การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

DEVELOPMENT OF PAD – THAI FLAVORED RICE – BASED SNACK BAR

น้ำฝน ชูพูล

NAMFON CHUPOOL

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

KMITL-2017-AI-M-055-285

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

DEVELOPMENT OF PAD – THAI FLAVORED RICE – BASED SNACK BAR

T148016

น้ำฝน ชูพูล

NAMFON CHUPOOL

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประทานบัตรเลขที่ 148016
วันเดือนปี 9 มี.ค. 2560

b.0026657
i.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

KMITL-2017-AI-M-055-285

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF PAD – THAI FLAVORED RICE – BASED SNACK BAR

NAMFON CHUPOOL

A THESIS SUMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2017

KMITL-2017-AI-M-055-285

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2017

AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

DEVELOPMENT OF PAD-THAI FLAVORED RICE-BASED SNACK BAR

ชื่อนักศึกษา นางสาวน้ำฝน ชูพูล

รหัสประจำตัว 56608045

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.นภัสรพี เหลืองสกุล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.นภัสรพี เหลืองสกุล	
รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม	
ผศ.ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ	
รศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์	

วัน / เดือน/ ปีที่สอบ 24 กรกฎาคม 2560 เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 303 อาคารเจ้าคุณทหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 26 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

นักศึกษา นางสาวน้ำฝน ชูพูล

รหัสประจำตัว 56608045

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร

พ.ศ. 2560

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.นภัสรพี เหลืองสกุล

บทคัดย่อ

ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเป็นขนมที่สามารถบริโภคในเวลาว่างหรือแทนอาหารมื้อหลักจะมีลักษณะเป็นแท่ง บริโภคได้ทันทีและพกพาสะดวก รสชาติของขนมขบเคี้ยวในตลาดจะมีรสช็อกโกแลตเนยถั่วและคาราเมลซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นรสหวาน ปัจจุบันยังไม่มีผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีรสแบบอาหารไทย จึงเกิดแนวคิดในการนำอาหารไทยมาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งให้มีรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพของอาหารไทยและเพิ่มทางเลือกในการบริโภค งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว โดยศึกษาสูตรและอุณหภูมิในการเคี่ยวซอสผัดไทย ชนิดข้าวและสภาวะการอบแห้งข้าวที่เหมาะกับการทำเป็นข้าวพองเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบหลัก การปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวและการประเมินอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์จากผลการศึกษาการคัดเลือกสูตรซอสผัดไทยที่ประกอบด้วยน้ำตาลมะพร้าวร้อยละ 48.1 น้ำมะขามเปียกร้อยละ 25.9 น้ำมันร้อยละ 3.7 หัวไชโป๊สับร้อยละ 7.4 หอมแดงสับร้อยละ 7.4และน้ำสะอาดร้อยละ 7.4 เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับสูงสุด โดยอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิในการเคี่ยวซอสที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์มากที่สุด จากการศึกษาชนิดข้าวในการทำเป็นข้าวพองโดยเลือกชนิดข้าว 4 ชนิด ประกอบด้วย ข้าวเหนียว ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวไรซ์เบอรี่ เมื่อนำมาทำเป็นข้าวพองจากผลการวิเคราะห์ พบว่าข้าวเหนียวและข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะทำให้ผลิตข้าวพองที่มีความหนาแน่นต่ำ มีการพองตัวมากกว่าที่ทำจากข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวไรซ์เบอรี่แต่คุณภาพเนื้อสัมผัส พบว่าข้าวเหนียวให้ความกรอบสูงสุดข้าวเหนียวจึงเป็นข้าวที่เหมาะกับการทำเป็นข้าวพองเพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยในงานวิจัยนี้ จากนั้นศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าวด้วยวิธีการทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4, 5 และ 6 ชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิในการอบแห้งข้าว 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง มีค่าความสว่าง (L^*) สูงสุด 79.19ความหนาแน่นต่ำสุด0.16 กรัม/ซม^3 การพองตัวสูงสุด คือ 2.62 เท่า ในด้านคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อสัมผัสมีค่าความกรอบสูงสุดเมื่อเทียบกับข้าวพองจากข้าวอบแห้งที่สภาวะอื่นๆ จากผลการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งโดยศึกษาสารปรับปรุงเนื้อสัมผัส 2 ชนิด คือ กลูโคสไซรัปและมอลโตเด็กซ์ตรินปริมาณ 5, 10 และ 15 กรัม ต่อข้าวพอง 50 กรัม พบว่าการใช้กลูโคสไซรัปปริมาณ 5 กรัมจะให้คุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมจบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวมีความแข็งต่ำสุด (7.30 กิโลกรัม.แรง) และได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุด เนื่องจากมีความแข็งที่เหมาะแก่การรับประทานจากทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน121คน พบว่าผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวร้อยละ 82 เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความแปลกใหม่และมีรสชาติเป็นเอกลักษณ์ จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวโดยบรรจุในถุงลามิเนตอะลูมิเนียมฟอยด์เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา4 สัปดาห์ พบว่า ค่า A_w มีค่าคงที่ในช่วงสัปดาห์แรกแต่จะมีแนวโน้มลดลงในช่วงสัปดาห์ที่ 2 - 4 ปริมาณความชื้นและปริมาณค่าเปอร์ออกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ส่วนค่าความสว่าง (L^*) มีค่าเพิ่มส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น โดยการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ45 องศาเซลเซียสมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างมากตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวสามารถเก็บรักษาได้ในระยะเวลา 1 เดือนโดยไม่มีการเจริญของเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และราอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ขนมพร้อมบริโภค

