ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบัวหลวง
เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF *Nelumbo nucifera*
FOR DEVELOPMENT OF CEREAL BAR PRODUCT

สุรัตน์วดี วงค์คลัง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบัวหลวง
เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

สุรัตน์วดี วงค์คลัง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบัวหลวงเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง Antioxidant Activity of *Nelumbo nucifera* for Development of Cereal Bar Product
ชื่อ – สกุล	ว่าที่ร้อยตรีหญิงสุรัตน์วดี วงค์คลัง
สาขาวิชา	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์, วท.ด.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, ปร.ด.
ปีการศึกษา	2558

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นวลจันทร์ ใจอารีย์, วท.ด.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์, วท.ด.)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
(อาจารย์จีรวัฒน์ เหรียญอารีย์, คศ.ม.)
วันที่ 16 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2558

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบัวหลวงเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง
ชื่อ – สกุล ว่าที่ร้อยตรีหญิงสุรัตน์วดี วงค์คลัง
สาขาวิชา เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์, วท.ด.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, ปร.ด.
ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากส่วนต่างๆ ของบัวหลวง 2) ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง 3) ศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

สกัดส่วนต่างๆ ของบัวหลวง 10 ส่วนคือ กลีบดอก เกสร เมล็ด ดีบัว รังไข่ ใบอ่อน ใบแก่ ก้านดอก ไหล และราก ด้วยเอทานอล นำสารสกัดมาทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวงในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 3, 6 และ 9 ตามลำดับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ ดังนี้ สี กลิ่นธัญพืช รสหวาน ความกรอบ และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบ 100 คน ทำการศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

ผลการศึกษาพบว่า 1) สารสกัดจากกลีบดอกบัวหลวงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดโดยมีค่า EC_{50} คือ 12.78±0.44 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และกลีบดอกมียังปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด คือ 143.54±0.78 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกรัม 2) ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวงร้อยละ 6 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด คือ (7.66) 3) ผลการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง มีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) 0.237 ความชื้นร้อยละ 1.96 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $<3.0 \times 10^2$ โคโลนีต่อกรัม ไม่พบการเจริญของยีสต์และรา

คำสำคัญ: ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกรวม ธัญพืชชนิดแท่ง บัวหลวง

Thesis Title	Antioxidant Activity of *Nelumbo nucifera* for Development of Cereal Bar Product
Name – Surname	Acting Sub.Lt. Suratwadee Wongklang
Program	Home Economics Technology
Thesis Advisor	Assistant Professor Lerluck Steinrut, Ph.D.
Thesis Co – advisor	Assistant Professor Orawan Oupathumpanont, Ph.D.
Academic Year	2015

ABSTRACT

The objectives of this research were 1) to investigate antioxidant activities of *Nelumbo nucifera* (lotus) parts, 2) to study the optimum formula for a production of mixed cereal bar with lotus petal, and 3) to study physical, chemical, and biological qualities of the mixed cereal bar with lotus petal.

Ten selected parts of *Nelumbo nucifera* – including petal, stamen, seed, embryo, torus, young leaf, leaf, petal stalk, bud, and root – were extracted with ethanol. The antioxidant activities were examined using DPPH radical scavenging assay and total phenolic content calculation. Consumer preferences to the product were determined from three different containing portions of lotus petal in the cereal bars at which 3%, 6%, and 9%, respectively. The survey was conducted in 100 participants using a 9-point hedonic scale to evaluate the products in terms of color, cereal odor, sweetness, crispness and overall liking. Physical, chemical, and biological qualities of the mixed cereal bar with lotus petal were then examined.

The study revealed that 1) The petal extract showed the greatest antioxidant activity with EC_{50} value of 12.78±0.44 μg/ml and had the highest total phenolic contents at 143.54±0.78 mg GAE/g., 2) The mixed cereal bar with 6% of petal portion indicated the highest overall preferences score at 7.66., and 3) Quality results suggested that the mixed cereal bar contents had water activity (a_w) at 0.237, moisture at 1.96%, and total microorganisms level of $<3.0 \times 10^2$ CFU/g. with no yeast and mold growth found.

Keywords: antioxidant activity, total phenolic content, cereal bar, *Nelumbo nucifera*

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณา และความอนุเคราะห์ของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมประธานกรรมการสอบและกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นวลจันทร์ ใจอารีย์ ที่ได้ให้ความกรุณาในการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของงานวิจัย เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ รวมทั้งเสียสละในการเป็นกรรมการสอบในครั้งนี้ ผู้ทำการศึกษาวิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอพระขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทางด้านคหกรรมศาสตร์ และประสบการณ์ที่ดีตลอดหลักสูตรการเรียน ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประสานงานหลักสูตรที่ช่วยอำนวยความสะดวกในทุกขั้นตอนของการทำวิทยานิพนธ์ ขอบคุณทุกคำแนะนำและคำปรึกษาจากรุ่นพี่ที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์และที่ขาดไม่ได้คือ ขอขอบคุณนักศึกษาคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้เสียสละเวลาในการตอบแบบสอบถาม

ขอขอบคุณ และมอบความดีอันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้แก่ คุณพ่อ คุณแม่ และสมาชิกทุกคนในครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนและคอยให้กำลังใจกับผู้วิจัยตั้งแต่เริ่มโครงการจนเสร็จสิ้นโครงการวิจัย และขอขอบคุณเพื่อนๆ สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจอยู่เคียงข้างกันตลอดมา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจ คุณประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านและประเทศชาติเพื่อเป็นประโยชน์ต่อไป หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขาดตกบกพร่อง หรือไม่สมบูรณ์ประการใด ผู้วิจัยขอกราบขออภัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

สุรัตน์วดี วงค์คลัง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... (3)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... (4)

กิตติกรรมประกาศ..... (5)

สารบัญ..... (6)

สารบัญตาราง..... (8)

สารบัญรูป..... (9)

บทที่ 1 บทนำ..... 10

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 10

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 11

1.3 สมมติฐานการวิจัย..... 12

1.4 ขอบเขตของการวิจัย..... 12

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 12

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ..... 12

บทที่ 2 ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 14

2.1 บัวหลวง..... 14

2.2 อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ..... 22

2.3 ผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง (Cereal Bar)..... 25

2.4 ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง..... 27

2.5 กระบวนการทำแห้งอาหาร..... 33

2.6 ภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารว่าง..... 38

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 40

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 44

3.1 อุปกรณ์ วัตถุดิบ และสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของบัวหลวง..... 44

3.2 อุปกรณ์และวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง..... 45

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 อุปกรณ์ และเครื่องมือด้านการประเมินคุณภาพทางด้านต่างๆ…….. 46

3.4 วิธีการทดลอง…… 48

3.5 ระยะเวลาในการทดลอง…….. 53

3.6 สถานที่ทำการวิจัย…….. 53

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิจารณ์……... 54

4.1 ปริมาณสารสกัดหยาบด้วยเอทานอลร้อยละ 95 ของบัวหลวง……... 54

4.2 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบัวหลวง…… 55

4.3 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง…… 59

4.4 ผลการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง…… 68

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ……. 70

5.1 สรุปผลการวิจัย…….. 70

5.2 ข้อเสนอแนะ…….. 71

บรรณานุกรม……. 72

ภาคผนวก…….. 78

ภาคผนวก ก รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง….. 79

ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส……. 81

ภาคผนวก ค สูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งทั้ง 3 สูตร และสูตรผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง……. 84

ภาคผนวก ง รูปการเตรียมวัตถุดิบในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบัวหลวง เพื่อพัฒนาผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง……. 89

ภาคผนวก จ การตรวจวิเคราะห์คุณภาพ……... 100

ภาคผนวก ฉ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน……... 104

ภาคผนวก ช ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน……...…… 111

ภาคผนวก ฌ ใบประกาศนียบัตรการเผยแพร่ผลงาน…… 125

ประวัติผู้เขียน……. 127

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงคุณค่าทางโภชนาการของบัวหลวงในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม…	21
ตารางที่ 2.2	แสดงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเม่าในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม…....	28
ตารางที่ 2.3	แสดงปริมาณวิตามินอี 1 ช้อนโต๊ะ ในน้ำมันชนิดต่างๆ……	29
ตารางที่ 2.4	แสดงคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดทานตะวันในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม……..	30
ตารางที่ 2.5	แสดงคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดฟักทองในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม……..	31
ตารางที่ 2.6	แสดงคุณค่าทางโภชนาการของงาขาวในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม……	33
ตารางที่ 3.1	แสดงปริมาณ (ร้อยละ) ของส่วนประกอบตามสูตรพื้นฐานที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง……	50
ตารางที่ 3.2	แสดงสิ่งทดลองในการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง…..	52
ตารางที่ 4.1	แสดงปริมาณ (ร้อยละ) ของสารสกัดหยาบด้วยเอทานอลร้อยละ 95 จากส่วนต่างๆของบัวหลวง……...	55
ตารางที่ 4.2	แสดงผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากส่วนต่างๆของบัวหลวงด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity……..	56
ตารางที่ 4.3	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมจากส่วนต่างๆ ของบัวหลวง……...	58
ตารางที่ 4.4	แสดงค่าคะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะด้านต่างๆของธัญพืชชนิดแท่งสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร…….	60
ตารางที่ 4.5	แสดงปริมาณ (ร้อยละ) ของส่วนประกอบที่ใช้ผลิตธัญพืชชนิดแท่ง……	61
ตารางที่ 4.6	แสดงค่าคะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะด้านต่างๆ ของปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง…….	65
ตารางที่ 4.7	ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง……...	68

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 บัวหลวงแหลมพันธุ์ดอกสีชมพู..... 15

รูปที่ 2.2 บัวหลวงแหลมพันธุ์ดอกสีชมพูเล็ก..... 16

รูปที่ 2.3 บัวหลวงฉัตรพันธุ์ดอกสีชมพูซ้อน..... 17

รูปที่ 2.4 บัวหลวงแหลมพันธุ์ดอกสีขาว..... 18

รูปที่ 2.5 บัวหลวงฉัตรพันธุ์ดอกสีขาวซ้อน..... 19

รูปที่ 2.6 กรรมวิธีการผลิตธัญพืชชนิดแท่ง..... 27

รูปที่ 3.1 กรรมวิธีการผลิตธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง..... 51

รูปที่ 4.1 สูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งทั้ง 3 สูตร..... 62

รูปที่ 4.2 ผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวงปริมาณที่ต่างกัน..... 66

รูปที่ 4.3 ผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง..... 67

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันผู้บริโภคได้ใส่ใจสุขภาพกันมากขึ้น สมุนไพรเป็นพืชที่ยอมรับอย่างแพร่หลาย เนื่องจากให้ทั้งสรรพคุณทางยาและคุณค่าทางโภชนาการ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสมุนไพร เช่นยารักษาโรค อาหารเสริมเพื่อสุขภาพ น้ำมันหอมระเหย เครื่องสำอาง และชาสมุนไพรต่างๆ เป็นต้น [1]

บัวหลวง (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) มีชื่อสามัญว่า Sacred Lotus และชื่ออื่นๆว่า บัวหลวง บุณฑริก ปทุม ปทุมมาลย์ สัตตบุษญ์ สัตตบงกช และอุบล [2] มีถิ่นกำเนิดแถบเอเชีย ได้แก่ ประเทศไทย จีน และอินเดีย เป็นต้น บัวหลวงเป็นไม้ล้มลุกมีลำต้นใต้ดินเรียกว่า เหง้า และไหล มีสรรพคุณทางเภสัชวิทยา มีการใช้ประโยชน์ในแทบทุกส่วนของบัวหลวง เช่น เมล็ดบัวบำรุงรักษาประสาทและไต แก้อาการท้องร่วง ดีบัวสีเขียวเข้มใช้เป็นส่วนผสมของยาแผนโบราณ มีฤทธิ์ในการขยายหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ เกสรตัวผู้ใช้เป็นส่วนผสมของยาหลายชนิด เช่น ยาลม ยาหอม หรือยานัตถุ์ ก้านใบและก้านดอกนำมาทำยารักษาอาการท้องร่วง รากหรือเหง้านำมาต้มน้ำดื่มแก้ร้อนในกระหายน้ำ [3], [4]

อนุมูลอิสระ (Free Radical) มีบทบาทสำคัญในกระบวนการเกิดโรคต่างๆ หลายชนิด การมีอนุมูลอิสระมากเกินสมดุลก่อให้เกิดภาวะออกซิเดทีฟ สเตรส (Oxidative Stress) ซึ่งสามารถนำไปสู่การทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตได้ [5] โดยทั่วไปการสร้างอนุมูลอิสระเกิดขึ้นตลอดเวลา แต่ร่างกายมีระบบในการป้องกันตัวเอง และสามารถช่วยลดความรุนแรงจากพิษของอนุมูลอิสระได้โดยอาศัยสารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) เป็นสารที่สามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระได้โดยตรง เพื่อกำจัดอนุมูลอิสระให้หมดไป หรือหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ไม่ให้ดำเนินต่อ เป็นสารที่สามารถชะลอหรือป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกายเช่น โปรตีน เอนไซม์ และดีเอ็นเอ ดังนั้นการใช้สารที่มีคุณสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ (Antioxidant) จะช่วยยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระไม่ให้ทำลายองค์ประกอบของเซลล์ หลายงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์พบว่า สารต้านอนุมูลอิสระมีบทบาทสำคัญในการลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ และเบาหวาน [6] สารต้านอนุมูลอิสระส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก (Phenolic Compound) สารต้านอนุมูลอิสระมีอยู่จำนวนมากทั้งที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้น และที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น ในพืชโดยทั่วไปจะพบสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ โคเอนไซม์ คิวเทน (Coenzyme Q10) สารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ตาม

ธรรมชาติ เช่น วิตามินซี (Ascorbic acid) วิตามินอี (α-Tocopherol) และกลูตาไธโอน (Gluthatione) เป็นต้น [7] จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าสมุนไพรและผักพื้นบ้านไทยหลายชนิดมีสารประกอบฟีนอลิก (Phenolic Compound) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำหน้าที่ป้องกัน การเกิดภาวะออกซิเดทีฟสเตรสเป็นองค์ประกอบ ทำให้ผู้คนเล็งเห็นถึงความสำคัญของการบริโภคผักและสมุนไพรพื้นบ้านที่ปลอดสารพิษมากขึ้นเพื่อเสริมสร้างสุขภาพที่ดี [8] พืชที่มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมักจะมีสารประกอบหลัก คือ สารฟีนอลิก ฟลาวานอยด์ และแอนโธไซยานิน ซึ่งพบทั่วไปในใบ ลำต้นและเปลือกของพืช [9]

ผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง หรือ Cereal Bar เป็นอาหารประเภทขนมขบเคี้ยวชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยส่วนผสมที่เป็นชิ้นขนาดเล็กนำมาอัดเป็นแท่งโดยยึดด้วยสารยึดเกาะ (Binder) โดยอาจมีการเคลือบผิวนอกของชิ้นอาหารหรือไม่มีก็ได้ [10] ช่วยป้องกันความเสื่อมและการถูกทำลายของเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกายอันเป็นสาเหตุของโรคมะเร็งและโรคต่างๆ ได้ สำหรับประเทศไทยผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ ส่วนมากเป็นอาหารว่างแบบพื้นบ้าน เช่น กระยาสารท ข้าวแตน ขนมนางเล็ด ถั่วตัด และถั่วกระจก เป็นต้น [1]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบัวหลวงเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมบัวหลวง จากส่วนที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ซึ่งบัวหลวงเป็นสมุนไพรพื้นบ้านที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ราคาถูกและหาได้ง่ายในท้องถิ่น มาผสมผสานกับธัญพืชชนิดต่างๆ เพื่อให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างชนิดแท่งรสชาติใหม่ เป็นการพัฒนาองค์ความรู้ อีกทั้งเป็นการพัฒนาผลิตอาหารให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค เพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการดูแลคุณภาพชีวิตและให้ผู้มีรายได้น้อยได้บริโภคอาหารที่มีโภชนาการสูง และสามารถต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์เชิงพาณิชย์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากส่วนต่างๆ ของบัวหลวง

1.2.2 เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

1.2.3 เพื่อศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ ด้านเคมี ด้านจุลชีววิทยา ของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

1.3 สมมติฐานการวิจัย

ส่วนประกอบของบัวหลวงมีปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่แตกต่างกัน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมจากส่วนต่างๆ ของบัวหลวง 10 ส่วน คือ กลีบดอก เกสร เมล็ด ดีบัว รังไข่ ใบอ่อน ใบแก่ ก้านดอก ไหล และราก

1.4.2 ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

1.4.2.1 ศึกษาสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมของธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

1.4.2.2 ศึกษาปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

1.4.3 เพื่อศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ ด้านเคมี ด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

1.4.4 ขอบเขตระยะเวลา การศึกษาค้นคว้าวิจัยเรื่องนี้เริ่มดำเนินงานตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 - เดือนธันวาคม พ.ศ. 2558

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 รู้ส่วนของบัวหลวงที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง

1.5.2 พัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งจากบัวหลวงที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

1.5.3 เพิ่มมูลค่าผลผลิตทางด้านการเกษตรของท้องถิ่นและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนเพื่อสร้างรายได้ต่อไป

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

บัวหลวง (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) เป็นพืชน้ำล้มลุก ลักษณะลำต้นมีทั้งที่เป็นเหง้า ไหล หรือหัว ใบเป็นใบเดี่ยวเจริญขึ้นจากลำต้น โดยมีก้านใบส่งขึ้นมาเจริญที่ใต้น้ำ ใบเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว แผ่กว้างลอยอยู่บนผิวน้ำหรือเหนือน้ำ ดอกเป็นดอกเดี่ยวสมบูรณ์เพศ กลีบดอกจำนวนมากไม่ติดกัน

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant Activity) หมายถึง ความสามารถของสารที่มีผลต่อการยับยั้งหรือควบคุมอนุมูลอิสระไม่ให้กระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกาย ได้จากแหล่งธรรมชาติในอาหาร

ธัญพืชชนิดแท่ง (Cereal Bar) หมายถึง การนำผลผลิตของธัญพืชมาผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยกรรมวิธีใดวิธีหนึ่ง โดยการอัดผลิตภัณฑ์ลงในแม่พิมพ์เป็นชิ้นขนาดบริโภค หรือการอัดลงในแม่พิมพ์ขนาดใหญ่แล้วจึงตัดเป็นชิ้นย่อยตามขนาดที่ต้องการ

บทที่ 2
ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บัวหลวง

2.1.1 การแบ่งสกุลของบัว [11], [12]

บัวเป็นพืชไม้น้ำ จัดอยู่ในวงศ์ Nymphaeaceae แบ่งออกเป็น 3 สกุล ดังนี้

2.1.1.1 สกุลนีลัมโบ *Nelumbo* (กลุ่มบัวหลวง) มีลำต้นใต้ดินแบบเหง้าหรือไหล ดอกและใบชูขึ้นเหนือน้ำ ใบเป็นใบเดี่ยวลักษณะกลมใหญ่สีเขียมอมเทา ขอบใบเรียบ ผิวใบด้านบนมีขนอ่อนๆ และมีนวล ดอกมี 4 สี คือ สีชมพู สีชมพูเข้ม สีขาว และสีเหลือง กลีบดอกชั้นเดียวหรือซ้อนกันแน่น กลีบเลี้ยง 4 - 6 กลีบ ลักษณะคล้ายกลีบดอก ก้านใบ และก้านดอกกลมยาว เปลือกแข็งและมีขนแข็งสั้นๆ อยู่ทั่วทั้งก้าน ติดเมล็ดง่าย

2.1.1.2 สกุลนิมเฟีย *Nymphaea* (กลุ่มบัวผันและบัวสาย) เป็นพืชที่มีลำต้นใต้ดินเป็นหัวหรือเหง้า ใบลอยแตะผิวน้ำ ไม่มีหนาม ได้แก่ บัวผันและบัวเผื่อน เป็นอุบลชาติล้มลุก ดอกบานตอนเช้าและหุบตอนเย็น ใบรูปกลมถึงรูปไข่ ขอบใบจักไม่เป็นระเบียบ ดอกมีหลายสี กลีบดอกซ้อน เกสรเพศเมีย สีเหลืองถึงสีเหลืองเข้ม อับเรณูมักมีสีคล้ายกลีบดอก กลิ่นหอมหวาน บางพันธุ์เกิดต้นอ่อนบนใบได้

2.1.1.3 สกุลวิกตอเรีย *Victoria* (กลุ่มบัววิกตอเรียหรือบัวกระด้ง) ใบลอยแตะผิวน้ำ มีใบและดอกขนาดใหญ่โตมาก ขอบใบตั้งเป็นขอบคล้ายกระด้งและมีหนาม ลักษณะดอกมีหนามตามกลีบนอก บานเวลากลางคืน มีสีขาวห้อมฟุ้งไปทั่วบริเวณแต่พอเวลากลางวันสีจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงแดงจนกระทั่งโรย

2.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของบัวหลวง [2], [12]

บัวหลวง (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) อยู่ในวงศ์ Nelumbonceae สกุล Nelumbo มีชื่อสามัญว่า Lotus และมีชื่อเรียกทั่วไปว่า ปทุมชาติ หรือบัวหลวง มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย เช่น ประเทศจีน อินเดีย และไทย มีทั้งหมด 2 ชนิด คือ

2.1.2.1 บัวหลวงพื้นเมือง *Nelumbo nucifera* มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ลักษณะโดยทั่วไป คือ จะมีใบและดอกชูขึ้นเหนือน้ำ ก้านใบและก้านดอกมีผิวแข็งเป็นหนามระคายมือ มีกลีบดอกสีชมพูซ้อน 2 - 3 ชั้น มีเกสรตัวผู้สีเหลืองจำนวนมาก ตรงปลายเป็นสีเขียวเข้มเมื่อแก่จัด บัวในสกุลนี้พบในประเทศไทยมีอยู่ 5 พันธุ์โดย แบ่งตามลักษณะและรูปร่างสีของกลีบดอก [2] ได้แก่

1) บัวหลวงพันธุ์ดอกสีชมพูหรือบัวหลวงแหลม เรียกว่า ปทุม หรือ ปัทมา (ดังแสดงในรูปที่ 2.1) มีลักษณะทั่วไปดังนี้

(1) ใบอ่อน ใบอ่อนที่แผ่ราบบนผิวน้ำ กลม ปลายและโคนใบเว้าเข้าเล็กน้อย หน้าใบสีเขียว หลังใบสีเทาอมชมพูอ่อน และลักษณะใบไม่จับน้ำ

(2) ใบแก่ หน้าใบสีเขียว หลังใบสีเทา มีขนานเส้นผ่านศูนย์กลางใบยาวประมาณ 30 - 40 เซนติเมตร

(3) ก้านใบ ก้านดอก แข็ง มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร สีเขียวอ่อน เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

(4) ดอกตูม ทรงดอกโคนกว้างปลายเรียว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 - 5 เซนติเมตร ยาว 7 - 9 เซนติเมตร สีเขียวอ่อน

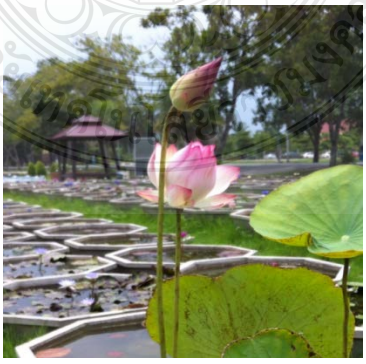
(5) ดอกบาน สีกลีบดอก สีชมพู สีกลีบเลี้ยงด้านในสีชมพู

(6) เกสร อับเรณูมีสีขาว ก้านอับเรณูมีสีเหลือง เกสรเพศเมียมีสีเหลือง

(7) ทรงกลีบดอก โคนและปลายเรียว ตรงกลางกว้าง ทรงดอกบานแผ่ครึ่งวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก 23 - 25 เซนติเมตร

(8) กลีบดอกซ้อน กลิ่นหอม โดยเฉพาะดอกบานวันแรกและบานวันที่ 2 การให้ดอก ทยอยออกตามกันดอกค่อนข้างดก บานประมาณ 4 วัน

(9) สภาวะเพื่อการเพาะปลูก ปลูกที่ระดับน้ำตื้นถึงลึกมาก (ตั้งแต่ 15 เซนติเมตรขึ้นไป) พื้นที่ผิวน้ำกว้างปานกลางถึงกว้างมาก ต้องการแสงแดดอย่างน้อย 5 – 6 ชั่วโมงต่อวัน ให้ดอกได้ตลอดปี เป็นบัวหลวงขนาดกลางเพราะดอกเล็กกว่าแหลมขาว ปลูกในภาชนะจำกัดจะสูงเท่าๆ กับแหลมขาว คือประมาณ 130 - 150 เซนติเมตร การขยายพันธุ์ด้วยต้นอ่อน หรือไหล



รูปที่ 2.1 บัวหลวงแหลมพันธุ์ดอกสีชมพู

2) บัวหลวงพันธุ์ดอกสีชมพูเล็กหรือบัวหลวงแหลม เรียกว่า บัวหลวงจีน บัวปักกิ่ง หรือ บัวเข็ม (ดังแสดงในรูปที่ 2.2) มีลักษณะทั่วไปดังนี้

(1) ใบอ่อน ใบอ่อนที่แผ่ราบบนผิวน้ำ กลม หัว – ท้ายคอด หน้าใบสีเขียวอ่อนหลังใบสีเทาอมชมพูจางๆ

(2) ใบแก่ หน้าใบสีเขียว หลังใบสีเขียวอ่อน/เทานวล มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบ ประมาณ 18.3 - 33.3 เซนติเมตร

(3) ก้านใบ ก้านดอก ก้านแข็ง เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร สีเขียวอ่อน เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเหลือบเขียว

(4) ดอกตูม ทรงดอกค่อนข้างป้อม ตรงกลางกว้างโคนและปลายยาวเรียวเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 - 15.8 เซนติเมตร โคนสีเขียวอ่อนปลายสีขาว

(5) ดอกบาน สีกลีบดอกมีสีชมพูเข้ม สีกลีบเลี้ยงด้านในมีสีชมพูเข้ม

(6) เกสร อับเรณู ก้านอับเรณู และเกสรเพศเมียมีสีเหลือง

(7) ทรงกลีบดอก โคนกลีบสีขาวนวล ทรงดอกบาน รูปถ้วยถึงแผ่ครึ่งวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก 12 - 15 เซนติเมตร

(8) กลีบดอก ซ้อน 14 - 25 กลีบ กลิ่นหอมอ่อนๆ การให้ดอกทยอยออกตามกัน ดอกค่อนข้างดกบานประมาณ 2 - 3 วัน

(9) สภาวะเพื่อการเพาะปลูก ปลูกในดินแฉะมีน้ำเพียง 15 เซนติเมตร หรือมีน้ำลึกพื้นที่ผิวน้ำแคบถึงกว้างมาก ต้องการแสงแดดอย่างน้อย 5 - 6 ชั่วโมงต่อวัน ให้ดอกได้ตลอดปีเป็นบัวหลวงที่ต้นและดอกขนาดเล็ก ลักษณะเหมือนกับบัวแหลมทั้ง 2 ชนิดแต่มีขนาดเล็กกว่า การขยายพันธ์ด้วยต้นอ่อนหรือไหล

รูปที่ 2.2 บัวหลวงแหลมพันธุ์ดอกสีชมพูเล็ก
ที่มา : [2]

3) บัวหลวงพันธุ์ดอกสีชมพูซ้อนหรือบัวหลวงฉัตรชมพู เรียกว่า สัตตบงกช (ดังแสดงในรูปที่ 2.3) มีลักษณะทั่วไปดังนี้

(1) ใบอ่อน ใบอ่อนที่แผ่ราบบนผิวน้ำ กลม หัว - ท้ายคอด หน้าใบสีเขียวอ่อน หลังใบสีเทาอมชมพู

