analogue, and 3) the consumer acceptance. The experiment was designed by a mixture design approach and the following three parameters were included: 30–45% of white kidney bean flour, 20–30% of Jerusalem artichoke flour and 35–40% of soybean flour, resulting in 9 formulas. K-Mean cluster analysis of the 9 formulas showed that formula 1, 3, 5 and 6 produced high cutting force and shear force. Among these four, the most suitable formula was the 6$^{th}$ which contained 40% of white kidney bean, 22.5% of Jerusalem artichoke flour and 37.5% of soybean flour, while the cutting force, shear force, $a_w$ and moisture content of the supplemented meat analogue from this formula were at 5.98 ± 0.71, 19.26 ± 0.50, 0.52 ± 0.01 and 3.53% ± 0.20, respectively. Most consumers' overall liking parameter of the supplemented meat analogue was at the very like level.

**Key words:** Bean flour, Jerusalem artichoke flour, meat analogue, mixture design, soybean flour, white kidney bean flour

## INTRODUCTION

Meat analogue is a well-known product among Thai people. It is usually consumed during the vegetarian festival or is a kind of vegetarian food for health-conscious consumers and those who do not want to consume real meat (Kuawiriyapan, 2014). Meat analogue is usually made from extracted protein from soybean flour that provides beneficial nutrition. It contains plant-based protein at the level of 50% and it is around 3 – 4 times (Charunuch *et al*., 2017) cheaper source of protein when compared to real meat. Currently, meat analogue contains high carbohydrate because of the high carbohydrate content in soy flour. Protein content is 49.76 g per 100g meat analogue, while carbohydrate content is 40.86 g per 100 g meat analogue (Chantraporncha *et al*., 1994). For this nutritional value, the soybean-supplemented meat analogue can be categorized as having high carbohydrate content. Consuming too much of this supplemented meat analogue with excessive carbohydrate results in a lot of energy remains which will be transformed into fat and accumulated in the body. This can be the cause of obesity which may lead to many diseases, such as diabetes, kidney failure, cardiovascular and related diseases (Chantraporncha *et al*.,1994).

White kidney bean contains an important chemical called "Phaseolamin". It can inhibit activity of alpha-amylase which delays starch digestion to sugar (Oonsivilai & Oonmetta-aree, 2016). So, the body intake of energy from starch is low, and the accumulation of fat from sugar is reduced. When the body intake of energy is lower than its daily energy expenditure, the body weight will accordingly be lowered. The starch that cannot be digested in the stomach can also prolong satiety

* To whom correspondence should be addressed.

feeling and suppress hunger. Moreover, white kidney bean promotes the excretory system because of its high fiber content (Chongcharoenyanon, 2016).

Jerusalem artichoke is a beneficial herb for reducing risk of diabetes, heart disease, high blood pressure and vascular disease because it is low in calories and it does not increase blood sugar level due to its content of Inulin. Inulin is insoluble carbohydrate in the digestive system. As a result, it does not provide calories and is not absorbed into the blood stream (Changlek, 2012). Inulin contains high fiber and is categorized as health beneficial prebiotic that can help prevent colon cancer, promote digestion and absorption systems, calcium absorption, and vitamin synthesis. It remains in the digestion system for a long period of time and this helps prolong satiety feeling and suppress hunger (Schaafsma & Slavin, 2015).

This research was aimed to study the suitable formula for manufacturing meat analogue supplemented with white kidney bean flour and Jerusalem artichoke flour, and the physical and chemical properties, along with consumers' acceptance of the supplemented meat analogue.

## MATERIALS AND METHODS

In finding the suitable formula for meat analogue supplemented with white kidney bean flour and Jerusalem artichoke flour, the experiment design was undertaken by means of a Mixture design approach. Three parameters in this study were: 30–45% of white kidney bean flour, 20–30% of Jerusalem artichoke flour and 35–40% of soybean flour, resulting in nine formulas. The nine formulas were shown in Table 1 and the manufacturing process of meat analogue supplemented with white kidney beans flour and Jerusalem artichoke flour was shown in Figure 1.