คำสำคัญ : ข้าวพอง, ผัดไทย, ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Development of Pad Thai flavored rice based snack bar
Student	Mrs. Namfon Chupool
Student ID.	56608045
Degree	Master of Science
Program	Food Service and Catering Technology
Year	2017
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Naphatrapi Luangsakul

ABSTRACT

Snack bar is a snack having in free time or can also be the main meal. The shape of this snack is bar. It is convenient to carry and consume. Most of the snack in the market are sweet flavor, such as chocolate, peanut butter and caramel. Presently, there are no snack bar with Thai flavor. To increase the consumer's choice of snack bar, the concept of Thai – flavored snack was conducted. The objective of this study is aimed to develop Pad – Thai flavored rice – based snack bar. The sauce formula, cooking temperature of sauce, the optimum rice variety and the improvement of rice snack bar quality were studied. The research was also studied on consumer test of the final developed rice snack bar and its shelf life. From the study, the most acceptable of Pad -Thai sauce were the recipe of 48.1 % palm sugar, 25.9 % tamarind juice, 3.7 % vegetable oil, 7.4 % pickled turnip, 7.4 % chopped shallot and 7.4 % water. The optimum cooking temperature of Pad – Thai sauce was 130 °C. Four types of rices (sticky rice, Knaw – Hom – Dok - Mali 105 non – sticky rice, jasmine brown rice and rice – berry rice) were chosen to study in making puffed rice. The result showed that sticky rice and Knaw – Hom – Dok -Mali 105 non -sticky rice gave the lower bulk density but the higher expansion ratio of puffed rice than that made from jasmine brown rice and rice – berry rice. Also, the sticky rice imparted the most crispy texture to puffed rice. Therefore, sticky rice was selected to make Pad – Thai flavored rice – based snack bar in this research. Then, the drying temperature (60, 65 °C) and the time (4, 5 and 6 h.) of rice were studied. The drying temperature of 60 °C and the drying time of 4 h. gave the highest of lightness (L^* = 79.19), lowest of bulk density (0.16 g/cm^3), highest of expansion ratio (2.62) in puffed rice. The puffed rice making from this drying condition showed the highest crispiness. For the textural improvement of Pad – Thai flavored rice – based snack bar, glucose syrup and maltodextrin (5, 10 and 15 g. per 50 g. of puffed rice) was added to study the effect on

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

the quality of Pad -Thai flavored rice – based snack bar. The results showed that 5 g. of glucose syrup gave the lowest hardness in Pad – Thai flavored rice – based snack bar and the panelists also accepted most to Pad – Thai flavored rice – based added 5 g. of glucose syrup. Regarding the consumer test, Pad – Thai flavored was accepted this product for 82 percent because of its newiness and unique flavor. For the shelf life, Pad – Thai flavored rice – based snack bar was packaged in aluminum – foil laminated bag and kept at temperature 30 and 45 ° C for 4 weeks. The results showed that A_w was stable during the first week. For the second to the forth weeks, A_w tended to decrease. Its moisture content, peroxide content and lightness of rice snack bar showed increasing trend with longer storage time. The storage temperature of 45 °C tended to cause remarkable effects to the peroxide content of Pad – Thai flavored rice – based snack bar since the second week. The microbial analysis by total plate count (TPC) and yeast and mold for four – week storage showed the number within the regulated standard.