(2) ใบแก่ ชูพ้นน้ำ หน้าใบสีเขียว หลังใบสีเขียวอ่อน/เทานวล มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบประมาณ 30 - 45 เซนติเมตร

(3) ก้านใบ ก้านดอก ก้านแข็ง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 - 1.5 เซนติเมตร สีเขียวอ่อนเมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อนเหลือบเขียว

(4) ดอกตูม ทรงดอกโคนกว้างปลายเรียว ลักษณะของดอกตูมที่กำลังจะบานของบัวพันธุ์นี้มีเส้นผ่านศูนย์กลางของดอกสั้นกว่าความยาวของดอกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โคนสีเขียวอ่อน ปลายสีเหลือบชมพู

(5) ดอกบาน สีกลีบดอกสีชมพูแก่ สีกลีบเลี้ยงด้านในสีชมพูแก่

(6) เกสร อับเรณูมีสีขาว ก้านอับเรณู เกสรเพศเมียมีสีเหลือบชมพูอ่อนๆ

(7) ทรงกลีบดอก เรียวยาว ทรงดอกบาน รูปถ้วยถึงแผ่ครึ่งวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก 12 -15 เซนติเมตร กลีบดอกซ้อนมากและกลีบเกสรซ้อนมากมีกลิ่นหอมอ่อนๆ

(8) การให้ดอก ทยอยออกตามกัน ดอกค่อนข้างดกบานประมาณ 4 วัน เริ่มโรยช่วงบ่ายหรือค่ำของวันที่สี่

(9) สภาวะเพื่อการเพาะปลูก ปลูกที่ระดับน้ำ ตื้นถึงลึกมาก (ตั้งแต่ 15 เซนติเมตรขึ้นไป) พื้นที่ผิวน้ำกว้างปานกลางถึงกว้างมาก ต้องการแสงแดดอย่างน้อย 5 - 6 ชั่วโมงต่อวัน ให้ดอกได้ตลอดปี เป็นบัวหลวงที่ต้นและดอกขนาดกลาง ใกล้เคียงกับบัวแหลมทั้ง 2 ชนิดคือ สูงประมาณ 130 - 150 เซนติเมตร เมื่อปลูกในภาชนะจำกัด การขยายพันธ์ ด้วยต้นอ่อน หรือไหล

รูปที่ 2.3 บัวหลวงฉัตรพันธุ์ดอกสีชมพูซ้อน

4) บัวหลวงพันธุ์ดอกสีขาวหรือบัวหลวงแหลม เรียกว่า ปุณฑริก หรือ บุณฑริก (ดังแสดงในรูปที่ 2.4) มีลักษณะทั่วไปดังนี้

(1) ใบอ่อนที่แผ่ราบบนผิวน้ำ กลม หัว - ท้ายคอด หน้าใบสีเขียวอ่อน หลังใบสีเทาอมชมพูจางๆ

(2) ใบแก่ หน้าใบสีเขียว หลังใบสีเขียวอ่อน/เทานวล มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบประมาณ 30 - 45 เซนติเมตร

(3) ก้านใบ ก้านดอก และก้านแข็ง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 - 1.5 เซนติเมตร สีเขียวอ่อน เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเหลือบเขียว

(4) ดอกตูม ทรงดอกค่อนข้างป้อม ตรงกลางกว้างโคนและปลายยาวเรียวเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 - 8 เซนติเมตร ยาว 10 - 12 เซนติเมตร โคนสีเขียวอ่อนปลายสีขาว

(5) ดอกบานสีกลีบดอกสีขาวนวล สีกลีบเลี้ยงด้านในสีขาวนวล

(6) เกสร อับเรณู ก้านอับเรณู และเกสรเพศเมียมีสีเหลือง

(7) ทรงกลีบดอก โคนกว้างปลายเรียว ทรงดอกบาน รูปถ้วยถึงแผ่ครึ่งวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก 12 - 15 เซนติเมตร กลีบดอกซ้อนมากและกลีบเกสรซ้อนมาก กลิ่นหอมอ่อนๆ

(8) การให้ดอกทยอยออกตามกัน ดอกค่อนข้างดกบานประมาณ 4 วัน

(9) สภาวะเพื่อการเพาะปลูก ปลูกที่ระดับน้ำตื้นถึงลึกมาก (ตั้งแต่ 15 เซนติเมตรขึ้นไป) พื้นที่ผิวน้ำกว้างปานกลางถึงกว้างมาก ต้องการแสงแดดอย่างน้อย 5 - 6 ชั่วโมงต่อวัน ให้ดอกได้ตลอดปี เป็นบัวหลวงที่ต้นและดอกขนาดกลาง กอสูงใหญ่ เมื่อปลูกในภาชนะจำกัดขนาดใกล้เคียงกับบัวแหลมทั้ง 2 ชนิดคือ สูงระหว่าง 130 - 150 เซนติเมตร ขยายพันธ์ด้วยไหล

รูปที่ 2.4 บัวหลวงแหลมพันธุ์ดอกสีขาว
ที่มา : [2]

5) บัวหลวงพันธุ์ดอกสีขาวซ้อนหรือบัวหลวงฉัตรขาว เรียกว่า สัตตบุษย์ (ดังแสดงในรูปที่ 2.5) มีลักษณะทั่วไปดังนี้

(1) ใบอ่อน ที่แผ่ราบบนผิวน้ำ กลม ปลายและโคนใบคอดเว้าเล็กน้อย หน้าใบสีเขียวอ่อน หลังใบสีนวลเทา

(2) ใบแก่ หน้าใบสีเขียว หลังใบสีนวลอมเทา ใบใหญ่เต็มที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบประมาณ 35 - 45 เซนติเมตร และลักษณะใบไม่จับน้ำ

(3) ก้านใบและก้านดอกแข็ง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร สีเทาอมเขียวอ่อน มีหนามสั้นแข็งกระจายทั่งทั้งก้าน

(4) ดอกตูมทรงดอกโคนปลายเรียว เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 - 6 เซนติเมตร ยาว 8 - 10 เซนติเมตร สีเขียวอ่อน

(5) ดอกบานสีกลีบดอกสีขาว สีกลีบเลี้ยงด้านในสีขาว

(6) เกสรอับเรณูมีสีขาว ก้านอับเรณูมีสีเหลือง เกสรเพศเมียมีสีเหลือง

(7) กลีบดอกซ้อนกลิ่นหอมอ่อนๆ ทรงกลีบดอกโคนกว้างปลายเรียว

(8) ทรงดอกบาน บานวันแรกถึงวันที่สามแผ่เป็นครึ่งวงกลม และแผ่ค่อนวงกลมเมื่อบานวันที่สี่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดอก 20 - 30 เซนติเมตร การให้ดอกทยอยออกตามกัน ดอกค่อนข้างดกบานประมาณ 4 วัน

(9) สภาวะเพื่อการเพาะปลูกปลูกที่ระดับน้ำ ตื้นถึงลึกมาก (ตั้งแต่ 15 เซนติเมตรขึ้นไป) พื้นที่ผิวน้ำกว้างปานกลางถึงกว้างมาก ต้องการแสงแดดอย่างน้อย 5 - 6 ชั่วโมงต่อวัน ให้ดอกได้ตลอดปี ปลูกในภาชนะจำกัด จะสูงประมาณ 130 - 150 เซนติเมตร ถ้าปลูกในบ่อหรือในสระดิน จะสูงกว่าเล็กน้อย การขยายพันธุ์ด้วยไหล

รูปที่ 2.5 บัวหลวงฉัตรพันธุ์ดอกสีขาวซ้อน

2.1.2.2 บัวหลวง *Nelumbo Lutea Pers.* มีถิ่นกำเนิดในอเมริกาเหนือ มีลักษณะดอกและใบคล้ายกับบัวหลวงพื้นเมืองของไทย ต่างกันที่สีของดอกจะเป็นสีเหลือง บัวชนิดนี้มีคนเคยนำมาปลูกในประเทศไทย แต่เนื่องจากทนต่อสภาพภูมิอากาศที่ร้อนไม่ได้จึงสูญพันธุ์ไป

2.1.3 สารประกอบที่พบในบัวหลวง [13]

จากการศึกษาวิจัยพบสารชนิดต่างๆ ในส่วนประกอบของบัวหลวงโดยเฉพาะพันธุ์ *Nelumbo nucifera* Gaertn. ที่มีสรรพคุณในการบำรุงร่างกายหรือนำมาปรุงเป็นยารักษาโรคได้ เช่น ส่วนต่างๆ ของบัวหลวงคือ ดอก ใบ ก้านใบ ฝักบัว เมล็ด และโดยเฉพาะดีบัว

2.1.3.1 รากบัว เหง้าบัว และกลีบบัว พบสารพวกแทนนิน (Tannin) เป็นสารฝาดสมานที่มีฤทธิ์ช่วยยับยั้งอาการท้องเดิน และรากบัวมีสารพวกแคลเซียม (Calcium) ช่วยบำรุงร่างกาย และสารสกัดจากแอลกอฮอล์จากเหง้ามีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด ฤทธิ์ต้านการอักเสบ

2.1.3.2 กลีบดอก และดีบัว มีสารอัลคาลอยด์ (Alkaloids) หลายชนิด ที่มีฤทธิ์ต่อการขยายเส้นเลือดที่เลี้ยงหัวใจ

2.1.3.3 เกสรบัว (ตัวผู้) พบสารฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น Quercetin, Luteolin, Isoquercitrin, Luteolin Glucoside และมีแอลคาลอยด์

2.1.3.4 เมล็ดบัว มีสารไขมัน (Lipid) ช่วยเพิ่มพลังงาน บำรุงไขข้อและเอ็น

2.1.4 ประโยชน์และฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของบัวหลวง [3], [4], [14], [15]

ส่วนต่างๆ ของบัว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วนเป็นทั้งยาและอาหารได้อย่างดี โดยจำแนกได้ดังนี้

2.1.4.1 เกสรตัวผู้ เนื่องจากมีกลิ่นหอมจึงใช้เข้ายาหอมได้หลายชนิด มีฤทธิ์บำรุงหัวใจและแก้ไข้ สมัยก่อนนิยมนำไปชงแทนชาได้ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

2.1.4.2 เหง้าบัว นำมาประกอบอาหารประเภทผัก เช่น ทำเป็นผักสลัดเป็นผักดิบจิ้มน้ำพริกและหลนได้ ใช้ต้มกับน้ำตาลกรวดเป็นยาแก้ร้อนในและเป็นยาบำรุงกำลัง นำมาเชื่อมแห้งแบบมะตูมเชื่อม เหง้าบัวมีรสหวานและมีกลิ่นหอมจึงให้เด็กรับประทานเพื่อระงับอาการท้องร่วง รักษาอาการธาตุไม่ปกติ ลดน้ำตาลในเลือด รักษาแผล ต้านอักเสบ และขับปัสสาวะ

2.1.4.3 ดีบัว เพิ่มการไหลเวียนของเลือดที่ไปเลี้ยงหัวใจ มีฤทธิ์กระตุ้นหัวใจ มีฤทธิ์ป้องกันอาการหัวใจเต้นไม่ปกติ

2.1.4.4 เมล็ดบัว ใช้ประกอบอาหารได้ทั้งคาวและหวาน ส่งเป็นสินค้าออก มีคุณค่าทางอาหารสูง เป็นส่วนประกอบของยารักษาโรคผิวหนังเปลือกของเมล็ดบัวตากแห้งยังใช้เพาะเห็ดฟาง ฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด ฤทธิ์ต้านพิษของสารก่อมะเร็ง ฤทธิ์ต้านการเกิดพิษต่อตับ

2.1.4.5 ดอกบัว ประชาชนผู้นับถือศาสนาพุทธใช้บูชาพระ ฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด

2.1.4.6 กลีบบัวตากแห้ง ใช้มวนบุหรี่ไทย ต้มเป็นเครื่องยาไทย เป็นยาบำรุงหัวใจ แก้ไข้และแก้โรคตับ

2.1.4.7 ใบบัวสด ใช้ห่อของ ใบอ่อนใช้เป็นอาหารผักสดได้ เป็นผักจิ้มน้ำพริก หลน และปลาร้าได้ ฤทธิ์ยับยั้งการหดตัวของหลอดเลือด

2.1.4.8 ก้านใบ ฤทธิ์แก้ไข้ โดยแสดงฤทธิ์ได้ใกล้เคียงกับยาแก้ไข้พาราเซตามอล

2.1.4.9 ฝักบัว ฤทธิ์ห้ามเลือด

นอกจากนี้แล้วบัวหลวงยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง (ดังแสดงในตารางที่ 2.1) มีทั้งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน แคลเซียม เหล็ก วิตามิน ฯลฯ [16]

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของบัวหลวงในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

รายการ	รากบัว	เมล็ดบัว	หน่วย
พลังงาน	49.00	339.00	กิโลแคลอรี่
ความชื้น	85.90	14.30	ร้อยละ
โปรตีน	1.70	14.20	กรัม
ไขมัน	0.10	2.30	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	11.30	65.30	กรัม
เส้นใย	-	2.10	กรัม
เถ้า	-	1.80	กรัม
แคลเซียม	21.00	335.00	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	-	342.00	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.40	19.50	มิลลิกรัม
วิตามินบี 1	0.05	0.32	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	-	0.11	มิลลิกรัม
ไนอะซิน	-	1.30	มิลลิกรัม
วิตามินซี	22.00	9.00	มิลลิกรัม

ที่มา : [16]

2.2 อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ

2.2.1 อนุมูลอิสระ (Free Radicals)

อนุมูลอิสระเป็นสารที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยว (Unpaired Electrons) ในอะตอมหรือโมเลกุล พบได้ทุกแห่งทั้งในสิ่งแวดล้อม ในสิ่งมีชีวิต และในเซลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการผลิตพลังงานภายในเซลล์ หรือจากกระบวนการเมแทบอลิซึม (Metabolism) โดยมีการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนออกจากโมเลกุลของออกซิเจนทำให้อิเล็กตรอนในโมเลกุลออกซิเจนไม่สมดุลกลายเป็นอนุมูลอิสระและว่องไวในการเข้าทำปฏิกิริยามาก และสามารถดึงอิเล็กตรอนจากโมเลกุลอื่นมาแทนที่อิเล็กตรอนที่ขาดหายไปเพื่อให้ตัวเองเกิดความสมดุลหรือเสถียร ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ และเกิดขึ้นในเซลล์ตลอดเวลา [17]

อนุมูลอิสระที่สำคัญที่สุดที่เกิดในเซลล์ที่ใช้ออกซิเจน ได้แก่ Oxygen Radical อนุพันธ์ของ Oxygen Radical (เช่น Superoxide Radical และ Hydroxyl Radical), Hydrogen Peroxide, Transition Metals, Carbonate Radical, Nitrate Radical, Methyl Radical, Superoxide Radical, Peroxyl Radical, Reactive Oxygen Species (ROS) เป็นต้น [18] นอกจากนี้อนุมูลอิสระสามารถทำลายชีวโมเลกุลทุกประเภท ทั้งในเซลล์และส่วนประกอบของเซลล์สิ่งมีชีวิต เช่น ไขมัน (Lipid) โปรตีน (Protein) เอนไซม์ (Enzyme) ดีเอ็นเอ (DNA) อาร์เอ็นเอ (RNA) คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) เซลล์เมมเบรน (Cell Membrane) ไมโตคอนเดรีย (Mitocondria) คอลลาเจน (Collagen) และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective Tissues) ซึ่งเป็นสาเหตุให้เซลล์ตาย การเกิดการกลายพันธุ์ของดีเอ็นเอในเซลล์และก่อให้เกิดโรคต่างๆ ได้แก่ โรคชรา (Aging)โรคมะเร็ง (Cancer) โรคหัวใจขาดเลือด (Coronary Heart Disease) โรคความจำเสื่อม (Alzheimer's Disease) โรคภูมิแพ้ (Allergies) โรคข้ออักเสบ (Arthritis) โรคความดันโลหิต โรคเหงือก และโรคเกี่ยวกับสายตา ความผิดปกติของปอดและระบบประสาท โรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ โรคเกี่ยวกับความผิดปกติของผิวหนัง และโรคลำไส้อักเสบ เป็นต้น [19] อนุมูลอิสระนอกจากจะเกิดภายในสิ่งมีชีวิตแล้วอนุมูลอิสระสามารถเกิดจากภายนอกสิ่งมีชีวิตหรือในสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การได้รับเชื้อโรคเช่น การติดเชื้อโรคไวรัสหรือเชื้อแบคทีเรีย โรคเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน (Immune Diseases) เช่น ข้ออักเสบรูมาตอยด์ เป็นต้น จากรังสี เช่น รังสีอัลตราไวโอเลต รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมา จากมลภาวะ เช่น ควันบุหรี่แก๊สจากท่อไอเสีย เช่น ไนตรัสออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ เขม่าจากเครื่องยนต์ ฝุ่นจากกระบวนการประกอบอาหาร เช่น การย่างเนื้อสัตว์ที่มีส่วนประกอบของไขมันสูง การนำน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารที่มีอุณหภูมิสูงๆ กลับมาใช้อีก การทำให้เกิดอาหารประเภทเกรียม ไหม้ หรือเกิดจากการปิ้งย่าง จากยาบางชนิด เช่น โดโซรูบิซิน (Doxorubicin) เพนนิซิลลามิน (Penicillamine) และพาราเซตามอล (Paracetamol) [20]

อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกายมีประโยชน์ในการทำลายแบคทีเรียและไวรัส ส่งเสริมการทำงานของเม็ดเลือดขาว (Macrophages และNeutrophils) ให้ทำลายเซลล์ที่ตายแล้วและส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันภายในร่างกาย

2.2.1.1 วิธีกำจัดอนุมูลอิสระของร่างกาย ร่างกายสามารถกำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นได้หลายวิธีคือ

1) โดยการทำงานของแอนไซม์ เช่น Superoxide Dismutase Catalase และ Glutathione Peroxidase

2) สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในร่างกาย เช่น Glutathione Lipoic Acid Albumin Cysteine และ ฮอร์โมนต่างๆ เช่น Estrogen Angiotensin Melatonin

3) สารต้านอนุมูลอิสระในอาหาร เช่น วิตามิเอ (Vitamin A) วิตามินอี (Vitamin E) วิตามินซี (Vitamin C) แทนนิน (Tanins) และสารประกอบฟีนอล เช่น กรดซินนามิก (Cinnamic Acid) ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) และแอนโทไซยานิน (Anthocyanin)

2.2.2 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants)

สารต้านอนุมูลอิสระถือว่ามีความสำคัญต่อกระบวนการออกซิไดซ์อนุมูลอิสระ หรือสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน [17] โดยในสิ่งมีชีวิตจะมีระบบการป้องกันการทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อจากอนุมูลอิสระ ประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระมากมายหลายชนิดที่ทำหน้าที่แตกต่างกันไปซึ่งมีทั้งที่เป็นเอนไซม์และไม่เป็นเอนไซม์ สารประกอบที่ละลายในน้ำและสารประกอบที่ละลายในไขมัน โดยสารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้มีกลไกการทำงานต้านอนุมูลอิสระด้วยกันหลายแบบ เช่น ดักจับอนุมูลอิสระ (Radical Scavenging) การยับยั้งการทำงานของออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน (Singlet Oxygen Quenching) จับกับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (Metal Chelation) หยุดปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระ (Chain - Breaking) เสริมฤทธิ์ (Synergism) และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์(Enzyme Inhibition) ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระเป็นต้น [21]

แหล่งที่มาของสารต้านอนุมูลอิสระมี 2 แหล่ง ได้แก่ สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (Synthetic Antioxidants) และสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (Natural Antioxidants) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์เกิดจากการกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี โดยเป็นสารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ 2-butylated hydroxyanisole, 3-butylate hydroxyanisole, Butylated hydroxytoluene (BHT), Tertiary Butylhydroquinone, Propyl Gallate และสารสังเคราะห์ดังกล่าวนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารมีกลิ่น สี และรสชาติเปลี่ยนแปลงไป สารสังเคราะห์นี้มีสภาพคงตัวกว่าสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติแต่มี

ข้อจำกัดในด้านความปลอดภัยในการบริโภค [22] ขณะที่สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติสามารถพบได้ในสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ ซึ่งเป็นได้ทั้งเอนไซม์ วิตามินและสารอื่นๆ ตัวอย่างของสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นวิตามิน เช่น Vitamin C (เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ไซโตพลาซึม) Vitamin E (เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เมมเบรน) และGlutathione (เป็นสารที่ป้องกันอันตรายจากอนุมูลอิสระที่ไซโตพลาซึมและเมมเบรน) ส่วนสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นเอนไซม์ได้แก่ Glutathione Peroxidase (GPX) Glutathione Reductase และGlutathione Transferase ซึ่งทำหน้าที่ทำให้โมเลกุลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เป็นออกซิเจนและน้ำ ส่วนเอนไซม์ Superoxid Dismutase (SOD) สามารถเปลี่ยน $O_2^{\cdot-}$ เป็น H_2O_2 สารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ ได้แก่ Carotenoids และUbiquinones เป็นสารต้านอนุมูลอิสระสามารถป้องกันอนุมูลอิสระออกซิเจนทั้งภายในเซลล์และภายนอกเซลล์ [23]

ในภาวะปกติร่างกายของคนเราจะมีการป้องกันการสะสมสารอนุมูลอิสระโดยการสร้างเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระขึ้นมาควบคุมปริมาณสารอนุมูลอิสระให้อยู่ในภาวะที่สมดุล และอีกส่วนได้จากสารต้านอนุมูลอิสระที่ร่างกายรับประทานเข้าไปจำพวกวิตามิน เบต้าแคโรทีน และแคโรทีนอยด์รวมทั้งสารประกอบโพลีฟีนอล ซึ่งสารดังกล่าวได้จากพืชผักและผลไม้ ตัวอย่างอาหารที่มีเบต้าแคโรทีนสูง ได้แก่ ผักใบเขียว เช่น ตำลึง และผักบุ้ง อาหารที่มีสีเหลือง เช่น แครอท ฟักทอง มะละกอสุก มะม่วงสุก มะเขือเทศ อาหารที่มีวิตามินซีสูง (Vitamin C หรือ Ascorbic acid) ได้แก่ พืชผักที่มีสีเขียวและผลไม้รสเปรี้ยว เช่น ตำลึง ผักบุ้ง พริกหยวก ฝรั่ง มะขามป้อม ส้ม มะนาว สับปะรด (วิตามินซีจากพืชผักดังกล่าวมีฤทธิ์ต่อต้านอนุมูลอิสระที่แรงมากและละลายน้ำได้ดี) ส่วนวิตามินอี (Vitamin E หรือ Tocopherol) ละลายได้ดีในน้ำมัน โดยวิตามินอีมีในน้ำมันจากเมล็ดพืชชนิดต่างๆ เช่น รำละเอียดในพวกธัญพืชที่ไม่ขัดขาว ข้าวโพด ข้าวกล้อง ถั่วแดง ถั่วเหลือง ผักกาดหอม งา เมล็ดทานตะวัน น้ำมันรำ [23], [17]

วิธี DPPH อนุมูล $DPPH^{\cdot}$ เป็นอนุมูลไนโตรเจนที่คงตัว มีสีม่วงอยู่ในรูปอนุมูล [24] การวิเคราะห์เป็นการวัดความสามารถในการรีดิวซ์ โดยใช้เครื่องมือ EPR หรือใช้เครื่องสเปคโตรวัดการลดลงของสี เมื่อเติมสารต้านอนุมูลลงไป โดยวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

ต่อมามีการพัฒนาใช้ $DPPH^{\cdot}$ ในการหาความสามารถในการต้านอนุมูล เรียกว่า Antiradical Efficiency (AE) โดยคำนวณจากสมการ

$$AE = 1/ EC_{50} T_{EC50}$$

EC_{50} = ความเข้มข้นของสารทดสอบที่สามารถลดปริมาณ $DPPH^{\cdot}$ เริ่มต้นลงได้ร้อยละ 50

T_{EC50} = เวลาที่ใช้ในการลดปริมาณอนุมูลให้ได้ EC_{50}

ข้อดีของวิธีนี้คือ ง่าย สะดวก สามารถใช้เครื่องมือสามัญที่มีทั่วไป นิยมใช้เป็นวิธีเบื้องต้น ในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลของสารต้านอนุมูลจากธรรมชาติ ยกเว้นสารกลุ่มแคโรตินอยด์ที่มีการดูดกลืนแสงในย่านเดียวกัน ข้อด้อยของวิธีนี้คือ อนุมูล DPPH$^{\bullet}$ มีความคงตัวไม่ไวต่อปฏิกิริยาเหมือนอนุมูลที่เกิดในเซลล์หรือร่างกาย ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่สามารถแยกแยะจัดอันดับอนุมูลที่ความไวสูงได้ นอกจากนี้โครงสร้างทางเคมีของ DPPH$^{\bullet}$ ที่แสดงจะเห็นว่าอิเล็คตรอนเดี่ยวของอนุมูลอิสระจะถูกบดบังด้วยวงเบนซีน 3 วง และหมู่ไนโตร ทำให้สารต้านอนุมูลที่มีฤทธิ์แรงแต่มีขนาดใหญ่บางสารไม่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาขจัดอนุมูลหรือเกิดปฏิกิริยาช้ากว่าความเป็นจริงทั้งๆ ที่สารต้านอนุมูลนั้นมีฤทธิ์ดีในการขจัดอนุมูลเปอร์ออกซี นอกจากนี้สารรีดิวซ์สามารถทำให้สี DPPH$^{\bullet}$ จางลงได้อีกด้วย [24]

2.3 ผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง (Cereal Bar)

ผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งหรือ Cereal Bar เป็นอาหารประเภทขนมขบเคี้ยวชนิดหนึ่ง มีความหลากหลายทั้งในเรื่องของการผลิต รูปแบบ รสชาติอาหาร และชนิดของสินค้า

2.3.1 ชนิดของอาหารขบเคี้ยว

อาหารขบเคี้ยวแบ่งตามชนิดของวัตถุดิบที่นำมาผลิตได้ 4 ประเภทดังนี้ [25]

2.3.1.1 อาหารขบเคี้ยวที่ทำจากแป้ง ได้แก่ขนมขบเคี้ยวขึ้นรูป (Extruded Snack) ข้าวอบกรอบขนมกรอบที่ทำจากแป้งและส่วนผสมอื่น ขนมอบกรอบชนิดแผ่นหรือสอดไส้มีทั้งรสหวานและเค็ม

2.3.1.2 อาหารขบเคี้ยวที่ทำจากผลิตผลทางการเกษตร ได้แก่ ถั่วประเภทต่างๆ มันฝรั่งทอดกรอบ ข้าวโพดกรอบ นอกจากนี้ยังมีประเภทผลไม้แปรรูปปรุงรสชนิดต่างๆ และขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมจากเมล็ดธัญพืช

2.3.1.3 อาหารขบเคี้ยวที่ทำจากสัตว์ทะเล แบ่งเป็นประเภทปลาหมึกอบกรอบปรุงรส และประเภท Fish Snack เช่น ปลาเส้น ปลาแผ่นอบกรอบ (Crispy) ปรุงรสต่างๆ

2.3.1.4 อาหารขบเคี้ยวประเภทข้าวเกรียบที่ทำจากกุ้ง ปลา และอื่นๆ

2.3.2 คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์สมุนไพรและธัญพืชรสช็อกโกแลตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนได้กำหนดไว้ดังนี้ [26]

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมผลิตภัณฑ์ที่มีสมุนไพร ธัญพืช และผงโกโก้เป็นส่วนประกอบหลัก โดยผสมหรือกวนให้เข้ากันที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมจนได้ลักษณะ

ตามต้องการ อาจปั้นใช้พิมพ์กด หรือหล่อในพิมพ์ทำเป็นรูปทรงต่างๆ และได้กำหนดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ไว้ดังนี้

2.3.2.1 ลักษณะทั่วไป : ต้องคงรูปในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงกัน

2.3.2.2 สี : ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์สมุนไพรและธัญพืชรสช็อกโกแลต

2.3.2.3 กลิ่นรส : ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์สมุนไพรและธัญพืชรสช็อกโกแลต ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่นกลิ่นอับ กลิ่นหืน