**Table 1.** Experimental design by Mixture design approach

| Formulas | White kidney bean flour (%) | Jerusalem artichoke flour (%) | Soybean flour (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 45 | 20 | 35 |
| 2 | 30 | 30 | 40 |
| 3 | 40 | 20 | 40 |
| 4 | 35 | 30 | 35 |
| 5 | 38.75 | 25 | 36.35 |
| 6 | 40 | 22.5 | 37.5 |
| 7 | 37.5 | 25 | 37.5 |
| 8 | 36.25 | 25 | 38.75 |
| 9 | 35 | 27.5 | 37.5 |

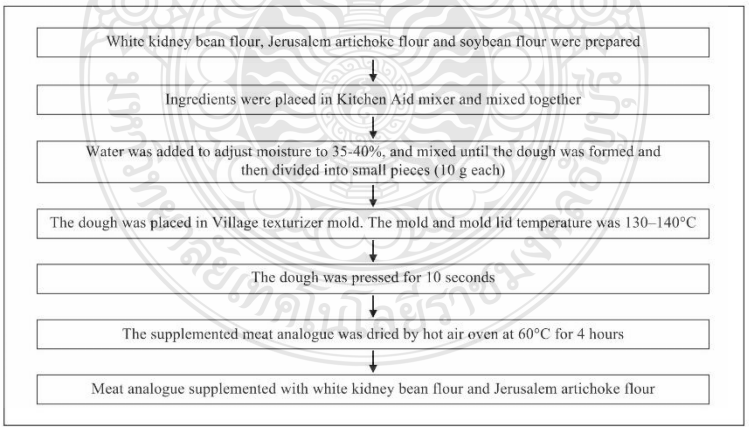



**Fig. 1.** Manufacturing process of meat analogue supplemented with white kidney bean flour and Jerusalem artichoke flour.

The supplemented meat analogue, manufactured in accord with the 9 formulas as shown in Figure 1, was analyzed in terms of the chemical properties, the moisture contents by means of AOAC (2016), and the physical properties the cutting force and shear force by means of Texture analyzer.

The suitable formula was then selected by consideration of moisture content, cutting force and shear force. The cutting force and shear force of the 9-formula meat analogue were categorized by cluster analysis in K-Mean cluster in order to find the samples with high cutting force and shear force. The supplemented meat analogue from the formula selected was then analyzed for chemical properties, the moisture contents, and for physical properties: the cutting force (N), shear force (N), and Water activity ($a_w$). The properties of the supplemented meat analogue were also studied by Scanning Electron Microscope while the survey of the consumer acceptance of the meat analogue was included.

## RESULTS AND DISCUSSION

From the manufacturing process of the nine formulas of the supplemented meat analogue in Figure 1, the chemical properties of the supplemented meat analogue were analyzed as shown in Table 2.

### Chemical properties analysis

The chemical properties, the moisture contents, were analyzed by means of analysis of variance (ANOVA). Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) was used to compare statistical differences at 95% confidence level as shown in Table 2. It was found that moisture contents of all supplemented meat analogue from the nine formulas were not significantly different ($p > 0.05$) which met the dried food standard stating that the moisture content should be below 8% to inhibit and control food microbial such as mold, yeast and bacteria (Pongsawatmanit, 2002).

### Physical properties analysis

The physical properties: the cutting force and the shear force of the supplemented meat analogue from the nine formulas were analyzed by means of cluster analysis in K-Mean cluster method. From this, the selected formula is the sample with high cutting force and shear force as shown in Figure 2.

