รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนงาสำหรับผู้สูงอายุจากงาชนิดต่างๆ

Development of sesame soft tofu for elderly made from different kind of sesame

ผศ.ดร.นภัสรพี เหลืองสกุล

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ส่วนงานวิชาการ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนงาสำหรับผู้สูงอายุจากงาชนิดต่างๆ

Development of sesame soft tofu for elderly made from different kind of sesame

ผศ.ดร.นภัสรพี เหลืองสกุล

RCH
น195ก
2560

ฉบพมู่.....
เลขทะเบียน 147870
วัน.เดือน.ปี 15 ก.ย. 2560

.b 12861777
.i.....

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ส่วนงานวิชาการ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนงาสำหรับผู้สูงอายุจากงาชนิดต่างๆ
แหล่งเงิน เงินรายได้ส่วนงานวิชาการ
ประจำปีงบประมาณ 2560 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 70,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2559 ถึง กันยายน 2560
หัวหน้าโครงการ ผศ.ดร.นภัสรพี เหลืองสกุล หน่วยงานต้นสังกัด คณะอุตสาหกรรมเกษตร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวานที่เติมสารให้ความคงตัว คือ บุก คาราจีแนน วุ้น และแป้งดัดแปร MB โดยใช้งาขาวดิบในการศึกษา พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวทุกชนิดจะสามารถกักเก็บน้ำไว้ในผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวานได้มากขึ้น โดยดูได้จากค่ากิจกรรมน้ำของผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อนที่เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวเพิ่มมากขึ้น และเมื่อตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อน พบว่าค่าต่างๆที่ทำการทดสอบเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะค่าความแข็ง และผลการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อนก็ให้ผลไปในทางเดียวกันกับผลของลักษณะเนื้อสัมผัสด้วย คือ เมื่อความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวเพิ่มมากขึ้นช่องว่างระหว่างร่างแหจะมีขนาดเล็กลง และมีผิวเรียบขึ้น ทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น โดยบุกที่เติมลงไปในผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวานจะมีโครงสร้างร่างแหแตกต่างจากสารให้ความคงตัวชนิดอื่นๆ จากนั้นจึงเลือกความเข้มข้นที่เหมาะสม คือ ผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวานที่เติมบุกร้อยละ 2.5 คาราจีแนนร้อยละ 1.0 วุ้นร้อยละ 1.0 และแป้งดัดแปร MB ร้อยละ 10 มาทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ 5-point hedonic scale พบว่าผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวานที่เติมคาราจีแนนร้อยละ 1.0 ได้รับการยอมรับมากที่สุดในทุกด้าน และจากการศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บมากขึ้นค่าความแข็งมีแนวโน้มมากขึ้นตามปริมาณน้ำที่ออกจากผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อน และจะมีค่าความแข็งลดลงเมื่อปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นจนเกิดการเสื่อมเสีย โดยผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อนที่ทำการทดสอบทุกชนิดสามารถเก็บได้ประมาณ 10 วัน

คำสำคัญ : เต้าหู้งา งาขาวดิบ สารให้ความคงตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Development of sesame soft tofu for elderly made from different kind of sesame

Researcher: Assist.Prof.Dr.Naphatrapi Luangsakul

Faculty: Agro-industry Department: Food Science and Technology

ABSTRACT

The objectives of this research have been focused on the development of sesame soft tofu for dessert with added stabilizer including konjac, carrageenan, agar and modified starch MB. Large whited hulled raw sesame seed was studied. The results indicated that increasing concentration of all stabilizers of the sesame soft tofu for dessert could hold more water. This is evidenced by the water activity of sesame soft tofu increased when the concentration of the stabilizer increased. The results of textural properties of sesame soft tofu showed that all textural value increased when its concentration increased especially the hardness value. The morphology of sesame soft tofu by scanning electron microscope (SEM) had similar trends of the less pore size, the smoother surface and the stronger gel structure. The sesame soft tofu for dessert added with konjac had different microstructure of the other stabilizers. The optimum concentrations for sesame soft tofu for dessert were 2.5% konjac, 1.0% carrageenan, 1.0% agar and 10% modified starch MB. Then the sensory by 5-point hedonic scale was examined. The sesame soft tofu for dessert with 1.0% carrageenan was most accepted. The shelf life of sesame soft tofu for dessert indicated that longer storage time increased the hardness value and leaked water to the tofu. However, sesame soft tofu showed less hardness value when the microorganisms increased until the sesame soft tofu spoiled. It could be kept for 10 days.

Keywords: sesame tofu, raw sesame seed, stabilizers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนงาสำหรับผู้สูงอายุจากงาชนิดต่างๆฉบับนี้ ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากเงินรายได้ส่วนงานวิชาการ (2560-01-07009) ประจำปีงบประมาณ 2560

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์คณะอุตสาหกรรมเกษตร ที่คอยอำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆรวมถึงคำแนะนำในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับงานวิจัยนี้

นภัสรพี เหลืองสกุล

3 กรกฎาคม 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VII

สารบัญภาพ..... VIII

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาพิเศษ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 1

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 1

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย..... 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 3

2.1 งา (sesame)..... 3

2.2 เต้าหู้ (tofu)..... 7

2.3 Gomatofu (sesame tofu)..... 8

2.4 สารให้ความคงตัว (stabilizing agent)..... 9

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง..... 13

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี..... 13

3.2 อุปกรณ์..... 13

3.3 วิธีการทดลอง..... 14

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์..... 18

4.1 ศึกษาชนิดของสารและปริมาณที่ทำให้เกิดความคงตัวของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน..... 18

4.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน.... 18

4.1.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน..... 27

4.2 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน..... 28

4.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน..... 28

4.2.2 คุณสมบัติทางจุลินทรีย์ของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน... 31

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ..... 32

บทที่ 6 สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย..... 33

บรรณานุกรม..... 34

ภาคผนวก..... 37

ภาคผนวก ก ภาพแสดงกระบวนการผลิตเต้าหู้งาอ่อน 38

ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์ทางกายภาพ 39

ภาคผนวก ค วิธีวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์..... 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ง แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส..... 44

ภาคผนวก จ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เต้าหู้แผ่น (มผช.461/2546)..... 45

ภาคผนวก ฉ วิธีวิเคราะห์ทางสถิต..... 50

ภาคผนวก ช สรุปการใช้จ่ายเงิน..... 56

ประวัติผู้เขียน..... 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 ค่ากิจกรรมน้ำอิสระของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน..... 18

4.2 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน..... 20

4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานด้านความชอบ โดยใช้ 5-point Hedonic scale test..... 27

4.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับอาหารหวานที่เติมคาราจีแนนสำหรับเป็นอาหารหวาน..... 29

4.5 ปริมาณน้ำที่ออกจากเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานที่เวลาการเก็บรักษาต่างๆ..... 30

4.6 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และราของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานที่เวลาการเก็บรักษาต่างๆ..... 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	เมล็ดงา	3
2.2	ฝักงา	3
2.3	น้ำมันงา	4
2.4	เต้าหู้อ่อนงา	8
2.5	วิธีการผลิตเต้าหู้งา (gomatofu)	9
3.1	กระบวนการผลิตเต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวาน	15
4.1	โครงสร้างทางจุลภาคของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน	22
4.2	โครงสร้างทางจุลภาคของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน	23
4.3	โครงสร้างทางจุลภาคของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน	24
4.4	โครงสร้างทางจุลภาคของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เต้าหู้เป็นอาหารประเภทโปรตีนจากพืช เป็นแหล่งของโปรตีนที่มีประโยชน์สูง นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุและวิตามินต่างๆ ให้พลังงานมากและมีไขมันชนิดอิ่มตัวต่ำ ไม่มีคอเลสเตอรอล ดังนั้นจึงเหมาะสมสำหรับเป็นวัตถุดิบในการประกอบอาหาร ทั้งอาหารเพื่อสุขภาพ อาหารควบคุมน้ำหนัก อาหารผู้รับประทานมังสวิรัติ / เจ และด้วยความที่มีเนื้อสัมผัสนุ่ม จึงเหมาะที่จะนำมาเป็นอาหารสำหรับผู้สูงอายุ โดยปกติเต้าหู้มักจะผลิตจากถั่วเหลือง ซึ่งถั่วเหลืองถึงแม้มีโปรตีนสูง แต่ถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนที่จำเป็นบางชนิดในปริมาณน้อย เช่น เมไทโอนิน ลิวซิน เป็นต้น และถั่วเหลืองก็มีกลิ่นถั่วที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะ ซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคบางคนที่ไม่ชอบกลิ่นถั่วไม่รับประทานเต้าหู้ นอกจากนี้ในประเทศญี่ปุ่นยังมีเต้าหู้อีกประเภทหนึ่งที่ทำจากงา เรียกว่า “gomatofu” เป็นเต้าหู้ที่มีลักษณะนุ่ม มีความยืดหยุ่นและเนื้อเนียน (Sato, 2003) โดยทำจากการนำงาทั้งเมล็ดไปปั่นผสมกับน้ำแล้วกรองกากออกซึ่งจะได้น้ำนมงา แล้วนำน้ำนมงาไปเติมแป้ง Kudzu ที่เป็นแป้งจากพืชหัวหนึ่งคล้ายหัวยายม่อมแล้วนำไปกวนด้วยความเร็วคงที่ จากนั้นให้ความร้อนประมาณ 80 องศาเซลเซียส 25 นาที แล้วเทใส่พิมพ์ รอให้เย็นเพื่อให้เซ็ตตัวก็จะได้เป็น “gomatofu” จะเห็นได้ว่า “gomatofu” มีวิธีการทำคล้ายกับเต้าหู้จากถั่วเหลืองแต่ต่างกันที่ใช้แป้ง Kudzu ช่วยให้เกิดโครงสร้างเคิร์ดเต้าหู้ โดยไม่ได้ใช้สารช่วยตกตะกอนและไม่มีการทับน้ำออก และเนื่องจากพบงานวิจัยที่มีการเติมคาราจีแนนในเต้าหู้ถั่วเหลือง (Karim และคณะ, 1999; Shen และ Kuo, 2017) จึงมีความสนใจที่จะทำเต้าหู้งาที่เติมสารให้ความคงตัวชนิดต่างๆ

โดยในงานวิจัยนี้มุ่งที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้แบบรับประทานเย็นจากงาขาว โดยเต้าหู้อ่อนจะต้องมีลักษณะคงตัวโดยใช้แป้ง และ Hydrocolloid ชนิดต่างๆ เพื่อทำให้เกิดความคงตัว และลักษณะเนื้อสัมผัสที่ต่างกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาชนิดของสารให้ความคงตัวของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับอาหารหวาน

1.2.2 เพื่อศึกษาปริมาณของสารให้ความคงตัวของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับอาหารหวาน

1.2.3 เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับอาหารหวาน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาผลของชนิด และปริมาณของสารให้ความคงตัวของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับอาหารหวาน จากนั้นทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาของเต้าหู้งาอ่อนที่ได้ทำการคัดเลือกแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

ศึกษาชนิดของสารและปริมาณที่ทำให้เกิดความคงตัวของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับอาหารหวาน โดยใช้บุกร้อยละ 2 2.5 และ 3 คาราจีแนนร้อยละ 0.6 0.8 และ 1 วุ้นร้อยละ 0.6 0.8 และ 1 และแป้งดัดแปร MB ร้อยละ 8 10 และ 12 ของน้ำหนักวัตถุดิบ นำมาทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ คือ ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ คุณภาพเนื้อสัมผัส และโครงสร้างจุลภาคของผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อน แล้วนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส และวิเคราะห์ผลทางสถิติ จากนั้นทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวอาหารสำหรับเป็นอาหารหวานที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน โดยทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ คือ คุณภาพเนื้อสัมผัส และปริมาณน้ำที่ออกมาจากเต้าหู้งาอ่อน ทำการตรวจวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ คือ การตรวจนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) และตรวจนับจำนวนยีสต์ และราทั้งหมด (Yeast & Mold plate count) ที่ผ่านการพิจารณาจากคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ทราบถึงชนิดของสารให้ความคงตัวของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับอาหารหวาน

1.5.2 ได้ทราบถึงปริมาณของสารให้ความคงตัวของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับอาหารหวาน

1.5.3 ได้ทราบถึงศึกษาอายุการเก็บรักษาของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับอาหารหวาน

1.5.4 เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ และเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งา (sesame) (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2553)

งา (sesame) เป็นพืชล้มลุกที่อยู่ในวงศ์ Pedaliaceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Sesamum indicum* L. ซึ่งเป็นพืชน้ำมัน (oil crop) ส่วนที่นำมาใช้เป็นอาหาร คือ เมล็ดงา โดยนำไปใช้สกัดเป็นน้ำมันงา (sesame oil) นำไปใช้ปรุงอาหาร และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ เช่น ขนมงาพอง และขนมถั่วงา

ภาพที่ 2.1 เมล็ดงา
ที่มา: Spiegel (2015)

2.1.1 ลักษณะทั่วไป

เมล็ดงาจะอยู่ในฝักซึ่งพัฒนามาจากดอกที่ได้รับการผสมเกสร และฝักจะแก่ภายใน 25-35 วัน ฝักงามีลักษณะกลม ปลายแหลมยาว 5-7 เซนติเมตร กว้าง 1-2 เซนติเมตร ฝักแบ่งออกเป็น 2 หรือ 4 พู แต่ละพูมี 1-2 กลีบ เมล็ดติดอยู่กับผนังด้านในของเปลือกฝัก เมล็ดงามีขนาดเล็ก ค่อนข้างกลม รูปไข่ น้ำหนักประมาณ 2-4 กรัม ต่อ 1,000 เมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ดมีสีขาวสีเหลือง สีน้ำตาล สีเทา หรือสีดำ

ภาพที่ 2.2 ฝักงา
ที่มา: Spiegel (2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 แหล่งเพาะปลูก

งาเจริญเติบโตได้ดีในเขตที่มีอากาศร้อนและค่อนข้างแห้งแล้ง พันธุ์งาที่กรมวิชาการเกษตรแนะนำ คือ พันธุ์ร้อยเอ็ด 1 และพันธุ์มหาสารคาม 60 งาปลูกมากที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน

2.1.3 การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว

ฝักงาแก่ไม่พร้อมกัน ฝักที่แก่ก่อนจะแตกอ้าออกทำให้เมล็ดร่วงหล่นเสียหาย ดังนั้นการเก็บเกี่ยวจึงต้องพิจารณาช่วงที่มีจำนวนฝักที่แก่มากที่สุด ถ้าเก็บเกี่ยวเร็วเกินไป ฝักที่ยังไม่แก่จะมีเมล็ดไม่สมบูรณ์ ทำให้ได้ผลผลิตน้อยและมีคุณภาพต่ำแต่ถ้าปล่อยทิ้งไว้นานเกินไปฝักจะแตกออกทำให้เมล็ดร่วงเสียหาย โดยทั่วไปงามีอายุ 85-120 วัน การเก็บเกี่ยวทำได้โดยตัดต้นงามากองสุมไว้แล้วตากแดด (sun drying) หรือทำแห้ง (dehydration) เพื่อลดความชื้นของเมล็ดให้แห้งสนิท แล้วจึงเก็บรักษาไว้เพื่อรอการจำหน่าย

2.1.4 การใช้ประโยชน์

เมล็ดงามารถนำไปสกัดเป็นน้ำมันงา (sesame oil) นำไปใช้ปรุงอาหาร และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆได้

ภาพที่ 2.3 น้ำมันงา

ที่มา: นิรนาม (2555)

2.1.5 ส่วนประกอบของเมล็ดงา

ส่วนประกอบหลักของเมล็ดงาคือ น้ำมันที่มีอยู่ประมาณร้อยละ 45-57 มีโปรตีนประมาณร้อยละ 16-33 และคาร์โบไฮเดรต ประมาณร้อยละ 18-20 น้ำมันจากเมล็ดงาเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดี คือ ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ได้แก่ กรดโอเลอิก (oleic acid) และกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) ซึ่งกรดลิโนเลอิกเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential fatty acid) นอกจากนั้นยังมี แร่ธาตุ เช่น แมกนีเซียม ทองแดง สังกะสี ลิกแนน เหล็ก ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และมีวิตามินต่างๆ โดยเฉพาะวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน คือวิตามินอี (vitamin E)

เมล็ดงายังมีสารสำคัญ 2 ชนิด คือ เซซามิน (sesamin) อาจพบในพืชอื่นด้วย และเซซาโมลิน (sesamolin) ซึ่งมีในงาเท่านั้น มีคุณสมบัติเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชัน (antioxidant) ป้องกันการเกิดออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation) ได้ดี ทำให้น้ำมันงาสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานและไม่มีกลิ่นหืน และนอกจากนี้ในเมล็ดงายังมีออกซาเลตสูงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 ชนิดพันธุ์งาและแหล่งปลูก (อภิชาต และ วิไลภรณ์, ม.ป.ป.)