Keywords: puffed rice, Pad-Thai, rice snack bar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์นภัสรพี เหลืองสกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษาในการแก้ไขปัญหาตลอดระยะเวลาในการทำงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นประธานในการสอบปกป้องวิทยานิพนธ์ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธงชัย พุฒทองศิริ รวมทั้งรองศาสตราจารย์เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์ ที่สละเวลามาเป็นกรรมการในการคุมสอบช่วยให้คำแนะนำ ตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้ให้สมบูรณ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ของคณะอุตสาหกรรมเกษตรและเจ้าหน้าที่ช่างเทคนิคที่ให้ความสะดวกในการปฏิบัติงานในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณครอบครัว เพื่อน รุ่นพี่และน้องนักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรี ปริญญาโทและปริญญาเอกทุกท่านที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือและเป็นกำลังใจมาตลอด

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่ได้จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน หากปราศจากความช่วยเหลืออันดีจากผู้มีพระคุณทั้งหลาย งานวิจัยนี้ไม่สามารถสำเร็จลุล่วงได้และผู้เขียนขอขอบคุณผู้แต่งและสำนักพิมพ์ของหนังสืออ้างอิงดังกล่าวเป็นอย่างสูง

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่นิสิต นักศึกษาและผู้สนใจอ่านทั่วไปและหากมีข้อความใดหรือเนื้อหาตอนหนึ่งตอนใดผิดพลาดไปเนื่องจากการพิมพ์หรือด้วยเหตุใดก็ตาม ผู้จัดทำยินดีรับการติชมจากผู้อ่านด้วยใจจริง

น้ำฝน ชูพูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... III
กิตติกรรมประกาศ..... V
สารบัญ..... VI
สารบัญตาราง..... IX
สารบัญภาพ..... XI
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความสำคัญและที่มา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์..... 2
1.4 ขอบเขตงานวิจัย..... 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง
2.1 ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง..... 3
2.2 ผัดไทย..... 5
2.3 ข้าว..... 15
2.4 ข้าวพอง..... 19
2.5 การอบแห้ง..... 21
2.6 การทอด..... 26
2.7 สารที่ช่วยในการเกาะตัวในขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง..... 29
2.8 บรรจุภัณฑ์อาหาร..... 31
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 35
บทที่ 3 อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินงาน
3.1 วัตถุดิบ..... 39
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์..... 39
3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 41
3.3.1 ศึกษาคัดเลือกซอสผัดไทยที่เหมาะสมในการทำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทย จากข้าว..... 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิการเคี่ยวซอสผัดไทยที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว 45
3.3.3 ศึกษาผลของชนิดข้าวที่เหมาะสมในการเตรียมเป็นข้าวพองเพื่อใช้ในการพัฒนาขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว 46
3.3.4 ศึกษาสภาวะการอบแห้งข้าวที่เหมาะสมในการผลิตข้าวพอง 49
3.3.5 ศึกษาการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว 50
3.3.6 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว 52
3.3.7 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว 52

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์
4.1 ผลการศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของสูตรซอสผัดไทย 54
4.2 ผลของการศึกษาอุณหภูมิในการเคี่ยวซอสผัดไทย 55
4.3 ผลการศึกษาชนิดข้าวที่เหมาะสมในการผลิตข้าวพองเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว 57
4.4 ผลของการศึกษาสภาวะการอบแห้งข้าวที่เหมาะสมในการทำเป็นข้าวพอง 60
4.5 ผลการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว 65
4.6 ผลการศึกษาการทดสอบความชอบของผู้บริโภค 67
4.7 ผลอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว 73

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 79

บรรณานุกรม 81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ก. การวิเคราะห์ทางเคมี 89

ข. การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ 96

ค. ขั้นตอนการเตรียมข้าวพองและขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว 99

ง. แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 102

จ. แบบสอบถามการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค 107

ฉ. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกระยาสารท (มผช. 709/2559) 111