2.3.2.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส : ธัญพืชที่มีความกรอบต้องกรอบไม่แข็งกระด้าง

2.3.2.5 สิ่งแปลกปลอม : ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

2.3.2.6 ค่ากิจกรรมของน้ำ : ต้องไม่เกิน 0.8

2.3.2.7 ปริมาณความชื้น : ต้องไม่เกินร้อยละ 10

2.3.2.8 จุลินทรีย์

1) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2) ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

อาหารขบเคี้ยวหรืออาหารว่างชนิดกรอบมีลักษณะเป็นแท่งรับประทานได้ทันที สะดวกในการพกติดตัว โดยแต่ละชนิดมีส่วนผสมต่างกัน ได้แก่ ธัญชาติ ถั่วต่างๆ ผัก และผลไม้ เป็นต้น ซึ่งอาจเป็นวัตถุดิบหลักชนิดหนึ่งหรือหลายชนิดรวมกัน นอกจากนี้มีส่วนผสมรองอื่นๆ เช่น สารช่วยยึดเกาะและสารช่วยเพิ่มกลิ่นรสเพื่อผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น [27] ผลิตภัณฑ์ชาติชนิดแท่ง (Cereal Bar) เป็นรูปแบบของผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดพองชนิดหนึ่ง ที่ผลิตขึ้นเพื่อให้ความสะดวกต่อการบริโภค โดยการผสมส่วนผสมที่เป็นชิ้นเล็กๆ เข้าด้วยกันโดยการใช้สารยึดเกาะที่มีความข้นหนืดเป็นตัวผสาน จากนั้นนำมาขึ้นรูปแบบชินหรือแท่ง สำหรับประเทศไทยผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ส่วนมากเป็นอาหารว่างแบบพื้นบ้าน เช่น กระยาสารท ข้าวแตน ขนมนางเล็ด ถั่วกระจก และถั่วตัด เป็นต้น [1] ซึ่งลักษณะของผลิตภัณฑ์มี 2 ชนิด คือ ชนิดที่มีลักษณะการอบแห้ง (Crunch Bar) และชนิดเหนียวนุ่ม (Chewy Bar) โดยปริมาณน้ำตาลในรูปซูโครสทั้งหมดร้อยละ 15 - 20 และอาจมีการเติมน้ำผึ้งในส่วนผสมเพื่อเพิ่มรสชาติ ผลิตภัณฑ์ชนิดเหนียวนุ่มมีปริมาณน้ำตาลร้อยละ 25 - 30 ทั้งนี้อาจมีการเติมนมเพื่อเพิ่มรสชาติและคุณค่าทางโภชนาการ โดยกรรมวิธีการผลิตธัญพืชชนิดแท่ง (ดังแสดงในรูปที่ 2.6)

รูปที่ 2.6 กรรมวิธีการผลิตธัญพืชชนิดแท่ง
ที่มา : [10]

2.4 ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

ส่วนประกอบหลักที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง มีดังต่อไปนี้

2.4.1 ข้าวเม่า

ข้าวเม่าจัดเป็นอาหารที่ทำจากข้าวชนิดหนึ่ง [25] ที่ได้จากการนำเมล็ดข้าวเปลือกเหนียวที่ยังอ่อนอยู่ คือเพิ่งจะผ่านระยะน้ำนมไม่เกิน 1 สัปดาห์ ซึ่งชาวบ้านในภาคอีสานจะเรียกข้าวระดับนี้ว่า “ข้าวกำลังเม่า” โดยชาวบ้านจะเกี่ยวรวงข้าวที่ยังไม่แก่เหล่านี้มาแล้วรูดเอาเฉพาะเมล็ดนำมาคั่วในกระทะจนสุก จากนั้นตำด้วยครกกระเดื่องซึ่งจะทำให้เมล็ดข้าวแบน และแยกตัวออกจากเปลือก เมล็ดข้าวที่ได้จะมีสีเขียวอ่อนตามธรรมชาติ มีกลิ่นหอม อ่อนนุ่ม น่ารับประทาน เรียกข้าวที่ได้ว่า “ข้าวเม่า” ซึ่งทำกันมากในช่วงที่ข้าวออกรวงก่อนที่เมล็ดกำลังแก่ ประมาณฤดูต้นหนาว โดยปกติแล้วจะนิยมนำข้าวเหนียวมาใช้ในการทำข้าวเม่า เพราะข้าวเจ้าจะเปราะเกินไปเมื่อนำมาตำเป็นข้าวเม่าจะทำให้เม็ดข้าวออกมาไม่สวยและไม่กรอบ รวมถึงการทำข้าวเม่าจากข้าวเหนียวจะมีรสชาติที่อร่อยกว่าการใช้ข้าวเจ้า ดังนั้นจึงไม่มีใครนิยมนำข้าวเจ้ามาทำข้าวเม่า

การใช้ประโยชน์จากข้าวเม่าส่วนใหญ่ชาวนานำมาทำของหวานโดยนำมาคลุกกับน้ำตาลทราย กะทิ เกลือ และมะพร้าวที่ขูดเป็นฝอย และในบางครั้งนำมารับประทานกับกล้วยไข่หรือกล้วยหอม นอกจากนั้นก็นำมาทำเป็นข้าวเม่าทอด ข้าวเม่าบด เนื่องจากข้าวเม่าทำจากข้าวทั้งเมล็ดโดยไม่มีส่วนขัดสีออกไปเลย ดังนั้นข้าวเม่าจึงเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงไม่แพ้ข้าวกล้อง [25] (ดังแสดงในตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเม่าในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
พลังงาน	350.00	กิโลแคลอรี่
โปรตีน	8.00	กรัม
ไขมัน	1.80	กรัม
เส้นใย	-	กรัม
แคลเซียม	14.00	กรัม
ฟอสฟอรัส	236.00	มิลลิกรัม
เหล็ก	2.70	มิลลิกรัม
วิตามินบี 1	0.22	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.04	มิลลิกรัม

ที่มา : [16]

2.4.2 เมล็ดทานตะวัน

เมล็ดทานตะวันมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Heliathus annus* เป็นพืชตระกูล Compositae ตระกลูเดียวกันกับดอกคำฝอย เบญจมาศ และดาวเรือง อายุประมาณ 100 - 120 วัน แล้วแต่พันธุ์และสภาพแวดล้อม เป็นพืชล้มลุกที่ปลูกกันมากในเขตอบอุ่น เมล็ดทานตะวันได้จากการนำเมล็ดมากะเทาะเปลือก นิยมใช้บริโภคเป็นอาหารขบเคี้ยวยามว่าง เมล็ดทานตะวันมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยโปรตีน ธาตุเหล็ก แคลเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินเอ เค บี2 ดี และอี ปริมาณและคุณภาพของวิตามินอีในเมล็ดทานตะวันนั้นมีสูงกว่าในธัญพืชชนิดอื่นๆ มาก [28] (ดังแสดงในตารางที่ 2.3)

ตารางที่ 2.3 แสดงปริมาณวิตามินอี 1 ช้อนโต๊ะ ในน้ำมันชนิดต่างๆ

ปริมาณวิตามินอี	หน่วย ไอยู
น้ำมันทานตะวัน	12.70
น้ำมันข้าวโพด	4.80
น้ำมันถั่วลิสง	4.90
น้ำมันถั่วเหลือง	3.50

ที่มา : [28]

2.4.2.1 ประโยชน์ที่ได้รับจากเมล็ดทานตะวัน [29]

1) วิตามินเอ จะช่วยชะลอความแก่ของผิวหนัง ผิวหนังเมื่ออายุมากขึ้น ไขมันผนังเซลล์จะมีโอกาสถูกออกซิเจนเข้าทำลายเกิดเป็นสีน้ำตาลสะสมอยู่ใต้ผิวหนัง ผิวหนังเมื่อขาดไขมันก็จะเหี่ยวย่นและแห้งโดยเฉพาะเม็ดสีน้ำตาลที่สะสมอยู่ใต้ผิวหนังกระดำกระด่าง วิตามินอีจะทำหน้าที่ป้องกันไขมันผนังเซลล์ ไม่ให้ถูกทำลายโดยออกซิเจนผิวหนังจะแลดูเต่งตึง สดใส และเยาว์วัย เมื่อไขมันผนังเซลล์อยู่สมบูรณ์

2) วิตามินเอ ช่วยบำรุงสายตาป้องกันต้อกระจก เลนส์ตา ซึ่งเป็นส่วนที่รับภาพประกอบขึ้นด้วยสารประกอบประเภทไขมันไม่อิ่มตัว หากร่างกายขาดวิตามินอีทำให้กรดไขมันนี้จะถูกออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยาทำให้กรดไขมันแปรสภาพไปจะทำให้ตาเป็นต้อกระจกได้ วิตามินอี จะช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของออกซิเจนกับไขมันที่ไม่อิ่มตัว

3) วิตามินอี กับ เอสโตรเจน สตรีที่รับประทานยาคุมกำเนิดเป็นประจำจะมีโอกาสทำให้ร่างกายขาดวิตามินอี การขาดวิตามินอีทำให้เกิดความผิดปกติในระบบสืบพันธุ์มีลูกยากเป็นหมันคลอดก่อนกำหนดและแท้งได้ วิตามินอีจึงมีความจำเป็นต่อทารกในครรภ์ เมื่อทารกคลอดก่อนกำหนดจะทำให้เกิดโรคโลหิตจางและบวม นอกจากนี้วิตามินอีจะช่วยเพิ่มความต้านทานการติดเชื้อโรคของร่างกาย การขาดวิตามินอีจะทำให้เม็ดเลือดแดงผิดปกติ โลหิตจาง ผิวหนังเหี่ยวย่นแก่ก่อนวัย เกิดความผิดปกติในระบบสืบพันธุ์

4) ช่วยลดไขมันในเส้นเลือด น้ำมันในเมล็ดทานตะวันมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Linoleic Acid) อยู่สูงร้อยละ 60 - 70 กรดนี้จะช่วยลดไขมันในเส้นเลือด (Cholesterol) ซึ่งมักสะสมในเนื้อเยื่อและหลอดเลือดทำให้เกิดปัญหา หลอดเลือดอุดตัน และหลอดเลือดแข็งตัวทำให้เกิดปัญหาโรคหัวใจ และหลอดเลือดในสมองตีบ กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีอยู่ในเมล็ดทานตะวันจะช่วยละลาย

เลือดที่แข็งตัวและดึงเอาไขมันในเส้นเลือดออกไปใช้ประโยชน์ จึงช่วยแก้ปัญหาโรคหลอดเลือดอุดตัน เม็ดเลือดไม่แข็งตัว การสูบฉีดโลหิตของหัวใจ และการไหลเวียนของโลหิต

2.4.2.2 ปริมาณความต้องการวิตามินอีของร่างกาย

ร่างกายต้องการวิตามินอี 15 - 30 ไอยูต่อวัน [29] จากการศึกษายังไม่มีรายงานใดบ่งบอกว่าจะมีอันตรายเกิดขึ้นจากการรับประทานวิตามินอีในขนาด 600 - 12,000 ไอยูต่อวัน ติดต่อกันหลายปี (อัตรานี้เท่ากับเมล็ดทานตะวันมากกว่า 1 กิโลกรัมต่อวัน) วิตามินอี พบมากในน้ำมันพืช ผักสีเขียว และไข่แดง ปริมาณการรับประทานเมล็ดทานตะวันกะเทาะเปลือกแล้วสามารถใช้บริโภคได้ทันทีควรรับประทานครั้งละ 1 ช้อนโต๊ะ วันละ 2 - 3 ครั้ง การรับประทานร่วมกับกล้วยน้ำว้าจะทำให้มีรสชาติอร่อยนุ่มนวล คุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดทานตะวัน (ดังแสดงในตารางที่ 2.4)

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดทานตะวันในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
พลังงาน	570.00	กิโลแคลอรี่
โปรตีน	22.80	กรัม
ไขมัน	49.60	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	19.50	กรัม
เส้นใย	10.00	กรัม
เถ้า	2.70	กรัม
ฟอสฟอรัส	2.30	มิลลิกรัม
ไทอามีน	0.20	มิลลิกรัม
ไนอะซิน	4.00	มิลลิกรัม

ที่มา : [16]

2.4.3 เมล็ดฟักทอง

ฟักทองมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Cucurbita moschata* Duchesns ชื่อสามัญ Winter Squash, Buttercup Squash หรือ Cucurbitaceae จัดเป็นกลุ่มสควอช ฟักทองมีคุณค่าทางอาหารสูงแต่ให้พลังงานต่ำ จึงเหมาะแก่ผู้ที่ต้องการควบคุมอาหาร เมล็ดฟักทองคั่วและกินเป็นอาหารขบเคี้ยวได้ มีธาตุเหล็ก สังกะสี โพแทสเซียม แมกนีเซียม และกรดไขมันจำเป็น เมล็ดฟักทอง 1 กรัมมีกรดอะมิโน

ทริปโทเฟนมากกว่าเท่ากับที่มีในนมสดหนึ่งแก้ว เมล็ดฟักทองมีน้ำมันที่อุดมไปด้วยสารแกมม่าโทโคฟีรอล (รูปหนึ่งของวิตามินเอ) สารนี้มีฤทธิ์ต้านการอักเสบและต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอนุมูลอิสระที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ จึงสามารถชะลอความแก่ได้เป็นอย่างดี น้ำตาลโพลีแซ็กคาไรด์ที่ตกผลึกกับโปรตีนในเนื้อฟักทอง มีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด น้ำมันเมล็ดฟักทองใช้ปรุงอาหารได้ น้ำมันมันเมล็ดฟักทองมีวิตามินอี กรดไขมันอิ่มตัว มีการใช้น้ำมันเมล็ดฟักทองเพื่อป้องกันต่อมลุกหมากโต ลดความดันเลือด ลดอาการคอเลสเตอรอลสูง โรคปวดข้อเข่า ช่วยสมรรถภาพกระเพาะปัสสาวะ ลดปริมาณน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวาน และใช้ในผู้ป่วยมะเร็งกระเพาะอาหาร เต้านม ปอด และลำไส้ใหญ่ ปริมาณน้ำมันร้อยละ 11 - 13 ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 73 - 81 ที่พบมากคือ กรดไลโนเลอิก โอเลอิก ปาล์มมิติก และสเตอริก พบอัลฟ่า แกมม่า และเดลต้าโทโคฟีรอลในปริมาณ 27.1 - 75.1, 74.9 - 492.8 และ 35.3 - 1,109.7 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำมันตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณที่สูง ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว และวิตามินอีทำให้เมล็ดฟักทองเป็นอาหารที่เสริมคุณค่าโภชนาการอาหารประจำวันได้ดีชนิดหนึ่ง [30] เมล็ดฟักทองมีคุณค่าทางโภชนาการสูง (ดังแสดงในตารางที่ 2.5)

ตารางที่ 2.5 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดฟักทองในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
พลังงาน	542.00	กิโลแคลอรี่
โปรตีน	29.40	กรัม
ไขมัน	40.40	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	25.10	กรัม
เส้นใย	2.00	กรัม
แคลเซียม	49.46	กรัม
โพแทสเซียม	714.00	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	9.90	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	392.00	ไอยู
วิตามินบี 1	0.40	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.14	มิลลิกรัม
ไนอะซิน	3.20	มิลลิกรัม

ที่มา : [16]

2.4.4 งาขาว

งาเป็นเมล็ดพืชน้ำมัน (Oil Seed) ชนิดหนึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Sesamum indicum* L. อยู่ในวงศ์ Pedaliaceae ชื่อสามัญ Sesame [29] ซึ่งมีประโยชน์ทางยาและอุตสาหกรรมอื่นอีกมาก เป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศ งาเป็นไม้ล้มลุกเขตร้อนชุ่มชื้นหรือเขตร้อนกึ่งชุ่มชื้น แหล่งกำเนิดอยู่ในประเทศเอธิโอเปีย เอเชียและแอฟริกา ในประเทศไทยสามารถปลูกได้ทั่วไป แหล่งสำคัญคือพิษณุโลกและพิจิตร งาที่นิยมปลูกมีหลายพันธุ์แตกต่างกันไปทั้งระยะเวลาการปลูก การตกฝัก ขนาดลำต้น สีดอกและเมล็ด งาที่มีความสำคัญทางยาคืองาดำ คุณสมบัติและประโยชน์ของเมล็ดงาและน้ำมันงา เป็นที่ยอมรับในด้านคุณค่าเหนือกว่าเมล็ดพืชน้ำมันอื่น จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้คนนิยมบริโภคเมล็ดงา นอกจากนี้เหตุผลอื่นก็คือ เมล็ดงาสามารถปลูกและเก็บเกี่ยวได้ถึงปีละ 3 ครั้ง และยังมีอายุการเก็บที่ยาวนานโดยไม่เน่าเสีย สามารถนำไปเพาะปลูกได้แม้ว่าจะเก็บไว้เป็นเวลานาน [31]

ตำราไทยใช้น้ำมันระเหยยากซึ่งบีบจากเมล็ด หุงเป็นน้ำมันใส่บาดแผลและทาถูนวดแก้เคล็ดขัดยอก พบว่ามี Beta - Sitosterol ป้องกันการอักเสบมักใช้ผสมยาทา สำหรับกระดูกหัก ทานวดแก้ขัดยอก ปวดบวม หรือใช้บำรุงผม เมล็ดงามีน้ำมันสูงถึงร้อยละ 35 - 57 น้ำมันที่สกัดได้เป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง กรดนี้ช่วยควบคุมระดับโคเลสเตอรอลไม่ให้มีมากเกินไป ป้องกันไม่ให้หลอดเลือดแข็ง ป้องกันโรคหัวใจและโรคเกี่ยวกับหลอดเลือดบางชนิด “น้ำมันงา” (Seasame Oil หรือ Teel Oil หรือ Benne Oil หรือ Gingelly Oil) คือ นิยมนำงาขาวมาผลิตเป็นน้ำมัน เพราะมีกลิ่นหอม รสชาติดีเหมาะกับการปรุงอาหาร ส่วนงาดำนั้นใช้ทำยามีรสขมนิดๆ และเส้นใยอาหารสูง ส่วนน้ำมันที่ได้จากการบีบงาโดยใช้ความเย็น (Cold Compressor) เรียกน้ำมันงาเชยใช้ประทินผิวให้สวยเนียน สารอาหารที่อยู่ในเมล็ดงาล้วนแต่มีประโยชน์ทั้งสิ้น เช่นโปรตีนในงามีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย คือกรดอะมิโนเมไทโอนีน ในถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนเมไทโอนีนน้อย คนที่กินมังสวิรัติจึงใส่งาลงไปในอาหารถั่วเหลืองที่ปรุงเพื่อให้มีสารโปรตีนสมบูรณ์มากขึ้น ในเมล็ดงามีน้ำมันมากจึงสกัดออกมาเป็นน้ำมันงาที่มีคุณสมบัติดีเยี่ยม คือ มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงทั้งกรดไขมันโอเมก้า 3 กรดไขมันโอเมก้า 6 ที่มีคุณสมบัติช่วยลดคลอเลสเตอรอลจึงช่วยป้องกันหลอดเลือดแข็งตัว ป้องกันโรคหัวใจ ทำให้ระบบหัวใจแข็งแรง นอกจากนี้ยังมีกรดไขมันไลโนเลอิก (Linoleic Acid) ซึ่งช่วยให้ผมดกดำ บำรุงผิวพรรณให้ชุ่มชื้น งายังมีวิตามินและแร่ธาตุที่สำคัญโดยเฉพาะแคลเซียมที่มีมากกว่านมวัวถึง 6 เท่า มีธาตุเหล็ก แมกนีเซียม สังกะสี ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และทองแดง อีกทั้งยังมากด้วยวิตามินบีชนิดต่างๆ ซึ่งดีต่อระบบประสาทช่วยทำให้นอนหลับ ร่างกายกระฉับกระเฉง มีสารบำรุงประสาท วิตามินอีเป็นตัวแอนติออกซิแดนท์ที่ช่วยต้านมะเร็ง และมีเส้นใยเป็นตัวช่วยในการขับถ่าย แก้ท้องผูก [32] คุณค่าทางโภชนาการของงาดำ (ดังแสดงในตารางที่ 2.6)

ตารางที่ 2.6 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของงาขาวในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
พลังงาน	594.00	กิโลแคลอรี่
โปรตีน	16.70	กรัม
ไขมัน	50.90	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	14.20	กรัม
เส้นใย	2.90	กรัม
แคลเซียม	630.00	กรัม
โพแทสเซียม	650.00	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	16.00	มิลลิกรัม
วิตามินบี 1	0.05	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.10	มิลลิกรัม

ที่มา : [16]

2.5 กระบวนการทำแห้งอาหาร

การทำแห้ง (Drying) คือ การลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้คือ มีปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, a_w) ต่ำกว่า 0.7 ความชื้นในอาหารแห้ง มีค่าประมาณร้อยละ 5 - 25 ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร [33], [34]

การอบแห้ง เป็นกระบวนการที่ดึงน้ำออกไปจากอาหารจนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ โดยการใช้ความร้อนทำให้น้ำในอาหารระเหยหรือระเหิด เพื่อลดค่าปริมาณน้ำอิสระซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนั้นการลดน้ำหนัก และปริมาณของอาหาร ยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาและขนส่ง เพิ่มความหลากหลาย และความสะดวกให้แก่ผู้บริโภค [35]

2.5.1 การอบแห้งมีประโยชน์ดังต่อไปนี้

2.5.1.1 ป้องกันการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาเคมีและเอนไซม์

2.5.1.2 ทำให้มีใช้ยามขาดแคลน นอกฤดูหรือในแหล่งที่ห่างไกล

2.5.1.3 เก็บไว้ได้นานโดยไม่ต้องแช่ตู้เย็นให้ไม่เปลืองค่าใช้จ่าย

2.5.1.4 ลดน้ำหนักของอาหาร ทำให้สะดวกในการบรรจุเก็บรักษาและขนส่ง

2.5.1.5 ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น ลูกเกด เกิดจากการทำแห้ง องุ่น

2.5.1.6 ให้ความสะดวกในการใช้ เช่น กาแฟผงสำเร็จรูป

2.5.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง

ในการอบแห้งทั่วๆ ไปมีปัจจัยหลายประการที่ทำให้การอบแห้งนั้นเกิดได้เร็ว หรือช้า ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

2.5.2.1 ธรรมชาติของอาหาร อาหารเนื้อโปร่งมีลักษณะที่เป็นรูพรุนมากๆ มีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบซึ่งเร็วกว่าการแพร่ในอาหารเนื้อแน่น ดังนั้นอาหารเนื้อโปร่งจึงแห้งเร็วกว่าอาหารเนื้อแน่น อาหารที่มีน้ำตาลสูงจะเหนียวเหนอะหนะกีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำจึงแห้งช้า อาหารที่มีการลวก นวดคลึง ทำให้เซลล์แตกจึงแห้งได้เร็ว

2.5.2.2 ขนาดและรูปร่าง มีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักเช่น รูปร่างเหมือนกัน ขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งเร็วกว่า แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศที่จะเกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปได้

2.5.2.3 ปริมาณอาหารต่อถาด ถ้าปริมาณอาหารต่อถาดมากเกินไป อาหารส่วนล่างไม่ได้สัมผัสกับอากาศร้อน หรือได้รับความร้อนจากถาดแต่ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนออกมาได้จึงแห้งช้า

2.5.2.4 ตำแหน่งของอาหารในเตาอบน้ำในอาหารที่สัมผัสกับลมร้อนได้ดีกว่า หรือสัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำย่อมระเหยได้ดีกว่า

2.5.2.5 อุณหภูมิของอากาศร้อน ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำจึงมีผลต่อการทำแห้ง ในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่และอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การแพร่กระจายของน้ำดีขึ้นจึงมีผลต่อการอบในช่วงอัตราการทำแห้งลดลงด้วย

2.5.2.6 ความเร็วของลมร้อน มีผลกระทบต่อการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปด้วย เมื่อความเร็วลมเพิ่ม ขึ้นจึงเคลื่อนย้ายได้ดีขึ้นการเคลื่อนย้ายเกิดขึ้นเต็มที่ ที่ความเร็วลม 244 เมตรต่อนาที นอกจากนั้นความเร็วลมทำให้เกิดกระแสปั่นป่วนของอากาศในเตาอากาศจึงสัมผัสอาหารได้ดีขึ้น

2.5.2.7 ความดันเกี่ยวเนื่องกับการระเหยของน้ำเนื่องจากในที่ความดันต่ำๆ น้ำจะเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำลงมา ดังนั้นการทำแห้ง ภายใต้ความดันจะทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้น

2.5.3 การเปลี่ยนแปลงของอาหารจากการอบแห้ง

การอบแห้ง เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารมากหรือน้อยขึ้นกับธรรมชาติของอาหารและสภาวะที่ใช้ในการทำแห้ง

2.5.3.1 การหดตัว โดยธรรมชาติเซลล์ในอาหารจะอยู่ในลักษณะของเซลล์ที่เต่งเสมอและผนังของเซลล์จะมีคุณสมบัติในการยืดหยุ่นได้ในลักษณะการทำแห้งอาหาร เมื่อน้ำถูกระเหย

ออกไป จะทำให้เกิดช่องว่างขึ้นระหว่างผิวของอาหารจะพยายามเข้าไปแทนที่ช่องว่างนั้น ทำให้เซลล์ของอาหาหดตัว การหดตัวของผนังเซลล์ไม่สามารถจะหดเข้าไปได้เท่าๆ กันทุกส่วนของอาหารได้ เนื่องจากธรรมชาติของอาหารที่เรียกว่า Incompressible Part ตรงส่วนที่ไม่สามารถหดได้จะยืดตัวออก อาหารที่มีน้ำมากจะหดตัวบิดเบี้ยวมาก การทำแห้งอย่างรวดเร็วจะหดตัวน้อยกว่าการทำแห้งอย่างช้าๆ

2.5.3.2 การเปลี่ยนสี อาหารที่ผ่านการทำแห้งจะมีสีเข้มขึ้นเนื่องจากความร้อนหรือปฏิกิริยาเคมีการเกิดสีน้ำตาล อุณหภูมิและช่วงเวลาที่อากาศมีความชื้นร้อยละ 10 - 20 มีผลต่อความเข้มข้นของสีจึงควรหลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงในช่วงความชื้นนี้

2.5.3.3 การเกิดเปลือกแข็งเป็นลักษณะที่ผิวอาหารแข็งเป็นเปลือกหุ้มส่วนในที่ยังไม่แห้งไว้เกิดจากในช่วงแรกให้น้ำระเหยเร็วเกินไปน้ำจากด้านในเคลื่อนที่มาที่ผิวไม่ทัน หรือมีสารละลายของน้ำตาลโปรตีน เคลื่อนที่มาแข็งที่ผิว สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยไม่ใช้อุณหภูมิสูงและใช้อากาศที่มีความชื้นสูงเพื่อไม่ให้ผิวอาหารแห้งก่อนเวลาอันสมควร

2.5.3.4 การเสียความสามารถในการคืนสภาพ อาหารแห้งบางชนิดต้องนำมาคืนสภาพ แต่การคืนสภาพโดยการเติมน้ำจะไม่ได้เหมือนเดิมเพราะเซลล์อาหารเสียความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ แป้งและโปรตีนเสียความสามารถในการดูดน้ำ อาหารแห้งที่ทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็งจะมีความสามารถในการคืนสภาพดีที่สุดเพราะไม่ได้ใช้ความร้อนที่จะทำลายผนังเซลล์หรือเปลี่ยนโครงสร้างของสตาร์ชและโปรตีน

2.5.3.5 การสูญเสียคุณค่าอาหารและสารระเหย ในด้านคุณค่าทางอาหารและสารระเหย มีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

1) โปรตีน แป้ง และไขมัน มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบต่อน้ำหนัก

2) สารระเหย ลดลงหรือแตกต่างไปจากเดิมเนื่องจากความร้อน

3) สารประกอบของเส้นใยอาหารไม่เปลี่ยน

4) ปริมาณแคลอรี ไม่เปลี่ยนแปลงแต่ปริมาณมวลของอาหารลดลง โดยการนำความชื้นออกจากอาหาร