งาที่ปลูกในประเทศไทย แบ่งตามสีของเมล็ดได้ 3 ชนิด ดังนี้

2.1.6.1 งาดำ ที่ใช้ปลูกกันทั่วไปมี 4 พันธุ์ ได้แก่

1) งาดำ บุรีรัมย์ เป็นพันธุ์พื้นเมืองมีลักษณะฝัก 4 กลีบ 8 พู เมล็ดมีขนาดใหญ่ สีค่อนข้างดำสนิท อายุเก็บเกี่ยว 90-100 วัน ผลผลิต 60-130 กิโลกรัมต่อไร่

2) งาดำ นครสวรรค์ เป็นพันธุ์พื้นเมืองที่ปัจจุบันเป็นพันธุ์ส่งเสริม มีการแนะนำให้ปลูกในพื้นที่หลายจังหวัด มีลักษณะการเจริญเติบโตแบบทอดยอด เมล็ดมีสีดำขนาดใหญ่และเต่ง ลักษณะฝักเป็นแบบ 4 กลีบ 8 พู ฝักแตกง่ายเมื่อสุกแก่ ลำต้นค่อนข้างสูง แตกกิ่งก้านมาก ใบมีขนาดใหญ่ค่อนข้างกลม มี 1 ฝักต่อ 1 มุมใบ การเกิดฝักจะเวียนสลับรอบลำต้น 1 ข้อ มี 1 ฝัก อายุเก็บเกี่ยว 95-100 วัน ผลผลิต 60-130 กิโลกรัมต่อไร่ นิยมปลูกมากในท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ ศรีสะเกษ สุรินทร์ นครราชสีมา มหาสารคาม ชัยภูมิ สระบุรี ลพบุรี เพชรบูรณ์ พิษณุโลก อุตรดิตถ์ นครสวรรค์ สุพรรณบุรี กาญจนบุรี ปราจีนบุรี และ สุราษฎร์ธานี

3) งาดำ มก.18 เป็นพันธุ์แท้ที่มีการปรับปรุงพันธุ์โดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งได้คัดเลือกพันธุ์โดยวิธีจดประวัติจากคู่ผสมระหว่าง col.34 กับงาดำ นครสวรรค์ในระหว่างปี 2528-2530 มีการทดสอบผลผลิตในสถานีทดลอง และในสภาพไร่เกษตรกรในปี 2534 งาดำพันธุ์ มก.18 มีลักษณะการเจริญเติบโตแบบทอดยอด ใบสีเขียวเข้ม ลำต้นไม่แตกกิ่งก้านและค่อนข้างสูง เมล็ดมีสีดำสนิท ลักษณะฝัก 2 พู ฝักเกิดตรงกันข้าม ดังนั้น 1 ข้อ จะมี 2 ฝัก การเรียงตัวของฝักจะเป็นแบบเวียนสลับรอบลำต้น ความยาวปล้องสั้น ทำให้จำนวนของฝักต่อต้นสูง น้ำหนักเมล็ด 3 กรัม ต่อ 1,000 เมล็ด อายุเก็บเกี่ยวปลายฤดูฝน 85 วัน ต้นฤดูฝน 90 วัน ผลผลิต 60-148 กิโลกรัมต่อไร่ ทนทานต่อโรคราแป้ง และทนต่อการหักล้ม ในปีการเพาะปลูก 2538/39 กรมส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บริษัท คาเนมัสซุ บริษัท นานาพรรณเอ็นเตอร์ไพร์ จำกัด สมาคมพ่อค้าข้าวโพด และพืชพันธุ์ไทย ส่งเสริมการปลูกงาดำ มก.18 ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาและกาญจนบุรี เพื่อส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีความต้องการงาพันธุ์ มก.18 สูงถึงปีละ 10,000 - 30,000 ตัน

4) งาดำ มข.2 เป็นพันธุ์ที่มหาวิทยาลัยขอนแก่นปรับปรุงและคัดเลือกพันธุ์มาจากงาดำพันธุ์ ซีบี 80 ของจีน ลักษณะฝักเป็นแบบ 4 พู เมล็ดสีดำสนิท ไม่ไวต่อช่วงแสง แตกกิ่ง 3-4 กิ่งต่อต้น ต้นสูง 105-115 เซนติเมตร น้ำหนักเมล็ด 2.77 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด ปลูกได้ดีทั้งต้นฝนและปลายฤดูฝน มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น 70-75 วัน ผลผลิต 80-150 กิโลกรัมต่อไร่ ต้านทานต่อโรคเน่าดำ และทนแล้งได้ดี เขตส่งเสริมการปลูก ได้แก่ จังหวัดบุรีรัมย์ และมหาสารคาม

2.1.6.2. งาขาว ที่ใช้ปลูกกันทั่วไปมี 6 พันธุ์ ได้แก่

1) พันธุ์เมืองเลย มีขนาดเมล็ดเล็ก เรียกว่า งาไข่ปลา ลักษณะฝัก 2 กลีบ 4 พู แตกกิ่งก้านมาก ตอบสนองต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยว 110-120 วัน ผลผลิต 60-90 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นพันธุ์ที่ตลาดต้องการ เพราะนำ ไปสกัดน้ำมันมีกลิ่นหอม ปลูกมากที่จังหวัดเลยและบริเวณชายแดนไทย-ลาว ช่วงจังหวัดเลยถึงอุตรดิตถ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) พันธุ์เชียงใหม่ มีลักษณะฝัก 2 กลีบ 4 พู มีขนาดเมล็ดเล็กแต่ใหญ่กว่าพันธุ์เมืองเลยเล็กน้อย เมล็ดมีรูปร่างคล้ายหัวใจ ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยว 110-120 วัน ผลผลิต 60-90 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกมากที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนและเชียงใหม่

3) พันธุ์ชัยบาดาลหรือสมอทอด มีลักษณะฝัก 2 กลีบ 4 พู เมล็ดมีขนาดปานกลาง อายุเก็บเกี่ยว 80-85 วัน ผลผลิต 50-80 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกมากที่จังหวัดเพชรบูรณ์และลพบุรี แต่ปัจจุบันมีปริมาณน้อยมาก

4) พันธุ์ร้อยเอ็ด 1 เป็นพันธุ์ที่กรมวิชาการเกษตรปรับปรุงคัดเลือกพันธุ์ สีเมล็ดขาวสม่ำเสมอ ลำต้นตรงไม่แตกกิ่ง ลักษณะฝัก 4 กลีบ 8 พู เมล็ดมีขนาดปานกลางอายุเก็บเกี่ยว 70-75 วัน ผลผลิต 50-120 กิโลกรัมต่อไร่ เหมาะสำหรับปลูกเป็นแถว ไม่ต้านทานต่อหนอนห่อใบงาและหนอนผีเสื้อหัวกะโหลก ฝักแตกง่าย จะต้องเก็บเกี่ยวทันทีที่ครบอายุเก็บเกี่ยว

5) พันธุ์ มข. 1 เป็นพันธุ์ที่มหาวิทยาลัยขอนแก่นปรับปรุงมาจากงาขาว ซีดับบลิว 103 ของจีน ลักษณะฝักเป็นแบบ 2 พู ไม่ไวต่อแสงช่วงแสง ไม่แตกกิ่งก้าน ฝักมีการเรียงตัวเป็นแบบตรงกันข้าม ฝักดก 3-7 ฝักต่อซอกใบ เมล็ดสีขาวค่อนข้างใหญ่ น้ำหนักเมล็ด 2.79 อายุเก็บเกี่ยว 70-75 วัน ผลผลิต 80-150 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่ต้านทานหนอนห่อใบงาและหนอนผีเสื้อกะโหลก

6) พันธุ์มหาสารคาม 60 เป็นพันธุ์ที่กรมวิชาการเกษตรปรับปรุงพันธุ์จากพันธุ์ที-85 ของประเทศอินเดีย ลักษณะฝัก 2 กลีบ 4 พู ต้นโปร่ง ไม่แตกกิ่งฝักมีการเรียงตัวเป็นแบบตรงกันข้าม มี 1ฝักต่อ 1 ซอกใบ ขนาดเมล็ดโตสีขาว น้ำหนัก 2.90 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด อายุเก็บเกี่ยว 80-85 วัน ผลผลิต 107 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่ต้านทานโรคราแป้ง เขตส่งเสริมการปลูก ได้แก่ จังหวัดสระบุรี ลพบุรี เพชรบูรณ์ พิษณุโลก และกาญจนบุรี

2.1.6.3. งาดำ -แดง หรือเรียกกันโดยทั่วไปว่า งาเกษตร ที่ใช้ปลูกมี 3 พันธุ์ ได้แก่

1) พันธุ์พื้นเมืองพิษณุโลก และพันธุ์พื้นเมืองสุโขทัย ลักษณะฝักมี 2 กลีบ 4 พู แตกกิ่งก้านมาก ขนาดเมล็ดโต สีของเมล็ดมีทั้งสีดำ และสีน้ำตาลแดงปนอยู่ด้วยกัน อายุเก็บเกี่ยว 80-85 วัน ผลผลิต 60-90 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกมากที่จังหวัดเพชรบูรณ์ นครสวรรค์ พิษณุโลก สุโขทัย ลพบุรี สระบุรี อุตรดิตถ์ แพร่ และน่าน

2) งาแดงอุบลราชธานี 1 คัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์โดยกรมวิชาการเกษตร จากงาพันธุ์นานนี 25/160/85-9 ของประเทศพม่า ได้รับการรับรองพันธุ์เมื่อ 19 มกราคม 2536 มีขนาดเมล็ดโตสม่ำเสมอ น้ำหนักเมล็ด 3.16 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด ลักษณะฝักเป็นแบบ 2 พู ต้นแตกกิ่ง 3-5 กิ่ง อายุเก็บเกี่ยว 80-85 วัน ผลผลิต 141 กิโลกรัมต่อไร่ ต้านทานโรคเหี่ยวหนอนห่อใบงา ไรขาว และมวนฝิ่น ใช้เป็นพันธุ์แนะนำให้เกษตรกรปลูกแทนพันธุ์พื้นเมือง

3) งาแดงพันธุ์ มข.3 คัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์โดยมหาวิทยาลัยขอนแก่น จากงาพันธุ์นานนี ของประเทศพม่าลักษณะฝักเป็นแบบ 2 พู เมล็ดโตสีแดง น้ำหนักเมล็ด 3.12 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด แตกกิ่ง 4-6 กิ่งต่อต้น ต้นสูง 130-150 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยว 80-85 วัน ผลผลิต 100-180 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกได้ทั้งต้นฝนและปลายฤดูฝนเหมาะที่จะปลูกแบบหว่าน ค่อนข้างต้านทานโรคและแมลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เต้าหู้ (tofu) (พรรณภัทร และสุมาลิน, 2556)

เต้าหู้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่คนเอเชียรู้จักและบริโภคมาเป็นระยะเวลานานและเป็นแหล่งอาหารที่ดีของโปรตีนซึ่งมีราคาถูกและย่อยง่าย เต้าหู้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตกตะกอนของโปรตีน โดยสารตกตะกอนที่นิยม ได้แก่ แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) และแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เต้าหู้ในแต่ละประเทศมีชื่อเรียกต่างกัน เช่น ประเทศจีนเรียกว่า Toufu หรือ Tao-fu เกาหลีเรียก Tufu ส่วนในญี่ปุ่นเรียกว่า โตฟู (Tofu) ซึ่งมีการบริโภคปริมาณมากจนถือได้ว่าเป็นอาหารหลักอย่างหนึ่ง และได้มีการแบ่งชนิดของเต้าหู้ออกเป็น 2 ชนิดคือ 1) Momen Tofu ซึ่งเป็นเต้าหู้ที่มีการกำจัดน้ำเวย์ออกจากตะกอนของโปรตีนและ 2) Kinugoshi-Tofu เป็นเต้าหู้ที่มีลักษณะอ่อนกว่า เนื่องจากไม่มีการกำจัดน้ำออกจากตะกอนโปรตีน

2.2.1 ลักษณะของเต้าหู้

ลักษณะของเต้าหู้ในประเทศไทยมีลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกันไปขึ้นกับกระบวนการผลิต โดยเต้าหู้สามารถผลิตให้มีลักษณะแตกต่างโดยการปรับให้มีปริมาณความชื้น เช่น เต้าหู้ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบร้อยละ 87-90 จะมีผิวเรียบและอ่อนนุ่ม ส่วนเต้าหู้ที่มีปริมาณน้ำร้อยละ 50-60 จะมีลักษณะแข็งและมีลักษณะเนื้อสัมผัสคล้ายเนื้อสัตว์ นอกจากนี้ชนิดของสารตกตะกอนก็จะส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้แตกต่างกัน ส่วนรูปร่างและขนาดของเต้าหู้ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของแม่พิมพ์หรือภาชนะที่ใส่ เต้าหู้ที่มีคุณภาพดีต้องไม่มีกลิ่น รสจืด และมีสีขาว มีลักษณะเนื้อสัมผัสเรียบ แน่น เกาะติดกัน ไม่เป็นยางและแข็งดังนั้นลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้จึงเป็นสิ่งสำคัญมีผลต่อคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภค

2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเต้าหู้ (วัฒนา, 2534)

อุณหภูมิมีผลต่ออัตราเร็วของการตกตะกอนมาก ถ้าอุณหภูมิสูงปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ถ้าอุณหภูมิของน้ำนมถั่วเหลืองสูงมากปริมาณของสารที่ใช้ตกตะกอนจะน้อยลงและเต้าหู้ที่ได้จะมีเนื้อแข็งหยาบ ปริมาณของเต้าหู้ที่ได้ระหว่างอุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างกันมากนัก นอกจากนี้ถ้าใช้อุณหภูมิสูงจะได้เต้าหู้ที่แข็งมาก อุณหภูมิที่ใช้ส่วนมากจะอยู่ระหว่าง 65-95 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของเต้าหู้

2.2.3 ชนิดของเต้าหู้ (จันทร และคณะ, 2546; อุบล, 2546)

การแบ่งชนิดของเต้าหู้ตามลักษณะของเนื้อ ซึ่งมีความแตกต่างอยู่ที่ขั้นตอนการทำ โดยแบ่งได้เป็น 3 ชนิดดังนี้

2.2.3.1 เต้าหู้แข็ง

มีลักษณะเป็นเต้าหู้ที่มีเนื้อแข็ง มีสีขาวนวล นิยมใช้ดีเกลือหรือเกลือแมกนีเซียมซัลเฟตช่วยในการตกตะกอน เมื่อตกตะกอนแล้วนำมาใส่ผ้าขาวบางที่ปูในพิมพ์ ห่อให้เป็นก้อนและกดเอาน้ำออกก็จะได้เต้าหู้แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.2 เต้าหู้อ่อน

มีลักษณะเป็นเต้าหู้ที่มีสีขาวนวล มีวิธีการทำเช่นเดียวกับเต้าหู้แข็งแต่นิยมใช้เจี๊ยะกอหรือแคลเซียมซัลเฟตช่วยในการตกตะกอน และในขั้นตอนกดทับจะใช้น้ำหนักกดทับน้อยกว่าเต้าหู้แข็ง จึงได้ลักษณะที่เนียนและอ่อนนุ่มกว่าเต้าหู้แข็ง

2.2.3.3 เต้าหู้หลอด

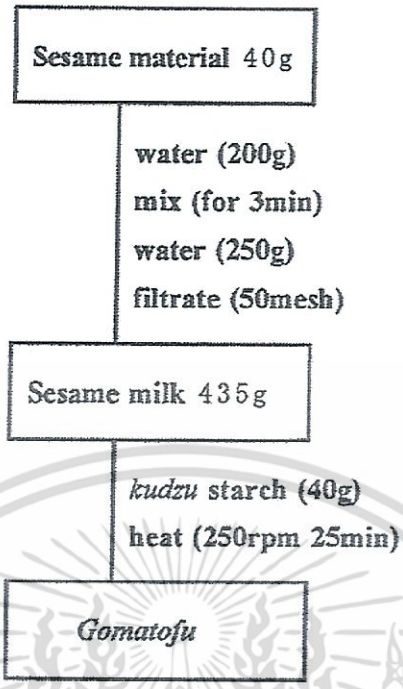
มีลักษณะเป็นเต้าหู้ที่มีเนื้อนุ่ม สีขาวนวลเช่นเดียวกับเต้าหู้อ่อน แต่เนื่องจากมีวิธีการทำต่างกัน คือ จะนำน้ำเต้าหู้มาบรรจุลงในหลอดพลาสติกแบบสุญญากาศไปพร้อมกับการตกตะกอนโปรตีนด้วยกลูโคโนเดลต้าแลกโตน (glucono-delta-lactone) โดยไม่มีการคนและไม่มีการกดทับเพื่อเอาน้ำออก ทำให้ได้เต้าหู้ที่มีความชื้นสูงและมีลักษณะที่ลื่นกว่าเต้าหู้อ่อน

2.3 Gomatofu (sesame tofu) (Sato และ Ito, 2000)

ภาพที่ 2.4 เต้าหู้อ่อนงา
ที่มา: นิรนาม (2550)

Gomatofu (sesame tofu) เป็นอาหารญี่ปุ่นแบบดั้งเดิม และเป็นอาหารประเภทมังสวิรัติ ซึ่งทำการผสมกันระหว่าง kudzu และงา โดย Gomatofu จะมีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม เนียน และยืดหยุ่น ซึ่งจะมีความแตกต่างกันตามส่วนผสมที่ใช้ในการทำ โดยมีวิธีการผลิตดังภาพที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 วิธีการผลิตเต้าหู้งา (gomatofu)
ที่มา: Sato และ Ito (2000)

2.4 สารให้ความคงตัว (stabilizing agent) (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2556)

Stabilizing agent อาจเรียกว่า stabilizer หรือ stabiliser หมายถึงสารที่ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) เพื่อวัตถุประสงค์ ทำให้อาหารมีความคงตัว เช่น ป้องกันการแยกชั้นของเหลว ป้องกันการสูญเสียกลิ่นรส คุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งส่วนมากเป็นสารประเภทไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid)

2.4.1 แป้งดัดแปร (modified starch)

แป้งดัดแปร (modified starch) หมายถึง แป้ง (starch) ที่ได้จากการนำแป้งธรรมชาติ (native starch) มาผ่านกรรมวิธีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ทำให้มีสมบัติเปลี่ยนไปตามที่ต้องการ เช่น ความหนืดลดลง คงตัวต่อความร้อน กรด และแรงเฉือน กรรมวิธีการผลิตแป้งดัดแปรสามารถทำโดยการนำแป้งจากมันสำปะหลัง (tapioca starch) แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวเจ้ามาดัดแปรด้วยวิธีทางเคมี กายภาพ เอนไซม์ และจุลินทรีย์ เพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive)

2.4.1.1 ชนิดของแป้งดัดแปร

1) แป้งดัดแปรด้วยกระบวนการทางเคมี เป็นแป้งดัดแปรส่วนใหญ่ที่มีการผลิตและใช้ในระดับอุตสาหกรรม เป็นแป้งที่ผ่านการดัดแปรโครงสร้างด้วยกระบวนการทางเคมี มีหลายชนิดโดยขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมีที่ใช้ และระดับการดัดแปร (degree of substitution, DS) เช่น สตาร์ชไฮดรอกซีโพพิล (hydroxypropyl starch) สตาร์ชครอสลิง (cross-linked starch) สตาร์ชแอซีเทต (acetate starch) สตาร์ชคาร์บอกซีเมทิล (carboxymethyl starch) เป็นต้น