ประวัติผู้เขียน 113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ประมาณการณ์ยอดขายขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งในประเทศไทยในช่วงปี 2558 - 2562... 4
ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการของมะขามเปียกในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม..... 6
ตารางที่ 2.3 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาลมะพร้าวในส่วนทีรับประทานได้ 100 กรัม..... 8
ตารางที่ 2.4 คุณค่าทางโภชนาการของหอมแดงในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม..... 9
ตารางที่ 2.5 คุณค่าทางโภชนาการของหัวไชโป๊หวานในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม..... 10
ตารางที่ 2.6 คุณค่าทางโภชนาการของกุยช่ายในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม..... 11
ตารางที่ 2.7 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของกุ้งแห้งในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม..... 12
ตารางที่ 2.8 คุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดถั่วลิสงในส่วนที่รับประทานได้ปริมาณ 100 กรัม..... 13
ตารางที่ 2.9 คุณค่าทางโภชนาการของเต้าหู้ชนิดแข็งในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม..... 15
ตารางที่ 2.10 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะมิโลส..... 18
ตารางที่ 2.11 องค์ประกอบของกลูโคสไซรัปที่ผลิตในประเทศไทย..... 30
ตารางที่ 3.1 ร้อยละของส่วนผสมในซอสผัดไทยแต่ละสูตร..... 41
ตารางที่ 3.2 ร้อยละของส่วนผสมซอสที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทย
จากข้าว..... 44
ตารางที่ 3.3 ร้อยละของส่วนผสมที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจาก
ข้าว..... 44
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของซอสผัดไทยในการทำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง
..... 54
ตารางที่ 4.2 ผลของอุณหภูมิในการเคี่ยวซอสผัดไทยที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง... 56
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่เตรียมได้เมื่อ
ใช้อุณหภูมิในการเคี่ยวแตกต่างกัน..... 56
ตารางที่ 4.4 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวพองที่เตรียมได้จากข้าวในแต่ละชนิด..... 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวพองที่เตรียมได้จากข้าวในแต่ละชนิด 60
ตารางที่ 4.6 ค่า A_w และปริมาณความชื้นของข้าวอบแห้งและข้าวพองที่อุณหภูมิและระยะเวลาการอบแห้งต่างๆ กัน 61
ตารางที่ 4.7 อัตราการพองตัว ความหนาแน่นและความกรอบและค่าสีของข้าวพองที่อุณหภูมิและเวลาการอบแห้งต่างๆ กัน 63
ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ กัน 64
ตารางที่ 4.9 ปริมาณความชื้น ค่า A_w ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่ใช้สารปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสต่างกัน 66
ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่ใช้ชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสต่างกัน 67
ตารางที่ 4.11 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจากการทดสอบความชอบต่อผลิตภัณฑ์ 68
ตารางที่ 4.12 ข้อมูลพฤติกรรมและทัศนคติต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว 69
ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภค 71
ตารางที่ 4.14 การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว 72
ตารางที่ 4.15 ผลการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่เก็บรักษาในสภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง) ระยะเวลา 1 เดือน 75
ตารางที่ 4.16 ผลการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่เก็บรักษาในสภาวะเร่ง (อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 1 เดือน 75
ตารางที่ 4.17 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์ ราของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน 77
ตารางภาคผนวกที่ ก1.4 การคำนวณค่าเปอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวในการเก็บที่อุณหภูมิห้อง 91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว 16
ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมใบกุ่ยช่ายอบแห้ง 41
ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมเต้าหู้แข็งทอด 42
ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการเตรียมถั่วลิสงป่น 42
ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการเตรียมกุ้งแห้งป่น 42
ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการเตรียมข้าวพอง 43
ภาพที่ 3.6 ขั้นตอนการเตรียมขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว 43
ภาพที่ 4.1 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่เตรียมได้เมื่อใช้อุณหภูมิในการเคี่ยวซอสต่างกัน 56
ภาพที่ 4.2 การพองตัวของข้าวพองจากข้าวแต่ละชนิด 58
ภาพที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวเทียบกับอายุการเก็บรักษาที่ลำดับปฏิกิริยาอันดับศูนย์ที่มีการลากเส้นตรงต่อไปจนตัดค่าแกน y ที่ 30 76
ภาพภาคผนวกที่ ก1 การวิเคราะห์ความแข็งของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทย 90
ภาพภาคผนวกที่ ก2 การวิเคราะห์ความกรอบของข้าวพอง 91
ภาพภาคผนวกที่ ค1 การทำข้าวพอง 96
ภาพภาคผนวกที่ ค2 การผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว 97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ขนมขบเคี้ยวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายสำหรับประเทศไทยมีมูลค่าทางการตลาดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปีตามจำนวนประชากรและกำลังซื้อที่ปรับตัวสูงขึ้นโดยมีมูลค่าทางการตลาดสูงถึง 1.3 หมื่นล้านบาท (บุษกร, 2552) ในปัจจุบันพฤติกรรมการบริโภคอาหารมีการเปลี่ยนแปลงไปตามการเจริญเติบโตของสังคม ผู้บริโภคแทบจะทุกกลุ่มไม่ว่าจะเป็นเด็ก วัยรุ่นและวัยทำงานการใช้ชีวิตในแต่ละวันจะมีความเร่งรีบมากขึ้นมีการทำกิจกรรมที่หลากหลายทำให้เวลาที่ใช้สำหรับการรับประทานอาหารมื้อหลักลดลงไปด้วยซึ่งทำให้เกิดพฤติกรรมการบริโภคอาหารว่างหรือขนมขบเคี้ยวแทนอาหารมื้อหลัก