5) วิตามิน เอ ขึ้นอยู่กับการควบคุมความร้อนในกระบวนการทำแห้ง

6) วิตามิน ซี โดยมากถูกทำลายไปในระหว่างการลวกและการทำแห้งของผัก

7) เกลือแร่ สูญสลายไปบ้างระหว่างการ Dehydration ถ้าใช้น้ำไม่มากเกินไปส่วนธาตุเหล็กไม่ถูกทำลายโดยการทำแห้ง

8) Thiamin, Riboflavin, Niacin สูญสลายไปเล็กน้อยระหว่างการลวกแต่ถ้าใช้น้ำไม่มากเกินไปก็ยังคงเหลืออยู่

2.5.4 ผลของการอบแห้งต่ออาหาร

2.5.4.1 โปรตีน

โดยลักษณะธรรมชาติของโปรตีนถ้าได้รับความร้อนสูงนานๆ จะทำให้เสียสภาพทางธรรมชาติไป (Denature) คุณค่าทางอาหารของโปรตีนจะเหลืออยู่มากหรือน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับวิธีการทำแห้ง ดังนั้นการเลือกอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมสำหรับเครื่องทำแห้ง แต่ละประเภทจะช่วยให้คุณค่าของโปรตีนคงอยู่มากขึ้น

2.5.4.2 ไขมัน

ไขมันที่มีในอาหารทั่วๆ ไปจะเป็นตัวทำให้อาหารนั้นเหม็นหืนยิ่งมีไขมันสูงและอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเหม็นหืนได้เร็วขึ้น ดังนั้นในการทำแห้งจึงต้องคำนึงถึง การเหม็นหืนของอาหารแห้ง ถ้ามีไขมันสูงควรหลีกเลี่ยงการทำแห้งที่ใช้อุณหภูมิสูง อาจทำแห้งโดยใช้อุณหภูมิต่ำหรือภายใต้สภาพสุญญากาศ หรือใช้สารกันหืน

2.5.4.3 คาร์โบไฮเดรต

แป้งและน้ำตาลในอาหารจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อนสูงในช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมคือการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning) โดยเฉพาะในพวกผลไม้จะเกิดการเปลี่ยนสีในขณะทำแห้งจากปฏิกิริยา Enzymatic Drowning หรือ Caramelization ซึ่งจะเกิดขึ้นในอาหารที่มีความชื้นตั้งแต่ร้อยละ 1 - 30

2.5.4.4 เชื้อจุลินทรีย์

พวกแบคทีเรียและยีสต์จะเจริญเติบโตที่ความชื้นสูงๆ มากกว่าร้อยละ 30 ขึ้นไปแต่เชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ในที่มีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 12 ดังนั้นอาหารแห้ง ที่ทำการลดความชื้นจนเหลือน้อยกว่าร้อยละ 10 จึงสามารถเก็บรักษาได้นานถ้าบรรจุในภาชนะหรือหีบห่อที่ดีในความชื้นสัมพันธ์ต่ำ

2.5.4.5 เอนไซม์

ในการทำอาหารแห้งมีเอ็นไซม์หลายตัวที่มีผลต่ออาหารแห้งโดยเฉพาะในแง่ของการเก็บรักษาและคุณภาพของอาหารแห้งที่ได้มีเอนไซม์ที่สำคัญ 2 ตัว คือ (Peroxidase) และแคทาเลส (Catalase) ซึ่งเป็นตัวที่ทนความร้อนสูงดังนั้นในการทำแห้งอาหาร จึงใช้เอนไซม์ 2 ชนิดนี้เป็นตัวบ่งชี้ สำหรับการทดสอบว่าเอนไซม์ยังมีความสามารถในการทำงานหรือไม่ ลักษณะการทำงานของเอนไซม์ทั่วๆ ไปขึ้นอยู่กับความชื้นเมื่อความชื้นของอาหารลดลง ความสามารถในการทำงานของ

เอนไซม์ก็ลดลงด้วย โดยทั่วไปเอนไซม์หยุดการทำงานอย่างสิ้นเชิง ถ้าให้ความร้อนใกล้จุดเดือดของน้ำที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที นอกจากนั้นอาหารแห้ง ที่มีความชื้นลดลงต่ำกว่า ร้อยละ 1 พบว่าความสามารถในการทำงานของเอนไซม์จะไม่เหลืออยู่เลย

2.5.4.6 การป้องกันการเกิดสีน้ำตาล

การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของอาหารแห้งเกิดได้จากเอนไซม์และปฏิกิริยาทางเคมีในกรณีแรกป้องกันได้โดยการลวกทำลายเอนไซม์ โดยใช้เวลาและอุณหภูมิที่เพียงพอในการทำลายเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (Peroxidase) และแคทาเลส (Catalase) ซึ่งทดสอบได้โดยใช้สารละลาย Guaiacol และไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (Hydroperoxide) ตามลำดับสารประกอบซัลเฟอร์ช่วยป้องกันการเปลี่ยนสีของอาหาร โดยทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ (Reducing Agent) ทำปฏิกิริยากับหมู่คาร์บอนิล (Carbonyl group) ของโปรตีน โปรตีนจึงไม่สามารถรวมตัวกับน้ำตาลเกิดปฏิกิริยาต่อไปเป็นสีน้ำตาล นอกจากนั้นยังทำหน้าที่เป็นตัวฟอกสีอีกด้วย นิยมใช้สารละลายโซเดียมหรือโพแทสเซียมซัลไฟต์ หรือเมตาไบซัลไฟต์ ปริมาณการใช้ 2000 พีพีเอ็ม เพียงพอในการป้องกันการเปลี่ยนสีระหว่างการทำแห้ง มีการสูญเสียระหว่างการทำแห้ง และการประกอบอาหารจนเหลือประมาณ 50 - 100 พีพีเอ็ม เมื่อบริโภค การใช้มากเกินไปจะทำให้มีสีซีดและมีกลิ่นซัลเฟอร์ ข้อเสียของสารประกอบซัลเฟอร์คือทำลายวิตามินบีและทำให้เกิดการแพ้ในบางคน

2.5.5 การเตรียมพืชก่อนอบแห้ง

การเตรียมพืชอบแห้ง เริ่มจากการคัดตำหนิออก จากนั้นจึงล้างทำความสะอาดเพื่อชะล้างเอาสิ่งสกปรก เช่น กรวด หิน ดิน ทราย และฝุ่นต่างๆ ที่ปะปนมากับวัตถุดิบออกให้หมด นอกจากนี้ยังมีจุดประสงค์เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ และชะล้างสารเคมีที่ติดค้างบนผักแล้วจึงนำไปลวก (Blanching) เพื่อทำลายเอนไซม์ที่ทำให้เกิดเปลี่ยนสี กลิ่น รส และคุณค่าทางโภชนาการระหว่างการทำแห้ง หรือระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งการลวกมีหลายแบบทั้งการใช้ไอน้ำ การใช้น้ำโดยตรงและการใช้ไมโครเวฟ การอบไอน้ำเป็นที่นิยมมากกว่าการลวกโดยใช้น้ำโดยตรง ส่วนการใช้ไมโครเวฟจะทำได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ถ้าใช้ในผักที่มีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรน้อย เช่น แครอท แต่ใช้ไม่ได้ดีกับผักที่มีอัตราส่วนนี้สูง เช่น ผักโขม (Spinach) [36] ผักสีเขียวนิยมแช่สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1 หรือ กรดซิตริกร้อยละ 0.5 หรือ สารละลายโซเดียมหรือโพแทสเซียมซัลไฟต์หรือเมตาไบซัลไฟต์ 2000 พีพีเอ็ม ในการอบแห้งใช้อุณหภูมิในช่วงแรก 88 - 90 องศาเซลเซียส แล้วลดลงเหลือ 60 องศาเซลเซียส ถ้าไม่ใช้สารประกอบซัลเฟอร์หรือลดลงเหลือ 71 - 74 องศาเซลเซียส ถ้าใช้สารประกอบซัลเฟอร์ความชื้นสุดท้ายของผักประมาณร้อยละ 4 มีการศึกษากรรมวิธีการผลิตผักอบแห้งชนิดต่างๆ ดังต่อไปนี้

การศึกษาของ Reynolds [37] พบว่าในการอบแห้งผักนั้น ผักที่นำมาทำแห้งจะต้องมีความแก่อ่อนพอดีและคุณภาพดี จึงจะได้ผลิตภัณฑ์ผักอบแห้งที่มีคุณภาพสูง และเนื่องจากผักจะเสื่อมคุณภาพได้ตั้งแต่เก็บเกี่ยวทั้งจากปฏิกิริยาทางเคมีและสภาพแวดล้อม ดังนั้นการรีบทำแห้งจึงเป็นสิ่งสำคัญก่อนอื่นจะต้องล้างผักจากนั้นจึงนำไปลวกหรืออบไอน้ำ ซึ่งจะช่วยทำลายเอนไซม์ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านสี รสชาติ และเนื้อสัมผัส ระหว่างการทำแห้ง หรือระหว่างการเก็บรักษา การศึกษาของ Thomas [38] พบว่าการลวกมีความสำคัญกับผักทุกชนิด ยกเว้นหัวหอม พริกไทย กระเจี๊ยบ สมุนไพร และข้าวโพดพันธุ์ใหม่ๆ บางพันธุ์เพราะจะทำให้หวานขึ้นเหมือนผักสุก การลวกจะช่วยรักษาองค์ประกอบของวิตามินบางชนิด รักษาสี เร่งการทำแห้ง โดยการคลายเนื้อเยื่อผัก อุณหภูมิของการทำแห้งที่เหมาะสมในการทำผักและผลไม้แห้ง คือที่ 51.6 - 60 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิเริ่มต้นอาจสูงกว่าที่กำหนดได้เพื่อช่วยให้ความชื้นออกจากอาหารได้เร็วขึ้น และป้องกันการเกิดรสเปรี้ยวของอาหาร แต่ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำในการทำให้อาหารแห้งจะได้อาหารที่มีคุณภาพดี และรักษาคุณค่าทางวิตามินของอาหารด้วย และเวลาที่ใช้ในการทำอาหารแห้งขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ขนาดของชิ้นอาหาร ชนิดของเครื่องทำแห้ง โดยปกติผักจะใช้เวลาในช่วง 6 - 15 ชั่วโมง คือจนกระทั่งผักกรอบ งานวิจัยของวรนันท์ [39] พบว่าการปรุงอาหารด้วยความร้อนจะทำลายสารแอนติออกซิแดนท์บางชนิด เช่น วิตามินซี กลูทาไธโอน งานวิจัยของสมชาติ [40] กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงทางเคมีสามารถเกิดขึ้นได้ระหว่างการอบแห้งพร้อมๆ กับการเปลี่ยนแปลง ทางกายภาพและมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง มากคุณภาพทางกายภาพได้แก่ สี กลิ่น เนื้อของผลิตภัณฑ์ ความหนืด อัตราคืนรูป คุณค่าทางอาหารและเสถียรภาพในการเก็บรักษา งานวิจัยของ Fellows [41] ศึกษาการสูญเสียคุณค่าทางอาหารของการทำแห้ง พบว่าวิตามินที่มีการสูญเสียมาก คือ วิตามินซี และวิตามินบี 1 ซึ่งจะมีการสูญเสียตั้งแต่วัตถุดิบ การหั่น การลวก จนกระทั่งการระเหยน้ำออกจากอาหาร แต่ทางด้านวิตามินที่ละลายในไขมัน ซึ่งได้แก่วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี และวิตามินเค นั้นพบว่าค่อนข้างจะคงสภาพได้ดีเป็นส่วนมากในอาหารที่ผ่านการทำแห้ง

2.6 ภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารว่าง

ภาชนะสำหรับบรรจุอาหารว่างชนิดกรอบต้องมีคุณสมบัติคือป้องกันความชื้นได้ดี [25] ป้องกันออกซิเจนได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ขบเคี้ยวมีองค์ประกอบที่เป็นน้ำหรือน้ำมันอยู่พอสมควร ถ้าออกซิเจนซึมผ่านเข้าไปในภาชนะบรรจุได้จะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ และภาชนะบรรจุต้องมีความแข็งแรงพอสมควรเพื่อป้องกันการแตกหักของผลิตภัณฑ์ [42]

2.6.1 ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminum Foil)

อลูมิเนียมฟอยล์ เป็นวัสดุประเภทหนึ่งส่วนใหญ่นิยมใช้ทำภาชนะบรรจุมีความหนา 0.15 มิลลิเมตรหรือน้อยกว่า โดยคุณสมบัติของแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ [29] มีดังนี้

2.6.1.1 ไม่มีกลิ่นรส ไม่เป็นพิษ จึงเหมาะสำหรับใช้เป็นภาชนะบรรจุอาหาร ยา เครื่องดื่ม

2.6.1.2 ทึบแสง จึงป้องกันแสงแดดสำหรับผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมคุณภาพได้ง่ายเมื่อได้รับแสง

2.6.1.3 สะท้อนรังสีความร้อนเนื่องจากผิวทั้ง 2 ด้านต่างกันคือ มัน และด้าน จึงสามารถสะท้อนรังสีความร้อนได้ร้อยละ 95 ใช้เป็นฉนวนป้องกันความร้อนสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องรักษาอุณหภูมิให้ต่ำหรือสูงตามที่ต้องการ เช่น อาหารแช่แข็งที่บรรจุในภาชนะอลูมิเนียมฟอยล์จะเกิดสะท้อนรังสีความร้อนทำให้การละลายช้าลง

2.6.1.4 เป็นตัวนำความร้อน คือแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ร้อนและเย็นได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เหมาะกับการใช้เป็นภาชนะในการแช่แข็งหรืออบด้วยความร้อน และยังทำให้การปิดผนึกด้วยความร้อนเป็นไปอย่างรวดเร็ว และมีคุณภาพ

2.6.1.5 มีเสถียรภาพในช่วงอุณหภูมิกว้าง ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ จึงสามารถนำไปให้ความร้อนมาแช่แข็ง และให้ความร้อนอีกครั้งหนึ่งได้โดยไม่เปลี่ยนภาชนะ

2.6.1.6 ไม่ดูดความชื้น และของเหลว ไม่หดตัว ย่น หรืออ่อนตัว

2.6.1.7 โค้งงอได้สามารถพับ จีบ และขึ้นรูปได้ดีอยู่ตัว จึงนำมาใช้ได้กับผลิตภัณฑ์หลายประเภท เช่น ใช้เป็นฝาปิดขวดนม เครื่องดื่ม ใช้ห่อเนย ขนมปัง ช็อกโกแลต ลูกกวาด และบุหรี่ เป็นต้น

2.6.1.8 ป้องกันการซึมผ่านของไขมันได้ดี จึงเหมาะสมกับการใช้ห่ออาหารประเภทที่มีน้ำมัน และเนยแข็ง

จากคุณสมบัติต่างๆ ของอลูมิเนียมฟอยล์ ดังกล่าว จึงทำให้นิยมนำมาใช้เป็นภาชนะบรรจุกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับผลิตภัณฑ์อาหาร ดังเห็นได้จากภาชนะบรรจุภัณฑ์จำพวกขนมขบเคี้ยว อาหารสำเร็จรูปต่างๆ ซึ่งเปลี่ยนจากการใช้ถุงพลาสติกธรรมดา เป็นถุงพลาสติกประกบกับแผ่นเปลวอลูมิเนียม

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บัวหลวงเป็นพืชน้ำที่พบในเขตร้อนชื้นมีอยู่หลายสายพันธุ์ การศึกษาลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพืชสกุลบัวหลวง (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) ในประเทศไทยพบว่า บัวหลวงในประเทศไทยมี 6 พันธุ์ คือ บุณฑริก ปทุม สัตตบุษย์ สัตตบงกช ปักกิ่งขาว และปักกิ่งสีชมพู ลักษณะภายนอกคล้ายคลึงกันคือ ลำต้นเป็นเหง้าใต้ดินและเป็นไหลเหนือดินใต้น้ำ รากเป็นระบบรากฝอย ใบเดี่ยวรูปร่างเกือบกลม ก้านใบติดกับแผ่นใบตรงกลางทางด้านใต้ ดอกเดี่ยวสีชมพูหรือขาว กลีบเลี้ยงและกลีบดอกคล้ายกัน เกสรตัวผู้มีจำนวนมาก

บัวหลวงมีสรรพคุณทางยาและมีสารต้านอนุมูลอิสระ การศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของบัวที่นิยมทางการค้า ได้แก่ บัวหลวง บัวสาย และบัวผัน ซึ่งเก็บจากแห่งธรรมชาติในภาคกลาง ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในส่วนของใบ กลีบดอก ก้าน เกสร และเหง้า ของรัตนา [43] ด้วยวิธีทางสเปกโทรโฟโตเมตรี และใช้อนุมูลอิสระที่ค่อนข้างเสถียร คือ 2,2-diphenyl-l-picrylhydrazyl (DPPH) พบว่าส่วนต่างๆ ของบัวหลวงมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันแตกต่างกัน เกสรและกลีบดอกของบัวหลวงและบัวสาย มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงกว่าส่วนอื่น โดยเกสรของบัวหลวงและเกสรบัวสายมีค่า EC_{50} 16.89 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ7.89 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ค่า EC_{50} ของกลีบดอกบัวทั้งสองชนิด 20.05 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ20.50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนใบ ก้าน และเหง้าของบัวส่วนใหญ่ไม่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ยกเว้นเหง้าบัวผันพบว่ามีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงกว่า เกสรและกลีบดอก โดยว่า EC_{50} ของเหง้าบัวผัน มีค่าอยู่ที่ 4.31 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร การศึกษาของสมอุรา [24] ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารหอมระเหยเกสรบัวหลวง *Nelumbo nucifera* 4 สายพันธุ์ในประเทศไทย (ปทุม บุณฑริก สัตตบงกช สัตตบุษย์) โดยการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของสารหอมระเหยเกสรบัวหลวงด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี แมสสเปกโทเมตรี (GC-MS) พบว่าบัวหลวงแหลม (ปทุม บุณฑริก) มีองค์ประกอบ 16 และ 9 ชนิด ตามลำดับ ส่วนบัวหลวงฉัตร (สัตตบงกช สัตตบุษย์) มีองค์ประกอบ 9 และ13 ชนิดตามลำดับ สารที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ Pentadecanoic Acid 14-methyl- methylester และ 9 12 15 Octadecatrienoic Acid, Methyl Ester และสารสกัดที่ได้จากเกสรบัวหลวงนี้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ องค์ประกอบทางเคมีของสารหอมระเหยเกสรบัวหลวง การศึกษาของ Sohn [44] ได้ศึกษาคุณสมบัติของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการป้องกันตับของเกสรบัวหลวง *Nelumbo nucifera* พบว่า สารสกัด Ethanol จากเกสรบัวหลวง เป็นสาร Anti-Oxidative ที่มีความสามารถป้องกันตับ ผลการขจัดอนุมูลอิสระที่มีผลต่อร่างกายอย่างรุนแรง โดยมีค่าความเข้มข้นการยับยั้งเฉลี่ยอยู่ที่ 6.49 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร การรักษาเซลล์ตับโดยใช้สารสกัดจากเกสรบัวหลวง ยับยั้งการผลิต Serum Enzyme การเป็นพิษต่อเซลล์จาก CCI4 และหน่วย

พันธุกรรมจาก AFB1 ถูกยับยั้งโดยสารสกัดจากเกสรบัวหลวง เช่นกัน การศึกษาของ Bin Wu [45] ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากส่วนต่างๆ ของบัวหลวงทั้ง 10 ส่วน ด้วยวิธี DPPH พบว่า ส่วนต่างๆ ของบัวหลวงทั้ง 10 ส่วน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่แตกต่างกัน โดยรังไข่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุดซึ่งสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งแตกต่างจากส่วนอื่นๆ ของบัวหลวงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การศึกษาของ Dongmei [46] ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดต่างๆ ของรากบัวหลวง พบว่า สารสกัดจากอะซิโตนให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุด (1266 มิลลิกรัม Catechin Equivalentsต่อ100 กรัม) และศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่า สารสกัดเมทานอลและอะซิโตนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วง (66.7 มิลลิกรัมต่อลิตร และ133.3 มิลลิกรัมต่อลิตร) แสดงว่าตัวทำละลายมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของรากบัวหลวง

นอกจากจะมีสรรพคุณทางยาแล้วบัวหลวงยังสามารถนำมาเป็นส่วนประกอบในอาหารได้หลากหลาย โดยวิษณุ [47] ได้ทำการพัฒนาบาร์รากบัวโดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อลักษณะปรากฏทางด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของบาร์รากบัวที่มีปริมาณรากบัว 30 กรัม เพราะมีสีน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นหอมของอบเชยและวนิลา มีรสชาติหวานและอมเปรี้ยวเล็กน้อย มีเนื้อสัมผัสที่กรอบร่วน นอกจากนั้นแล้วยังมีการใช้ส่วนอื่นๆ ของบัวหลวงมาเป็นส่วนประกอบของอาหารอีกหลายชนิดเช่น งานวิจัยของน้ำตาล [48] ได้ทำการพัฒนาเมล็ดบัวแผ่นทอด โดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคพึงพอใจต่อเมล็ดบัวแผ่นทอดที่นำมาผ่านการแปรรูปโดยนำเมล็ดบัวที่ผ่านการต้มนำไปทอดและมีส่วนผสม ดังนี้ แป้งข้าวเจ้า 100 กรัม แป้งมัน 50 กรัม น้ำตาลทราย 50 กรัม เกลือป่น 2 กรัม ไข่ไก่ 10 กรัม น้ำปูนใส 100 กรัม น้ำกะทิ 100 กรัม น้ำเปล่า 50 กรัม เมล็ดบัวต้ม - ทอด 100 กรัม งานวิจัยของเกษรา [49] ได้ทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมเกสรบัวหลวง เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบสรรพคุณทางยาและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมปานกลางถึงชอบมาก ในขนมปังเสริมเกสรบัวหลวง ร้อยละ 15 ของน้ำหนักของแห้งในส่วนผสมทั้งหมด แป้งขนมปัง 1600 กรัม แป้งเค้ก 80 กรัม ยีสต์ 6 ช้อนโต๊ะ เกลือ 2 ช้อนชา น้ำตาลทราย 400 กรัม เนยสด 400 กรัม นมข้นจืด 2 ½ ถ้วยตวง ไข่ไก่ 2 ฟอง น้ำเปล่า 1 ½ - 2 ½ ถ้วยตวง โดเบส 5 กรัม รีซีเท็ก 15 กรัม งานวิจัยของอ้อยทิพย์ [50] ได้ทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากส่วนต่างๆ ของบัวหลวง โดยใช้รากบัวและเมล็ดบัวเป็นส่วนประกอบ ในอาหารจำนวน 9 ชนิด ได้แก่ ซาลาเปารากบัว บาร์รากบัว น้ำพริกเผารากบัว น้ำพริกนรกรากบัว บัวลอยสอดไส้รากบัว

เยลลี่น้ำรากบัว ขนมรากบัว ขนมทองเอกเมล็ดบัว และกระยาสารทเมล็ดบัว จากการทดลอง พบว่าการยอมรับจากผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์อาหารทั้ง 9 ชนิด ในระดับดี ถึงดีมาก ด้านผลการยอมรับของผู้บริโภคต่อการบรรจุภัณฑ์ และระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร ทั้ง 9 ชนิด พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่มีระดับความพอใจในคุณภาพของบรรจุภัณฑ์ และวิธีการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารที่แตกต่างกันไปตามชนิดของผลิตภัณฑ์อาหาร ผลการศึกษาด้านคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหารทั้ง 9 ชนิด พิจารณาจากปริมาณของพลังงานที่ได้รับจากการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิด ซึ่งประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน ความชื้น ใยอาหาร และเถ้า โดยมีผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับส่วนผสม ปริมาณ และวิธีการปรุง ที่แตกต่างกัน ของผลิตภัณฑ์อาหารทั้ง 9 ชนิด งานวิจัยของผาณิต [51] ได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาต่อคุณภาพของรากบัวทอดสุญญากาศ พบว่ารากบัวจากบัวหลวง (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) มีคุณค่าทางอาหารสูง และมีสรรพคุณทางยาและการทอดภายใต้ระบบสุญญากาศเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ช่วยพัฒนาคุณภาพอาหารทอดให้ดีขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทอดรากบัวภายใต้ระบบสุญญากาศ โดยแปรอุณหภูมิที่ใช้ทอดเป็น 90, 100 และ110 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ทอดเป็น 25, 30 และ35 นาที คัดเลือกอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม โดยวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ ทางด้านค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ค่าสี L* a* และ b* ค่าแรงตัดขาดโดยเครื่อง Texture Analyzer และประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9 - Point Hedonic Scale Test ผลการทดลองพบว่า เมื่ออุณหภูมิและเวลาในการทอดเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำอิสระและค่าแรงตัดขาด มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ทอดเพิ่มขึ้น แต่ค่าความสว่างจะลดลง (L*) เมื่อใช้เวลาในการทอดเพิ่มขึ้น โดยผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ ที่ทอดที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เวลา 25 นาที เมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและเส้นใยสูงแต่มีปริมาณไขมันต่ำ

ธัญพืชชนิดแท่งคือ อาหารขบเคี้ยวหรืออาหารว่างชนิดกรอบมีลักษณะเป็นแท่งเป็นอาหารที่รับประทานได้ทันที สะดวกในการพกพาติดตัว โดยแต่ละชนิดมีส่วนผสมแตกต่างกัน การศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งของกัญวณา [29] เพื่อศึกษาอัตราส่วนของส่วนผสมและสภาวะที่เหมาะสม ในการแปรรูปธัญพืชชนิดแท่ง ศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ทางเคมี จุลชีววิทยา กายภาพ และการประเมินด้านประสาทสัมผัส และศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในสภาวะปกติและสุญญากาศ โดยมีส่วนประกอบดังนี้ ข้าวพอง ร้อยละ 33.3 เมล็ดทานตะวัน ร้อยละ 5.5 ถั่วทอง ร้อยละ 5.5 งาดำ ร้อยละ 5.5 ลำไยอบแห้ง ร้อยละ 5.5 น้ำตาลทราย ร้อยละ 25 และมอลโทรเด็กซ์ทรินร้อยละ 13.8 น้ำ ร้อยละ 5.5 ใช้เวลาในการอบ 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์คุณภาพมีดังนี้ ปริมาณน้ำอิสระ 0.37 ความชื้น ร้อยละ 4.81 ปริมาณเส้นใย 2.24 กรัมต่อ100 กรัม ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 7.53 กรัมต่อ100 กรัมและน้ำตาลซูโครส 5.36 กรัมต่อ100 กรัม ความแข็ง 29.58 นิวตัน ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.9×10^3 โคโลนีต่อกรัม และปริมาณยีสต์รา 1.2×10^2 โคโลนีต่อกรัม มีการยอมรับโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย และผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้นาน 60 วัน ในสภาวะปกติและสุญญากาศ การศึกษาของอัจฉรา [52] ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งมันเทศเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส เพื่อศึกษาหาส่วนผสมที่เหมาะสม โดยมีส่วนประกอบของน้ำเชื่อมดังนี้ น้ำตาล 84.04 กรัม น้ำ 28.68 กรัม แบะแซ 25.53 กรัม เกลือ 4.25 กรัม เนยสด 11.35 กรัม มีคุณสมบัติดังนี้ ปริมาณน้ำอิสระ 0.27 ปริมาณความชื้น ร้อยละ 2.91 ปริมาณเส้นใย ร้อยละ 2.37 และความแข็ง 25.38 นิวตัน คะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับปานกลาง การศึกษาของรัชดา [53] ได้ทำการพัฒนาอาหารเช้าพร้อมบริโภคอัดแท่งจากธัญพืช เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษา มีส่วนประกอบดังนี้ จมูกข้าวสาลี ปลายข้าวเหนียวพอง ถั่วลิสง และน้ำเชื่อมประกอบด้วยมอลโทสไซรัป น้ำผึ้ง มีคะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับปานกลาง การศึกษาของวิมลศิริ [54] ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแท่ง เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์มีส่วนประกอบดังนี้ ข้าวเม่าคั่ว ร้อยละ 15 ถั่วลิสง ร้อยละ 20 เมล็ดทานตะวัน ร้อยละ 18 แบะแซ ร้อยละ 3.2 แยมสับปะรด ร้อยละ 15 น้ำ ร้อยละ 5 น้ำผึ้ง ร้อยละ 4.3 และเกลือ ร้อยละ 0.5 ผสมทุกอย่างจนเป็นเนื้อเดียวกันอัดลงในแม่พิมพ์ขนาด 3 x 5 x 7.5 เซนติเมตร แล้วอบผลิตภัณฑ์ให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติดังนี้ ความแข็ง 62.82 นิวตัน ปริมาณน้ำอิสระ 0.37 ความชื้น ร้อยละ 5.96 คะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับปานกลาง

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบัวหลวงเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมจากส่วนต่างๆ ของบัวหลวงทั้ง 10 ส่วน คือ กลีบดอก เกสร เมล็ด ดีบัว รังไข่ ใบอ่อน ใบแก่ ก้านดอก ไหล และราก ศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งจากส่วนของบัวหลวงที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด มีขั้นตอนและวิธีการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 อุปกรณ์ วัตถุดิบ และสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของบัวหลวง

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของบัวหลวง

3.1.1.1 ตู้อบลมร้อน (Hot Air Infrared Time switch TB 179 ยี่ห้อ National)

3.1.1.2 เครื่องอ่านเพลท (Microplate Reader รุ่น PowerWave HT ยี่ห้อ Biotek)

3.1.1.3 เครื่องระเหยแห้ง (Rotary Evaporator รุ่น Basic 1 ยี่ห้อ Heidolph)

3.1.1.4 เครื่อง Vortax บริษัท IKA work ประเทศมาเลเซีย

3.1.1.5 เครื่องบดสมุนไพร (Blender รุ่น HC - 1000T2 ยี่ห้อ Huangcheng)

3.1.1.6 เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical Balance รุ่น GR - 200 ยี่ห้อ AND)

3.1.1.7 เครื่องเขย่าสาร (Vortex Mixer GENIE 2 รุ่น G560E ยี่ห้อ Scientific Industries)

3.1.1.8 ชุดกรองสุญญากาศ

3.1.1.9 ปั๊มดูดสุญญากาศ (Vacuum Pump)

3.1.1.10 บีกเกอร์ ขนาด 50 ml และ 100 ml

3.1.1.11 หลอดพลาสติกฝาเกลียวขนาด 15 ml และ 50 ml

3.1.1.12 microwell plate (96-Well Plate)

3.1.1.13 ชุดดูดสารละลายอัตโนมัติ (Autopipette)

3.1.1.14 ไมโครปิเปตทิป (Micropipette Tips รุ่น ExpellPlus ยี่ห้อ Capp)

3.1.1.15 กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1

3.1.1.16 กรวยแก้ว ขนาด 1000 ml

3.1.1.17 ขวดแก้ว

3.1.1.18 Mutlicannel

3.1.1.19 Volumetric

3.1.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของบัวหลวง

3.1.2.1 บัวหลวงสัตตบงกช (จังหวัดนครปฐม)

3.1.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของบัวหลวง

3.1.3.1 Butylated hydroxyl toluene (BHT) (Aldrich, ประเทศเยอรมัน)

3.1.3.2 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) (Fluka, ประเทศเยอรมัน)

3.1.3.3 Ethanol 95% (Commercial Grade)

3.1.3.4 Absolute ethnol

3.1.3.5 Gallic acid (Fluka, ประเทศเยอรมัน)

3.1.3.6 Sodium bicarbonate

3.1.3.7 Folin Cioculteu, s reagent (Carlo erba, ประเทศเยอรมัน)

3.1.3.8 น้ำกลั่น

3.2 อุปกรณ์และวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

3.2.1.1 ตู้อบลมร้อน (Hot Air Infrared Time switch TB 179 ยี่ห้อ National)

3.2.1.2 เครื่องชั่งดิจิตอล 3 ตำแหน่ง (รุ่น KD - 200 ยี่ห้อ TANITA)

3.2.1.3 เครื่องซีลถุง (Heat Sealer P - 200 ยี่ห้อ SUPER ZEAL)

3.2.1.4 ถุงอลูมิเนียมฟอยล์

3.2.1.5 เครื่องปั่นอเนกประสงค์ ขนาด 350 วัตต์ (รุ่น BE - 120 ยี่ห้อ OTTO)

3.2.1.6 ถาดอลูมิเนียมสำหรับอบขนาด 11 x 15 นิ้ว

3.2.1.7 เตาแก๊ส

3.2.1.8 ถ้วยตวงของแห้งและของเหลว

3.2.1.9 กระดาษไข

3.2.1.10 อ่างผสม

3.2.1.11 พายไม้

3.2.1.12 มีด

3.2.1.13 ไม้กลึงแป้ง

3.2.1.14 ที่วัดอุณหภูมิ

3.2.1.15 กระทะ

3.2.1.16 ที่ร่อนแป้ง

3.2.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

3.2.2.1 บัวหลวงสัตตบงกช (จังหวัดนครปฐม)

3.2.2.2 ข้าวเม่า (ตลาดยิ่งเจริญ)

3.2.2.3 เม็ดฟักทองอบ (ตราฟลาวเวอร์ฟูด)

3.2.2.4 เมล็ดทานตะวันอบกะเทาะเปลือก (ตราดอกไม้)

3.2.2.5 เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (ตราไร่ทิพย์ บริษัทไร้ธัญญะ จำกัด)

3.2.2.6 งาขาว (ตราไร่ทิพย์ บริษัทไร้ธัญญะ จำกัด)

3.2.2.7 กะทิ (ตราชาวเกาะ)

3.2.2.8 แบะแซ (ตราแฟนซีคาร์ฟ บริษัท เจริญวรกิจ)

3.2.2.9 น้ำตาลมะพร้าว (ตราอัมพวา)

3.2.2.10 น้ำอ้อย (ตลาดยิ่งเจริญ)

3.2.2.11 น้ำผึ้ง (ตราโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา)

3.3 อุปกรณ์ และเครื่องมือด้านการประเมินคุณภาพทางด้านต่างๆ

3.3.1 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.3.1.1 เครื่องวัดค่า a_w (Water activity, Aqua lab)

3.3.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.3.2.1 เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (รุ่น KD - 200 ยี่ห้อ TANITA)

3.3.2.2 ตู้อบ

3.3.2.3 ถ้วยอะลูมิเนียม (Aluminium can) สำหรับหาความชื้น

3.3.2.4 โถดูดความชื้น (Desiccator)

3.3.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

3.3.3.1 ตู้บ่มเชื้อ (Incubator รุ่น NEC108RST ยี่ห้อ NEWTRONIC EQUIPMENT)

3.3.3.2 อุปกรณ์เครื่องแก้วในการวิเคราะห์จุลินทรีย์

3.3.3.3 อุปกรณ์ในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

3.3.3.4 อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA)

3.3.3.5 อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA)

3.3.3.6 หลอดทดลอง

3.3.3.7 บีกเกอร์

3.3.3.8 น้ำกลั่น

3.3.3.9 ชุดดูดสารละลายอัตโนมัติ (Autopipette)

3.3.3.10 ตะเกียง

3.3.3.11 กระบอกตวง (Geaduatedevlinder)

3.3.3.12 ที่วางหลอดทดลอง

3.3.3.13 เครื่อง Autoclave

3.3.3.14 เครื่องชั่งดิจิตอล 3 ตำแหน่ง (รุ่น KD - 200 ยี่ห้อ TANITA)

3.3.3.15 ไมโครปิเปตทิป

3.3.4 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.3.4.1 ถาดใส่อาหาร

3.3.4.2 ปากกา

3.3.4.3 แบบทดสอบการให้คะแนนทางประสาทสัมผัส

3.3.5 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.3.5.1 เครื่องคอมพิวเตอร์

3.3.5.1 โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การสกัดสารหยาบด้วยเอทานอลร้อยละ 95 ของบัวหลวง

นำส่วนของบัวหลวงที่เก็บจากแหล่งธรรมชาติในจังหวัดนครปฐม 10 ส่วน คือ กลีบดอก เกสร เมล็ด ดีบัว รังไข่ ใบอ่อน ใบแก่ ก้านดอก ไหล และราก ล้างทำความสะอาดนำมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส บดให้ละเอียด นำมาหมักด้วยเอทานอลร้อยละ 95 นาน 3 วัน นำมากรองโดยใช้กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำส่วนสารละลายเอทานอลที่กรองได้มาระเหยแห้งด้วยเครื่อง Evaporator นำสารสกัดหยาบที่ได้ 3 ครั้ง มารวมกันนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จนได้สารสกัดหยาบ (Crude Extract) แล้วคำนวณหาค่าร้อยละของผลผลิตสารสกัดหยาบที่ได้ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ในขวดทึบแสงเพื่อทำการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่อไป

3.4.2 ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบัวหลวง

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay ตามวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีการของ Yamasaki [55] โดยนำสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของบัวหลวงทั้ง 10 ส่วน คือ กลีบดอก เกสร เมล็ด ดีบัว รังไข่ ใบอ่อน ใบแก่ ก้านดอก ไหล และราก มาละลาย Absolute Ethanol ปรับให้มีความเข้มข้น 1, 10, 50 และ100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ทดสอบด้วยสารละลาย DPPH และใช้ Butylated hydroxytoluene (BHT) เป็นสารมาตรฐานมาใส่ใน 96-Well Plate ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาทีให้เกิดปฏิกิริยา เมื่อ DPPH ทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสีของสารละลายสีม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือจางลง โดยเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้เป็นสารมาตรฐาน นำไปวัดว่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยเครื่อง Microplate Reader นำค่าที่ได้มาคำนวณค่าร้อยละของการยับยั้ง (% Inhibition) และคำนวณค่า Radical Scavenging Activity (EC_{50}) คือค่าความเข้มข้นของสารสกัดหยาบที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ด้วยโปรแกรม Prism Program ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant Activity) ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง สูตรการคำนวณหา % Inhibition

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{\text{Control} - \text{Sample}}{\text{Control}} \times 100$$

3.4.3 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของบัวหลวง

การวัดปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Content) ตามวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีการของ Miliauskas, Folin และ Singelton [56], [57], [58] คือ สารประกอบฟีนอลิก

ทั้งหมดทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu reagent ซึ่งประกอบด้วย Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents สารดังกล่าวจะถูกรีดิวซ์โดย Phenolic Hydroxyl Groups ของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเกิดเป็น Tungsten และ Molybdenum Blue ซึ่งให้สีน้ำเงินและดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยสร้าง Calibration Curve จากสารละลายมาตรฐาน Gallic Acid 10 มิลลิกรัม ใน Absolute Ethanol ปรับความเข้มข้น 5, 10, 20, 40, 80, 160 และ 200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร หยอดลงใน 96-Well Plate หลุมละ 20 ไมโครลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu 100 ไมโครลิตร และเติมสารละลาย Sodium Bicarbonate (Na_2CO_3) 80 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate Reader แล้วทำการทดสอบสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของบัวหลวงทั้ง 10 ส่วน คือ กลีบดอก เกสร เมล็ด ดีบัว รังไข่ ใบอ่อน ใบแก่ ก้านดอก ไหล และรากชั้น Ethanol 10 มิลลิกรัม แล้วทำการทดสอบเช่นเดียวกันกับสารมาตรฐาน ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง คำนวณหาปริมาณ Total Phenolic Compound ในรูปมิลลิกรัมของ Gallic Acid Equivalents (GAE) ต่อสารสกัดชั้น Ethanol 1 กรัม (มิลลิกรัมกรดแกลลิค/กรัม)

3.4.4 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

3.4.4.1 การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

การเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งที่เหมาะสมมาจำนวน 3 สูตร โดยใช้สูตรพื้นฐานที่มีส่วนผสมต่างๆ แตกต่างกัน (ดังแสดงในตารางที่ 3.1) จากนั้นทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภคในด้านสี กลิ่นธัญพืช รสหวาน ความกรอบ และความชอบโดยรวมด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) โดยแจกตัวอย่างร่วมกับแบบสอบถาม (ดังแสดงในภาคผนวก ข) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการคัดเลือกสูตรมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis Of Variance : ANOVA) ถ้าพบนัยสำคัญทางสถิติจะคำนวณค่า Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย เพื่อเลือกสูตรที่ผู้บริโภคให้คะแนนเฉลี่ยโดยรวมสูงสุดในทุกๆ ข้อเพื่อนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณ (ร้อยละ) ของส่วนประกอบตามสูตรพื้นฐานที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

ส่วนประกอบ	สูตรที่ 1*	สูตรที่ 2**	สูตรที่ 3***
ข้าวเม่าคั่ว	22	-	9.71
ข้าวตอกคั่ว	-	-	3.40
ข้าวพอง	-	5.99	-
ข้าวโอ๊ต	-	10.40	-
งาขาว	11	-	9.65
ถั่วลิสง	-	7.80	21.85
เมล็ดมะม่วงหิมพานต์	-	7.80	-
เมล็ดฟักทองอบแห้ง	17	-	-
เมล็ดทานตะวันอบแห้ง	11	-	-
น้ำตาลมะพร้าว	19	-	10.93
น้ำผึ้ง	-	29.91	6.98
แบะแซ	9	37.71	13.20
กะทิ	11	-	19.42
น้ำอ้อย	-	-	4.86
กลิ่นมะนาว	-	0.39	-

ที่มา: ดัดแปลงจาก *[25]

**[59]

***[60]

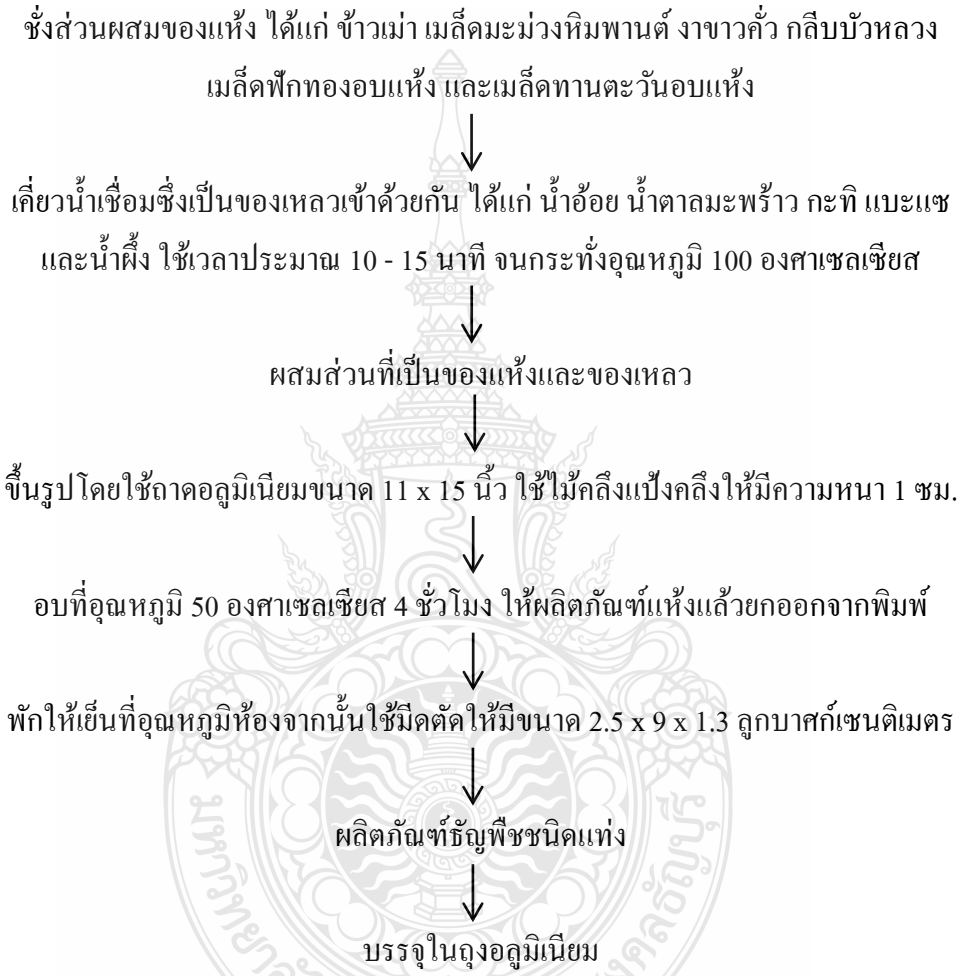
3.4.4.2 การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวงและกรรมวิธีการผลิตธัญพืชชนิดแท่ง (ดังแสดงในรูปที่ 3.1) โดยวัตถุดิบที่เตรียมได้แก่

1) ดอกบัวหลวง นำดอกบัวหลวงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 - 6 เซนติเมตร มาเด็ดเอาเฉพาะกลีบ นำกลีบบัวมาล้างให้สะอาดแล้วนำมาหั่นเป็นเส้นขนาด 4 - 5 มิลลิเมตร ตามความกว้างของกลีบ จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส อบจนแห้งและนำไปปั่นโดยเครื่องปั่นอเนกประสงค์ ใช้ความเร็วเบอร์ 1 เป็นเวลา 10 วินาที

2) งาขาว นำไปคั่วในกระทะไปอ่อน จนกระทั่งเมล็ดงาสุกมีความพองและกลิ่นหอม ตัวแห้ง

3) เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ นำไปล้างให้สะอาด 3 ครั้ง จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที



รูปที่ 3.1 กรรมวิธีการผลิตธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

ที่มา: ดัดแปลงจาก [60]

3.4.4.3 การศึกษาปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

โดยใช้สูตรพื้นฐานที่ผู้บริโภคให้คะแนนประเมินสูงสุด เป็นสูตรหลักเพื่อนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวงที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด โดยทำการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของกลีบบัวหลวงอบแห้งที่จะผสมในผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง จำนวน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 3, 6 และ9 เวลาในการอบ 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะได้สิ่งทดลองทั้งหมด 3 สิ่งทดลอง (ดังแสดงในตารางที่ 3.2) จากนั้นทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภคในด้านสี กลิ่นธัญพืช รสหวาน ความกรอบ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) โดยแจกตัวอย่างร่วมกับแบบสอบถาม (ดังแสดงในภาคผนวก ข) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis Of Variance : ANOVA) ถ้าพบนัยสำคัญทางสถิติจะคำนวณค่า Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวงในปริมาณที่ผู้บริโภคให้คะแนนเฉลี่ยโดยรวมสูงสุด เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านจุลชีววิทยา

ตารางที่ 3.2 แสดงสิ่งทดลองในการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

สิ่งทดลอง	ปริมาณบัวหลวง (ร้อยละ)
1	3
2	6
3	9

3.4.5 การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

ผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวงในปริมาณที่ผู้บริโภคให้คะแนนโดยรวมสูงสุดจากการศึกษาในข้อ 3.4.4.3 นำมาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

3.4.5.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ การวัดปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, a_w) โดยใช้เครื่อง Water activity, Aqua lab

3.4.5.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ การวัดค่าความชื้น ตามวิธีการของ A.OA.C [61]

3.4.5.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ การหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ตามวิธีการของ A.OA.C [61]

3.5 ระยะเวลาในการทดลอง

ระยะเวลาเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 - เดือนธันวาคม พ.ศ. 2558

3.6 สถานที่ทำการวิจัย

- ห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

- หน่วยวิจัยสมุนไพรและอาหาร สาขาวิชาแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิจารณ์

4.1 ปริมาณสารสกัดหยาบด้วยเอทานอลร้อยละ 95 ของบัวหลวง

ผลการนำส่วนต่างๆ ของบัวหลวงที่เก็บจากแหล่งธรรมชาติจังหวัดนครปฐม 10 ส่วน คือ กลีบดอก เกสร เมล็ด ดีบัว รังไข่ ใบอ่อน ใบแก่ ก้านดอก ไหล และราก นำมาอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส บดให้ละเอียด นำมาหมักด้วยเอทานอลร้อยละ 95 นาน 3 วัน นำมากรองโดยใช้กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำส่วนสารละลายเอทานอลที่กรองได้มาระเหยแห้งด้วยเครื่อง Evaporator นำสารสกัดหยาบที่ได้ 3 ครั้ง มารวมกันนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จนได้สารสกัดหยาบ (Crude Extract) แล้วคำนวณหาค่าร้อยละของผลผลิตสารสกัดหยาบ พบว่าส่วนต่างๆ ของบัวหลวงทั้ง 10 ส่วน มีปริมาณผลผลิตสารสกัดหยาบที่แตกต่างกันระหว่าง 3.96 - 13.82 คือ ใบแก่ มีปริมาณผลผลิตสารสกัดหยาบมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 13.82 รองลงมาคือ กลีบดอกและดีบัว มีปริมาณผลผลิตสารสกัดหยาบ เท่ากับร้อยละ 12.54 และ 10.53 ตามลำดับ ส่วนเมล็ดบัวมีปริมาณผลผลิตสารสกัดหยาบน้อยที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 2.37 (ดังแสดงในตารางที่ 4.1)

ผลการศึกษาคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ Bin Wu [45] ซึ่งได้ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากส่วนต่างๆ ของบัวหลวง 10 ส่วน ซึ่งสกัดสารหยาบด้วยอะซิโตน พบว่า ส่วนต่างๆ ของบัวหลวงมีปริมาณผลผลิตสารสกัดหยาบที่แตกต่างกัน ซึ่งอยู่ระหว่างร้อยละ 1.16 - 24.54 ปริมาณผลผลิตสารสกัดหยาบมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ ใบแก่ ดีบัว และรังไข่ (ร้อยละ 24.54, 20.84 และ20.70) นอกจากนี้ เมล็ด กลีบดอก ราก เกสร ก้านใบ ปมเหง้า และเปลือกหุ้มเมล็ด (ร้อยละ 11.87, 11.64, 10.70, 10.20, 9.85, 9.14 และ1.16 ตามลำดับ) ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษานี้เพราะมีปริมาณผลผลิตสารสกัดหยาบมากที่สุด แต่เป็นสองเท่า (ใบแก่ ร้อยละ 13.82, ดีบัว ร้อยละ 10.53, รังไข่ ร้อยละ6.87 ตามลำดับ) อาจเนื่องจากอะซิโตนเป็นสารละลายที่มีคุณสมบัติขั้วสูงกว่าเอทานอลจึงทำให้ได้สารสกัดหยาบมากเป็นสองเท่าของเอทานอล ส่วนกลีบดอกให้ปริมาณผลผลิตสารสกัดหยาบใกล้เคียงกับการศึกษานี้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dongmei [46] ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดต่างๆ ของรากบัวหลวง พบว่า ปริมาณผลผลิตสารสกัดหยาบจากตัวทำละลายที่ต่างกันของรากบัวหลวงมีปริมาณผลผลิตสารสกัดหยาบแตกต่างกัน ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง ร้อยละ 4.6 - 0.41 โดยตัวทำละลายเมทานอลให้ปริมาณผลผลิตสารสกัดหยาบมากเรียงตามลำดับ คือ เมทานอล เอทานอล เอทิลอะซิเตต อะซิโตน ปิโตเลียมอีเทอร์ และไดคลอโรมีเทน ดังนั้นการสกัดสารหยาบด้วยเอทานอลของรากบัวหลวงมีผลใกล้เคียงกับการศึกษา คือ ร้อยละ 3.96

การสกัดพืชสมุนไพรโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายซึ่งเป็นสารที่มีขั้วสูง (Polarity Index) จะได้สารสกัดออกมาในปริมาณมาก [62] แต่น้อยกว่าตัวทำละลายเมทานอล ดังนั้นปริมาณผลผลิตสารสกัดหยาบจะมากหรือน้อยอาจขึ้นอยู่กับตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด (น้ำ เอทานอล เฮกเซน เมทานอล ปิโตเลียมอีเทอร์ อะซิโตน เอทิลอะซิเตต และไดคลอโรมีเทน) ปริมาณและคุณสมบัติของสารประกอบในสมุนไพร

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณผลผลิต (ร้อยละ) ของสารสกัดหยาบด้วยเอทานอลร้อยละ 95 จากส่วนต่างๆ ของบัวหลวง

ส่วนประกอบบัวหลวง	ปริมาณผลผลิตสารสกัดหยาบ (ร้อยละ)
ใบแก่	13.82
กลีบดอก	12.54
ดีบัว	10.53
เกสร	9.88
ใบอ่อน	8.08
รังไข่บัว	6.87
ไหลบัว	6.77
เมล็ด	2.37
ก้านดอก	4.80
รากบัว	3.96

4.2 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบัวหลวง

4.2.1 การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH Radical Scavenging Activity โดยใช้ Butylated hydroxyltoluene (BHT) เป็นสารมาตรฐาน เมื่อDPPHทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสีของสารละลายสีม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือจางลง โดยเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้ BHT เป็นสารมาตรฐาน [24] ค่า EC_{50} ของ BHT ที่ใช้ในการทดสอบซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 12.77±0.54 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ดังแสดงในตารางที่ 4.2) พบว่าส่วนประกอบของบัวหลวงทั้ง 10 ส่วน คือ กลีบดอก เกสร เมล็ด ดีบัว รังไข่ ใบอ่อน ใบแก่ ก้านดอก ไหล และราก มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน คือ กลีบดอกและก้านดอกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด โดยกลีบ

ดอกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 12.78±0.44 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร รองลงมาคือก้านดอกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 16.89±0.61 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนรังไข่ ดีบัว ใบอ่อน และราก มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อย (37.70±1.28, 46.40±0.12, 50.33±0.57 และ68.04±1.11 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ส่วน ใบแก่ เกสร เมล็ด และไหล ไม่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (EC_{50} > 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)

ตารางที่ 4.2 แสดงสรุปผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากส่วนต่างๆ ของบัวหลวงด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น Mean±SEM (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)				EC_{50}
	1	10	50	100	
กลีบดอก	9.78±0.68	36.82±1.60	57.59±1.33	91.94±1.09	12.78±0.44
ก้านดอก	0.52±0.36	32.74±1.20	68.53±1.41	64.71±0.70	16.89±0.61
รังไข่	4.48±0.14	16.62±1.14	61.11±1.33	81.43±1.49	37.70±1.28
ดีบัว	2.42±0.77	15.89±0.23	51.91±0.21	67.17±0.91	46.40±0.12
ใบอ่อน	1.98±0.82	12.03±1.57	49.17±0.22	82.00±1.90	50.33±0.57
ราก	0.78±1.24	13.52±1.73	44.24±1.52	56.05±1.37	68.04±1.11
ไหล	1.68±0.72	8.24±0.56	19.18±0.67	37.19±1.37	>100
เมล็ด	0.59±0.06	5.34±0.95	9.96±1.22	13.42±0.64	>100
เกสร	0.81±0.31	3.12±0.48	16.62±1.20	21.50±0.32	>100
ใบแก่	1.55±0.67	36.93±1.67	77.00±0.84	92.14±1.20	>100
BHT	9.43±1.16	42.00±1.41	80.95±0.63	87.06±1.09	12.77±0.54

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เป็นการหาความสามารถในการยับยั้งกระบวนการเกิดอนุมูลอิสระ เพื่อหาความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่ร้อยละ 50 ที่สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน [24] จากการทดลองข้างต้นจะเห็นได้ว่ากลีบดอกและก้านดอกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดเพราะมีค่า EC_{50} อยู่ในช่วง 1 - 20 [55] ซึ่งใกล้เคียงกับสารมาตรฐาน BHT แสดงว่ามีความสามารถเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าส่วนประกอบอื่นๆ ของบัวหลวง ผลการศึกษานี้แตกต่างกับงานวิจัยของรัตนา [43] ที่ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของบัวที่นิยมปลูกเป็นการค้า โดยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่างกัน คือ กลีบดอกบัวหลวงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดโดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 20.05 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งแตกต่างกับการศึกษาที่พบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกลีบ

บัวหลวง เท่ากับ 12.78±0.44 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และแตกต่างจากงานวิจัยของสมอุรา [24] ที่ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารหอมระเหยเกสรบัวหลวง โดยการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของบัวหลวงสัตตบงกช พบว่า เกสรบัวหลวงสัตตบงกชมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีเท่ากับ 22.39 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งแตกต่างกับการศึกษาเกสรบัวหลวงไม่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (EC_{50} > 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) และคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ Bin Wu [45] ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากส่วนต่างๆ ของบัวหลวงทั้ง 10 ส่วน ในมณฑลฝูเจี้ยนประเทศจีน ด้วยวิธี DPPH พบว่า ส่วนต่างๆ ของบัวหลวงทั้ง 10 ส่วน คือ รังไข่ ใบแก่ เกสร ดีบัว เมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ด กลีบดอก ก้านใบ ปมเหง้า และรากบัว มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน โดยรังไข่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดโดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 9.39 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากการศึกษานี้รังไข่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระปานกลาง (37.70 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) รองลงมาคือ เกสรมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 17.38 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร การศึกษานี้เกสรบัวหลวงไม่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (EC_{50} > 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ส่วนใบแก่ เปลือกหุ้มเมล็ด และกลีบดอก มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระปานกลาง (21.55, 21.87 และ21.96 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) ส่วนปมเหง้า และดีบัวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อย (72.47 และ89.68 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) ส่วนรากบัวไม่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากแหล่งที่มาของบัวหลวงต่างกัน อายุการเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูกาลที่ต่างกันมีผลต่อฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่เกิดขึ้น และสภาพการเพราะปลูกของแต่ละภูมิประเทศที่ต่างกันซึ่งมีผลต่อฤทธิ์และสรรพคุณของสมุนไพร [63]

4.2.2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของบัวหลวง

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของบัวหลวงคำนวณได้จาก linear Regression Equation ของ Standard Curve ของกราฟ Gallic Acid ($y = 0.0052x+0.0739$, $R^2 = 0.9997$) โดย Y = Gallic Acid Equivalents และ x = ค่าดูดกลืนแสง จากผลการทดลองส่วนประกอบของบัวหลวงทั้ง 10 ส่วน คือ กลีบดอก เกสร เมล็ด ดี รังไข่ ใบอ่อน ใบแก่ ก้านดอก ไหล และราก มีปริมาสารประกอบฟีนอลิกรวมแตกต่างกัน (ดังแสดงในตางรางที่ 4.3) พบว่า กลีบดอกและรังไข่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากกว่าส่วนประกอบอื่นๆ ของบัวหลวง โดยกลีบดอกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม เท่ากับ 143.54±0.78 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกรัม รองลงมาคือ รังไข่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม เท่ากับ 116.63±0.64 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกรัม ส่วนก้านดอก ใบแก่ เกสร และใบอ่อนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมปานกลาง (99.86±1.60, 97.07±0.53, 80.40±0.69 และ64.96±0.87 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกรัม ตามลำดับ) ส่วนดีบัว ราก ไหล และเมล็ด มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

รวมน้อย (51.08±0.58, 46.72±0.64, 22.73±0.91 และ11.76±0.09 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกรัม ตามลำดับ) แสดงว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมจากส่วนต่างๆ ของบัวหลวง

ส่วนประกอบของบัวหลวง	การทดลอง			สารประกอบฟีนอลิก Mean±SEM (มิลลิกรัมกรดแกลลิค/กรัม)
	N1	N2	N3	
กลีบดอก	144.44	143.10	143.10	143.54±0.78
รังไข่	117.13	116.85	115.92	116.63±0.64
ก้านดอก	101.65	99.35	98.58	99.86±1.60
ใบแก่	97.42	97.33	96.46	97.07±0.53
เกสร	80.98	80.60	79.63	80.40±0.69
ใบอ่อน	65.60	65.31	63.96	64.96±0.87
ดีบัว	51.46	51.37	50.40	51.08±0.58
ราก	47.42	46.56	46.17	46.72±0.64
ไหล	23.54	22.90	21.75	22.73±0.91
เมล็ด	11.81	11.81	11.65	11.76±0.09

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bin Wu [45] ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากส่วนต่างๆ ของบัวหลวงทั้ง 10 ส่วน พบว่า สารสกัดหยาบจากเมทานอลของบัวหลวงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่แตกต่างกัน คือ รังไข่และเปลือกหุ้มเม็ดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด โดยรังไข่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม เท่ากับ 455.40 มิลลิกรัมต่อกรัม รองลงมา คือ เปลือกหุ้มเมล็ด เท่ากับ 305.61 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกรัม ส่วนใบแก่ เกสร และกลีบดอก มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมปานกลาง (257.90, 221.48 และ218.13 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ) ส่วนดีบัว ปมเหง้า ก้านใบ เมล็ด และรากมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกน้อยเท่ากับ (96.33, 71.50, 41.73, 33.59 และ16.14 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกรัม ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่พบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในกลีบบัวและรังไข่สูง (143.54±0.78 และ 116.63±0.64 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกรัม ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่าตัวทำละลายในการทดลองที่ต่างกันมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และแตกต่างจากงานวิจัยของ Dongmei [46] ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดต่างๆ ของรากบัวหลวง พบว่า สารสกัดหยาบจาก

อะซิโตนของรากบัวหลวงให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุด เท่ากับ 1266 มิลลิกรัม Catechin Equivalentsต่อ100 กรัม ส่วนสารสกัดหยาบของรากบัวหลวงจากเอทิลอะซิเตต ไดคลอโรมีเทน เมทานอล และปิโตเลียมอีเทอร์ มีค่าเท่ากับ (1081.20, 580, 437.50, 383.80 และ324.20 มิลลิกรัม Catechin Equivalentsต่อ100 กรัม ตามลำดับ) และสารสกัดหยาบเอทานอลของรากบัวหลวงให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก รวมน้อยกว่าตัวสารสกัดชนิดอื่น เท่ากับ 324.20 มิลลิกรัม Catechin Equivalentsต่อ100 กรัม จากการทดลองผลการศึกษาต่างกันเพราะใช้สารมาตรฐานในการวัดต่างชนิดกัน คือในการทดลองใช้ Gallic Acid เป็นสารมาตรฐานแต่การทดลองของ Dongmei ใช้ Catechin Equivalents เป็นสารมาตรฐาน จึงทำให้ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของรากบัวหลวงที่ได้ต่างกัน

จากการศึกษา พบว่า กลีบดอก ก้านดอก และรังไข่ มีทั้งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงมากกว่าส่วนประกอบอื่นๆ ของบัวหลวง แสดงให้เห็นว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกซึ่งสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน

4.3 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

4.3.1 การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

โดยการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งที่เหมาะสมมาจำนวน 3 สูตร โดยใช้สูตรพื้นฐานที่มีส่วนผสมต่างๆ แตกต่างกัน (ดังแสดงในตารางที่ 3.1) ทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภคในด้านสี กลิ่นธัญพืช รสหวาน ความกรอบ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) โดยแจกตัวอย่างร่วมกับแบบสอบถาม (ดังแสดงในภาคผนวก ข) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน เพื่อนำมาศึกษาปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง เมื่อนำมาทดสอบความชอบของผู้บริโภคได้คะแนนค่าเฉลี่ยของคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ (ดังแสดงในตารางที่ 4.4) พบว่า ได้รับคะแนนเฉลี่ยของความชอบในด้านสี กลิ่นธัญพืช รสหวาน ความกรอบ และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยความชอบด้านสี สูตรพื้นฐานที่ 3 ได้รับคะแนนเฉลี่ยของความชอบด้านสีสูงสุด ที่ระดับคะแนนความชอบ 7.38±1.07 รองลงมาคือ สูตรพื้นฐานที่ 1 และ 2 ที่ระดับคะแนนความชอบ (6.80±1.14 และ6.50±1.57 ตามลำดับ) ส่วนความชอบด้านกลิ่นธัญพืช สูตรพื้นฐานที่ 3 ได้รับคะแนนเฉลี่ยของความชอบด้านกลิ่นสูงสุด ที่ระดับคะแนนความชอบ 7.10±0.89 รองลงมาคือสูตรพื้นฐานที่ 1 และ 2 ที่ระดับคะแนนความชอบ(7.00±1.14 และ5.88±1.66 ตามลำดับ) ส่วนความชอบด้านรสหวาน สูตรพื้นฐานที่ 3 ได้รับคะแนนเฉลี่ยของความชอบด้านรสหวานสูงที่สุด ที่ระดับคะแนนความชอบ 7.68±0.98 รองลงมาคือสูตรพื้นฐานที่ 1 และ 2 ที่ระดับ

คะแนนความชอบ (7.20±1.09 และ5.82±1.26 ตามลำดับ) ส่วนความชอบด้านความกรอบ สูตรพื้นฐานที่ 3 ได้รับคะแนนเฉลี่ยของความชอบด้านความกรอบสูงสุด ที่ระดับคะแนนความชอบ 7.66±0.96 รองลงมาคือ สูตรพื้นฐานที่ 1 และ 2 ที่ระดับคะแนนความชอบ (7.58±0.91 และ5.62±1.79 ตามลำดับ) ส่วนความชอบโดยรวมสูตรพื้นฐานที่ 3 ได้รับคะแนนเฉลี่ยของความชอบโดยรวมสูงสุด ที่ระดับคะแนนความชอบ 7.82±0.90 รองลงมาคือ สูตรพื้นฐานที่ 1 และ 2 ที่ระดับคะแนนความชอบ (7.64±1.03 และ6.22±1.36 ตามลำดับ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าคะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะด้านต่างๆ ของธัญพืชชนิดแท่งสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร

คุณลักษณะผลิตภัณฑ์	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
สี	6.80 ± 1.14^{b}	6.50 ± 1.57^{b}	7.38 ± 1.07^{a}
กลิ่นธัญพืช	7.00 ± 1.14^{a}	5.88 ± 1.66^{b}	7.10 ± 0.89^{a}
รสหวาน	7.20 ± 1.09^{b}	5.82 ± 1.26^{c}	7.68 ± 0.98^{a}
ความกรอบ	7.58 ± 0.91^{a}	5.62 ± 1.79^{b}	7.66 ± 0.96^{a}
ความชอบโดยรวม	7.64 ± 1.03^{a}	6.22 ± 1.36^{b}	7.82 ± 0.90^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c ในแนวนอนต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสีของสูตรพื้นฐานที่ 3 สูงที่สุดเพราะมีสีน้ำตาลอ่อนของ น้ำตาลมะพร้าว ถั่วลิสง และมีความมันวาวจากกะทิจึงทำให้สูตรพื้นฐานที่ 3 ได้คะแนนความชอบมากกว่าสูตรพื้นฐานที่ 1 และ 2 ส่วนความชอบด้านกลิ่นผู้บริโภคให้คะแนนความชอบของสูตรพื้นฐานที่ 3 สูงที่สุดเพราะมีกลิ่นหอมของ งาขาว ข้าวเม่า ข้าวตอก ถั่วลิสง น้ำตาลมะพร้าว และกะทิ ส่วนความชอบด้านรสหวานผู้บริโภคให้คะแนนความชอบของสูตรพื้นฐานที่ 3 สูงที่สุด เพราะมีความหวานที่พอดีของน้ำตาลมะพร้าว และน้ำผึ้งส่วนความชอบด้านความกรอบผู้บริโภคให้คะแนนความชอบของสูตรพื้นฐานที่ 3 สูงที่สุด เพราะมีส่วนผสมที่แตกต่างจากสูตรพื้นฐานอื่น เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐานที่ 2 โดยใช้ข้าวโอ๊ต น้ำผึ้ง และแบะแซ เป็นส่วนผสมหลักจึงทำให้สูตรพื้นฐานที่ 2 มีเนื้อสัมผัสที่แข็งกระด้าง มีความเหนียวของแบะแซและน้ำผึ้งทำให้เนื้อสัมผัสไม่กรอบ [25] ซึ่งส่งผลต่อความชอบของผู้บริโภค (ดังแสดงในรูปที่ 4.1)

จากการทดสอบความชอบของผู้บริโภค พบว่า สูตรพื้นฐานที่ 3 ได้รับคะแนนเฉลี่ยของความชอบมากกว่าสูตรพื้นฐานที่ 1 และ 2 ในด้านสี กลิ่นธัญพืช รสหวาน ความกรอบ และ

ความชอบโดยรวมสูงสุด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีส่วนผสมของข้าวเม่า ร้อยละ 9.71 ข้าวตอก ร้อยละ 3.40 งาขาว ร้อยละ 9.65 ถั่วสิลง ร้อยละ 21.85 น้ำตาลมะพร้าว ร้อยละ 10.93 น้ำผึ้ง ร้อยละ 6.98 แบะแซ ร้อยละ 13.20 กะทิ ร้อยละ 19.42 และน้ำอ้อย ร้อยละ 4.86 และมีส่วนผสมของ น้ำตาลมะพร้าว น้ำผึ้ง กะทิ น้ำอ้อย ถั่วลิสงและข้าวตอกที่แตกต่างจากสูตรอื่น ซึ่งผู้บริโภคชอบความหวานและสีของน้ำตาลมะพร้าว กลิ่นหอมของกะทิ งาขาวและธัญพืช ชอบความมันวาวของกะทิ ชอบความกรอบและความมันของ ถั่วลิสง จึงทำให้สูตรพื้นฐานที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบของผู้บริโภคมากที่สุด นำมาดัดแปลงส่วนผสมเพื่อให้ได้ประโยชน์มากขึ้น แต่ถั่วลิสงเป็นธัญพืชที่สามารถเกิดเชื้อราและกลิ่นหืนได้ง่าย ถ้าเก็บรักษาไว้ไม่เหมาะสมจะเสื่อมสภาพได้อย่างรวดเร็ว [64] ดังนั้นจึงใช้เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ เมล็ดฟักทองอบแห้ง เมล็ดทานตะวันอบแห้งแทนถั่วลิสง ส่วนข้าวตอกเป็นธัญพืชที่ดูดความชื้นในอากาศได้ง่าย ถ้าเก็บไว้ในสภาวะบรรยากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อายุการเก็บรักษาจะสั้นลง ดังนั้นต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส จึงสามารถรักษาผลิตภัณฑ์ให้อยู่ได้นานขึ้น [65] ดังนั้นจึงใช้ข้าวเม่าทดแทนข้าวตอก (ดังแสดงในตารางที่ 4.5) เพื่อนำมาศึกษาปริมาณของกลีบบัวหลวงอบแห้งที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งต่อไป

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณ (ร้อยละ) ของส่วนประกอบที่ใช้ผลิตธัญพืชชนิดแท่ง

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)
ข้าวเม่าคั่ว	13.08
งาขาว	9.69
เมล็ดมะม่วงหิมพานต์	8.47
เมล็ดฟักทองอบแห้ง	6.06
เมล็ดทานตะวันอบแห้ง	7.26
น้ำตาลมะพร้าว	10.90
น้ำผึ้ง	7.02
แบะแซ	13.32
กะทิ	19.37
น้ำอ้อย	4.84

ที่มา: ดัดแปลงจาก [60]

ก

ข

ค

รูปที่ 4.1 สูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งทั้ง 3 สูตร (ก) สูตรที่ 1 (ข) สูตรที่ 2 (ค) สูตรที่ 3

4.3.2 ผลการศึกษาปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

จากการคัดเลือกสูตรธัญพืชชนิดแท่งจากสูตรมาตรฐานที่ 3 มาดัดแปลงส่วนผสม (ดังแสดงในตารางที่ 4.5) นำมาเสริมกลีบบัวหลวงอบแห้งซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด ในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับคือ ร้อยละ 3, 6 และ9 เวลาในการอบ 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (ดังแสดงในรูปที่ 4.2) จากนั้นทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภคในด้านสี กลิ่นธัญพืช รสหวาน ความกรอบ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) โดยแจกตัวอย่างร่วมกับแบบสอบถาม (ดังแสดงในภาคผนวก ข) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 100 คน เมื่อนำมาทดสอบความชอบของผู้บริโภคได้คะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ (ดังแสดงในตารางที่ 4.6) พบว่า การเสริมกลีบบัวหลวงอบแห้งในปริมาณเพิ่มขึ้นมีผลต่อคะแนนความชอบด้านสี กลิ่นธัญพืช รสหวาน และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นคะแนนเฉลี่ยของความชอบด้านความกรอบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยความชอบด้านสี ปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 6 ได้รับคะแนนเฉลี่ยของความชอบจากผู้บริโภคมากที่สุด ที่ระดับคะแนนความชอบ 7.31±1.00 รองลงมาคือปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 3 ที่ระดับคะแนนความชอบ 7.22±1.13 รองลงมาคือ ปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 9 ที่ระดับคะแนนความชอบ 6.35±1.14 ส่วนความชอบด้านกลิ่นธัญพืช โดยปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 3 ได้รับคะแนนเฉลี่ยของความชอบมากที่สุด ที่ระดับคะแนนความชอบ 6.92±1.13 รองลงมาคือ ปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 6 ที่ระดับคะแนนความชอบ 6.80±1.05 รองลงมาคือ ปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้ง ร้อยละ 9 ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุด ที่ระดับคะแนนชอบ 6.26±1.15 ส่วนความชอบด้านรสหวาน ปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 6 ได้รับคะแนนเฉลี่ยของความชอบจากผู้บริโภคมากที่สุด ที่ระดับคะแนนความชอบ 7.40±0.96 รองลงมาคือปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 3 ที่ระดับคะแนนความชอบ 7.09±0.93 ส่วนความชอบด้านความกรอบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 6 ได้รับคะแนนเฉลี่ยความชอบจากผู้บริโภคมากที่สุด ที่ระดับคะแนนความชอบ 7.53±1.10 รองลงมาคือ ปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 3 ที่ระดับคะแนนความชอบ 7.39±1.06 รองลงมาคือ ปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 9 ที่ระดับคะแนนความชอบ 7.17±1.21 ส่วนด้านความชอบโดยรวมปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 6 ได้รับคะแนนเฉลี่ยความชอบจากผู้บริโภคมากที่สุด ที่ระดับคะแนนความชอบ 7.66±0.93 รองลงมาคือ ปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 3

ที่ระดับคะแนนความชอบ 7.42±0.97 รองลงมาคือ ปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 9 ที่ระดับคะแนนความชอบเล็กน้อย 6.54±1.08

จากการทดลองผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสีของปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 6 สูงที่สุด เพราะผลิตภัณฑ์ธัญพืชมีปริมาณสีม่วงจากกลีบบัวหลวงที่พอดี และเนื่องจากกลีบบัวหลวงมีสีชมพูเมื่อโดนความร้อนจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี อาหารที่ผ่านการทำแห้งจะมีสีเข้มขึ้นจากความร้อนหรือปฏิกิริยาเคมีการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งอุณหภูมิและช่วงเวลาที่อากาศมีความชื้น มีผลต่อความเข้มข้นของสี [35] และกลีบดอกบัวหลวงมีสีชมพูอมม่วง พืชที่มีสีม่วงแดงจะมีแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอลิกสูงมีประโยชน์ที่ดีต่อสุขภาพเพราะเป็นสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน ลดคอเลสเตอรอลในเลือด และสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็ง [9]ส่วนความชอบด้านกลิ่นธัญพืช ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 3 สูงที่สุด เพราะกลีบบัวหลวงอบแห้งมีกลิ่นหอมอ่อนๆ คล้ายกลิ่นใบชา เมื่อนำมาผสมในผลิตภัณฑ์ธัญพืชจะทำให้ได้รับกลิ่นของธัญพืชน้อยลงซึ่งส่งผลต่อความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ธัญพืช ส่วนความชอบด้านรสหวาน ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 6 สูงที่สุด เพราะมีความหวานที่พอดีจากส่วนผสมและไม่มีรสขมถึงฝาดจากกลีบบัวหลวงอบแห้งที่ผสมเพิ่มขึ้น และผู้บริโภคไม่ชอบรสหนาวของปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 9 เพราะกลีบบัวหลวงมีรสฝาดถึงขม ซึ่งมีสารพวกอัลคาลอยด์ (Alkaloids) ที่มีฤทธิ์ต่อการขยายเส้นเลือดที่เลี้ยงหัวใจ [13] ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกระยาสารท [26] ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบและจะต้องไม่มีรสขม กลิ่นหืน ส่วนความชอบด้านความกรอบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีความแตกต่างกันที่คะแนนความชอบแต่ไม่แตกต่างกันในช่วงระดับของคะแนนความชอบซึ่งอยู่ในช่วงเดียวกัน เพราะใช้เวลาในการอบ 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเท่ากันทุกสูตร ส่วนด้านความชอบโดยรวม ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 6 สูงที่สุด เพราะมีสีที่สวยเป็นธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ มีกลิ่นหอมของส่วนผสมจากน้ำตาล กะทิ ธัญพืช ที่พอดี ไม่มีกลิ่นอับ กลิ่นหืน มีรสหวานจากน้ำตาลมะพร้าวและน้ำผึ้งไม่มีรสขมจากกลีบบัวหลวงอบแห้ง และมีความกรอบที่พอดีไม่เหนียวและแข็งกระด้าง ผลิตภัณฑ์จับแล้วไม่แตกหัก จากการศึกษาถ้าใช้ปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งมากเกินไป จะทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวงที่ได้หยาบ รสฝาดถึงขม และมีกลิ่นบัวหลวงส่งผลต่อความชอบของผู้บริโภค และหากใช้ปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งน้อยเกินไปทำให้ได้รับ

สารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณน้อยตามไปด้วย และทำให้ผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวงที่ได้ดูไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดทั่วไป

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าคะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะด้านต่างๆ ของปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

คุณลักษณะผลิตภัณฑ์	ปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้ง (ร้อยละ)		
	3	6	9
สี	7.22±1.13[a]	7.31±1.00[a]	6.35±1.14[b]
กลิ่นธัญพืช	6.92±1.13[a]	6.80±1.05[a]	6.26±1.15[b]
รสหวาน	7.09±0.93[b]	7.40±0.96[a]	6.41±1.21[c]
ความกรอบ	7.39±1.06	7.53±1.10	7.17±1.21
ความชอบโดยรวม	7.42±0.97[a]	7.66±0.93[a]	6.54±1.08[b]

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c ในแนวนอนต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการทดลองดังกล่าว พบว่า การเพิ่มปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งมีผลต่อความชอบด้านสี กลิ่นธัญพืช รสหวาน ความกรอบ และความชอบโดยรวม ซึ่งการใช้ปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 6 มีความเหมาะสมมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากมีสีม่วงจากกลีบบัวหลวงที่พอดี มีรสหวานของส่วนผสมจากน้ำตาลมะพร้าวและน้ำผึ้ง มีกลิ่นของธัญพืชและกลิ่นกลีบบัวหลวงอบแห้งไม่มากจนเกินไป ผลิตภัณฑ์นั้นเมื่อใช้มีดหั่นเป็นชิ้นแล้ว ไม่ร่วนสามารถเกาะตัวกันเป็นแท่งได้ดี มากกว่าปริมาณบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 9 ซึ่งเป็นไปตามคุณลักษณะของเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน กระยาสารท [26] คือลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง มีส่วนประกอบเกาะตัวกันดีไม่ร่วนหรือแข็งจนเกินไป ไม่เหนียว ตัดเป็นชิ้นไม่แตกหัก มีสีม่วงเล็กน้อยจากกลีบบัวหลวงและสีที่เป็นธรรมชาติของส่วนผสม รสชาติหวานพอดีไม่ขม มีกลิ่นหอมของธัญพืชและส่วนผสม (ดังแสดงในรูปที่ 4.3) ดังนั้น จึงเลือกผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวงปริมาณร้อยละ 6 เพื่อนำมาศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านจุลชีววิทยาต่อไป

ก

ข

ค

รูปที่ 4.2 ผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวงปริมาณที่ต่างกัน (ก) ปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 3 (ข) ปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 6 (ค) ปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 9

รูปที่ 4.3 ผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

4.4 ผลการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

จากการศึกษาความชอบของผู้บริโภคต่อปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง มีผู้บริโภคให้คะแนนเฉลี่ยโดยรวมสูงสุดคือ ปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 6 นำมาศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านจุลชีววิทยา (ดังแสดงในตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	ยีสต์และรา (โคโลนี/กรัม)
ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง	0.237±0.00	1.96±0.001	$<3.0 \times 10^2$	ไม่พบ
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกระยาสารท	-	12	1×10^3	1×10^2

การศึกษา พบว่า ผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวงมีปริมาณน้ำอิสระ เท่ากับ 0.237±0.00 ปริมาณความชื้นร้อยละ 1.96±0.001 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง พบว่า มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $<3.0 \times 10^2$ โคโลนีต่อกรัม และไม่พบการเจริญของยีสต์และรา ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกระยาสารท ปริมาณน้ำอิสระต้องไม่เกิน 0.7 และปริมาณความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 12 ของน้ำหนัก จุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อกรัม ยีสต์และราต้องไม่เกิน 1×10^2 โคโลนีต่อกรัม [26] เนื่องจากปริมาณน้ำอิสระเป็นตัวควบคุมการเสื่อมเสียของอาหาร เพราะเชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ดีในภายใต้ค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่าที่เชื้อจะเจริญได้ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งจัดอยู่ในประเภทอาหารแห้งที่มีค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำจึงทำให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารได้ยาก [33], [66] อย่างไรก็ตามการอบแห้งมีผลต่อการระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ โดยการใช้ความร้อนทำให้น้ำในอาหารระเหยหรือระเหิด เพื่อลดค่ากิจกรรมของน้ำซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ [35]

ผลการศึกษาแตกต่างจากงานวิจัยของกัญวณา [29] ซึ่งทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งโดยมีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เท่ากับ 0.37 ปริมาณความชื้นร้อยละ 4.81 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.9×10^3 โคโลนีต่อกรัม และปริมาณยีสต์รา 1.2×10^2 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งมีส่วนผสม ข้าวพอง

ร้อยละ 33.3 เมล็ดทานตะวัน ร้อยละ 5.5 ถั่วทอง ร้อยละ 5.5 งาดำ ร้อยละ 5.5 ลำไยอบแห้ง ร้อยละ 5.5 น้ำตาลทราย ร้อยละ 25 และมอสโทรเด็กซ์ทรินร้อยละ 13.8 น้ำ ร้อยละ 5.5 ใช้เวลาในการอบ 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาที่ใช้เวลาในการอบ 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และส่วนผสมในการผลิตที่ต่างกัน จึงทำให้ค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งที่ได้แตกต่างกัน ดังนั้นการใช้อุณหภูมิในการอบที่ต่ำแต่ระยะเวลานานกว่าจึงทำให้มีค่าปริมาณน้ำอิสระ ความชื้น จุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์ รา น้อยกว่าการทดลองของกัญวณา [29]

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ปริมาณสารสกัดหยาบด้วยเอทานอลร้อยละ 95 ของบัวหลวง การสกัดสมุนไพรด้วยเอทานอลร้อยละ 95 จากส่วนต่างๆ ของบัวหลวง 10 ส่วน คือ กลีบดอก เกสร เมล็ด ดีบัว รังไข่ ใบอ่อน ใบแก่ ก้านดอก ไหล และรากบัว พบว่าส่วนต่างๆ ของบัวหลวงมีปริมาณสารสกัดหยาบที่แตกต่างกัน ปริมาณผลผลิตสารสกัดหยาบที่ได้สูงสุด 3 อันดับแรกคือ ใบแก่ กลีบดอก และดีบัว ปริมาณผลผลิตสารสกัดหยาบที่ได้ร้อยละ 13.82, 12.54 และ10.53 ตามลำดับ