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) แป้งดัดแปรทางกายภาพ เป็นการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยทำให้โครงสร้างโมเลกุลภายในเม็ดแป้งเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ใช้พลังงานความร้อน หรือพลังงานจลน์ หรือทั้งสองอย่างประกอบกัน เมื่อโครงสร้างโมเลกุลภายในเม็ดแป้งได้ถูกเปลี่ยนแปลงไป สมบัติของแป้งก็เปลี่ยนไปเช่นกัน แป้งในกลุ่มนี้ เช่น สตาร์ชพรีเจลาติไนซ์ (pregelatinized starch) Annealing starch Heat treatment starch และ Mechanical milling starch

2.4.2 วุ้น (agar) (ธีรนุช และสุวรรณา, 2558)

วุ้น (agar) ได้จากการสกัดสาหร่ายแดง Gracilaria จัดเป็นสารประกอบไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ อากาโรส (agarose) และอากาเพคติน (agar pectin) มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ ให้สารคงรูปที่มีความแข็ง ยืดหยุ่น มีลักษณะเป็นเจล (gel) เมื่อเจลได้รับความร้อนที่อุณหภูมิมากกว่า 85 องศาเซลเซียส จะมีการหลอมละลายอยู่ในรูปของเหลวซึ่งสามารถย้อนกลับมาอยู่ในรูปของเจลได้อีกครั้งที่อุณหภูมิ 35-40 องศาเซลเซียส ลักษณะของเจลที่ได้มีความใส แข็ง และกรอบ วุ้นที่จำหน่ายในท้องตลาดมี 2 ลักษณะคือ เป็นเส้นและเป็นผง โดยวุ้นชนิดเส้น ลักษณะคล้ายเชือกฟางสีขาว ก่อนใช้จะต้องแช่น้ำให้นิ่มก่อน ส่วนวุ้นชนิดผงจะผ่านกระบวนการทำให้ขาวและบดละเอียด มีสีขาวนวล มีการจำหน่ายโดยบรรจุซองขนาดต่างๆ หน้าที่ของวุ้นในขนมหวานคือ เป็นตัวทำให้เกิดเจล และเป็นตัวชะลอการตกผลึกของน้ำตาล ช่วยให้อิมัลชั่น (emulsion) คงตัวและกระจายตัวสม่ำเสมอ และยังช่วยให้ฟองมีความคงตัว

2.4.3 คาราจีแนน (Carrageenan)

คาราจีแนน (carageenan) เป็นกัม (gum) ชนิดหนึ่ง ซึ่งมีสมบัติเป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) คือดูดน้ำและแขวนลอยในน้ำ ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) คาราจีแนนสกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีแดง (*Rhodophyceae*) เช่น สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) ทำหน้าที่เป็น thickening agent ทำให้เกิดความหนืด (viscosity) เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ช่วยให้น้ำมันและไขมันกับน้ำผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี เป็นสารก่อเจล (gelling agent) ทำให้เกิดเจล (gel) โดยเจลจากคาราจีแนนเป็นเจลชนิด thermoreversible gel คือ เจลที่สามารถเปลี่ยนเป็นของเหลวได้เมื่อได้รับความร้อน ใช้ในผลิตภัณฑ์ของหวานที่เป็นเจล (desset gel) อาหารสัตว์บรรจุกระป๋อง ผลิตภัณฑ์นม (dairy product) น้ำนมถั่วเหลือง (soy milk)

2.4.4 บุก (Konjac)

บุก (konjac) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Amorphophallus konjac* เป็นพืชหัว มีน้ำประมาณ 80-90% ส่วนที่เป็นของแข็งเป็นสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ประกอบด้วยกลูโคแมนแนน (glucomannan) ซึ่งมีน้ำตาลแมนโนส (manose) และกลูโคส (glucose) ในอัตราส่วน 3: 2 เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) ที่ตำแหน่งบีตา-1,4 กลูโคแมนแนนจากบุกมีสมบัติพิเศษหลายประการ คือ สามารถดูดน้ำได้มากถึง 100 เท่าของน้ำหนักตัว ละลายน้ำได้ดี ไม่ให้แคลอรี่ ไม่มีไขมัน ไม่มีโปรตีน นำมาใช้เป็นอาหารสุขภาพ เช่น อาหารลดน้ำหนัก อาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน โดยนำมาขึ้นรูปให้เป็นเจลแล้วทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลาย เช่น เส้นก๋วยเตี๋ยว พาสต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธีรนุช และสุวรรณา (2558) ศึกษาการพัฒนาเต้าหู้นมสดเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอผง โดยศึกษาปริมาณใยอาหารผงจากเปลือกส้มโอที่เหมาะสมในเต้าหู้นมสดโดยใส่รวมกับผงวุ้น ทำการคัดเลือกสูตรที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูงสุดมาศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค และศึกษาอายุการเก็บ พบว่าสูตรเต้าหู้นมสดที่เติมใยอาหารร้อยละ 0.5 เป็นสูตรที่เหมาะสมซึ่งประกอบด้วยผงวุ้นร้อยละ 0.41 เปลือกส้มโอผงร้อยละ 0.50 เจลาตินร้อยละ 0.62 น้ำตาลทรายร้อยละ 3.79 น้ำร้อยละ 61.54 นมข้นหวานร้อยละ 15.92 นมข้นจืดร้อยละ 16.60 และกลิ่นวานิลลาร้อยละ 0.62 โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบมาก ยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 80.0 มีการตัดสินใจซื้อร้อยละ 80.0 และจากศึกษาอายุการเก็บของเต้าหู้นมสดเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอผงนี้ที่อุณหภูมิแช่เย็น($4^{\circ}C$) พบว่าผลิตภัณฑ์นี้เมื่อเก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น (4 องศาเซลเซียส) มีอายุการเก็บ 2 วัน

Karim และคณะ (1998) ศึกษาผลของ carrageenan ต่อผลผลิตและคุณสมบัติของเต้าหู้ โดยศึกษา polysaccharide carrageenan และสารตกตะกอน 3 ชนิด คือ glucono-d-lactone (GDL) calcium sulphate (CS) และ calcium acetate (CA) ที่มีผลต่อผลผลิตและสมบัติทางกายภาพของเต้าหู้ พบว่าการใช้ glucono-d-lactone (GDL) จะทำให้มีความชื้นและผลผลิตมากกว่า calcium sulphate (CS) และ calcium acetate (CA) ซึ่งเมื่อใช้ carrageenan ร่วมด้วยจะพบว่าไม่มีผลผลิตเพิ่มขึ้นใน glucono-d-lactone (GDL) แต่มีการเพิ่มผลผลิตขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับ calcium sulphate (CS) และ calcium acetate (CA) ร้อยละ 33 และ ร้อยละ 46.7 ตามลำดับ โดยที่เนื้อสัมผัสของเต้าหู้ที่ใส่ calcium sulphate (CS) จะมีเนื้อเต้าหู้แข็งมากกว่า glucono-d-lactone (GDL) และ calcium acetate (CA) และการใช้ carrageenan ร่วมกับ calcium sulphate (CS) และ calcium acetate (CA) จะเกิดการหดตัวมากกว่าการใช้ carrageenan ร่วมกับ glucono-d-lactone (GDL) เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง

Meng และคณะ (2014) ศึกษาการเตรียมเต้าหู้อินทรีย์โดยใช้ magnesium Chloride ร่วมกับพอลิแซ็กคาไรด์ที่ทำให้เกิดความคงตัว โดยศึกษา magnesium chloride และ พอลิแซ็กคาไรด์ที่ทำให้เกิดความคงตัว 3 ชนิด คือ carrageenan guar gum และ gum Arabic พบว่าเมื่อใช้ magnesium Chloride ร่วมกับ carrageenan จะมีความแข็งเพิ่มมากขึ้นจาก 969.5 กรัม เป็น 1210.5 กรัม และเมื่อใช้ร่วมกับ guar gum จะมีความแข็งลดลงถึง 505.5 กรัม แต่สามารถเพิ่มผลผลิตของเต้าหู้และทำให้มีกลิ่นรสของถั่วเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงเลือกใช้ magnesium Chloride ร่วมกับ guar gum 0.6 กรัม ในการนำมาทำเต้าหู้อินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Murad และคณะ (2015) ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของเต้าหู้ไข่โดยใช้ Carrageenan Gum Arabic และแป้งข้าวโพด ทำการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส โดยศึกษาผลของ Carrageenan Gum Arabic และแป้งข้าวโพดที่มีต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้ไข่ และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเต้าหู้ไข่โดยวิธี Response Surface Methodology (RSM) และใช้ Central Composite Design (CCD) เพื่อศึกษาปัจจัยทั้ง 3 คือ Carrageenan (0.1-0.2%) Gum Arabic (0.1-1.0%) และแป้งข้าวโพด (1.5-2.5%) โดยการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส พบว่าเต้าหู้ไข่ที่มีคุณภาพตามที่ต้องการจะใช้ Carrageenan ร้อยละ 0.12 Gum Arabic ร้อยละ 0.61 และแป้งข้าวโพดร้อยละ 2.00 ซึ่งได้ค่า aroma starchiness cohesiveness astringency และ aftertaste ที่ 62, 88, 37, 34 and 60 มิลลิเมตรตามลำดับ

Chang และคณะ (2011) ศึกษาผลของ microbial transglutaminase (MTGase) ต่อคุณสมบัติการไหล และลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ถั่วเหลืองที่จับตัวกันด้วยวุ้น โดยศึกษาผลของ microbial transglutaminase (MTGase) ต่อคุณสมบัติการไหล และลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ถั่วเหลืองที่บรรจุอยู่ในภาชนะปิดทึบ และจับตัวกันด้วยวุ้น พบว่า เมื่อเติม MTGase ที่จะใช้อุณหภูมิที่ทำให้เกิดเจลเพิ่มมากขึ้น และทำให้เนื้อของเต้าหู้แน่นและยืดหยุ่นมากขึ้นซึ่งทำให้เมื่อนำเต้าหู้ไปทำอาหารจะเกิดการสูญเสียน้อยลง โดยจากผลการทดลองจะพบว่าเมื่อผสมถั่วเหลือง 90 กรัม ผงวุ้น 2 กรัมในน้ำ 1 ลิตร แล้วเติม MTGase 10 กรัม จากนั้นบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จะได้เต้าหู้ที่มีคุณภาพดีที่สุด

Shen และ Kuo (2017) ศึกษาผลของคาราจีแนน 3 ชนิด คือ k/i-hybrid carrageenan k/i-mixture carrageenan และ K^{+}-k carrageenan ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 0.5 1.5 2.5 กรัม/กิโลกรัม ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัส คุณสมบัติการไหล โครงสร้างทางจุลภาค และความสามารถในการกักเก็บน้ำในเต้าหู้ พบว่าชนิดของคาราจีแนนมีผลต่อการจับตัวกันจากการเปลี่ยนแปลงการรวมตัวของโปรตีนในน้ำนมถั่วเหลืองที่ผ่านการให้ความร้อน โดย k/i-hybrid carrageenan มีความแข็ง และความยืดหยุ่นสูงที่สุด ซึ่งเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของคาราจีแนนจะทำให้สามารถกักเก็บน้ำได้มากขึ้น และสำหรับเต้าหู้ที่เติม k/i-mixture carrageenan และ K^{+}-k carrageenan จะนิ่มมากขึ้น และยืดหยุ่นได้น้อยลงเมื่อความเข้มข้นของคาราจีแนนมากขึ้นซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเต้าหู้จากการเติมคาราจีแนน

Sato และคณะ (2003) ศึกษาผลของงาชนิดต่างๆที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของเต้าหู้งา โดยใช้งาขาวดิบ งาขาวคั่ว และงาดำคั่ว พบว่าเต้าหู้ที่ทำจากงาขาวไม่คั่วมีความแข็งน้อยที่สุดแต่มีความรู้สึกในปากมากที่สุด ส่วนเต้าหู้ที่ทำจากงาขาวคั่ว และงาดำคั่วมีความอร่อยมากเนื่องจากมีการยืดหยุ่นมาก และสามารถสรุปได้ว่างาต่างชนิดกันมีผลต่อการจับกันของโครงสร้าง และลักษณะทางกายภาพของเต้าหู้งา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

งาขาว

3.1.2 สารเคมี

บุก

คาราจีแนน

วุ้น

แป้งดัดแปร MB

3.2 อุปกรณ์

อ่างควบคุมอุณหภูมิ, (Memmert, รุ่น WNB22, เยอรมนี)

เครื่องปั่นเปียก+แห้ง, (PHILIPS, รุ่น HR2068, ไทย)

เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส, (Texture Analyzer, รุ่น TAXT2i, สหราชอาณาจักร)

เครื่องชั่งไฟฟ้า, (Mettler Toledo, รุ่น PB3002-L, สวิตเซอร์แลนด์)

โถดูดความชื้น

กระชอน

หม้อสแตนเลส

ทัพพี

ถ้วยอลูมิเนียม

แท่งแก้ว

ถ้วยใส่เต้าหู้งา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

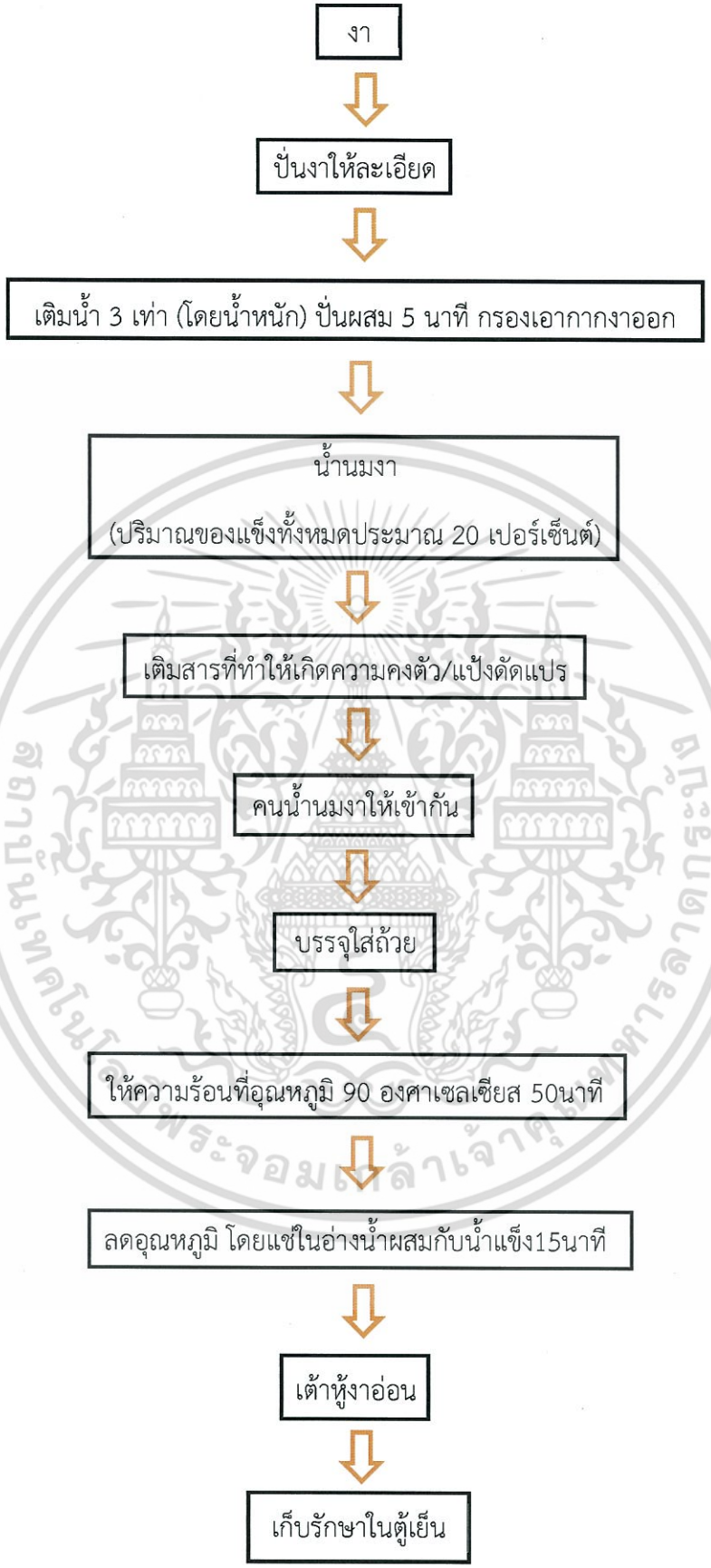
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 ศึกษาชนิดของสารและปริมาณที่ทำให้เกิดความคงตัวของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับอาหารหวาน

งาที่ใช้ในการผลิตเต้าหู้งาอ่อน คือ งาขาว โดยศึกษาชนิดของสารให้ความคงตัวในเต้าหู้งาอ่อน โดยบุกใช้ปริมาณของสารเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 2 2.5 และ 3 ของน้ำหนักวัตถุดิบ คาราจีแนนใช้ปริมาณของสารเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.6 0.8 และ 1 ของน้ำหนักวัตถุดิบ วุ้นใช้ปริมาณของสารเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.6 0.8 และ 1 ของน้ำหนักวัตถุดิบ และแป้งดัดแปร MB ใช้ปริมาณของสารเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 8 10 และ 12 ของน้ำหนักวัตถุดิบ โดยทำการผลิตเต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวานตามกระบวนการผลิตเต้าหู้งาอ่อน ดังภาพที่ 3.1 และน้ำนมงาที่ใช้ในการผลิตเต้าหู้งาอ่อนใช้ปริมาณของแข็งทั้งหมดประมาณร้อยละ 20 (ใช้น้ำ 3 เท่าของน้ำหนักงา) สำหรับเต้าหู้งาอ่อนที่ได้สำหรับเป็นอาหารหวานนำมาทำการวิเคราะห์ดังนี้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 กระบวนการผลิตเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับอาหารหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.1 วิเคราะห์ทางกายภาพ

3.3.1.1.1 วิเคราะห์ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ

วิเคราะห์ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ (Aw) ของผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวานด้วยเครื่อง Aw aqua lap รุ่น 3TE (รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมน้ำอิสระแสดงในภาคผนวก ข.1)