Among the 3 different groups, the focus was on the group from formulas 1, 3, 5 and 6 of which the cutting force, the shear force and the protein content were found to be high. The high protein content was from the soybean and white kidney bean flour. This was in corresponding with (Rareunrom, 2005). experiment. The findings were that high content of soybean flour affected high expansion of the supplemented meat analogue. The molecules of soybean flour provided springiness to the supplemented meat analogue structure, and the protein in soybean flour also transformed the internal structure of the supplemented meat analogue to be fibrous, resulting in the meat analogue with cohesiveness,

**Table 2.** Chemical properties analysis

| Formulas | Moisture content $^{ns}$ |
|---|---|
| 1 | 3.45 ± 0.07 |
| 2 | 3.60 ± 0.16 |
| 3 | 3.64 ± 0.39 |
| 4 | 3.73 ± 0.74 |
| 5 | 3.49 ± 0.13 |
| 6 | 3.53 ± 0.20 |
| 7 | 3.69 ± 0.14 |
| 8 | 3.17 ± 0.15 |
| 9 | 3.13 ± 0.06 |

Remark: $^{NS}$ is not statistically significant different ($p>0.05$), $^{a,b,c}$ are mean values in the same column followed by different letters are significantly different ($p \leq 0.05$), ± is Standard Deviation.

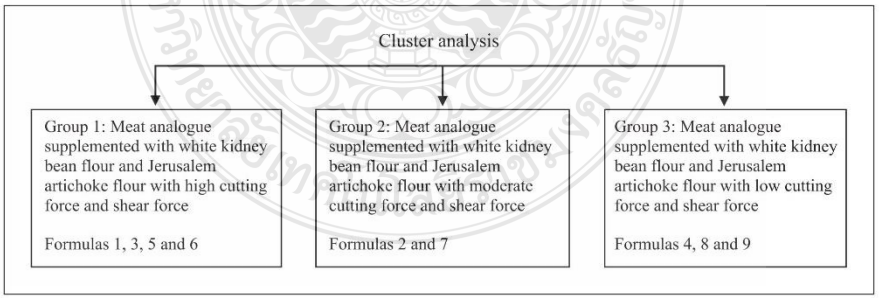



**Fig. 2.** Cluster analysis of the supplemented meat analogue from 9 formulas by evaluating the cutting force and shear force of the supplemented meat analogue groups.

good texture and increasing cutting force and shear force.

From chemical property analysis in terms of moisture content, it was found that the moisture content of the supplemented meat analogue from all nine formulas were not significantly different ($p > 0.05$); and from the physical properties analysis, it was found that the supplemented meat analogue with high cutting force and shear force was from the following four formulas: formulas 1, 3, 5 and 6. The supplemented meat analogue from these four formulas was then analyzed for chemical and physical properties, along with the consumer acceptance.

***Selection of the suitable formula***

To select the suitable formula, meat analogue from the following four formulas: 1, 3, 5 and 6. was analyzed for chemical properties, physical properties and consumer acceptance by sensory evaluation as shown in Tables 3 and 4.

***Chemical properties analysis***

The chemical properties analysis in terms of moisture content was shown in Table 3. It was found that the moisture contents of the supplemented meat analogue from all four formulas were not significantly different ($p > 0.05$) which met the dried food standard, stating that the moisture content should be below 8% to inhibit and control food microbial such as mold, yeast and bacteria (Pongsawatmanit, 2002).

***Physical properties analysis***

The physical properties such as cutting force, shear force, water activity ($a_w$) and structure of the supplemented meat analogue were analyzed by means of Scanning Electron Microscope. The result was shown in Table 4 and Figure 3.

It was found that the cutting force and shear force of the supplemented meat analogue from the 4 formulas (1, 3, 5 and 6) were significantly different ($p \leq 0.05$). The sixth formula resulted in the highest cutting force and shear force which agreed with (Rareunrom, 2005). experiment. The findings were that high content of soybean flour brought about high expansion of the supplemented meat analogue. The molecule of soybean flour provided springiness to the supplemented meat analogue, and the protein in soybean flour also transformed the internal structure of the supplemented meat analogue to be fibrous and made it more cohesive with good texture and increasing cutting force and shear force.