5.1.2 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบัวหลวงด้วยวิธี DPPH โดยใช้ Butylated hydroxytoluene (BHT) เป็นสารมาตรฐานในการทดสอบซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 12.77±0.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่าส่วนประกอบของบัวหลวงทั้ง 10 ส่วน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน กลีบดอกและก้านดอกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด (12.78±0.44 และ16.89±0.61 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) ส่วนรังไข่และดีบัวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระปานกลาง (37.70±1.28 และ 46.40±0.12 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) ส่วนรากมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยต่ำที่สุด เท่ากับ 68.04±1.11 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วน เกสร ใบอ่อน ใบแก่ เมล็ด และไหลบัวไม่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อย (EC_{50} > 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่ากลีบบัวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด รองลงมาคือก้านดอก

5.1.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของบัวหลวง คำนวณได้จาก linear Regression Equation ของ Standard Curve ของกราฟ Gallic Acid ($y = 0.0052x+0.0739$, $R^2 = 0.9997$) โดย Y = Gallic Acid Equivalents และ x = ค่าดูดกลืนแสง จากผลการทดลองสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของบัวหลวง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมแตกต่างกัน พบว่า กลีบดอกมีสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด เท่ากับ 143.54±0.78 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกรัม รองลงมาคือรังไข่และก้านดอก (116.63±0.64 และ 99.86±1.60 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกรัม ตามลำดับ) ส่วนไหลบัว และเมล็ดมีสารประกอบฟีนอลิกน้อย (22.73±0.91 และ11.76±0.09 มิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกรัม ตามลำดับ) แสดงว่าปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบัวหลวง

5.1.4 ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวงทั้ง 3 สูตร พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับสูตรพื้นฐานที่ 3 มากที่สุด 7.82±0.90 ทั้งในด้านสี 7.38±1.07 กลิ่นธัญพืช 7.10±0.89 รสหวาน 7.68±0.98 ความกรอบ 7.66±0.96 และความชอบ

โดยรวม 7.82±0.90 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อนำมาดัดแปลงส่วนผสมประกอบด้วยข้าวเม่า ร้อยละ 13.08 เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ร้อยละ 8.47 เมล็ดฟักทองอบ ร้อยละ 6.05 เมล็ดทานตะวันอบ ร้อยละ 7.26 งาขาวคั่ว ร้อยละ 9.69 น้ำตาลมะพร้าว ร้อยละ 10.90 น้ำผึ้ง ร้อยละ 7.02 น้ำอ้อย ร้อยละ 4.84 กะทิ ร้อยละ 19.37 และแบะแซ ร้อยละ 13.32

5.1.5 ผลการศึกษาปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง โดยการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวงอบแห้งซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 3, 6 และ 9 พบว่า การเสริมปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งร้อยละ 6 ได้รับคะแนนการยอมรับมากที่สุดทั้งในด้านสี 7.31±1.00 กลิ่นธัญพืช 6.80±1.05 รสหวาน 7.40±0.96 และความชอบรวม 7.66±0.93 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนความกรอบ 7.53±1.10 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

5.1.6 ผลการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง พบว่าผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวงมีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เท่ากับ 0.237±0.00 ปริมาณความชื้น ร้อยละ 1.96±0.001 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง พบว่า มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $<3.0 \times 10^2$ โคโลนีต่อกรัม และไม่พบการเจริญของยีสต์และรา

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ ของบัวหลวงให้ครอบคลุมมากขึ้น ได้แก่ สารแทนนิน (Tanins) ฟลาโวนออยด์ (Flavonoids) แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) วิตามินเอ (Vitamin A) วิตามินอี (Vitamin E) และวิตามินซี (Vitamin C)

5.2.2 ควรศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพ (Biological Activity) ชนิดอื่นๆของบัวหลวงเพิ่มขึ้น ได้แก่ ฤทธิ์ต้านมะเร็ง (Anticancer) ฤทธิ์ต้านเบาหวาน (Hypoglycemic Activity) และฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียละรา

5.2.3 ควรออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้ดึงดูดใจผู้บริโภค ศึกษาบรรจุภัณฑ์และสภาวะการบรรจุที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมบัวหลวง เช่น พลาสติกชนิดต่างๆ และสภาวะบรรจุปกติ สุญญากาศปรับสภาพบรรยากาศของการบรรจุที่มีผลต่อคุณภาพในด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์

5.2.4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาที่ทำให้ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างไปจากเดิม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมาตรฐานต่อไป

5.2.5 ควรศึกษาตัวทำละลายชนิดอื่นๆ เช่น น้ำ เฮกเซน เมทานอล อะซิโตน เอทิลอะซิเตต

บรรณานุกรม

[1] ปาริสุทธิ์ สงทิพย์, “การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท บัณฑิตวิทยาลัย, ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550.

[2] เสริมลาภ วสุรัตน์, บัวประดับในประเทศไทย 1, กรุงเทพฯ : เนชั่นบุ๊คส์, 2547.

[3] กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารสุข, สมุนไพรไทย-จีน, กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การศาสนา, 2547.

[4] วุฒิ วุฒิธรรมเวช, คัมภีร์เภสัชรัตนโกสินทร์, กรุงเทพฯ : บริษัท ศิลป์สยามบรรจุภัณฑ์และการพิมพ์ จำกัด, 2547.

[5] โอภา วัชระคุปต์, ปรีชา บุญจูง, จันทนา บุณยะรัตน์ และมาลีรักษ์ อัตต์สินทอง, สารต้านอนุมูลอิสระ, นนทบุรี, 2537.

[6] Y.l. Chew, Y.Y. Lim, M. Omal and K.S. Khoo, “Antioxidant Activity of Three Edible Seaweeds from Two Areas in South East Asia,” food Science and Technology, Vol. 41, pp. 1067-1072, 2008.

[7] R.E. Beyer, “An Analysis of Role of Coenzyme Q in Free Radical Generation and As Antioxidant,” Biochemistry and Cell Biology, Vol. 70, No. 6, pp. 390-403, 1992.

[8] เดชา ศิริภัทร, สมุนไพรจากครัวไทย, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์หมอชาวบ้าน, 2546.

[9] สมหมาย ปัตตาลี, “การศึกษาคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากผลมะหลอด,” ปริญญาการศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, 2551.

[10] วรรภา วงศ์แสงธรรม, “การพัฒนากระบวนการผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดแท่งจากคัพภะข้าวโพด,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท บัณฑิตวิทยาลัย, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547.

[11] ชูเกียรติ อุทกะพันธุ์, สารานุกรมไม้ประดับในประเทศไทย เล่ม 1, กรุงเทพฯ : อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด มหาชน, 2540.

[12] คุณา นพทพัฒน์, การปลูกบัวประดับ, กรุงเทพฯ : พี พี เวิ้ลด์ มีเดีย, 2546.

[13] มนมาดา มูลเกิด, บัวพืชมหัศจรรย์, (0nline), 2011, Available: www.moonkerd.wordpress.com/บัวพืชมหัศจรรย์, (10 ตุลาคม 2012)

บรรณานุกรม (ต่อ)

[14] ชยันต์ พิเชียรสุนทร และวิเชียร จิรวงศ์, คู่มือเภสัชกรรมแผ่นไทย เล่ม 5 คณาเภสัช, กรุงเทพฯ : อมรินทร์, 2547.

[15] อัชลี จูฑะพุทธิ, "ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของบัวหลวง," วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, หน้า 6-63, 2546.

[16] กองโภชนาการ, ตารางคุณค่าทางอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม, กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี, 2530.

[17] บุหรัน พันธุ์สวรรค์, "อนุมูลอิสระสารต้านอนุมูลอิสระและการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ," วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 21(3), หน้า 275-286, 2556.

[18] B. Halliwell, "Antioxidant defense mechanism: From the beginning to the end," Soc. Free Radic. Biol. Med, Vol.31, No. 4, pp. 261-272, 1999.

[19] B.N Ames, M.K Shigenaga, and T.M. Hagen, "Oxidants antioxidants and the degenerative disease of aging," Proc. Natl. Acad. Sci. USA, Vol.90, No. 17, pp. 7915-7922, 1993.

[20] ไมตรี สุทธจิตต์, "ความรู้พื้นฐานของออกซิเดชัน," ในอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ, วรพล เองวานิช, บรรณาธิการ, คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา ร่วมกับสมาคมเพื่อการวิจัยอนุมูลอิสระไทย, เชียงใหม่ : สำนักพิมพ์นวัตกรรมสุขภาพ, หน้า 1-14, 2555.

[21] เจนจิรา จิรัมย์ และประสงค์ สีหานาม, "อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ : แหล่งที่มาและกลไกการเกิดปฏิกิริยา," ว.วิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์, 1(1), หน้า 59-70, 2554.

[22] J. Pokorny , N. Yanishlieva and M. Gordon, Antioxidants in Food: Practical Applications, CRC Press, New York, 2001.

[23] บุหรัน พันธุ์สวรรค์, ไมตรี สุทธจิตต์ และ สุพักตร์ พ่วงบางโพ, "ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกะทกรก ทองพันชั่ง ผักหวานป่าเพกา และมะระขี้นก ในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวรพะเยา," รายงานวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวรพะเยา, พะเยา, 2553.

[24] สมอุรา ทองรุ่งโรจน์, "องค์ประกอบทางเคมีของสารหอมระเหยเกสรบัวหลวง," วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตรศึกษา, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร, 2550.

[25] สุธิดา กิจจาวรเสถียน, "ผลิตภัณฑ์ธัญพืชผสมใบชะพลูอัดแท่ง," วิทยานิพนธ์คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2553.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[26] มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน.902, “ผลิตภัณฑ์สมุนไพรและธัญพืช,” (Online), 2548, Available : www.app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps902_48.pdf (29 สิงหาคม 2557)

[27] กมล แจ้งชัด, อนุวัตร แจ้งชัด และประชา บุญญสิริกุล, “การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและผลไม้แห้ง,” สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548.

[28] กรมส่งเสริมการเกษตร, เมล็ดทานตะวัน, พิมพ์ครั้งที่ 4, กรุงเทพฯ : กองเกษตรสัมพันธ์, 2545.

[29] กัญวณา ศรีสุข, “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2551.

[30] สุธาทิพ กมรประวัติ, ฟักทองลดน้ำตาลในเลือด, กรุงเทพฯ : หมอชาวบ้าน, 2551.

[31] ศิริวรรณ สุทธจิตต์, “ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อสุขภาพ,” ภาควิชาเภสัชเวท คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2544.

[32] ธนิษฐา พัฒนกิจจำรูญ และนภาพันธ์ โชคอำนวยการ, “การพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากงา,” วิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549.

[33] สมบัติ ขอทวีวัฒนา, “กรรมวิธีการอบแห้ง,” ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2529.

[34] วิลาสินี ดีปัญญา, “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่น้ำแผ่น,” คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, 2555.

[35] สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, “กระบวนการทำแห้งอาหาร,” ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2539.

[36] M.N. Ramesh, W. Wolf, D. Tevine and A. Bognar, “Microwave blanching of vegetables,” Food science, Vol. 67, pp. 390-398, 2002.

[37] S. Reynolds, “Drying vegetables. Health foods Healthy products Healthy information,” (0nline), 1998, Available : www.healthgoods.com/Eduation/Nutrition_Informaiton/Drying_Food/drying_vegetables.hml (9 มีนาคม 2557)

[38] T. Thomas and H. Berry, Drying Fruits and Vegetable, Washington State University, 1997.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[39] วรนันท์ ศุภพิพัฒน, อาหารโภชนาการและสารเป็นพิษ, กรุงเทพฯ : แสงการพิมพ์, 2538.

[40] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท, พิมพ์ครั้งที่ 7, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 2540.

[41] P. Follows, Food Processing Technology, England : Dllis Horwood Limited, 1990.

[42] วรรณรางค์ วัชรานานันท์, "การผลิตขนมขบเคี้ยวจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์," วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546.

[43] รัตนา เฉลมกลิ่น, "ฤทธิ์ต้านออดชิเดชันของบัวที่นิยมปลูกเป็นการค้า," รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, กรุงเทพฯ, 2548.

[44] D.-H. Sohn, Y.-C. Kim, S.-H. Oh, E.-J. Park, X. Li and B.-H. Lee, "Hepatoprotective and free radical scavenging effects of *Nelumbo nucifera*," Phytomedicine, Vol. 10, pp. 165-169, 2003.

[45] Yan - Bin Wu, Li - Jun Zheng, Jun Yi, Jian - Guo Wu, Chun - Jiang Tan, Ti - Qiang Chen, Jin - Zhong Wu, and Ka - hing Wong, "A comparative study on antioxidant activity of ten different parts of *Nelumbo nucifera* Gaertn," Pharmacy and Pharmacology, Vol. 5(22), pp. 2454 - 2461, 2011.

[46] Yang Dongmei, Wang Qiushuang, Ke Leqin, Jiang Jianmei and Ying Tiejin, "Antioxidant activities of various extracts of lotus (*Nelumbo nuficera* Gaertn) rhizome," Asia Pac J Clin Nutr, Vol 16(1), pp. 158 - 163, 2007.

[47] วิษณุ ผิวคำ, "แผนงานพิเศษบาร์รากบัว," หลักสูตรปริญญาคหกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาอาหารและโภชนาการ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2551.

[48] น้ำตาล ดีขุ่นทด, "แผนงานพิเศษเม็ดบัวแผ่นทอด," หลักสูตรปริญญาคหกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาอาหารและโภชนาการ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2554.

[49] เกษรา มานันตพงศ์, พงษ์ศักดิ์ ทรงพระนาม และอรอุมา คำแดง, "รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมเกสรบัวหลวง," สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2555.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[50] อ้อยทิพย์ ผู้พัฒน์, จีรวัฒน์ เหรียญอารีย์, สุชาดา งามประภาวัฒน์, สิวลี ไทยถาวร, รัตนาภรณ์ มะโนกิจ และเกรียงศักดิ์ สิงห์แก้ว, “รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากส่วนต่างๆของบัวหลวง”, สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[51] ผาณิต รุจิรพิสิฐ, “ผลของอุณหภูมิและเวลาต่อคุณภาพของรากบัวทอดสุญญากาศ,” วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, ปีที่ 40(3), หน้า 65-68, 2552.

[52] อัจฉรา ดลวิทยาคุณ, “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งมันเทศเคลือบ,” คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2544.

[53] รัชดา สาดตระกูลวัฒนา, “การพัฒนาอาหารเช้าพร้อมบริโภคอัดแท่งจากธัญพืช,” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

[54] วิมลศิริ ธนะสูติ, “การพัฒนาอาหารเช้าสำเร็จรูปแบบชนิดแท่ง,” วิทยาศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2539.

[55] K. Yamasaki, A. Hashimoto, Y. Kokusenya, T. Miyamoto and T. Sato, “Electrochemical method for estimating the antioxidative effects of methanol extracts of crude drugs,” Chemical & Pharmaceutical Bulletin l, Vol. 42, pp. 1663-1665, 1994.

[56] G. Miliauskas, P.R. Venskutonis and T.A. van Beek, Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts Food Chem, 85: 231-237, 2004.

[57] O. Folin, and V. Ciocalteu, “On tyrosine and tryptophane determinations in proteins,” Biological Chemistry, Vol. 73, pp. 627-650, 1927.

[58] V. Singelton, R. Orthifer, R. Lamuela and M. Raventos, “ Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent,” Methods in Enzymology, Vol. 299, pp. 152-178, 1999.

[59] M. Olieve, The Good Food Cook Book, Tormont Publishing Inc, Canada, 1993.

[60] จริยา เดชกุญชร, ขนมไทย เล่ม 1, กรุงเทพฯ : พิมพ์ที่ บริษัทวี.พริ้นท์ (1991) จำกัด, 2549.

[61] AOAC. Official Method of Analysis, The Association of Official Chemisits, Washington,D.C, 2000.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[62] อธิกา จารุโชติกมล, “ฤทธิ์ต้านออกซิแดนท์ของผักแพว,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2543.

[63] ธารธรรมแก้ว เชื้อเมือง, สมุนไพรสำคัญที่ควรรู้, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ กำแก้ว, 2537.

[64] สนอง อมกฤษ์, “การศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดถั่วลิสงด้วยวิธีการบรรจุภัณฑ์แบบอากาศดัดแปลง,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, ภาควิชาเครื่องจักรกลเกษตร, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2546.

[65] อุลัย ศิริศรี และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, “การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวตอก ฤทธิ์ทางโภชนาการ อายุการเก็บรักษาและการบรรจุหีบห่อ,” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก, จันทบุรี, 2547.

[66] วารสารจาร์พา, “Water Activity กับการควบคุมอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร,” (Online), 2546, Available : www.phtnet.org (10 ธันวาคม 2558)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์
ผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

วว.-TISTR

รายงานเอกที่ 2107 / 2558

คำขอบริการที่ 16-58/0347 ศทม. หป. ชจ. 0700 / 58

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์

ให้แก่

ว่าที่ร้อยตรีหญิงสุรัตน์วดี วงค์คลัง

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การทดสอบ / วิเคราะห์ ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

วิธีทดสอบ / วิเคราะห์ AOAC 2012, APHA (2001), US-FDA (2001)

ภาวะการทดสอบ / วิเคราะห์ : อุณหภูมิ .....-.....°C ความชื้นสัมพัทธ์ .....-.....%

ผลการทดสอบ / วิเคราะห์

ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

รายการวิเคราะห์	วิเคราะห์ซ้ำ	
	1	2
ความชื้น, กรัม/100 กรัม	1.58	1.54
วอเตอร์แอคทิวิตี้*	0.239a_w	0.235a_w
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด, (CFU/กรัม)	~65	-
ยีสต์และรา, (CFU/กรัม)	< 10	-

หมวดแพคุ : ทดสอบโดยห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์, ศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา
สิ้นสุดรายงานผลการทดสอบ

ผู้ทดสอบ/วิเคราะห์

1 .....

2 .....

3 .....

ผู้รับรอง .....

(นางสาวอรเพ็ญ หนูสุวรรณ)

นักวิชาการอาวุโส

รักษาการแทน

ผู้อำนวยการห้องปฏิบัติการชีวเคมีและจุลชีววิทยา

วันที่ 4 สิงหาคม 2558 Ref. 1026258060900586001

รายงานผลการทดสอบ/ใบรับรองการสอบเที่ยบนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบ หรือ สอบเทียบเท่านั้น แล้วแต่กรณี
การนำรายงานผล/ใบรับรองนี้ไปโฆษณาและการคัดถ่ายหรือการนำผลบางส่วนไปเผยแพร่ต่อสาธารณะต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้ว่าการ วว.

FM.BL.MTC.001 Rev.3

สำนักงานใหญ่
35 หมู่ 3 ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง
จังหวัดปทุมธานี 12120
โทรศัพท์ (66) 0 2577 9000
โทรสาร (66) 0 2577 9009
E-mail : rumpai@tistr.or.th Website : www.tistr.or.th

สำนักงาน/ห้องปฏิบัติการ
ซอย IC นิคมอุตสาหกรรมภาคใหญ่ ถนนสุขุมวิท
ตำบลพรกษา อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10280
โทรศัพท์ (66) 0 2323 1672-80 ต่อ 115, 116
โทรสาร (66) 0 2323 9165
E-mail : mtc@tistr.or.th

สำนักงาน
196 ถนนพหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ (66) 0 2579 1121-30 ต่อ 5219,5225,5217
โทรสาร (66) 0 2579 8592
E-mail : wanalee@tistr.or.th

ภาคผนวก ข
แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ประเมิน.....นามสกุล……..

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อผลิตภัณฑ์ : ธัญพืชชนิดแท่ง

วัตถุประสงค์ : เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมบัวหลวงต่อไป

คำแนะนำ : กรุณาชิมผลิตภัณฑ์โดยเรียงลำดับการชิมตามเลขรหัสในตารางจากซ้ายมือของท่านไปขวามือ แล้วให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความรู้สึกของท่าน โดยกำหนดคะแนนดังนี้

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

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ		
	รหัส 125	รหัส 135	รหัส 145
สี			
กลิ่นธัญพืช			
รสหวาน			
ความกรอบ			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

……

……

…….

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ประเมิน.....นามสกุล……..

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อผลิตภัณฑ์ : ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

วัตถุประสงค์ : เพื่อศึกษาปริมาณกลีบบัวหลวงที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

คำแนะนำ : กรุณาชิมผลิตภัณฑ์โดยเรียงลำดับการชิมตามเลขรหัสในตารางจากซ้ายมือของท่านไปขวามือ แล้วให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความรู้สึกของท่าน โดยกำหนดคะแนนดังนี้

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

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ		
	รหัส 225	รหัส 335	รหัส 445
สี			
กลิ่นธัญพืช			
รสหวาน			
ความกรอบ			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

ภาคผนวก ค
สูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งทั้ง 3 สูตร
และสูตรผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

สูตรพื้นฐานธัญพืชชนิดแท่ง สูตรที่ 1

ส่วนผสมของแห้ง

ข้าวเม่าคั่ว	44	กรัม
เมล็ดฟักทองอบ	34	กรัม
เมล็ดทานตะวันกะเทาะเปลือก	22	กรัม
งาขาวคั่ว	22	กรัม

ส่วนผสมของเหลว

น้ำตาลมะพร้าว	38	กรัม
แบะแซ	18	กรัม
กะทิ	22	กรัม

วิธีทำ

1. ชั่งส่วนผสมของแห้งและของเหลว

2. เตรียมส่วนผสมของน้ำเชื่อม ได้แก่ น้ำตาลมะพร้าว กะทิ แบะแซ ชั่งน้ำหนักตามสูตร นำมาผสมรวมกัน และให้ความร้อนจนกระทั่งส่วนผสมเดือด ใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที จนกระทั่งอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จากนั้นนำน้ำเชื่อมที่ได้มาผสมกับข้าวเม่าคั่ว เมล็ดฟักทอง เมล็ดทานตะวัน และงาขาวคั่ว

3. นำส่วนผสมมาอัดในถาดอลูมิเนียมขนาด 16 x 10 นิ้ว ที่กรุด้วยกระดาษไข แล้วใช้ไม้คลึงแป้งคลึงให้มีความหนา 1 เซนติเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 20 นาที พักไว้ให้เย็นจากนั้นใช้มีดตัดให้มีขนาด 3 x 6 x 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร หนักชิ้นละ 10 กรัม จากน้ำหนัก 200 กรัม ต่อถาด

ที่มา : [25]

สูตรพื้นฐานธัญพืชชนิดแท่ง สูตรที่ 2

ส่วนผสมของแห้ง

ข้าวพอง	46	กรัม
ข้าวโอ๊ต	80	กรัม
ถั่ววอลนัท	60	กรัม
ถั่วลิสงอบ	60	กรัม

ส่วนผสมของเหลว

น้ำผึ้ง	230	กรัม
แบะแซ	290	กรัม
กลิ่นมะนาว	3	กรัม

วิธีทำ

1. เคี่ยวน้ำผึ้งกับแบะแซในกระทะจนข้น คนให้เข้ากันยกลงจากเตา
2. ผสมของแห้งทั้งหมดเข้าด้วยกัน
3. ใส่ส่วนผสมของแห้งลงในน้ำเชื่อมให้เข้ากันดี ใส่ขนมลงในถาดกดให้เรียบ นำไปอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 30 นาที จนแห้งหรือจนกระทั่งออกสีน้ำตาลและตัดเป็นชิ้นตามต้องการ

ที่มา : [58]

สูตรพื้นฐานธัญพืชชนิดแท่ง สูตรที่ 3

ส่วนผสมของแห้ง

ข้าวเม่าราง (คั่วกรอบ)	320	กรัม
ข้าวตอกราง	112	กรัม
งาขาวคั่ว	318	กรัม
ถั่วลิสงคั่ว	720	กรัม

ส่วนผสมของเหลว

น้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลมะพร้าว	360	กรัม
กะทิ	640	กรัม
น้ำผึ้ง	230	กรัม
น้ำอ้อย	160	กรัม
แบะแซ	435	กรัม

วิธีทำ

1. ผสม น้ำตาล กะทิ และน้ำอ้อยในกระทะ ตั้งไฟ พอน้ำตาลละลายกรองด้วยผ้าขาวบางเคี่ยวต่อไปจนข้น ใส่แบะแซ น้ำผึ้ง เคี่ยวจนเหนียว ทดสอบ โดยหยดน้ำเชื่อมลงในน้ำเย็นแล้วปั้นเป็นก้อนได้จึงยกกระทะลง

2. ผสมข้าวเม่า ข้าวตอก งาขาวคั่ว ถั่วสิสง เข้าด้วยกัน

3. เทของแห้งลงในน้ำเชื่อม คนจนเข้ากันดีแล้ว เทใส่ถาดให้เรียบ พอเย็นตัดเป็นชิ้นขนาดตามต้องการ

ข้อเสนอแนะ

- เมื่อน้ำตาลข้นต้องไม่คนมาก เพราะจะทำให้น้ำตาลตกผลึก ขนมจะร่วน
- กระยาสารทเป็นขนมที่กวนในเทศกาลสารท คือต้นเดือน 10 นิยมรับประทานกับกล้วยไข่

ที่มา : [59]

สูตรธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

ส่วนผสมของแห้ง

ข้าวเม่า	54	กรัม
เมล็ดมะม่วงหิมพานต์	35	กรัม
เมล็ดฟักทองอบอบแห้ง	25	กรัม
เมล็ดทานตะวันอบแห้ง	30	กรัม
งาขาวคั่ว	40	กรัม

ส่วนผสมของเหลว

น้ำตาลมะพร้าว	45	กรัม
กะทิ	80	กรัม
น้ำอ้อย	20	กรัม
น้ำผึ้ง	29	กรัม
แบะแซ	55	กรัม

วิธีทำ

1. ผสมน้ำตาล กะทิ แบะแซ น้ำผึ้งและน้ำอ้อยในกระทะ ตั้งไฟ เคี่ยวจนเหนียวใช้เวลาประมาณ 10 - 15 นาที จนกระทั่งอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

2. ผสมของแห้งทั้งหมดเข้าด้วยกัน

3. ใส่ส่วนผสมของแห้งลงในน้ำเชื่อมให้เข้ากันดี ใส่ขนมลงในถาดอลูมิเนียมขนาด 11 x 15 นิ้ว ปูด้วยกระดาษไข แล้วใช้ไม้คลึงแป้งคลึงให้มีความหนา 1 - 1.3 เซนติเมตร กดให้เรียบ นำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 4 ชั่วโมง พักไว้ให้เย็นจากนั้นใช้มีดตัดให้มีขนาด 2.5 x 9 x 1.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร หนักชิ้นละ 15 กรัม จากน้ำหนัก 345 กรัม ต่อถาด

ที่มา : [25], [59]

ภาคผนวก ง
รูปการเตรียมวัตถุดิบในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบัวหลวง เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

ก

ข

ค

ง

จ

รูปที่ ง.1 ส่วนประกอบของบัวหลวง (ก) เมล็ดบัว (ข) ดีบัว (ค) เกสร (ง) ใบอ่อน (จ) กลีบดอก

ฉ

ช

ฌ

ญ

ฎ

รูปที่ ง.2 ส่วนประกอบของบัวหลวง(ต่อ) (ฉ) ไหล (ช) ใบแก่ (ฌ) รังไข่ (ญ) ราก (ฎ) ก้านดอก

ก

ข

ค

ง

รูปที่ ง.5 กระบวนการสกัดสารจากบัวหลวง (ก) ล้างทำความสะอาดส่วนประกอบของบัวหลวง (ข) อบที่อุณหภูมิ 50 องศาสเซลเซียส (ค) บดให้ละเอียด (ง) หมักเอทานอลร้อยละ 95 นาน 3 วัน