3.3.1.1.2 วิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อนด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น TA-X2i โดยเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อนเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร และสูง 10 มิลลิเมตร ใช้หัววัด P/50 แล้วทำการวัดค่าความแข็ง (hardness) ค่าการเกาะติดผิว (adhesiveness) ค่าความสามารถในการเกาะกัน (cohesiveness) ค่าความยืดหยุ่น (springiness) ค่าความหยุ่นตัว (gumminess) และค่าการเคี้ยว (chewiness) (รายละเอียดวิธีการตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสแสดงในภาคผนวก ข.2)

3.3.1.1.3 ศึกษาโครงสร้างจุลภาคของผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อน

ศึกษาโครงสร้างจุลภาคของผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวานเตรียมตัวอย่างโดยตัดตัวอย่างให้มีขนาด 10 x 10 มิลลิเมตร และหนา 10 มิลลิเมตร นำตัวอย่างแช่ก๊าซไนโตรเจนเหลว แล้วนำตัวอย่างไปเข้าเครื่องฟรีซดราย หลังจากฟรีซดรายเสร็จนำตัวอย่างไปศึกษาโครงสร้างจุลภาคของผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด รุ่น Evo MA 10, Zeiss

3.3.1.2 ทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสเต้าหู้งาอ่อน โดยนำเต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวาน โดยการประเมินแบบ 5-point hedonic scale ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เตรียมตัวอย่างโดยตัดตัวอย่างให้มีขนาด 10 x 10 มิลลิเมตร และหนา 10 มิลลิเมตร ให้ผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน จำนวน 40 คน ทดสอบทางประสาทสัมผัสและพิจารณาเลือกเต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวานที่คะแนนการยอมรับสูงสุด (แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแสดงในภาคผนวก ง)

3.3.1.3 วิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ค่ากิจกรรมน้ำอิสระและลักษณะเนื้อสัมผัส โดยวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มตลอด (Complete randomized design, CRD) และคุณภาพทางประสาท โดยวางแผนการทดลองสัมผัสแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของเต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวานด้วย Duncan's New Multiple range test (DMRT) โดยโปรแกรมทางสถิติ SPSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.3.2 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวอาหารสำหรับเป็นอาหารหวาน

ศึกษาอายุการเก็บรักษาของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวอาหารสำหรับเป็นอาหารหวาน โดยทำการผลิตเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับอาหารหวานตามกระบวนการผลิตเต้าหู้งาอ่อน (ภาพที่ 3.1) โดยใช้ชนิดและปริมาณที่เลือกจาก ข้อ 3.3.1 นำมาทำการเก็บรักษาตัวอย่างเต้าหู้งาอ่อน โดยแช่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน นำเต้าหู้งาอ่อนมาวิเคราะห์ทุกวันที่ 0 2 4 6 10 และ 14 โดยนำมาวิเคราะห์ดังนี้

3.3.2.1 วิเคราะห์ทางกายภาพ

3.3.2.1.1 วิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อนด้วยเครื่องTexture analyzer รุ่น TA-X2i โดยเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อนเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร และสูง 10 มิลลิเมตร ใช้หัววัด P/50 แล้วทำการวัดค่าความแข็ง (hardness) ค่าการเกาะติดผิว (adhesiveness) ค่าความสามารถในการเกาะกัน (cohesiveness) ค่าความยืดหยุ่น (springiness) ค่าความหยุ่นตัว (gumminess) และค่าการเคี้ยว (chewiness) (รายละเอียดวิธีการตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสแสดงในภาคผนวก ข.2)

3.3.2.1.2 ปริมาณน้ำที่ออกมาจากเต้าหู้งาอ่อน

นำตัวอย่างเต้าหู้งาอ่อนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มาศึกษาปริมาณน้ำที่ออกมาจากเต้าหู้งาอ่อน โดยศึกษาปริมาณน้ำที่ออกมาจากเต้าหู้งาอ่อนทุกวันที่ 0 2 4 6 10 และ 14

3.3.2.2 การตรวจวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ (AOAC, 2000)

การตรวจวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ โดยการตรวจนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) และตรวจนับจำนวนยีสต์ และราทั้งหมด (Yeast & Mold plate count) ที่มีชีวิตอยู่ในผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวาน โดยตรวจนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ของสารให้ความคงตัวที่เติมในผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวานที่ผ่านการพิจารณาจากคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด (รายละเอียดตรวจนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์แสดงในภาคผนวก ค)

3.3.2.3 วิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มตลอด (Complete randomized design, CRD) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์เต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวานด้วย Duncan's New Multiple range test (DMRT) โดยโปรแกรมทางสถิติ SPSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

147870

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ศึกษาชนิดของสารและปริมาณที่ทำให้เกิดความคงตัวของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน

4.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน

4.1.1.1 ผลการวิเคราะห์กิจกรรมน้ำอิสระ (water activity, Aw)

ตารางที่ 4.1 ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ (water activity, Aw) ของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน

ชนิดสารให้ความคงตัว	ความเข้มข้น (ร้อยละของน้ำหนักวัตถุดิบ)	ค่ากิจกรรมน้ำ (Aw)
บุก	2	0.996 ± 0.00^{b}
	2.5	0.998 ± 0.00^{a}
	3	0.998 ± 0.00^{a}
คาราจีแนน	0.6	0.996 ± 0.00^{b}
	0.8	0.997 ± 0.01^{ab}
	1	0.998 ± 0.00^{a}
วุ้น	0.6	0.996 ± 0.00^{b}
	0.8	0.998 ± 0.01^{ab}
	1	0.998 ± 0.00^{a}
แป้งดัดแปร MB	8	0.997 ± 0.00^{ns}
	10	0.998 ± 0.00^{ns}
	12	0.998 ± 0.00^{ns}

หมายเหตุ: ^{ns} หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งของสารให้ความคงตัวแต่ละชนิดแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

$^{a,b,c,....}$ หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งของสารให้ความคงตัวแต่ละชนิดแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 พบว่าค่ากิจกรรมน้ำอิสระของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานที่เติมแป้งดัดแปร MB ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$) แต่บุก คาราจีแนน และวุ้นสามารถอุ้มน้ำได้มากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวเพิ่มมากขึ้น และโดยมีค่ากิจกรรมน้ำอิสระของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน อยู่ในช่วง 0.996 ถึง 0.998 เนื่องจากสารให้ความคงตัวทุกชนิดสามารถกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างได้มาก และในขั้นตอนการผลิตเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานมีการควบคุมปริมาณน้ำที่เติมลงไปในปริมาณที่เท่ากัน จึงส่งผลให้ค่ากิจกรรมน้ำอิสระไม่มีความแตกต่างกัน

4.1.1.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส (textural properties) ของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน

จากการนำเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวที่เติม บุก คาราจีแนน วุ้น และแป้งดัดแปร MB มาวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ซึ่งเป็นการวัดโดยใช้แรงกดหรือแรงอัดในแนวตรงทำให้วัสดุเปลี่ยนรูปร่าง แรงที่กระทำจะบอกลักษณะเนื้อสัมผัส (textural properties) ได้แก่ ค่าความแข็ง (hardness) ค่าการเกาะติดผิว (adhesiveness) ค่าความสามารถในการเกาะกัน (cohesiveness) ค่าความยืดหยุ่น (springiness) ค่าความหยุ่นตัว (gumminess) และ ค่าการเคี้ยว (chewiness) ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส (textural properties) ของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน

ชนิดสารให้ความคงตัว	ความเข้มข้น (ร้อยละของน้ำหนักวัตถุดิบ)	ความแข็ง (กรัม)	การเกาะติดผิว (กรัม.วินาที)	ความสามารถในการเกาะกัน	ความยืดหยุ่น	ความหยุ่นตัว (กรัม)	การเคี้ยว (กรัม)
บุก	2	593.4±75.7 ^{a}	469.2±71.4 ^{a}	0.7±0.0 ^{a}	0.9±0.0 ^{a}	397.7±63.0 ^{ns}	343.2±50.1 ^{a}
	2.5	802.0±24.2 ^{b}	763.4±18.3 ^{b}	0.6±0.1 ^{a}	0.7±0.0 ^{b}	476.0±56.7 ^{ns}	353.1±45.2 ^{a}
	3	917.4±40.9 ^{c}	686.4±49.1 ^{b}	0.5±0.0 ^{b}	0.6±0.1 ^{c}	446.6±8.2 ^{ns}	244.9±50.4 ^{b}
คาราจีแนน	0.6	311.7±10.3 ^{c}	43.7±37.1 ^{ns}	0.2±0.0 ^{ns}	0.4±0.0 ^{ns}	49.7±6.0 ^{b}	17.6±0.2 ^{b}
	0.8	486.9±43.9 ^{b}	16.8±2.3 ^{ns}	0.1±0.0 ^{ns}	0.4±0.1 ^{ns}	67.3±10.9 ^{ab}	28.9±6.3 ^{a}
	1	566.2±44.5 ^{a}	19.7±5.5 ^{ns}	0.1±0.0 ^{ns}	0.4±0.0 ^{ns}	80.9±11.9 ^{a}	29.9±4.0 ^{a}
วุ้น	0.6	281.9±50.1 ^{b}	18.3±4.2 ^{c}	0.2±0.0 ^{ns}	0.4±0.1 ^{ns}	41.0±3.8 ^{b}	16.9±5.0 ^{ns}
	0.8	578.0±153.7 ^{a}	41.9±9.7 ^{b}	0.2±0.0 ^{ns}	0.4±0.1 ^{ns}	88.9±32.4 ^{a}	35.3±20.3 ^{ns}
	1	778.4±66.9 ^{a}	64.4±10.0 ^{a}	0.2±0.0 ^{ns}	0.3±0.1 ^{ns}	122.7±17.2 ^{a}	41.4±14.2 ^{ns}
แป้งดัดแปร MB	8	500.8±64.3 ^{a}	106.1±40.5 ^{ns}	0.5±0.1 ^{ns}	0.6±0.1 ^{ns}	269.4±60.8 ^{c}	167.5±29.5 ^{b}
	10	678.6±18.6 ^{b}	124.3±30.9 ^{ns}	0.6±0.0 ^{ns}	0.7±0.2 ^{ns}	374.4±24.0 ^{b}	253.4±77.1 ^{ab}
	12	1033.1±92.3 ^{c}	164.7±69.8 ^{ns}	0.5±0.1 ^{ns}	0.6±0.1 ^{ns}	522.3±18.0 ^{a}	290.7±51.4 ^{a}

หมายเหตุ: ^{ns} หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งของสารให้ความคงตัวแต่ละชนิดแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

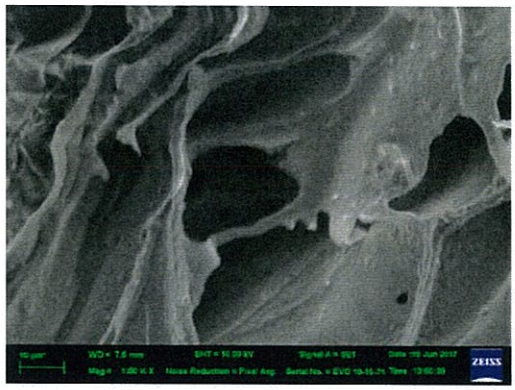
$^{a,b,c,....}$ หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งของสารให้ความคงตัวแต่ละชนิดแสดงว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่าค่าความแข็ง ค่าการเกาะติดผิว ค่าความสามารถในการเกาะกัน ค่าความยืดหยุ่น และค่าการเคี้ยวของบุกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนค่าความหยุ่นตัวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของบุกที่เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ค่าอื่นๆของบุกจะมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของบุกมากกว่าร้อยละ 2.5 โดยที่บุกมีค่าการเกาะติดผิว ค่าความหยุ่นตัว และค่าการเคี้ยวมากจึงทำให้เต้าหู้ที่เติมบุกเข้าไปมีความหนึบและเกาะติดกันมาก สำหรับคาราจีแนนค่าต่างๆจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของคาราจีแนนที่เพิ่มมากขึ้น โดยที่คาราจีแนนมีค่าการเกาะติดผิว ค่าความหยุ่นตัว และค่าการเคี้ยวน้อยจึงทำให้เต้าหู้งาอ่อนที่เติมคาราจีแนนเข้าไปมีลักษณะลื่นและเด้งเล็กน้อย ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเต้าหู้ถั่วเหลืองที่เติมคาราจีแนนที่ใช้ GDL ในการตกตะกอน ที่มีค่าความแข็งประมาณ 1000 กรัม และค่าความหยุ่นตัวประมาณ 100 กรัม (Karim และคณะ, 1999) พบว่าเต้าหู้ถั่วเหลืองที่เติมคาราจีแนนที่ใช้ GDL ในการตกตะกอน มีค่าความแข็ง และค่าความหยุ่นตัวใกล้เคียงกับเต้าหู้งาอ่อนที่เติมคาราจีแนน สำหรับวุ้นพบว่าค่าต่างๆจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของวุ้นที่เพิ่มมากขึ้น โดยลักษณะเนื้อสัมผัสจะคล้ายกับคาราจีแนน คือ มีลักษณะลื่นและเด้งเล็กน้อย และสำหรับแป้งดัดแปร MB พบว่าค่าต่างๆจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของแป้งดัดแปร MB ที่เพิ่มมากขึ้น โดยค่าการเกาะติดผิวที่ค่อนข้างน้อย แต่มีค่าความหยุ่นตัว และค่าการเคี้ยวที่มากทำให้เต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวที่เติมแป้งดัดแปร MB เข้าไปมีลักษณะค่อนข้างเหนียวและยืดหยุ่นได้ดี ซึ่งเมื่อเทียบกับเต้าหู้งาอ่อนที่เติมแป้ง kudzu ที่มีค่าความแข็งประมาณ 400 กรัม ค่าความหยุ่นตัวประมาณ 250 กรัม และค่าการเคี้ยวประมาณ 450 กรัม (Yadav และคณะ, 2014) พบว่าเต้าหู้งาอ่อนที่เติมแป้ง kudzu มีค่าความแข็ง และค่าความหยุ่นตัวค่อนข้างน้อย แต่มีค่าการเคี้ยวใกล้เคียงกับแป้งดัดแปร MB โดยเมื่อนำสารให้ความคงตัวแต่ละชนิดมาเปรียบเทียบกันจะพบว่าเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวที่เติมบุก และแป้งดัดแปร MB มีค่าต่างๆใกล้เคียงกันมากยกเว้นการเกาะติดผิวของแป้งดัดแปร MB ที่มีค่าน้อยกว่าบุกอย่างชัดเจน ส่วนเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวที่เติมคาราจีแนน และวุ้นจะมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าต่างๆน้อยกว่าเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวที่เติมบุก และแป้งดัดแปร MB

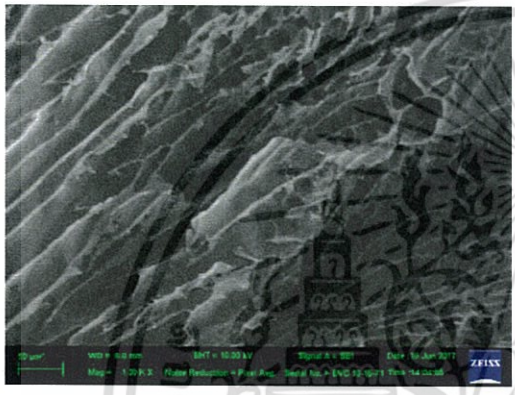
4.1.1.3 โครงสร้างทางจุลภาคของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน

จากการตรวจสอบลักษณะรูปร่างของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานที่เติมบุก คาราจีแนน วุ้น และแป้งดัดแปร MB มาตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) ที่กำลังขยาย 1000x แสดงดังภาพที่ 4.1 ถึง 4.4

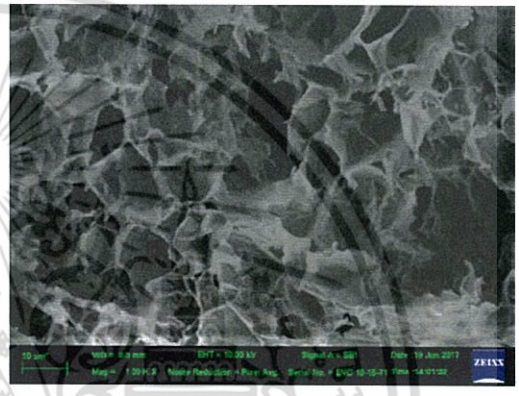
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

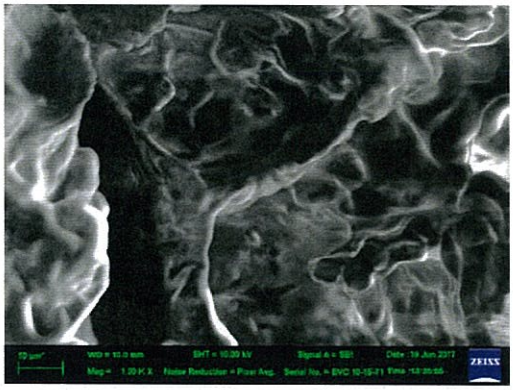


(ค)

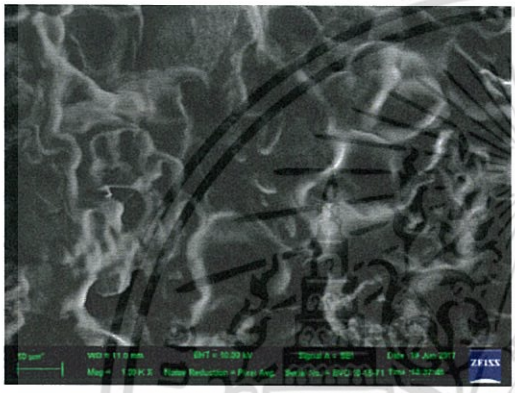
ภาพที่ 4.1 โครงสร้างทางจุลภาคของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานกำลังขยาย 1000x (ก) บุกความเข้มข้นร้อยละ 2 (ข) บุกความเข้มข้นร้อยละ 2.5 และ (ค) บุกความเข้มข้นร้อยละ 3