The water activity ($a_w$) of the supplemented meat analogue from the four formulas (1, 3, 5 and 6) were not significantly different ($p > 0.05$). The water activity was the main factor to control and prevent deterioration of food products. It directly affected the food product shelf life because $a_w$ was an indicator of the minimum water level for microbial growth and chemical reaction. If $a_w$ of food product was low, the shelf life of the product would be longer (Pongsawatmanit, 2002).

The structures of the supplemented meat analogue from the four formulas were studied by means of scanning electron microscope at 15 X magnification as shown in Figure 3. In Figure 3A, the structure of the supplemented meat analogue from Formula 1 illustrated the heterogeneous porous network, thick crust and dense structure rearrangement. In Figure 3B, the structure of the supplemented meat analogue from formula 3 illustrated large porous, thin crust and a fibrous network forming. In Figure 3C, the structure of the supplemented meat analogue from formula 5 illustrated fine porous, dense porous structure and a homogenous structure forming. In Figure 3D, the structure of the supplemented meat analogue from formula 6 displayed large porous disperse in sample, thick crust and a fibrous network forming. In the

**Table 3.** Chemical properties analysis

| Formulas | Moisture content $^{ns}$ |
|---|---|
| 1 | 3.45 ± 0.07 |
| 3 | 3.64 ± 0.39 |
| 5 | 3.49 ± 0.13 |
| 6 | 3.53 ± 0.20 |

Remark: $^{NS}$ is not statistically significant different (p>0.05), $^{a,b,c}$ are mean values in same column followed by different letters are significantly different (p d" 0.05), ± is Standard Deviation.

**Table 4.** Physical properties analysis

| Formulas | Cutting force (N) | Shear force (N) | Water activity ($a_w$) $^{ns}$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 17.88 ± 1.27$^{b}$ | 5.09 ± 0.01$^{b}$ | 0.52 ± 0.01 |
| 3 | 18.88 ± 0.40$^{ab}$ | 5.88 ± 0.64$^{ab}$ | 0.53 ± 0.01 |
| 5 | 18.72 ± 0.22 $^{ab}$ | 5.74 ± 0.59$^{ab}$ | 0.51 ± 0.00 |
| 6 | 19.26 ± 0.50$^{a}$ | 5.98 ± 0.71$^{a}$ | 0.52 ± 0.01 |

Remark: $^{NS}$ is not statistically significant different (p>0.05), $^{a,b,c}$ are mean values in same column followed by different letters are significantly different ($p \leq 0.05$), ± is Standard Deviation.