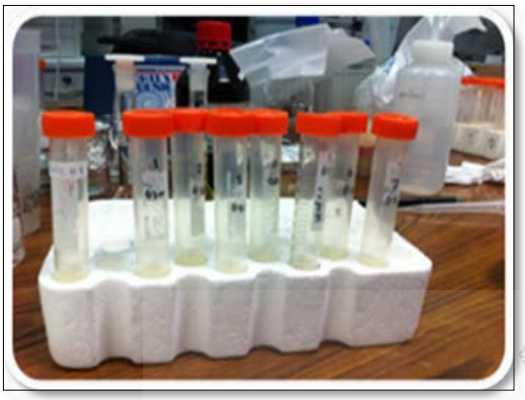
จ

ฉ

ช

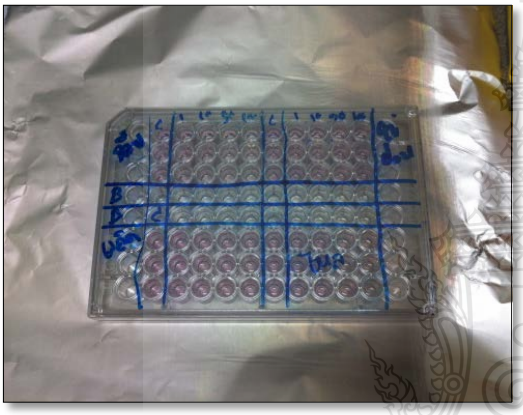
ฌ

รูปที่ ง.6 กระบวนการสกัดสารจากบัวหลวง (ต่อ) (จ) กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 (ฉ) ระเหยแห้งด้วยเครื่อง Evaporator (ช) อบสารในตู้อบจนกว่าน้ำหนักคงที่ (ฌ) เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส



ก

ข

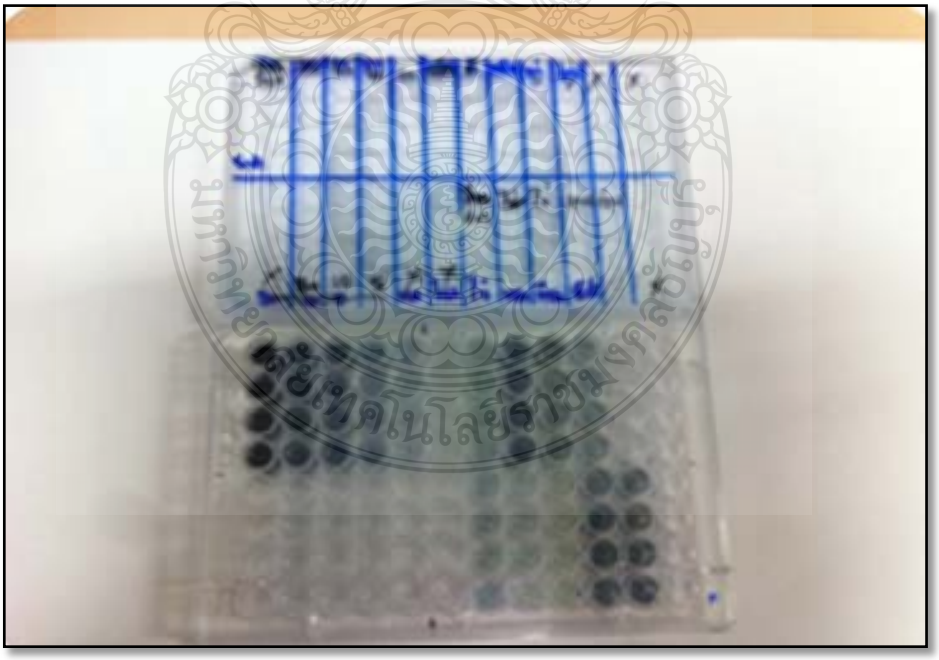


ค

ง

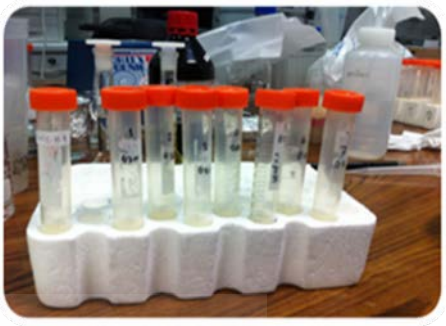
รูปที่ ง.7 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบัวหลวงด้วยวิธี DPPH assay (ก) ปรับความเข้มข้น 1, 10, 50 และ100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ข) ทดสอบด้วยสารสะลาย DPPH และใช้ BHT เป็นสารมาตรฐาน หยอดลงใน 96-Well Plate (ค) ตั้งทิ้งในที่มืด 30 นาที (ง) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate Reader

รูปที่ ง.8 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบัวหลวง



รูปที่ ง.9 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของบัวหลวง

ก



ข

ค

ง

จ

รูปที่ ง.10 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของบัวหลวง (ก) วัสดุและอุปกรณ์ (ข) ปรับความเข้มข้น 5, 10, 20, 40, 80, 160 และ200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ค) หยอดลงใน 96-Well Plate เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu และ Sodium bicarbonate (ง) ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที (จ) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate Reader

รูปที่ ง.11 กระบวนการผลิตธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง (ก) วัตถุดิบ (ข) ล้างทำความสะอาดกลีบบัวหลวง (ค) อบที่อุณหภูมิ 50 องศาสเซลเซียส (ง) ปั่นด้วยความเร็วเบอร์ 1 เป็นเวลา 10 วินาที

จ

ฉ

ช

ฌ

รูปที่ ง.12 กระบวนการผลิตธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง (ต่อ) (จ) ชั่งส่วนผสมของแห้งรวมกัน (ฉ) เคี้ยวน้ำเชื่อมซึ่งเป็นของเหลวเข้าด้วยกัน (ช) ผสมส่วนที่เป็นของแห้งและของเหลว (ฌ) ใส่ในถาดอลูมิเนียมขนาด 11 x 15 นิ้ว ใช้ไม้คลึงแป้งคลึงให้มีความหนา 1 เซนติเมตร

ญ

ฎ

ฏ

ฐ

รูปที่ ง.13 กระบวนการผลิตธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง (ต่อ) (ญ) อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง (ฎ) ใช้มีดตัดให้มีขนาด 2.5 x 9 x 1.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ฏ) ผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง (ฐ) บรรจุในถุงอลูมิเนียม

ภาคผนวก จ
การตรวจวิเคราะห์คุณภาพ

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Water activity, a_w)

ทำการวัดค่าวอเตอร์แอกทีวิตีด้วยเครื่อง AQUA LAB (Aqualab Model Series 3, USA) ก่อนทำการวัดให้เปิดเครื่องไว้เป็นเวลา 30 นาที จึงใส่ตัวอย่างที่บดละเอียดลงในตลับสำหรับวัดตัวอย่างประมาณ 1 ใน 3 ของตลับ จากนั้นนำไปวางในเครื่องวัด รอจนกระทั่งเครื่องอ่านค่าวอเตอร์แอกทีวิตีจดบันทึกค่าที่วัดได้ ทำการวัด 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าวอเตอร์แอกทีวิตีที่ได้

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โดยวิธี (AOAC, 2000)

1. อบถ้วยอะลูมิเนียมในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 2 - 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบ ใส่ลงในโถดูดความชื้น จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วจึงชั่งน้ำหนัก

2. กระทำซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งสองครั้งไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1 - 3 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนัก นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 - 5 ชั่วโมง

4. นำออกจากตู้อบใส่โถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่าง จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อบและกระทำซ้ำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{ผลต่างน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

การหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยวิธีการ Spread plate ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ PCA (plate count agar) (AOAC,2000)

1. ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม เติมน้ำกลั่น sterlite 225 มิลลิลิตร ใส่ลงในถุงสำหรับตีผสมอาหารบดตัวอย่างด้วยเครื่องตีป่นอาหารเป็นสารเจือจางขั้น $1:10^1$ และนำมาเจือจางต่อเป็น $1:10^2$ และ$1:10^3$ โดยการทดลองนี้จะทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2. ด้วยการทำ spread plate ในอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA (plate count agar)

3. นำ plate ที่ spread plate แล้วจากข้อที่ 2 มาทำการบ่มในตู้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

4. ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 1 - 2 วัน นับจำนวนโคโลนีที่ขึ้นในอาหาร PCA ซึ่งโคโลนีที่ขึ้นจะมีลักษณะกลมสีขาวขุ่นและผิวมันใช้เวลาในการบ่มเป็นเวลา 5 - 7 วัน นับจำนวนโคโลนีที่ขึ้นในอาหาร PCA สำหรับการหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในแต่ละความเข้มข้นจะศึกษาจำนวน 3 ซ้ำ และทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

5. นับจำนวนโคโลนีที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีโคโลนีขึ้นอยู่ระหว่าง 30 - 300 โคโลนี นำไปคำนวณหาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในตัวอย่างเป็น CFU/กรัม

6. การคำนวณปริมาณจุลินทรีย์

$$\text{ปริมาณจุลินทรีย์ต่อตัวอย่าง 1 กรัม (โคโลนี)} = \frac{\text{จำนวนโคโลนีที่ขึ้นใน plate (โคโลนี)}}{\text{ระดับความเจือจาง}}$$

การหาจำนวนยีสต์และราโดยวิธีการ Spread plate ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (potato dextrose agar) (AOAC,2000)

1. ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม เติมน้ำกลั่น sterlite 225 มิลลิลิตร ใส่ลงในถุงสำหรับตีผสมอาหารบดตัวอย่างด้วยเครื่องตีป่นอาหารเป็นสารเจือจางขั้น $1:10^1$ และนำมาเจือจางต่อเป็น $1:10^2$ และ$1:10^3$ โดยการทดลองนี้จะทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2. ด้วยการทำ spread plate ในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (potato dextrose agar) ที่ผ่านการปรับกรดแล้วมี pH ประมาณ 4.5

3. นำ plate ที่ spread plate แล้วจากข้อที่ 2 มาทำการบ่มในตู้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

4. ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 1 - 2 วัน นับจำนวนโคโลนีที่ขึ้นในอาหาร PDA ซึ่งโคโลนีที่ขึ้นจะมีลักษณะกลมสีขาวขุ่นและผิวมันใช้เวลาในการบ่มเป็นเวลา 5 - 7 วัน นับจำนวนโคโลนีที่ขึ้นในอาหาร

PDA โดยเชื้อราจะเห็นเป็นโคโลนีสีดำและมีเส้นใยเกิดขึ้น ขณะที่ยีสต์โคโลนีที่มีลักษณะขาวขุ่น นุ่ม และมีรอยยู่ยี่ สำหรับการหาปริมาณยีสต์และราจะทดลองจำนวน 3 ซ้ำ และทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

5. นับจำนวนโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีโคโลนีขึ้นอยู่ระหว่าง 30 - 300 โคโลนี นำไปคำนวณหาจำนวนเชื้อที่มีอยู่ในตัวอย่างเป็น CFU/กรัม

6. การคำนวณปริมาณยีสต์และรา

ปริมาณยีสต์และราต่อตัวอย่าง 1 กรัม (โคโลนี) = $\frac{\text{จำนวนโคโลนีที่ขึ้นใน plate (โคโลนี)}}{\text{ระดับความเจือจาง}}$

ภาคผนวก ฉ
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกระยาสารท

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะกระยาสารทที่บรรจุในภาชนะบรรจุ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 กระยาสารท หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเมล็ดถั่วลิสง งา และข้าวเม่า ที่คัดเลือกสิ่งเจือปนออกแล้วมาทำความสะอาด คั่วให้สุก ลอกเปลือกออก แล้วคลุกกับส่วนผสมของน้ำ น้ำตาล หรือน้ำอ้อย และแบะแซที่เคี่ยวจนมีความเหนียวพอเหมาะ อาจปรุงแต่งด้วยส่วนผสมอื่น เช่น มะพร้าว น้ำผึ้ง น้ำผลไม้ สมุนไพรและอาจอัดเป็นแผ่น ตัดเป็นชิ้น หรือทำเป็นชิ้นรูปร่างต่าง ๆ

หมายเหตุ กระยาสารทแต่ดั้งเดิมใช้เมล็ดถั่วลิสง งา ข้าวเม่า และข้าวตอก เป็นส่วนผสมหลัก

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไปต้องมีความเหนียวพอเหมาะ ส่วนประกอบเกาะตัวกันดีและมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ถ้าตัดเป็นชิ้นแต่ละชิ้นต้องไม่ติดกันแน่นและแยกออกได้ง่ายด้วยมือโดยไม่เสียรูปทรง

3.2 สีต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้

3.3 กลิ่นรสต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน รสขม

3.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสต้องเหนียวพอเหมาะ ไม่ร่วนหรือแข็งกระด้างเมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 8.1 แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

3.5 สิ่งแปลกปลอมต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

3.6 ความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก

3.7 อะฟลาทอกซินต้องไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม

3.8 จุลินทรีย์

3.8.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.8.2 ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 1×10^2 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

4. สุขลักษณะ

4.1 สุขลักษณะในการทำกระยาสารท ให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

5. การบรรจุ

5.1 ให้บรรจุกระยาสารทในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

5.2 น้ำหนักสุทธิของกระยาสารทในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ที่ภาชนะบรรจุกระยาสารททุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น กระยาสารทน้ำอ้อย กระยาสารทเคลือบน้ำผัก

(2) ส่วนประกอบที่สำคัญ

(3) น้ำหนักสุทธิ

(4) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า “ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)”

(5) ข้อแนะนำในการเก็บรักษา

(6) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

7.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง กระยาสารทที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำในระยะเวลาเดียวกัน

7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

7.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุและเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.5 ข้อ 5. และข้อ 6. จึงจะถือว่ากระยาสารทรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัส ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ 7.2.1 แล้ว จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.1 ถึงข้อ 3.4 จึงจะถือว่ากระยาสารทรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความชื้นและอะฟลาทอกซิน ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 300 กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.6 และข้อ 3.7 จึงจะถือว่ากระยาสารทรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.4 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 200 กรัมกรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.8 จึงจะถือว่ากระยาสารทรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.3 เกณฑ์ตัดสินตัวอย่างกระยาสารทต้องเป็นไปตามข้อ 7.2.1 ข้อ 7.2.2 ข้อ 7.2.3 และข้อ 7.2.4 ทุกข้อ จึงจะถือว่ากระยาสารทรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

8. การทดสอบ

8.1 การทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัส

8.1.1 ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบกระยาสารทอย่างน้อย 5 คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

8.1.2 วางตัวอย่างกระยาสารทลงบนจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม

8.1.3 หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

8.2 การทดสอบสิ่งแปลกปลอม ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ตรวจพินิจ

8.3 การทดสอบความชื้นและอะฟลาทอกซินให้ใช้วิธีทดสอบตาม A.OA.C หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

8.4 การทดสอบจุลินทรีย์ให้ใช้วิธีทดสอบตาม A.OA.C หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

8.5 การทดสอบน้ำหนักสุทธิให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

ตารางที่ 1 หลักเกณฑ์การให้คะแนน

(ข้อ 8.1.3)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ต้องมีความเหนียวพอเหมาะ ส่วนประกอบเกาะตัวกันดีและมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ถ้าตัดเป็นชิ้นแต่ละชิ้นต้องไม่ติดกัน แน่นและแยกออกได้ง่ายด้วยมือโดยไม่ต้องเสียรูปร่าง	4	3	2	1
สี	ต้องมีสีที่ตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้	4	3	2	1
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน รสขม	4	3	2	1
ลักษณะเนื้อสัมผัส	ต้องเหนียวพอเหมาะ ไม่ร่วนหรือแข้งกระด้าง	4	3	2	1

ภาคผนวก ก.

สุขลักษณะ

(ข้อ 4.1)

ก.1 สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

ก.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียง อยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำเกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

ก.1.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ สะอาด ไม่มีน้ำขังแฉะและสกปรก

ก.1.1.2 อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่น เขม่า ควัน มากผิดปกติ

ก.1.1.3 ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจ เช่น บริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์ แหล่งเก็บหรือกำจัดขยะ

ก.1.2 อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษา การทำความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย

ก.1.2.1 พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารที่ทำ ก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทน เรียบ ทำความสะอาด และซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

ก.1.2.2 แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วน ไม่อยู่ใกล้ห้องสุขา ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการทำอยู่ในบริเวณที่ทำ

ก.1.2.3 พื้นที่ปฏิบัติงานไม่แออัด มีแสงสว่างเพียงพอ และมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

ก.2 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการทำ

ก.2.1 ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ ทำจากวัสดุมีผิวเรียบ ไม่เป็นสนิม ล้างทำความสะอาดได้ง่าย

ก.2.2 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาด เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

ก.3 การควบคุมกระบวนการทำ

ก.3.1 วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำ สะอาด มีคุณภาพดี มีการล้างหรือทำความสะอาดก่อนนำไปใช้

ก.3.2 การทำ การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่ง ให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ก.4 การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

ก.4.1 น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และมือของผู้ทำ เป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณเพียงพอ

ก.4.2 มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลงและฝุ่นผง ไม่ให้เข้าในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

ก.4.3 มีการกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และน้ำทิ้ง อย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์

ก.4.4 สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และเก็บแยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ก.5 บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ

ผู้ทำทุกคน ต้องรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ ไม่ไว้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน หลังการใช้ห้องสุขาและเมื่อมือสกปรก

ภาคผนวก ช
ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตารางที่ ช.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

General Linear Model สูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

Between-Subjects Factors

		N
formular	1	50
	2	50
	3	50

Descriptive Statistics

	formular	Mean	Std. Deviation	N
Color	1	6.80	1.143	50
	2	6.50	1.568	50
	3	7.38	1.067	50
	Total	6.89	1.322	150
Smell	1	7.00	1.143	50
	2	5.88	1.662	50
	3	7.10	.886	50
	Total	6.66	1.380	150
Taste	1	7.20	1.088	50
	2	5.82	1.257	50
	3	7.68	.978	50
	Total	6.90	1.360	150
Texture	1	7.58	.906	50
	2	5.62	1.794	50
	3	7.66	.961	50
	Total	6.95	1.590	150
Liking	1	7.64	1.025	50
	2	6.22	1.360	50
	3	7.82	.896	50
	Total	7.23	1.317	150

Multivariate Tests[a]

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	.982	1572.174[b]	5.000	143.000	.000
	Wilks' Lambda	.018	1572.174[b]	5.000	143.000	.000
	Hotelling's Trace	54.971	1572.174[b]	5.000	143.000	.000
	Roy's Largest Root	54.971	1572.174[b]	5.000	143.000	.000
formular	Pillai's Trace	.500	9.595	10.000	288.000	.000
	Wilks' Lambda	.527	10.795[b]	10.000	286.000	.000
	Hotelling's Trace	.846	12.020	10.000	284.000	.000
	Roy's Largest Root	.781	22.501[c]	5.000	144.000	.000

a. Design: Intercept + formular

b. Exact statistic

c. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level.

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Color	20.013[a]	2	10.007	6.122	.003
	Smell	45.880[b]	2	22.940	14.182	.000
	Taste	93.240[c]	2	46.620	37.601	.000
	Texture	133.493[d]	2	66.747	40.348	.000
	Liking	76.813[e]	2	38.407	31.110	.000
Intercept	Color	7127.707	1	7127.707	4360.633	.000
	Smell	6653.340	1	6653.340	4113.218	.000
	Taste	7141.500	1	7141.500	5759.906	.000
	Texture	7252.327	1	7252.327	4383.963	.000
	Liking	7833.707	1	7833.707	6345.354	.000

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
formular	Color	20.013	2	10.007	6.122	.003
	Smell	45.880	2	22.940	14.182	.000
	Taste	93.240	2	46.620	37.601	.000
	Texture	133.493	2	66.747	40.348	.000
	Liking	76.813	2	38.407	31.110	.000
Error	Color	240.280	147	1.635		
	Smell	237.780	147	1.618		
	Taste	182.260	147	1.240		
	Texture	243.180	147	1.654		
	Liking	181.480	147	1.235		
Total	Color	7388.000	150			
	Smell	6937.000	150			
	Taste	7417.000	150			
	Texture	7629.000	150			
	Liking	8092.000	150			
Corrected Total	Color	260.293	149			
	Smell	283.660	149			
	Taste	275.500	149			
	Texture	376.673	149			
	Liking	258.293	149			

a. R Squared = .077 (Adjusted R Squared = .064)

b. R Squared = .162 (Adjusted R Squared = .150)

c. R Squared = .338 (Adjusted R Squared = .329)

d. R Squared = .354 (Adjusted R Squared = .346)

e. R Squared = .297 (Adjusted R Squared = .288)

Estimated Marginal Means

Grand Mean

Dependent Variable	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Color	6.893	.104	6.687	7.100
Smell	6.660	.104	6.455	6.865
Taste	6.900	.091	6.720	7.080
Texture	6.953	.105	6.746	7.161
Liking	7.227	.091	7.047	7.406

Post Hoc Tests

formular

Homogeneous Subsets

Color

Duncan[a,b,c]

formular	N	Subset	
		1	2
2	50	6.50	
1	50	6.80	
3	50		7.38
Sig.		.243	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.635.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 50.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

Smell

Duncan[a,b,c]

formular	N	Subset	
		1	2
2	50	5.88	
1	50		7.00
3	50		7.10
Sig.		1.000	.695

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.618.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 50.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

Taste

Duncan[a,b,c]

formular	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
2	50	5.82		
1	50		7.20	
3	50			7.68
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.240.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 50.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

Texture

Duncan[a,b,c]

formular	N	Subset 1	Subset 2
2	50	5.62	
1	50		7.58
3	50		7.66
Sig.		1.000	.756

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.654.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 50.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

Liking

Duncan[a,b,c]

formular	N	Subset 1	Subset 2
2	50	6.22	
1	50		7.64
3	50		7.82
Sig.		1.000	.419

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.235.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 50.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

ตารางที่ ช.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

General Linear Model ผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวง

Between-Subjects Factors

		N
formular	1	100
	2	100
	3	100

Descriptive Statistics

	formular	Mean	Std. Deviation	N
Color	1	7.22	1.133	100
	2	7.31	1.002	100
	3	6.35	1.140	100
	Total	6.96	1.173	300
Smell	1	6.92	1.125	100
	2	6.80	1.054	100
	3	6.26	1.151	100
	Total	6.66	1.144	300
Taste	1	7.09	.933	100
	2	7.40	.964	100
	3	6.41	1.207	100
	Total	6.97	1.118	300
Texture	1	7.39	1.063	100
	2	7.53	1.096	100
	3	7.17	1.215	100
	Total	7.36	1.132	300
Liking	1	7.42	.966	100
	2	7.66	.934	100
	3	6.54	1.077	100
	Total	7.21	1.102	300

Multivariate Tests[a]

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	.988	4662.845[b]	5.000	293.000	.000
	Wilks' Lambda	.012	4662.845[b]	5.000	293.000	.000
	Hotelling's Trace	79.571	4662.845[b]	5.000	293.000	.000
	Roy's Largest Root	79.571	4662.845[b]	5.000	293.000	.000
formular	Pillai's Trace	.274	9.349	10.000	588.000	.000
	Wilks' Lambda	.730	9.985[b]	10.000	586.000	.000
	Hotelling's Trace	.364	10.623	10.000	584.000	.000
	Roy's Largest Root	.346	20.368[c]	5.000	294.000	.000

a. Design: Intercept + formular

b. Exact statistic

c. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level.

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Color	56.220[a]	2	28.110	23.498	.000
	Smell	24.720[b]	2	12.360	10.013	.000
	Taste	51.287[c]	2	25.643	23.625	.000
	Texture	6.587[d]	2	3.293	2.596	.076
	Liking	69.547[e]	2	34.773	35.171	.000
Intercept	Color	14532.480	1	14532.480	12147.893	.000
	Smell	13306.680	1	13306.680	10780.371	.000
	Taste	14560.333	1	14560.333	13414.042	.000
	Texture	16265.603	1	16265.603	12820.478	.000
	Liking	15580.813	1	15580.813	15759.098	.000

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
formular	Color	56.220	2	28.110	23.498	.000
	Smell	24.720	2	12.360	10.013	.000
	Taste	51.287	2	25.643	23.625	.000
	Texture	6.587	2	3.293	2.596	.076
	Liking	69.547	2	34.773	35.171	.000
Error	Color	355.300	297	1.196		
	Smell	366.600	297	1.234		
	Taste	322.380	297	1.085		
	Texture	376.810	297	1.269		
	Liking	293.640	297	.989		
Total	Color	14944.000	300			
	Smell	13698.000	300			
	Taste	14934.000	300			
	Texture	16649.000	300			
	Liking	15944.000	300			
Corrected Total	Color	411.520	299			
	Smell	391.320	299			
	Taste	373.667	299			
	Texture	383.397	299			
	Liking	363.187	299			

a. R Squared = .137 (Adjusted R Squared = .131)

b. R Squared = .063 (Adjusted R Squared = .057)

c. R Squared = .137 (Adjusted R Squared = .131)

d. R Squared = .017 (Adjusted R Squared = .011)

e. R Squared = .191 (Adjusted R Squared = .186)

Estimated Marginal Means

formular

Dependent Variable	formular	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
Color	1	7.220	.109	7.005	7.435
	2	7.310	.109	7.095	7.525
	3	6.350	.109	6.135	6.565
Smell	1	6.920	.111	6.701	7.139
	2	6.800	.111	6.581	7.019
	3	6.260	.111	6.041	6.479
Taste	1	7.090	.104	6.885	7.295
	2	7.400	.104	7.195	7.605
	3	6.410	.104	6.205	6.615
Texture	1	7.390	.113	7.168	7.612
	2	7.530	.113	7.308	7.752
	3	7.170	.113	6.948	7.392
Liking	1	7.420	.099	7.224	7.616
	2	7.660	.099	7.464	7.856
	3	6.540	.099	6.344	6.736

Post Hoc Tests

formular

Homogeneous Subsets

Color

Duncan[a,b,c]

formular	N	Subset 1	Subset 2
3	100	6.35	
1	100		7.22
2	100		7.31
Sig.		1.000	.561

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.196.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 100.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

Smell

Duncan[a,b,c]

formular	N	Subset 1	Subset 2
3	100	6.26	
2	100		6.80
1	100		6.92
Sig.		1.000	.446

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.234.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 100.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

Taste

Duncan[a,b,c]

formular	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
3	100	6.41		
1	100		7.09	
2	100			7.40
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.085.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 100.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

Texture

Duncan[a,b,c]

formular	N	Subset 1	Subset 2
3	100	7.17	
1	100	7.39	7.39
2	100		7.53
Sig.		.168	.380

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.269.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 100.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

Liking

Duncan[a,b,c]

formular	N	Subset 1	Subset 2
3	100	6.54	
1	100		7.42
2	100		7.66
Sig.		1.000	.089

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .989.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 100.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

ภาคผนวก ฌ
ใบประกาศนียบัตรการเผยแพร่ผลงาน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

เกียรติบัตรฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

สุรัตน์วดี วงค์คลัง

บทความวิจัยเรื่องการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบ

ฟีนอลิกรวมของบัวหลวง

ได้เข้าร่วมนำเสนอผลงานแบบโปสเตอร์ (Poster Presentation) กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ

ในการประชุมวิชาการระดับชาติ เกษตรแฟร์นนทรีอีสาน ครั้งที่ ๒ "วิชาการก้าวหน้า ภูมิปัญญาแห่งลุ่มน้ำโขง"

วันที่ ๒ ธันวาคม ๒๕๕๗

ณ อาคารเทคโนโลยีสารสนเทศ (อาคาร ๙)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชาต แจ้งบำรุง)

ประธานโครงการจัดการประชุมวิชาการเกษตรแฟร์

(รองศาสตราจารย์พงษ์ศักดิ์ สุริยวนากุล)

รองอธิการบดีวิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

ประวัติผู้เขียน

ประวัติผู้เขียน	ว่าที่ร้อยตรีหญิงสุรัตน์วดี วงค์คลัง
วัน เดือน ปีเกิด	26 พฤษภาคม 2530
ที่อยู่	138/1 หมู่ 3 ตำบลไชยราช อำเภอบางสะพานน้อย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 77170
การศึกษา	ปีพุทธศักราช 2550 - 2554 ปริญญาคหกรรมศาสตรบัตฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ปีพุทธศักราช 2547 - 2549 ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สายวิทย์-คณิต โรงเรียนสอาดเผดิมวิทยา
ประวัติการทำงาน	ปีพุทธศักราช 2555 - 2556 พนักงานเบเกอรี่ ร้าน Chooux by b sisters
โทรศัพท์	089-8954559
อีเมล์	susuratwadee@hotmail.com