จากภาพที่ 4.1 พบว่าเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานที่เติมบุกจะทำให้เกิดโครงสร้างเป็นแผ่นพับที่เชื่อมต่อกันจนเป็นร่างแห เนื่องจากแป้งบุกเป็นไฮโดรคอลลอยด์จากธรรมชาติที่ประกอบด้วยแมนโนส และกลูโคสในอัตรา 3:2 ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเบต้า 1, 4 ไกลโคซิดิก (กมลทิพย์ และอดิศักดิ์, 2547) ซึ่งเมื่อนำกลูโคแมนแนนมาละลายน้ำจะสามารถดูดซับน้ำไว้ และเกิดการพองตัวได้มากทำให้มีความข้นหนืดมากขึ้น (จิราภรณ์, 2543) โดยเมื่อเติมบุกที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 โครงสร้างโปรตีนของเต้าหู้จะจับกันเป็นแผ่นบางๆอย่างหลวมๆ และมีช่องว่างระหว่างร่างแหขนาดใหญ่มาก ซึ่งเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของบุกมากขึ้นโครงสร้างโปรตีนของเต้าหู้ก็จะจับกันแน่นขึ้น เป็นแผ่นหนาขึ้น และมีช่องว่างระหว่างร่างแหขนาดเล็กลง โดยเต้าหู้ที่เติมบุกความเข้มข้นร้อยละ 3 จะมีโครงสร้างร่างแหที่เกาะกันแน่นมากจนมีช่องว่างระหว่างร่างแหขนาดประมาณ 10 ไมโครเมตร และมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับลักษณะเนื้อสัมผัสจากตารางที่ 4.2 คือเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของบุก จะทำให้มีค่าความแข็ง และค่าการเกาะติดผิวเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเติมบุกความเข้มข้นร้อยละ 3 จะทำให้โครงสร้างภายในยึดเกาะกันแน่นมากขึ้น จึงทำให้ค่าการเกาะติดผิวลดลง

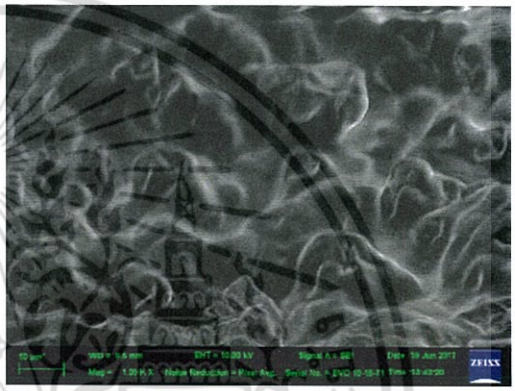
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



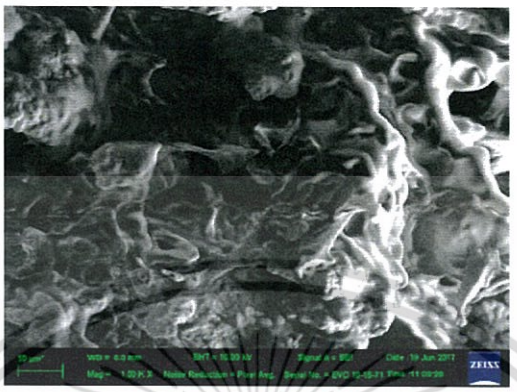
(ค)

ภาพที่ 4.2 โครงสร้างทางจุลภาคของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานกำลังขยาย 1000x (ก) คาราจีแนนความเข้มข้นร้อยละ 0.6 (ข) คาราจีแนนความเข้มข้นร้อยละ 0.8 และ (ค) คาราจีแนนความเข้มข้นร้อยละ 1.0

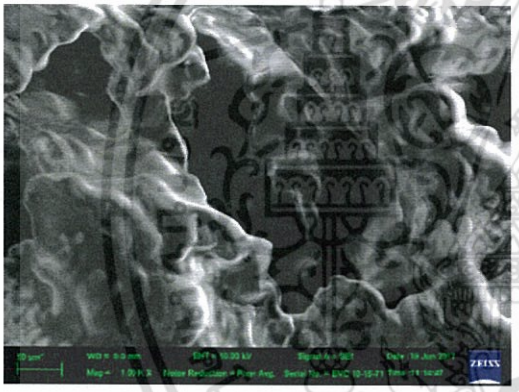
จากภาพที่ 4.2 พบว่าเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานที่เติมคาราจีแนนจะทำให้เกิดโครงสร้างร่างแห เนื่องจากคาราจีแนนเป็นพอลิเมอร์ของกาแล็กโทส และ 3,6-anhydrogalactose (3,6-AG) โดยเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกชนิด บีตา-1, 3 และมีกลุ่มซัลเฟตเกาะอยู่ที่ตำแหน่งที่ 4 (Necas และ Bartosikova, 2013) เมื่อคาราจีแนนอยู่ในรูปสารละลายในน้ำจะมีลักษณะเป็น random coil ขณะเย็นตัวลงจะเกิดโครงสร้างเกลียวคู่ (double helice) เมื่อปล่อยให้เย็นตัวลงจะเกิดเป็นโครงสร้างร่างแห 3 มิติ โดยโพลิเมอร์แต่ละสายจะรวมตัวเข้ามาใกล้กัน และเกิดเป็น junction point ซึ่งเมื่อเกาะรวมกันมาขึ้นจะทำให้เกิดการแข็งตัวเป็นเจล (นิธิยา, 2539; Piculell, 1995) โดยเมื่อเติมคาราจีแนนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.6 โครงสร้างโปรตีนของเต้าหู้จะจับกันอย่างหลวมๆ และมีช่องว่างระหว่างร่างแหขนาดใหญ่ ซึ่งเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของคาราจีแนนมากขึ้นโครงสร้างโปรตีนของเต้าหู้ก็จะจับกันแน่นขึ้น และเรียงชิดติดกันจนแทบจะไม่มีช่องว่างเหลืออยู่เลย (Shen และ Kuo, 2017) โดยเต้าหู้ที่เติมคาราจีแนนความเข้มข้นร้อยละ 1.0 จะมีโครงสร้างร่างแหที่อัดติดกันแน่นมากจนมีช่องว่างระหว่างร่างแหขนาดเล็กกว่า 2 ไมโครเมตร ดังนั้นจึงได้เนื้อสัมผัสที่ละเอียด และมีพื้นผิวเรียบเนียนมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

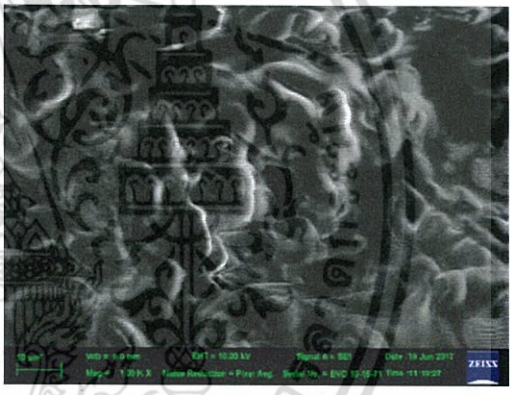
แต่สามารถแยกตัวจากกันได้ง่ายตามรอยแยกของช่องว่างที่เชื่อมต่อกันเมื่อมีแรงมากระทำเนื่องจากโครงสร้างเรียงชิดติดกันแต่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับลักษณะเนื้อสัมผัสจากตารางที่ 4.2 คือเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของคาราจีแนน จะทำให้มีค่าที่ทำการวัดทั้งหมดเพิ่มมากขึ้น



(ก)



(ข)



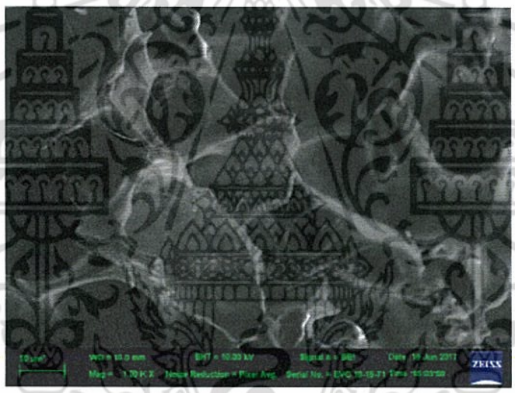
(ค)

ภาพที่ 4.3 โครงสร้างทางจุลภาคของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานกำลังขยาย 1000x (ก) วุ้นความเข้มข้นร้อยละ 0.6 (ข) วุ้นความเข้มข้นร้อยละ 0.8 และ (ค) วุ้นความเข้มข้นร้อยละ 1.0

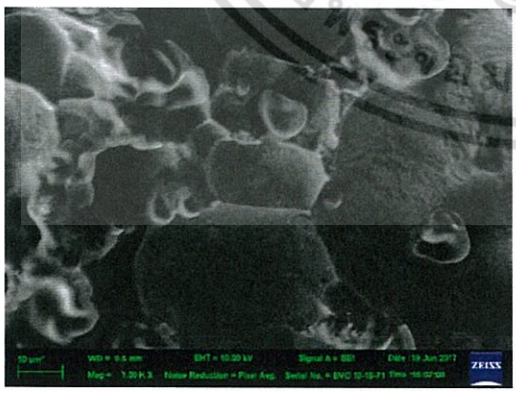
จากภาพที่ 4.3 พบว่าเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานที่เติมวุ้นจะเกิดโครงสร้างซ้อนทับกันเป็นร่างแห เนื่องจากวุ้นประกอบด้วยพอลิแซ็กคาไรด์ 2 ชนิด คือ อากาโรส (agarose) และ อากาโรเพคติน (agaropectin) โดยอากาโรสประกอบด้วย อากาโรไบโอส (agarobiose) ซึ่งประกอบด้วย β-D-(1,3)-galactose และ α-L-(3,6)-anhydrogalatose เชื่อมต่อกันที่ตำแหน่ง 1, 4 โดยที่ในแต่ละโมเลกุลมีการต่อสลับกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (Saxena และคณะ, 2011) และสำหรับ Agaropectin มีโครงสร้างคล้าย Agarose แต่มีความซับซ้อนกว่า เนื่องจากบางโมเลกุลของ 3,6-anhydrogalactose และD-galactose จะมีอนุมูลซัลเฟตเกาะอยู่หรือมีหมู่ไพรรูเวทเกาะอยู่ (Usov, 1998) ซึ่งมีการละลายได้ดีในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสขึ้นไป โดยโมเลกุลของอะกาโรสใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

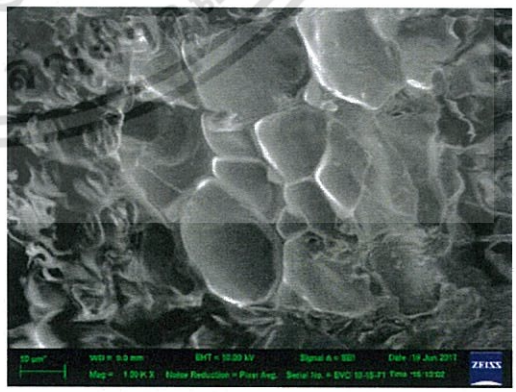
สารละลายจะมีลักษณะเป็น random coil ซึ่งในระยะนี้โครงสร้างของโมเลกุลจะอยู่กันอย่างไม่เป็นระเบียบ และเมื่ออุณหภูมิของสารละลายลดลงสายพอลิเมอร์แต่ละสายเกิดการพันกันเป็นเกลียวในลักษณะเกลียวคู่ (double helice) เมื่อลดอุณหภูมิต่ำลงอีกปลายสายของแต่ละคู่จะรวมตัวเข้ามาใกล้กันและเกิดการเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ซึ่งเมื่อเกาะรวมกันมากขึ้นจะทำให้เกิดการแข็งตัวเป็นเจลมากขึ้น ทำให้เกิดเป็นโครงสร้างร่างแห 3 มิติที่แข็งแรง (Dai and Matsukawa, 2012) และเนื่องจากวุ้นมีส่วนประกอบที่คล้ายกับคาราจีแนนจึงทำให้ลักษณะเจลที่ได้มีความคล้ายกัน เมื่อเติมวุ้นที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.6 โครงสร้างจะจับกันอย่างหลวมๆ และมีช่องว่างระหว่างร่างแหขนาดใหญ่ ซึ่งเมื่อเพิ่มความเข้มข้นมากขึ้นโครงสร้างก็จะจับกันแน่นขึ้น และแทบจะไม่มีช่องว่างเหลืออยู่เลย โดยเต้าหู้ที่เติมวุ้นความเข้มข้นร้อยละ 1.0 จะมีโครงสร้างร่างแหที่เกาะกันแน่นมากจนมีช่องว่างระหว่างร่างแหขนาดเล็กกว่า 5 ไมโครเมตร ดังนั้นจึงได้เนื้อสัมผัสที่เป็นเนื้อเดียวกัน เรียบเนียน แต่สามารถแยกตัวจากกันได้ง่ายตามเส้นของช่องว่างที่เชื่อมต่อกันเมื่อมีแรงมากระทำ และมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับลักษณะเนื้อสัมผัสจากตารางที่ 4.2 คือเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของวุ้น จะทำให้มีค่าที่ทำการวัดเพิ่มมากขึ้น



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 4.4 โครงสร้างทางจุลภาคของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานกำลังขยาย 1000x (ก) แป้งดัดแปร MB ความเข้มข้นร้อยละ 8 (ข) แป้งดัดแปร MB ความเข้มข้นร้อยละ 10 และ (ค) แป้งดัดแปร MB ความเข้มข้นร้อยละ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.4 พบว่าเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานที่เติมแป้งดัดแปร MB จะเกิดโครงสร้างร่างแหที่แข็งแรง เนื่องจากแป้งดัดแปร MB เป็นแป้งดัดแปรที่ได้จากการดัดแปรแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสค่อนข้างต่ำ คืออยู่ในช่วงร้อยละ 18-24 โดยแป้งมันสำปะหลังมี Degree of polymerization (DP) ของอะไมโลสอยู่ในช่วง 1,000 ถึง 6,000 ซึ่งแป้งที่มีสายของอะไมโลสยาวมากจะมีแนวโน้มในการเกิดรีโทรกราเดชัน (retrogradation) ลดลง [Hizukuri, 1988] โดยเมื่อเติมแป้งดัดแปร MB ที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 โครงสร้างจะมีช่องว่างค่อนข้างใหญ่ขนาดประมาณ 20 ไมโครเมตรกระจายอยู่ทั่ว ซึ่งเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแป้งดัดแปร MB มากขึ้นโครงสร้างของเต้าหู้ก็จะจับกันแน่นขึ้น และเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น โดยเต้าหู้ที่เติมแป้งดัดแปร MB ความเข้มข้นร้อยละ 12 จะเกิดเจลที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันมีช่องว่างระหว่างร่างแหขนาดเล็กกว่า 20 ไมโครเมตร โดยช่องว่างค่อนข้างเรียงชิดติดกัน ซึ่งใกล้เคียงกับเต้าหู้อ่อนที่ทำจากงาขาวที่เติมแป้ง Kudzu ที่มีช่องว่างระหว่างร่างแหขนาดประมาณ 20 ไมโครเมตร โดยมีช่องว่างเรียงชิดติดกัน (Sato, 2003) ดังนั้นจึงได้เนื้อสัมผัสที่เป็นเนื้อเดียวกัน มีพื้นผิวเรียบเนียน สามารถยืดหยุ่นได้ดี และขาดออกจากกันได้ และมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับลักษณะเนื้อสัมผัสจากตารางที่ 4.2 คือเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแป้งดัดแปร MB จะทำให้มีค่าที่ทำการวัดเพิ่มมากขึ้น

จากภาพที่ 4.1 (ข) บุกความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ภาพที่ 4.2 (ค) คาราจีแนนความเข้มข้นร้อยละ 1.0 ภาพที่ 4.3 (ค) วุ้นความเข้มข้นร้อยละ 1.0 และภาพที่ 4.4 (ข) แป้งดัดแปร MB ความเข้มข้นร้อยละ 10 พบว่าเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานที่เติมบุก คาราจีแนน วุ้น และแป้งดัดแปร MB มีความแตกต่างกัน กล่าวคือบุกทำให้มีโครงสร้างเป็นแผ่นพับที่เชื่อมต่อกันจนเป็นร่างแหแบบหลวมๆ และมีช่องว่างระหว่างร่างแหมาก ทำให้เกิดเจลที่ไม่แข็งแรง ในขณะที่คาราจีแนน วุ้น และแป้งดัดแปร MB จะเกิดโครงสร้างร่างแหที่ทำให้ได้เจลที่สามารถคงตัวได้มากกว่าบุก โดยที่คาราจีแนน และวุ้นจะประกอบด้วยอนุภาคที่มาเรียงติดชิดกันมาก และมีช่องว่างขนาดเล็กแทรกอยู่เล็กน้อยจึงได้เจลที่มีเนื้อเนียนละเอียดแต่สามารถแตกหักได้ง่าย แต่แป้งดัดแปร MB จะประกอบด้วยอนุภาคที่มาเรียงต่อกันเป็นเนื้อเดียวกันโดยมีช่องว่างขนาดใหญ่แทรกอยู่มาก ทำให้ได้เจลที่เนื้อเนียนละเอียดน้อยกว่าคาราจีแนน และวุ้น แต่สามารถยืดหยุ่นได้ดี โดยการเลือกความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวชนิดต่างๆจะเลือกจากค่าความแข็งของลักษณะเนื้อสัมผัสจากตารางที่ 4.2 ซึ่งจะนำไปทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับอาหารหวาน

4.1.2.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานด้านความชอบ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานด้านความชอบด้วยวิธีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบสเกลความชอบ 5 คะแนน (5-point Hedonic scale test) โดยผู้ทดสอบจำนวน 40 คน ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับอาหารหวานด้านความชอบ โดยใช้ 5-point Hedonic scale test

ชนิดสารให้ความคงตัว	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
บุก	2.0 ± 0.8^{ns}	2.4 ± 1.0^{b}	2.1 ± 1.0^{c}	2.3 ± 0.9^{c}
คาราจีแนน	3.4 ± 0.9^{ns}	3.1 ± 1.1^{a}	3.3 ± 1.0^{a}	3.4 ± 1.0^{a}
วุ้น	3.1 ± 1.2^{ns}	2.5 ± 0.9^{b}	2.6 ± 1.0^{b}	2.8 ± 0.8^{b}
แป้งดัดแปร MB	3.5 ± 1.1^{ns}	2.6 ± 0.9^{b}	2.8 ± 1.0^{b}	2.8 ± 0.7^{b}