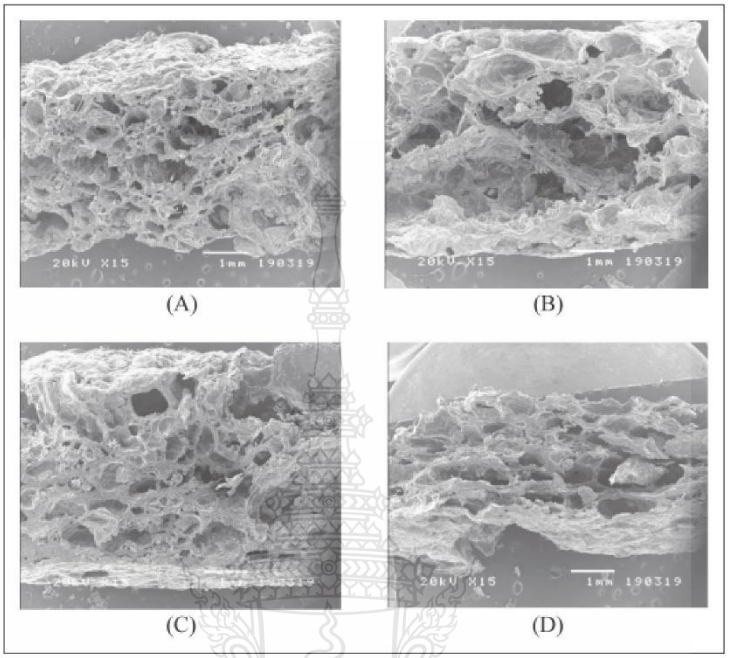



**Fig. 3.** The study of the supplemented meat analogue structures by scanning electron microscope.

6th formula meat analogue, high protein and carbohydrate content was from white kidney bean flour and soybean flour while Jerusalem artichoke flour caused a larger porous among other formulas. White kidney bean flour had water absorption properties which held ingredients together, formed homogeneous mixture, and provided cohesiveness and springiness to the product (Chongcharoenyanon, 2016). Soybean flour provided a fibrous structure formation and cohesiveness to the supplemented meat analogue (Pongsawatmanit, 2002). The higher amount of Jerusalem artichoke flour was related to looser formation and less cohesiveness due to loose starch arrangement in the flour molecule. This was correspondent with (Sheard *et al*., 1984) experiment; the findings were that protein and carbohydrate contents in raw materials affected the fibrous structure and texture of the supplemented meat analogue product because they were the main structure for forming meat fibrous texture. The process of producing supplemented meat analogue by extruder needed high temperature and high pressure in short time which affected the denaturation of soybean protein to be elongated and rearranged into a new fiber formation structure (Sheard *et al*., 1984).

**The study of the consumer acceptance of the supplemented meat analogue**

The study of consumer acceptance of the supplemented meat analogue was undertaken by means of 9-Point hedonic scale and Central Location Test (CLT) with focuses on the following factors: appearance, color, overall flavor, cohesiveness, overall taste and overall liking. The subjects were 100 normal and vegetarian consumers of the age range of 20 – over 60 years old, in Pathum Thani Province. The sample food, fried supplemented meat analogue in curry paste was served, together with a questionnaire. The finding was shown in Table 5.

It was found that the average sensory evaluation scores of the supplemented meat analogue from the four formulas were significantly different ($p < 0.05$) in terms of appearance, color, overall flavor, cohesiveness, overall taste and overall liking. Most consumers accepted the supplemented meat analogue from formula 6 because the meat provided high cohesiveness as it was the main parameter for consumers' acceptance. The high cohesiveness was related to the cutting force and shear force of the supplemented meat analogue from formula 6, of which the cutting force and shear force were the highest among other formulas. The cutting force

**Table 5.** The average sensory evaluation scores of the supplemented meat analogue from the four formulas

| Formulas | Sensory evaluation | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Appearance | Color | Overall Flavor | Cohesiveness | Overall taste | Overall liking |
| 1 | 6.24 ± 0.91$^{c}$ | 6.24 ± 0.91$^{c}$ | 6.24 ± 0.91$^{c}$ | 6.24 ± 0.91$^{c}$ | 6.24 ± 0.91$^{c}$ | 6.24 ± 0.91$^{c}$ |
| 3 | 6.84 ± 1.21$^{b}$ | 6.74 ± 1.18$^{b}$ | 6.64 ± 1.08$^{bc}$ | 6.52 ± 1.08$^{b}$ | 6.68 ± 0.97$^{bc}$ | 6.80 ± 1.10$^{b}$ |
| 5 | 6.94 ± 1.31$^{b}$ | 6.74 ± 1.15$^{b}$ | 6.80 ± 0.92$^{b}$ | 6.64 ± 1.18$^{b}$ | 6.78 ± 0.90$^{b}$ | 6.90 ± 0.99$^{b}$ |
| 6 | 7.82 ± 0.99$^{a}$ | 7.58 ± 1.05$^{a}$ | 7.62 ± 1.09$^{a}$ | 7.64 ± 1.06$^{a}$ | 7.60 ± 1.08$^{a}$ | 7.84 ± 0.99$^{a}$ |

Remark: $^{a,b,c}$ are mean values in same column followed by different letters are significantly different ($p \leq 0.05$), ± is Standard Deviation.

and shear force were indicators of the product's cohesiveness texture. If the cutting force and shear force were high, the product texture would be high in terms of cohesiveness and springiness (Charunuch *et al*., 2017). The desired supplemented meat analogue texture was high cohesiveness and springiness. Therefore (Charunuch *et al*., 2017), the suitable formula for manufacturing meat analogue supplemented with white kidney bean flour and Jerusalem artichoke flour was formula 6.