หมายเหตุ: ^{ns} หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งของสารให้ความคงตัวแต่ละชนิดแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

$^{a,b,c,....}$ หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งของสารให้ความคงตัวแต่ละชนิดแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานด้านความชอบ พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานที่เติมบุกน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสารชนิดอื่นที่ใช้ทำเต้าหู้งาอ่อน โดยเต้าหู้งาอ่อนที่เติมบุกมีโครงสร้างที่เชื่อมต่อกันเป็นร่างแหแบบหลวมๆ มีช่องว่างระหว่างร่างแหมากทำให้เกิดเจลที่ไม่แข็งแรง และผู้ทดสอบให้คะแนนลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานที่เติมวุ้น และแป้งดัดแปร MB ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับสารชนิดอื่นที่ใช้ทำเต้าหู้งาอ่อน จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมาเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานที่เติมคาราจีแนนมากที่สุด โดยเต้าหู้งาอ่อนที่เติมคาราจีแนนมีโครงสร้างเป็นร่างแหทำให้ได้เจลที่สามารถคงตัวได้ดี มีอนุภาคที่มาเรียงติดชิดกันมาก และมีช่องว่างขนาดเล็กแทรกอยู่เล็กน้อยจึงได้เจลที่มีเนื้อเนียนละเอียด เต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานที่เติมคาราจีแนนจึงเป็นที่ยอมรับมากที่สุด

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน

4.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน

4.2.1.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส (textural properties) ของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส (textural properties) ของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวที่เติมคาราจีแนนสำหรับเป็นอาหารหวาน

ชนิดสารให้ความคงตัว	วันที่	ความแข็ง (กรัม)	การเกาะติดผิว (กรัม.วินาที)	ความสามารถในการเกาะกัน	ความยืดหยุ่น	ความหยุ่นตัว (กรัม)	การเคี้ยว (กรัม)
คาราจีแนน	0	520.1±52.4 ^{cd}	21.6±6.7 ^{ab}	0.1±0.0 ^{ns}	0.5±0.1 ^{a}	73.2±8.3 ^{ab}	34.9±6.4 ^{a}
	2	538.1±46.4 ^{c}	27.7±12.0 ^{ab}	0.1±0.0 ^{ns}	0.3±0.0 ^{ab}	64.5±22.0 ^{b}	19.8±6.7 ^{b}
	4	652.1±20.7 ^{ab}	17.4±3.8 ^{b}	0.1±0.0 ^{ns}	0.4±0.1 ^{ab}	80.2±4.5 ^{ab}	33.3±7.7 ^{a}
	6	699.0±3.5 ^{a}	35.9±13.5 ^{a}	0.1±0.0 ^{ns}	0.4±0.1 ^{ab}	90.0±11.3 ^{a}	36.4±8.2 ^{a}
	10	614.4±54.7 ^{b}	29.3±2.7 ^{ab}	0.1±0.0 ^{ns}	0.3±0.0 ^{ab}	81.1±14.9 ^{ab}	26.2±8.7 ^{ab}
	14	454.2±32.3 ^{d}	26.3±10.2 ^{ab}	0.1±0.0 ^{ns}	0.3±0.0 ^{b}	56.3±8.5 ^{b}	17.6±3.8 ^{b}

หมายเหตุ: ^{ns} หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งของสารให้ความคงตัวแต่ละชนิดแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

$^{a,b,c,....}$ หมายถึง อักษรกำกับเหนือตัวเลขในแนวตั้งของสารให้ความคงตัวแต่ละชนิดแสดงว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$

จากตารางที่ 4.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวที่เติมคาราจีแนนสำหรับเป็นอาหารหวานพบว่าค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆจนถึงวันที่ 6 เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปปริมาณน้ำที่ออกจากเต้าหู้อ่อนที่ทำจากงาขาวจะมากขึ้น ซึ่งเกิดจากการแยกตัวของน้ำ (syneresis) เมื่อโครงสร้างร่างแหของเจลหดตัวเข้าใกล้กันมากขึ้น (Piculell, 1995) และจะลดลงหลังจากผ่านวันที่ 6 เนื่องจากเกิดการเสื่อมเสียขึ้น เช่นเดียวกับค่าการเกาะติดผิวจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเล็กน้อยประมาณวันที่ 6

4.2.1.2 ปริมาณน้ำที่ออกมาจากเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาว

ตารางที่ 4.5 ปริมาณน้ำที่ออกจากเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

ชนิดสารให้ความคงตัว	เวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณน้ำที่ออกจากเต้าหู้งาขาว (มิลลิลิตร)
คาราจีแนน	0	0.3
	2	0.5
	4	2.1
	6	2.6
	10	3.6
	14	3.7

จากตารางที่ 4.5 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวมีผลต่อปริมาณน้ำที่ออกจากเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน โดยวันที่ 0 มีปริมาณน้ำออกจากเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน 0.3 มิลลิลิตร และวันที่ 14 ที่มีปริมาณน้ำออกจากเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน 3.7 โดยปริมาณน้ำออกจากเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากการแยกตัวของน้ำ (syneresis) เมื่อโครงสร้างร่างแหของเจลหดตัวเข้าใกล้กันมากขึ้น (Piculell, 1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 คุณสมบัติทางจุลินทรีย์ของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน

4.2.2.1 การตรวจวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์

ตารางที่ 4.6 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานที่เวลาการเก็บรักษาต่างๆ

เวลาการเก็บรักษา(วัน)	เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	ยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม)
0	0.7×10^{1}	น้อยกว่า 10
2	2.2×10^{1}	น้อยกว่า 10
4	4.3×10^{1}	น้อยกว่า 10
6	5.8×10^{2}	น้อยกว่า 10
10	1.2×10^{3}	น้อยกว่า 10
14	1.9×10^{5}	น้อยกว่า 10

จากตารางที่ 4.6 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา 0-14 วัน ไม่มีผลต่อจำนวนเชื้อยีสต์และราในเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน โดยตลอดระยะเวลาที่ศึกษา เต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานมีจำนวนยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษา 0-14 วัน มีผลต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน โดยพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษามากขึ้น เต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานจะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น และที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 14 วัน พบว่ามีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.9×10^{5} โคโลนีต่อกรัม ซึ่งเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของเต้าหู้แผ่น (มผช. 461/2546) ที่กำหนดให้มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 5×10^{4} โคโลนีต่อกรัม (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก จ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 การศึกษาชนิดของสารและปริมาณที่ทำให้เกิดความคงตัวของเต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวาน

จากการศึกษาผลของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานที่เติม บุก คาราจีแนน วุ้น และแป้งดัดแปร MB โดยจากการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวทุกชนิด จะสามารถกักเก็บน้ำไว้ในเต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวานได้มากขึ้น โดยดูได้จากค่ากิจกรรมน้ำของเต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวานที่เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวเพิ่มมากขึ้น และเมื่อตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวานก็พบว่าค่าต่างๆที่ทำการทดสอบเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะค่าความแข็ง และผลการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของเต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวานก็ให้ผลไปในทางเดียวกันกับผลของลักษณะเนื้อสัมผัสด้วย คือ เมื่อความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวเพิ่มมากขึ้นช่องว่างระหว่างร่างแหจะมีขนาดเล็กลง และมีผิวเรียบขึ้น ทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น โดยบุกจะมีโครงสร้างร่างแหแตกต่างจากสารให้ความคงตัวชนิดอื่นๆ จากนั้นจึงเลือกความเข้มข้นที่เหมาะสม คือ เต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวานที่เติมบุกร้อยละ 2.5 คาราจีแนนร้อยละ 1.0 วุ้นร้อยละ 1.0 และแป้งดัดแปร MB ร้อยละ 10 มาทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าเต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวานที่เติมคาราจีแนนร้อยละ 1.0 ได้รับการยอมรับมากที่สุด

5.1.2 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของเต้าหู้งาสำหรับเป็นอาหารหวาน

จากการศึกษาผลของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวานพบว่าเมื่อจำนวนวันการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นค่าความแข็งของเต้าหู้จะเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากมีปริมาณน้ำที่ออกมาจากเต้าหู้เพิ่มมากขึ้น และจะมีค่าความแข็งลดลงเมื่อปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นจนเกิดการเสื่อมเสีย โดยเต้าหู้งาอ่อนมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 10 วัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรเก็บเต้าหู้ในภาชนะปิดสนิทที่ห่อหุ้มด้วยพลาสติกอีกชั้นหนึ่งก่อนแช่ตู้เย็น เนื่องจากการใส่ภาชนะที่ใช้ฝาปิดอาจสามารถมีน้ำเข้าออกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

ผลผลิตในงานวิจัยนี้จะตีพิมพ์ในงานประชุมวิชาการ Sixth International Conference on Integration of Science and Technology for SUSTAINABLE DEVELOPMENT 2017 (6^{TH} ICIST 2017) ที่ประเทศฟิลิปปินส์ วันที่ 24-26 พฤศจิกายน 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์. 2553. ผลของซีนไฮโดรไลเซทต่อสมบัติทางกายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งบุก. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. 30(1): 80-89.

กาญจนา บันสิทธิ์ และ ธีระพล บันสิทธิ์. 2557. คุณค่าของกากงาดำดิบ Value of Unroasted Black Sesame Seed Cake. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.ubu.ac.th/web/files_up/08f2014092914015516.pdf. 21 ธันวาคม 2559.

จันทร วรากุลเทพ, อัจฉรา กลีบงาม, วัชระ การไกล, ฉัตรแก้ว เกล้ารัตนา, ประทุมรัตน์ บัวแย้ม และวันทา ยิ้มสุข. 2546. เต้าหู้อาหารเพื่อสุขภาพ. กรุงเทพฯ: เพชรกะรัตสติวดิโอ.

จิราภรณ์ สอนจิตร์. 2543. กลูโคแมนแนน ใยอาหารจากบุก. แม่โจ้ปริทัศน์. 5(1): 79-84.

ณัฐยา พูนสุวรรณ ปาณิศา จางศิริกุล นิภาวัลย์ นีระมนต์ และกาญจนา ละม้ายศรี. 2557. อิทธิพลของสภาวะในการเตรียมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ โดยปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อความเข้มข้นของหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิล และความหนืด. วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 7(1): 57-64.

ดุษฎี อุตภาพ. ม.ป.ป. สมบัติทางเคมีของคาร์โบไฮเดรท-ไฮโดรคอลลอยด์ และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม . [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/chapter4.html. 19 มีนาคม 2560.

ธีรนุช ฉายศิริโชติ และสุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี. 2558. การพัฒนาเต้าหู้นมสดเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอผง Development of Pomelo Albedo Fiber Enriched Milk Pudding.วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีการประกอบอาหารและการบริการ และสาขาเทคโนโลยีการแปรรูป. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2539. เคมีอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พรรณภัทร คาลอย และสุมาลิน มังคละ. 2556. เต้าหู้แข็งเสริมข้าวโพดสีม่วง Production of bean curd (Tofu) added field corn. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2559. Sesame/งา. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2073/sesame-E0%B8%87%E0%B8%B2. 21 ธันวาคม 2559.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2559. Stabilizing agent / สารที่ทำให้คงตัว. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1466/stabilizing-agent-%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%97%E0%B8%B3%E0%B9%83%E0%B8%AB%E0%B9%89%E0%B8%84%E0%B8%87%E0%B8%95%E0%B8%B1%E0%B8%A7. 9 เมษายน 2560.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2559. Modified starch / สตาร์ชดัดแปร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0502/modified-starch-แป้งดัดแปร. 9 เมษายน 2560.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2559. Carrageenan / คาร์ราจีแนน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1274/carrageenan-คาราจีแนน. 9 เมษายน 2560.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2559. Konjac / บุก. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1850/konjac-%E0%B8%9A%E0%B8%B8%E0%B8%81. 9 เมษายน 2560.

วัฒนา ประทุมสิรธุ์. 2534. การค้นคว้าทดลองอาหาร The ExrerimentalStudy of Foods. ปัตตานี: ภาควิชาคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศิริพร ดลภักนิยมกุล. 2552. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้อ่อนจากกากงาขาวและธัญพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อุบล ดีสวัสดิ์. 2546. เต้าหู้เมนูอร่อยเพื่อสุขภาพ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แม่บ้าน.

อภิชาต เกิดผล และ วิไลภรณ์ ชนกนำชัย. 2558. การปลูกงา. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/rice/nga2.pdf. 21 ธันวาคม 2559.

Chang, Y. H., Shiau, S. Y., Chen, F. B. and Lin, F. R. 2011. Effect of microbial transglutaminase on the rheological and textural characteristics of black soybean packed tofu coagulating with Agar. Food Science and Technology. 44: 1107-1112.

Dai, B. and Matsukawa, S. 2012. NMR studies of the gelation mechanism and molecular dynamics in agar solutions. Food Hydrocolloids. 26(1): 181-186.

Hizukuri, S. 1988. Recent advances in molecular structure of starch. Journal of the Japanese Society of Starch Science. 35(3): 185-198.

Karim, A. A., Sulebele, G.A., Azhar, M.E. and Ping, C.Y. 1999. Effect of carrageenan on yield and properties of tofu. Food Chemistry. 66: 159-165.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Li, M., Chen, F., Yang, B., Lai, S., Yang, H., Liu, K., Bu, G., Fu, C., and Deng, Y. 2015. Preparation of organic tofu using organic compatible magnesium chloride incorporated with polysaccharide coagulants. Food Chemistry. 167: 168–174.

Makinde, M. F. and Akinoso, R. 2014. Comparison between the nutritional qualities of flour obtained from raw, roasted and fermented sesame (*Sesamum indicum* L.) seed grown in Nigeria. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria. 13(3): 309-319.

Morgan, S. 2016. The Nutrients in Raw & Roasted Sesame Seeds. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: http://www.livestrong.com/article/3 9 1 6 5 6 -the-nutrients-in-raw-roasted-sesame-seeds. 21 ธันวาคม 2559.

Murad, M., Abdullah, A. and Mustapha, W. A. W. 2015. Optimization of egg tofu formulations containing carrageenan, gum arabic and corn starch by descriptive sensory analysis. American Journal of Applied Sciences. 12 (1): 47-57.

Necas, J. and Bartosikova, L. 2013. Carrageenan: A review. Veterinarni Medicina. 58: 187-205.

Piculell, L. 1995. Gelling carrageenans. Food Science and Technology. 8: 205-244.

Sato, E. and Ito, R. 2000. Effects of mixture ratio of kudzu (arrowroot) starch and sesame contents on the physical properties of gomatofu (sesame tofu). Hydrocolloids. 269–274.

Sato, E. 2003. Effects of different kind of sesame materials on the physical properties of gomatofu (sesame tofu). Food Hydrocolloids. 17 (6): 901-906.

Saxena, A., Tahir, A., Kaloti, M., Ali, J., and Bohidar, H. B. 2011. Effect of agar—gelatin compositions on the release of salbutamol tablets. International Journal of Pharmaceutical Investigation. 1(2): 93–98.

Shen, Y. R. and Kuo, M. I. 2017. Effects of different carrageenan types on the rheological and waterholding properties of tofu. Food Science and Technology. 78: 122-128.

Usov, A.I. 1998. Structural analysis of red seaweed galactans of agar and carrageenan groups. Food Hydrocolloids. 12(3): 301-308.

Yadav, D. N., Dhasmana, J., Sharma, M. and Kumar, Y. 2014. Corn starch incorporated gomatofu: textural and sensory quality. International Journal of Food Processing Technology. 1: 13-19.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

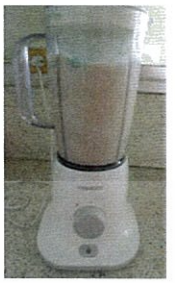
ภาคผนวก ก
ภาพแสดงกระบวนการผลิตเต้าหู้งาอ่อน

งาขาว

ปั่นงา

งาขาวปั่นละเอียด

น้ำ 3 เท่า



ปั่นผสม 5 นาที

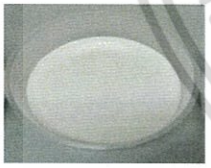
กระชอนกรองน้ำนม

กรองกากออก

น้ำนมงา

ใส่สารให้ความคงตัว

คนสารให้เข้ากับน้ำนมงา



บรรจุใส่ถ้วย

ให้ความร้อน

ต้ม 90°C 50 นาที

ลดอุณหภูมิ

แช่น้ำเย็น 15 นาที

เต้าหู้งาอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์ทางกายภาพ

ข.1 การวิเคราะห์ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ

การวิเคราะห์ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ มีขั้นตอนดังนี้