From the study of suitable formula for manufacturing meat analogue supplemented with white kidney bean flour and Jerusalem artichoke flour, it was found that the most suitable formula was the 6th formula which contained 40% of white kidney bean, 22.5% of Jerusalem artichoke flour and 37.5% of soybean flour. From the physical and chemical analysis in terms of cutting force, shear force, water activity ($a_w$) and moisture content, it was found that the supplemented meat analogue from the 6th formula displayed the cutting force at 5.98 ± 0.71, the shear force at 19.26 ± 0.50, $a_w$ at 0.52 ± 0.01 and the moisture content at 3.53% ± 0.20. Most consumers gave very like score in the overall liking parameter of the supplemented meat analogue at 7.84 ± 0.99. Accordingly, formula 6 was suitable for manu-facturing meat analogue supplemented with white kidney bean flour and Jerusalem artichoke flour.

## ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by The New Researchers' Potential Development Plan in accord with the Research and Innovation Strategies Direction: Graduate Study, under The National Research Council of Thailand 2019.

## REFERENCES

Changlek, P. 2012. Jerusalem artichoke Herb for lose weight, Morchoaban, **34(404)**: 10-15, January- February Thailand.

Chantraporncha, W., Chompreeda, P. & Haruthaithanasan, V. (1994). Product development from peanut texturized vegetable protein. In: *32nd Kasetsart University Annual Conference*. Bangkok: Kasetsart University, pp. 1-9.

Charunuch, C., Kantrong, H., Jantapirak, S. & Pengpinij, W. 2017. New Protein Kaset: High fibrous vegetable protein texturized by high moisture extrusion. *Journal of Food*, **47(2)**: 53-56.

Chongcharoenyanon, B. 2016. Functional properties of white kidney bean and application in bakery product. *Journal of Food Technology*, **11(1)**.

Kuawiriyapan, S. 2014. Research on the Behavior and Motivation toward the Consumption of Urban Vegetarian, Administration and Management College, King Mongkut's Institute of Technology, Ladkrabang Thailand, 1-2.

Oonsivilai, R. & Oonmetta-aree, J. 2016. Bioavailability and Bioaccessibility of White Kidney Phaseolus vulgaris. Extracts, Suranaree University of Technology: 2-6 Thailand.

Pongsawatmanit, R. 2002. Food product shelf-life evaluation and extension, Document for seminar-academic training in food industrial Thailand, 55-60.

Rareunrom, K. 2005. Effect of ingredients on physical structure and chemical linkages of soy protein meat analog. Master. Suranaree University of Technology.

Schaafsma, G. & Slavin, L.J. 2015. Significance of inulin fructans in the human diet. *Food Science and Food Safety*, **14**: 37-47.

Sheard, P.R., Ledward, D.A. & Mitchell, J.R. 1984. Role of carbohydrates in soya extrusion. *Journal of Food Technology*, **19**: 475-483.

# ประวัติผู้เขียน


| | |
|---|---|
| **ชื่อ-สกุล** | นางสาววีรยา ศรีอิทธิยาเวทย์ |
| **วัน เดือน ปี** | 15 มิถุนายน 2537 |
| **ที่อยู่** | บ้านเลขที่ 103 หมู่ที่ 2 ตำบลปากพลี อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก รหัสไปรษณีย์ 26130 |
| **ประวัติการศึกษา** | ปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ สาขาอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| **เบอร์โทรศัพท์** | 084-7196904 |
| **อีเมล์** | weeraya_s@mail.rmutt.ac.th |