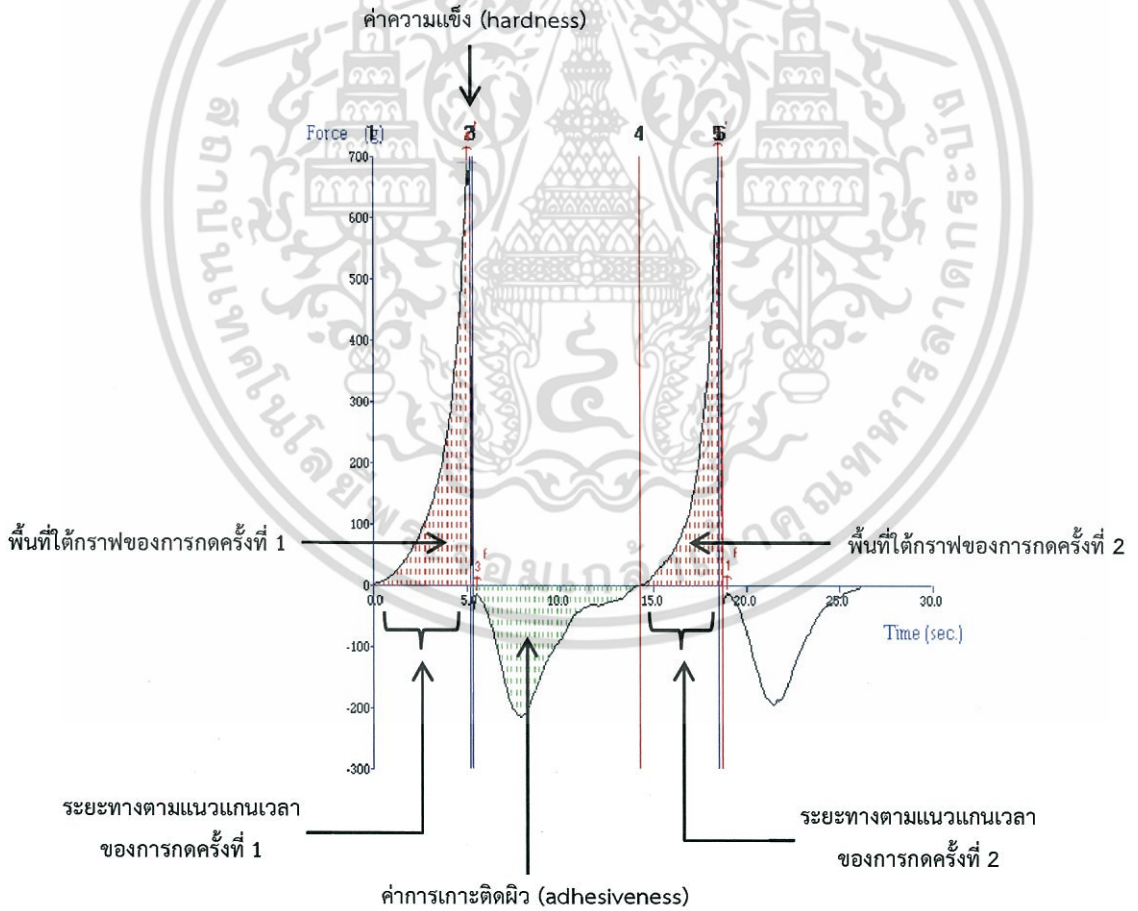
1. บดตัวอย่างให้ละเอียด แล้วบรรจุตัวอย่างลงในถ้วยตัวอย่าง (ทำ 3 ซ้ำ)
2. นำถ้วยตัวอย่างใส่ในช่องใส่ตัวอย่างของเครื่องวัดค่ากิจกรรมน้ำอิสระ แล้วปิดปุ่มไปที่ ready
3. บันทึกค่ากิจกรรมน้ำอิสระ เมื่อมีสัญญาณการเสร็จสิ้นการวัดค่ากิจกรรมน้ำอิสระ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 การตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis)

ตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัส (texture profile analysis) ของเต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวาน (ดัดแปลงจาก ศิริพร, 2552) โดยตัดตัวอย่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร และสูง 10 มิลลิเมตร ใช้หัวกด Cylinder probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร หรือ P/50 โดยแรงกดสูงสุดแสดงค่าความแข็ง (hardness) พื้นที่ใต้กราฟส่วนที่มีค่าเป็นลบของช่วงการกดครั้งที่ 1 แสดงค่าการเกาะติดผิว (adhesiveness) อัตราส่วนของพื้นที่ใต้กราฟส่วนที่เป็นค่าบวกของการกดครั้งที่ 2 และครั้งที่ 1 แสดงค่าความสามารถในการเกาะกัน (cohesiveness) อัตราส่วนของระยะทางตามแนวแกนเวลาของกราฟการกดครั้งที่ 2 และครั้งที่ 1 แสดงค่าความยืดหยุ่น (springiness) ผลคูณของความแข็ง และความสามารถในการเกาะกันแสดงค่าความหยุ่นตัว (gumminess) และผลคูณของความแข็ง ความสามารถในการเกาะกัน และความยืดหยุ่นแสดงค่าการเคี้ยว (chewiness) ตั้งค่าดังตารางที่ ข.1 ค่าที่วัดได้จะปรากฏเป็นเส้นกราฟที่จอคอมพิวเตอร์ จากนั้นนำค่าที่ได้จากกราฟมาคำนวณ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 วิธีการตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis) ของเต้าหู้งาอ่อนสำหรับเป็นอาหารหวาน

Caption	Value
Test Mode	TPA
Pre-Test Speed	1.00 mm/sec
Test Speed	2.00 mm/sec
Post-Test Speed	2.00 mm/sec
Target Mode	Strain
Strain	70.00
Time	3.00 sec
Trigger Type	Auto (Force)
Tigger Force	5.0 g
Break Mode	Off
Stop Plot At	Final
Tare Mode	Auto
PPS	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
วิธีวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

ค.1 การตรวจวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000)

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทังหมด (total plate count) (AOAC, 2000) มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการเจือจางตัวอย่างด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ หรือ 0.75% NaCl จนได้อัตราส่วนที่ต้องการ

2. ปิเปตตัวอย่างที่ถูกเจือจางเป็นอัตราส่วนต่างๆ 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้ออัตราส่วนละ 3 จานเพาะเชื้อ

3. เทอาหารเพาะเชื้อ plate count agar (ผ่านการ autoclave แล้ว และมีอุณหภูมิประมาณ 45 - 50 องศาเซลเซียส) ลงในจานเพาะเชื้อประมาณ 15 -20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยการเลื่อนจานเพาะเชื้อในแนวตั้ง แนวตามเข็มนาฬิกา และทวนเข็มนาฬิกา แนวละ 5 ครั้ง

4. ตั้งทิ้งไว้ให้แข็ง กลับจานเพาะเชื้อ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 – 37 องศาเซลเซียส นาน24 – 48 ชั่วโมง นับโคโลนีในจานเพาะเชื้อและนำไปคำนวณหาเชื้อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่าง

ค.2 การตรวจวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา (yeast and mold count) (AOAC, 2000) มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการเจือจางตัวอย่างด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ หรือ 0.75% NaCl จนได้อัตราส่วนที่ต้องการ

2. ปิเปตตัวอย่างที่ถูกเจือจางเป็นอัตราส่วนต่างๆ 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้ออัตราส่วนละ 3 จานเพาะเชื้อ

3. เทอาหารเพาะเชื้อ potato dextrose agar (ผ่านการ autoclave และมีอุณหภูมิประมาณ 45 – 50 องศาเซลเซียส และผ่านการปรับให้มีค่าความเป็นกรดด่างประมาณ 3.5 ด้วยสารละลาย 10% tartaric acid แล้ว) ลงในจานเพาะเชื้อประมาณ 20 -25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยการเลื่อนจานเพาะเชื้อในแนวตั้ง แนวตามเข็มนาฬิกา และทวนเข็มนาฬิกา แนวละ 5 ครั้ง

4.ตั้งทิ้งไว้ให้แข็ง นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 – 5 วัน สำหรับยีสต์ และ 5 – 7 วัน สำหรับรา นับโคโลนีในจานเพาะเชื้อ แล้วนำไปคำนวณหาจำนวนยีสต์และราในตัวอย่าง

ค.3 การคำนวณหาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ (total plate count และ yeast and mold count)

การคำนวณหาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ (AOAC, 2000) ทำได้ดังนี้

1. กรณีที่จำนวนเชื้อจุลินทรีย์เจริญอยู่ในช่วง 25 – 250 โคโลนีต่อจานเพาะเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าจานเพาะเชื้อจานใดจานหนึ่งจากตัวอย่างที่ทำให้เจือจาง (dilution) ระดับเดียวกันมีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 25 – 250 โคโลนี ให้นำจำนวนที่นับได้มาหาค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วยแฟคเตอร์การเจือจาง (dilution factor)

ถ้ามีตัวอย่างที่ทำให้เจือจาง 2 ระดับที่ติดกันมีจำนวนโคโลนีในจานเพาะเชื้ออยู่ระหว่าง 25 – 250 โคโลนี ให้นับจำนวนทั้ง 2 ระดับ นำค่าที่นับได้ของแต่ละระดับคูณด้วยแฟคเตอร์การเจือจาง แล้วหาอัตราส่วนความแตกต่างของค่าที่สูงต่อค่าที่ต่ำ ถ้าไม่เกิน 2 เท่า ให้นำค่าที่ได้จากทั้ง 2 ระดับ มาหาค่าเฉลี่ย แต่หากมากกว่า 2 เท่า ให้รายงานค่าที่ต่ำกว่า

2. กรณีที่มีเชื้อจุลินทรีย์เจริญน้อยกว่า 25 โคโลนีต่อจานเพาะเชื้อ ให้รายงานผลเป็นค่าจริงที่นับได้จากการทำให้เจือจางต่ำที่สุด (เข้มข้นมากที่สุด) นำจำนวนที่นับได้มาหาค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วยแฟคเตอร์การเจือจาง โดยรายงานว่าเป็นค่าประมาณ (est.)

3. กรณีที่ไม่มีเชื้อจุลินทรีย์เจริญเลย ให้รายงานผลเป็นค่าน้อยกว่าค่าของการทำให้เจือจางต่ำที่สุด โดยรายงานว่าเป็นค่าประมาณ (est.)

4. กรณีที่มีเชื้อจุลินทรีย์เจริญมากกว่า 250 โคโลนีต่อจานเพาะเชื้อ

ถ้าสามารถนับได้ทั้งหมด ให้นำจำนวนที่นับได้มาหาค่าเฉลี่ย แล้วคูณด้วยแฟคเตอร์การเจือจาง โดยรายงานว่าเป็นค่าประมาณ(est.)

ถ้าจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญจากระดับการทำให้เจือจางสูงที่สุด (เข้มข้นน้อยที่สุด) อยู่ระหว่าง 4 – 10 โคโลนีต่อตารางเซนติเมตร ให้นับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในพื้นที่ 12 ตารางเซนติเมตร (นับในแนวนอน 6 ตารางที่ติดกัน และในแนวตั้ง 6 ตารางที่ติดกัน) หาค่าเฉลี่ยต่อตารางเซนติเมตร คูณด้วยจำนวนพื้นที่ของจานเพาะเชื้อทั้งหมด แล้วคูณด้วยแฟคเตอร์การเจือจาง

ถ้าจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญจากระดับการทำให้เจือจางสูงที่สุดมีมากกว่า 10 โคโลนีต่อตารางเซนติเมตร แต่ประมาณด้วยสายตาแล้วสามารถที่จะนับได้ ให้นับจำนวนจากพื้นที่ที่เป็นตัวแทนของจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเพียง 4 ตารางเซนติเมตร หาค่าเฉลี่ยต่อตารางเซนติเมตร คูณด้วยจำนวนพื้นที่ของจานเพาะเชื้อทั้งหมด แล้วคูณด้วยแฟคเตอร์การเจือจางโดยที่ระดับการทำให้เจือจางที่ต่ำกว่านั้น ให้รายงานเป็น too numerous to count หรือ TNTC

ถ้าจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่นับมีค่าเกิน 100 โคโลนีต่อตารางเซนติเมตร ให้รายงานผลเป็นค่ามากกว่าพื้นที่ของจานเพาะเชื้อคูณด้วย 100 คูณด้วยแฟคเตอร์การเจือจางสูงที่สุด

5. กรณีในจานเพาะเชื้อมี spreader ถ้าจำเป็นต้องนับ ให้นับโคโลนีที่ spreader เป็น 1 โคโลนี แต่หากมี spreader มากกว่า 25% ให้รายงานว่า spreader หรือ SPR

6. กรณีที่เกิดการปนเปื้อนหรือเกิดการผิดพลาด ให้รายงานผลว่า laboratory accident หรือ LA

ในการรายงานผล ให้ปัดค่าที่คำนวณได้ในหน่วยของ CFU/ml หรือ CFU/g ให้มีเลขนัยสำคัญเพียง 2 ตัว ถ้าตัวเลขตำแหน่งที่3 มีค่ามากกว่า5 ให้ปัดตัวเลขตำแหน่งที่2 ให้สูงขึ้น1 ค่า แต่ถ้าตัวเลขตำแหน่งที่3 มีค่าน้อยกว่า5 ให้ปัดทิ้งไป และถ้าตัวเลขตำแหน่งที่3 มีค่าเท่ากับ 5 ให้ปัดขึ้น ถ้าตัวเลขตำแหน่งที่2 เป็นเลขคี่ และให้ปัดทิ้ง ถ้าเป็นเลขคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ง.1 แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน

ผลิตภัณฑ์ : เต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน ผู้ทดสอบ.....

วันที่.....

การทดสอบความชอบในผลิตภัณฑ์

คำแนะนำ : กรุณาประเมินตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอ พร้อมทั้งให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะและกรุณาบ้วนปากก่อนทดสอบตัวอย่าง โดยกำหนดระดับคะแนนความชอบดังนี้

สเกลความชอบ : 5 = ชอบมากที่สุด 4 = ชอบเล็กน้อย 3 = เฉยๆ 2 = ไม่ชอบเล็กน้อย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

	621	323	448	372
ลักษณะปรากฏ				
กลิ่นรส				
เนื้อสัมผัส				
ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เต้าหู้แผ่น (มผช.461/2546)

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะเต้าหู้แผ่นที่ไม่แต่งสี บรรจุในภาชนะบรรจุ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 เต้าหู้แผ่น หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำถั่วเหลืองมาล้างให้สะอาด แช่น้ำ แล้วบดผสมกับน้ำร้อน กรองเอากากออก เติมสารช่วยตกตะกอนในกลุ่มซัลเฟตหรือกลุ่มคลอไรด์ นำตะกอนมาใส่ในแบบซึ่งรองด้วยผ้า ทับน้ำออกเพื่อให้แห้งและจับตัวเป็นแผ่นหรือเป็นก้อน แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิไม่เกิน ๑๐ องศาเซลเซียส

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องเป็นแผ่นหรือเป็นก้อน ไม่แตกหรือเปื่อยยุ่ย

3.2 สี

ต้องมีสีขาวนวลถึงสีเหลืองนวลตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีสีคล้ำ

3.3 กลิ่นรส

ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นบูด รสเฝื่อน รสขม รสเปรี้ยว

3.4 ลักษณะเนื้อ

ต้องเนียน แน่น ไม่แตกหรือเละ หรือมีฟองอากาศ

เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 8.1 แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคน ไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

3.5 สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

3.6 โปรตีน

ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก

3.7 อะฟลาทอกซิน

ต้องไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม

3.8 วัตถุเจือปนอาหาร

ห้ามใช้สีและวัตถุกันเสียทุกชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 ความเป็นกรด-ด่าง

ต้องอยู่ในระหว่าง 5.5 ถึง 6.0

3.10 เชื้อจุลินทรีย์

3.10.1 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 5×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.10.2 ซาลโมเนลลา ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25กรัม

3.10.3 สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม

3.10.4 คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ ต้องไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม

4. สุขลักษณะ

4.1สุขลักษณะในการทำเต้าหู้แผ่น ให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

5. การบรรจุ

5.1 ให้บรรจุเต้าหู้แผ่นในภาชนะบรรจุที่สะอาด ผนึกได้เรียบร้อย และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

5.2 น้ำหนักสุทธิของเต้าหู้แผ่นในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ที่ภาชนะบรรจุเต้าหู้แผ่นทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

6.1.1 ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น เต้าหู้แผ่น เต้าหู้แข็ง เต้าหู้อ่อน เต้าหู้กระดาน

6.1.2 น้ำหนักสุทธิ

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

6.1.4 ข้อแนะนำในการเก็บรักษา เช่น ควรเก็บไว้ในตู้เย็น

6.1.5 ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

7.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง เต้าหู้แผ่นที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำในระยะเวลาเดียวกัน

7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

7.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่าง

ต้องเป็นไปตามข้อ 3.5 ข้อ 5. และข้อ 6. จึงจะถือว่าเต้าหู้แผ่นรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อ ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ 7.2.1 แล้ว จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.1 ถึงข้อ 3.4 จึงจะถือว่าเต้าหู้แผ่นรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบโปรตีน อะฟลาทอกซิน วัตถุเจือปนอาหารและความเป็นกรด-ด่าง ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ นำมาทำเป็นตัวอย่างรวม เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.6 ถึงข้อ 3.9 จึงจะถือว่าเต้าหู้แผ่นรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.4 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 500 กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.1 จึงจะถือว่าเต้าหู้แผ่นรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างเต้าหู้แผ่นต้องเป็นไปตามข้อ 7.2.1 ข้อ 7.2.2 ข้อ 7.2.3 และข้อ 7.2.4 ทุกข้อ จึงจะถือว่าเต้าหู้แผ่นรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

8. การทดสอบ

8.1 การทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อ

8.1.1 ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบเต้าหู้แผ่นอย่างน้อย 5 คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

8.1.2 วางตัวอย่างเต้าหู้แผ่นในจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม

8.1.3 หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 หลักเกณฑ์การให้คะแนน (ข้อ 8.1.3)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ต้องเป็นแผ่นหรือเป็นก้อน ไม่แตกหรือเปื่อยยุ่ย	4	3	2	1
สี	ต้องมีสีขาวนวลถึงสีเหลืองนวลตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีสีคล้ำ	4	3	2	1
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นบูด รสเฝื่อน รสขม รสเปรี้ยว	4	3	2	1
ลักษณะเนื้อ	ต้องเนียน แน่น ไม่แตกหรือเละ หรือมีฟองอากาศ	4	3	2	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2 การทดสอบสิ่งแปลกปลอม ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก
ให้ตรวจพินิจ
8.3 การทดสอบโปรตีน อะฟลาทอกซิน วัตถุเจือปนอาหาร และความเป็นกรด-ด่าง
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ
8.4 การทดสอบจุลินทรีย์
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ
8.5 การทดสอบน้ำหนักสุทธิ
ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

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 ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน ติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ใช้ในปริมาณที่เหมาะสมและเก็บแยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ก.5 บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ

ผู้ทำทุกคน ต้องรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ ไม่ไว้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน หลังการใช้ห้องสุขาและเมื่อมือสกปรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
วิธีวิเคราะห์ทางสถิติ

ฉ.1 การศึกษาชนิดของสารและปริมาณที่ทำให้เกิดความคงตัวของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวอาหารสำหรับเป็นอาหารหวาน

1. คุณสมบัติทางกายภาพของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน

1.1 ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ (water activity, Aw) ของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Konjac	Between Groups	.000	2	.000	1.750	.252
	Within Groups	.000	6	.000		
	Total	.000	8			
Carrageenan	Between Groups	.000	2	.000	6.000	.037
	Within Groups	.000	6	.000		
	Total	.000	8			
Agar	Between Groups	.000	2	.000	1.750	.252
	Within Groups	.000	6	.000		
	Total	.000	8			
Modified starch MB	Between Groups	.000	2	.000	19.000	.003
	Within Groups	.000	6	.000		
	Total	.000	8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน

1.2.1 ลักษณะลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวที่เติมบุก

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
hardness	Between Groups	161827.897	2	80913.949	30.384	.001
	Within Groups	15978.083	6	2663.014		
	Total	177805.980	8			
adhesiveness	Between Groups	139633.131	2	69816.566	26.685	.001
	Within Groups	15698.090	6	2616.348		
	Total	155331.221	8			
cohesiveness	Between Groups	.049	2	.025	12.713	.007
	Within Groups	.012	6	.002		
	Total	.061	8			
springiness	Between Groups	.156	2	.078	21.120	.002
	Within Groups	.022	6	.004		
	Total	.178	8			
gumminess	Between Groups	9368.655	2	4684.327	1.937	.224
	Within Groups	14513.148	6	2418.858		
	Total	23881.802	8			
chewiness	Between Groups	21455.353	2	10727.676	4.533	.063
	Within Groups	14200.362	6	2366.727		
	Total	35655.715	8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2 ลักษณะลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวที่เติมคาราจีแนน

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
hardness	Between Groups	101753.780	2	50876.890	38.041	.000
	Within Groups	8024.569	6	1337.428		
	Total	109778.349	8			
adhesiveness	Between Groups	1302.621	2	651.311	1.387	.320
	Within Groups	2817.567	6	469.595		
	Total	4120.188	8			
cohesiveness	Between Groups	.001	2	.000	1.955	.222
	Within Groups	.001	6	.000		
	Total	.002	8			
springiness	Between Groups	.009	2	.004	2.678	.148
	Within Groups	.010	6	.002		
	Total	.019	8			
gumminess	Between Groups	1465.880	2	732.940	7.410	.024
	Within Groups	593.441	6	98.907		
	Total	2059.320	8			
chewiness	Between Groups	280.643	2	140.321	7.545	.023
	Within Groups	111.583	6	18.597		
	Total	392.225	8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.3 ลักษณะลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวที่เติมวุ้น

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
hardness	Between Groups	374335.138	2	187167.569	18.346	.003
	Within Groups	61212.081	6	10202.013		
	Total	435547.219	8			
adhesiveness	Between Groups	3186.203	2	1593.101	22.550	.002
	Within Groups	423.894	6	70.649		
	Total	3610.097	8			
cohesiveness	Between Groups	.000	2	.000	.108	.899
	Within Groups	.002	6	.000		
	Total	.003	8			
springiness	Between Groups	.008	2	.004	.414	.679
	Within Groups	.059	6	.010		
	Total	.067	8			
gumminess	Between Groups	9951.853	2	4975.927	10.971	.010
	Within Groups	2721.325	6	453.554		
	Total	12673.178	8			
chewiness	Between Groups	977.262	2	488.631	2.301	.181
	Within Groups	1274.374	6	212.396		
	Total	2251.636	8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.4 ลักษณะลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวที่เติมแป้งดัดแปร MB

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
hardness	Between Groups	440505.771	2	220252.885	50.843	.000
	Within Groups	25991.916	6	4331.986		
	Total	466497.687	8			
adhesiveness	Between Groups	5409.611	2	2704.806	1.087	.395
	Within Groups	14927.776	6	2487.963		
	Total	20337.387	8			
cohesiveness	Between Groups	.003	2	.001	.635	.562
	Within Groups	.013	6	.002		
	Total	.016	8			
springiness	Between Groups	.022	2	.011	.792	.495
	Within Groups	.083	6	.014		
	Total	.105	8			
gumminess	Between Groups	96886.642	2	48443.321	31.577	.001
	Within Groups	9204.690	6	1534.115		
	Total	106091.333	8			
chewiness	Between Groups	23963.748	2	11981.874	3.802	.086
	Within Groups	18906.962	6	3151.160		
	Total	42870.710	8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้งาอ่อนที่ทำจากงาขาวสำหรับเป็นอาหารหวาน

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
appearance	Between Groups	55.950	3	18.650	18.408	.000
	Within Groups	158.050	156	1.013		
	Total	214.000	159			
taste	Between Groups	11.219	3	3.740	3.867	.011
	Within Groups	150.875	156	.967		
	Total	162.094	159			
texture	Between Groups	27.275	3	9.092	9.642	.000
	Within Groups	147.100	156	.943		
	Total	174.375	159			
overall acceptability	Between Groups	26.619	3	8.873	11.499	.000
	Within Groups	120.375	156	.772		
	Total	146.994	159			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช
สรุปการใช้จ่ายเงิน

ค่าจ้าง	10,000 บาท
ค่าวัสดุ	53,448.95 บาท
ค่าใช้สอย	6,600 บาท
รวมเป็นเงิน	70048.95 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CURRICURUM VITAE

1. Name:

Assist.Prof.Dr. NAPHATRAPI LUANGSAKUL

2. Position:

Lecturer

3. E-mail:

naphatrapi.lu@kmitl.ac.th and napasrapiluangsakul323@hotmail.com

4. Education:

B.Sc. in Food Technology, Chulalongkorn University, Thailand
M.Sc. in Food Technology, Chulalongkorn University, Thailand
Ph.D. in Food Technology, Chulalongkorn University, Thailand

5. Teaching interests:

Food Analysis, Principles of agriculture industry, Bakery science and products Cereal science and products, Technology of biscuit, cookies and crackers.

6. Research Area:

Bakery science and products, Sourdough technology, Science of Chinese steamed bun, Cereal science and products, Rice products, The properties of flour and starch and their utilization.

7. **Training:**

- Basic Cookies & Crackers Short Course organized by U.S. Wheat Associates, July 12 – 23, 1993, Bangkok, Thailand.
- 'Du ble au pain: decouverte de la boulangerie francaise (From wheat to bread: initiation to French bakery)" in the CFA CM.CCl du Cher (Bourges, France) from September 18 – October 5, 2012.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. Publications:

8.1 Publications:

Luangsakul, N. 2003. Varietal Differences of Thai Glutinous Rice in relation to Quality Characteristics of Traditional Thai Rice Cracker (Khao-tan). King Mongkut's Agricultural Journal. 21(3), pp 55-67. (in Thai)

Luangsakul, N., Kulmanoachwong, D. and Chivavithunekit, P. 2004. Utilization of Skipjack Fish Bone in Traditional Thai Rice Cracker (Khao-tan) for Calcium Fortification. King Mongkut's Agricultural Journal. 22(1), pp 61-69. (in Thai)

Keeratipibul, S., **Luangsakul, N.** and Lertsatchayarn, T. 2008. The effect of Thai glutinous rice cultivars, grain length and cultivating locations on the quality of rice cracker (arare). LWT-Food Science and Technology, 41, 1934-1943.

Luangsakul, N, Keeratipibul, S, Jindamorakot, S. and Tanasupawat, S. 2009. Lactic acid bacteria and yeasts isolated from the starter doughs for Chinese steamed buns in Thailand. LWT-Food Science and Technology, 42, 1404-1412.

Keeratipibul, S., **Luangsakul, N.,** Otsuka, S., Sakai, S., Hatano, Y. and Tanasupawat, S. 2010. Application of the Chinese steamed bun starter dough (CSB-SD) in breadmaking. Journal of Food Science, 75, 596-604.

Keeratipibul, S., **Luangsakul, N.,** Otsuka, S., Sakai, S., Hatano, Y. and Tanasupawat, S. 2013. Effects of the amount of Chinese steamed bun starter dough (CSB-SD) and the activation time on dough and bread properties. Journal of Food Processing and Preservation, 37, 232-244.

Luangsakul, N., Supasom, B. and Yaiyen, S. 2016. Impact of the Enzymatic Modification of Rice Flours on *In Vitro* Digestibilty and Molecular Properties. Journal of Agricultural Technology. 12(7.2): 2141-2154.

8.2 Conference papers (full text):

Chupanit, W., Mulser, C. and **Luangsakul, N.** 2003. Utilization of Red Snapper Fish Bone In Butter Cookies for Calcium Fortification. In Proceedings of the 5th Agro-Industrial Conference THAIFEX AND THAIMEX 2003. Bitec Convention Center, Bangkok. 30th-31st May, 2003: pp: 282-288. (in Thai)

Luangsakul, N. 2004. Effect of Processing Parameters in relation to Qualities of Traditional Thai Fried Rice Cracker (Khao-Tan). In Proceedings of the 1st KMITL International Conference on Integation of Science and Technology for Sustainable Development. KMITL, Bangkok. Thailand. 24th-26th August, 2004: pp: 379-384.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Luangsakul, N., Katekasem, P., Suksawang, M. and Pornanansiri, S. 2011 The effects of the amount and type of wheat flour and mixing method on the quality of fortune cookies. In Proceedings of the 49th Kasetsart University Annual Conference. Kasetsart University, Bangkok. Thailand. 1st-4th February, 2011: pp: 290-298. (in Thai)

Luangsakul, N., Siamtong, A., Wongthida, T., and Punga, U. 2011. Effects of dough sheeting, dough weight and proofing temperature on dough and bread properties using no-time dough method. In Proceedings of The 12th Asean Food Conference 2011. BITEC Bangna, Bangkok, Thailand 16th-18th June, 2011: pp: 556-559.

Lunnawa, P., **Luangsakul, N.** 2012. Composition and physicochemical properties of starch isolated from Chinese water chestnut (*Eleocharisdulcis* Trin.). In Proceedings of the 1st Asean plus three Graduate Research Congress (AGRC 2012). Chiang Mai, Thailand, 1st- 2nd March, 2012. pp: 422-428.

Luangsakul, N., Ruenpirom, S., Boothsri, A. 2012. Pasting properties of Chinese water chestnut (*Eleocharisdulcis Trin.*) starch and textural properties of its gel. In Proceedings of the 14th Food Innovation Asia Conference 2012. BITEC Bangna, Bangkok, Thailand, 14th-15th June, 2012. pp: 37-42.

Luangskul, N., Apiwong, P., Reungsang, M. and Kaewmon, A. 2012 Development of freeze-dried snack from Chinese water chestnut (*Eleocharisdulcis Trin.*). In Proceedings of the 14th Food Innovation Asia Conference 2012. BITEC Bangna, Bangkok, Thailand, 14th-15th June, 2012: pp: 318-324.

แก้วขวัญ ใจกว้าง และ **นภัสรพี เหลืองสกุล.** ๒๕๕๕. สมบัติของโดและซาลาเปากล้าเชื้อที่หมักจากลูกแป้งที่ผลิตทางภาคเหนือของไทย. การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร สจล. ครั้งที่ ๑ "อุตสาหกรรมเกษตรไทยเทิดไท้องค์ราชันย์" จัดโดยคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โรงแรมดิเอมเมอรัลด์ รัชดาภิเษก กรุงเทพฯ ประเทศไทย วันที่ ๗ กันยายน พ.ศ. ๒๕๕๕. หน้า ๑๐๙-๑๑๖.

Jaikwang, K. and **Luangsakul, N.**, 2012. Characteristics of dough and Chinese steamed bun fermented from Thai traditional fermentation starter (Loog-Pang) produce in the northern part of Thailand. In Proceedings: The 1st KMITL Agro-Industry Conference. The Emeral Hotel, Bangkok. Thailand, 7st September, 2012 pp: 109-116. (in Thai)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จริยา สุขสวัสดิ์ และ **นภัสรพี เหลืองสกุล.** ๒๕๕๕. ปริมาณสตาร์ชทนย่อยและสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งจากพืชตระกูลถั่ว. การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร สจล. ครั้งที่ ๑ "อุตสาหกรรมเกษตรไทยเทิดไท้องค์ราชันย์" จัดโดยคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โรงแรมดิเอมเมอรัลด์ รัชดาภิเษก กรุงเทพฯ ประเทศไทย วันที่ ๗ กันยายน พ.ศ. ๒๕๕๕. หน้า ๒๑๔-๒๒๐.

Suksawat, C. and **Luangsakul, N.** 2012. Resistant starch content and physicochemical properties of legume flour. In Proceedings: The 1st KMITL Agro-Industry Conference. The Emeral Hotel, Bangkok. Thailand, 7st September, 2012 pp:214-220. (in Thai)

Rongchoung, J. and **Luangsakul, N.** 2012. Effects of selected gluten-free flours on the qualities of gluten-free cookies. In Proceedings: The 1st KMITL Agro-Industry Conference. The Emeral Hotel, Bangkok. Thailand, 7st September, 2012. (in Thai)

ณัฏฐณิชา อ่วมสุโข และ **นภัสรพี เหลืองสกุล.** ๒๕๕๖. ผลของวิธีการแปรรูปต่อความสามารถในการถูกย่อยของสตาร์ชในหลอดทดลองในถั่วมะแฮะ ถั่วแดงหลวง และสตาร์ชแห้วจีน. การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร สจล. ครั้งที่ ๒ "ความท้าทายของอุตสาหกรรมอาหาร: สังคมผู้สูงอายุและการเปลี่ยนแปลงของโลก" จัดโดยคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โรงแรมวินเซอร์ สวีท สุขุมวิท, กรุงเทพ, ประเทศไทย วันที่ ๓๐ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๕๖. หน้า ๑๔๕-๑๕๑.

Oamsukho, N. and **Luangsakul, N.** 2013. Effects of various processing techniques on the *in vitro* starch digestibility in Pigeon Pea, Red kidney *bean and Chinese water chestnut starch. In Proceedings: The 2nd KMITL Agro*-Industry Conference. The Windsor Hotel, Bangkok. Thailand, 30st August, 2013 pp: 145-151.

Sartsara, W., and **Luangsakul**, N. 2014. Characteristics of the bread made from rice and legume flours substituted to wheat flour. In Proceedings of the International Research Conference on Engineering and Technology (IRCET 2014). Ayodya resort, Bali, Indonesia, 27th-29th June, 2014. pp: 602-611.

Supasom, B., and **Luangsakul, N.** 2014. Comparison of *in vitro* starch digestibility between legumes, tubers and cereals. In Proceedings of the International Research Conference on Engineering and Technology (IRCET 2014). Ayodya resort, Bali, Indonesia, 27th-29th June, 2014. pp: 612-622.

Chomchuenjitsin, T., and **Luangsakul. N.,** 2014. Effects of oil types on the quality of cake for vegans. In Proceedings of the International Research Conference on Engineering and Technology (IRCET 2014). Ayodya resort, Bali, Indonesia, 27th-29th June, 2014. pp: 623-630.

Chetyakamin, L. and **Luangsakul, N.** 2016. Influence of quinoa variety, soaking and salt concentration on percentage of germination and antioxidant activity of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

quinoa. In Proceedings of the 18th Food Innovation Asia Conference 2016. BITEC Bangna, Bangkok, Thailand 16th-18th June, 2016. pp: 157-162.

ภัทราภรณ์ ศิลลา และ **นภัสรพี เหลืองสกุล.** 2559. การศึกษาสมบัติการย่อยในหลอดทดลองของฟลาวร์ข้าวชนิดต่างๆ ที่ดัด แปรด้วยวิธีการให้ความร้อนร่วมกับความชื้น (Heat-Moisture Treatment) และวิธีแอนนีลลิ่ง (Annealing). การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศิลปากร.12 (กรกฎาคม): 253-254.

Yoosiri, L. and **Luangsakul, N.** 2017. Influence of drying condition and powder particle size of watermelon seed and sacha inchi seed in making marzipan. In Proceeding of the 19th Food Innovation Asia Conference 2017, BITEC Bngna, Bangkok, Thailand, 15-17th June, 2017. pp: 720-729.

น้ำฝน ชูพูล และ นภัสรพี เหลืองสกุล. 2560. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว. การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 7. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศิลปากร. 21 (กรกฎาคม): s675-s685.

ชนากานต์ จันทร์ศิลา และ นภัสรพี เหลืองสกุล. 2560. ผลของแป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำต่อคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสของขนมช่อม่วงและขนมกุยช่าย. การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 7. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศิลปากร. 21 (กรกฎาคม): s830-s844.

ภูวดล สังข์ชาติ และ **นภัสรพี เหลืองสกุล**. 2560. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวผัดมังสวิรัติบรรจุกระป๋อง. การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 7. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศิลปากร. 21 (กรกฎาคม): s823-s829.

8.3 Conference paper (abstracts):

Khopalasute, S, Sungsriin, A. and **Luangsakul, N.** 2005. Development of Butter Cake for Strict Vegetarians. In Proceedings of the 7th Agro-Industrial Conference 2005. Bitec Convention Center, Bangkok. 22nd-24th June , 2005. (in Thai)

Luangsakul, N., Maeda, T., Lertsatchayarn, T., Morita, N. and Keeratipibul, S. 2008. Characteristics of two cultivars of Thai glutinous rice and their application to the rice crackers (arare). In Proceedings of the 2nd International Symposium on Rice and Disease Prevention, Wakayama Prefectural Culture Hall, Wakayama, Japan, 26th-27th October, 2008.

Luangsakul, N. and Jaikwamg, K. 2012. Characteristics of Chinese steamed bun made from Thai traditional fermentation starter (Loog-Pang). In Proceedins of the V Symposium on Sourdough Cereal Fermentation for Future Foods, Hotel Hilton Strand, Helsinki, Finland, 10th-12th October, 2012.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Luangsakul, N. and Puttongsiri, T. 2012 Volatile compounds of a commercial Chinese steamed bun made from a Thai traditional fermentation starter (Loog-Pang). In Proceedins of the V Symposium on Sourdough Cereal Fermentation for Future Foods, Hotel Hilton Strand, Helsinki, Finland, 10th-12th October, 2012.

9. Book and Book chapter:

Keeratipibul S. and **Luangsakul N.** 2012. Chinese steamed buns. In Handbook of Plant-Based Fermented Food and Beverage Technology, 2ed, edited by Y. H. Hui; E. Özgül Evranuz, CRC press, NY.

ดร. นภัสรพี เหลืองสกุล และ ดร. สวามินี นวลแขกุล. 2559. Cooking Bible: Bakery. บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).

10. Awards:

Young Investigator's Award, the excellent paper of Characteristics of two cultivars of Thai glutinous rice and their application to the rice crackers (arare) in *the 2nd International Symposium on Rice and Disease Prevention,* 26th-27th October, 2008. Wakayama, Japan.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้