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง (snack bar) สามารถเป็นอาหารที่รับประทานเป็นอาหารว่างหรือรับประทานเป็นมื้อหลักได้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถรับประทานได้ง่าย มีลักษณะเป็นแท่ง สะดวกในการพกพาและมีรสชาติที่หลากหลายอีกทั้งยังทำจากส่วนผสมหลายชนิด ได้แก่ ธัญพืช ถั่ว ผัก ผลไม้ ข้าวพอง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมอื่นๆ เช่น สารช่วยในการยึดเกาะและสารช่วยเพิ่มกลิ่นรสเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น (กมลวรรณ และคณะ, 2547) สำหรับขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งในประเทศไทยครอบคลุมผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น Granola bars, Breakfast bars, Energy and nutrition bars และผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดอื่นๆ ส่วนมากเป็นอาหารว่างแบบพื้นบ้าน เช่น กระยาสารท ข้าวแต๋นขนมนางเล็ด ถั่วตัด และถั่วกระจก เป็นต้น (ปาริสุทธ์, 2550)

อาหารไทยถือเป็นเอกลักษณ์ของคนไทยเป็นที่ยอมรับไปทั่วโลกและบ่งบอกถึงภูมิปัญญาที่ถ่ายถอดมาจากบรรพบุรุษที่สั่งสมมายาวนานโดยก๋วยเตี๋ยวผัดไทยจัดเป็นอาหารจานเดียวประเภทก๋วยเตี๋ยวผัดที่มีรสชาติถูกปากคนไทยและเป็นอาหารที่ชาวต่างชาติรู้จักกันอย่างแพร่หลาย (เชาวลิต, 2552) ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งในเชิงพาณิชย์มีหลายรสชาติ เช่น รสหวานช็อกโกแลต คาราเมล น้ำผึ้ง ฯลฯ หรือรสคาว เช่น รสชีส สาหร่ายและอื่นๆ ปัจจุบันยังไม่มีขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวรสผัดไทยอยู่ในตลาด

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวเพื่อให้ได้ขนมขบเคี้ยวที่มีเอกลักษณ์ในด้านรสชาติความเป็นไทยและเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลายเพื่อเพิ่มศักยภาพของอาหารไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาสูตรและอุณหภูมิการเคี่ยวซอสผัดไทยที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

1.2.2 ศึกษาชนิดข้าวและสภาวะการอบแห้งข้าวที่เหมาะสมในการผลิตข้าวพองเพื่อนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

1.2.3 ศึกษาการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

1.2.4 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

1.2.5 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้เริ่มด้วยจากการเลือกสูตรผัดไทยที่มาใช้ในการวิจัยซอสผัดไทยและผลของอุณหภูมิในการเคี่ยวซอสที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ การเลือกชนิดข้าวที่เหมาะสมในการทำข้าวพอง การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าวเพื่อผลิตเป็นข้าวพอง การปรับปรุงผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวรสผัดไทยด้วยสารที่ช่วยในการเกาะตัว 2 ชนิด คือ กลูโคสไซรัปและมอลโตเด็กซ์ตรินเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับมากขึ้น ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์และศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวรสผัดไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง

ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเป็นอาหารว่างหรือเป็นขนมที่รับประทานยามว่างหรือรับประทานระหว่างมื้อตลอดจนสามารถเป็นอาหารซึ่งรับประทานแทนอาหารมื้อหลักเป็นแหล่งอาหารที่ให้พลังงานและคุณค่าทางโภชนาการนอกจากนี้ยังสะดวกในการบริโภคและพกพา (เพ็ชร, 2555) ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเป็นรูปแบบของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดหนึ่งที่ผลิตขึ้นเพื่อให้สะดวกต่อการบริโภคโดยการผสมส่วนผสมที่เป็นชิ้นเล็กๆ เข้าด้วยกันโดยการใช้สารยึดเกาะที่มีความข้นหนืดเป็นตัวผสานจากนั้นนำมาขึ้นรูปเป็นแบบชิ้นหรือแท่ง สำหรับประเทศไทยผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ส่วนมาก เป็นอาหารว่างแบบพื้นบ้าน เช่น กระยาสารท ข้าวแต๋น ขนมนางเล็ด ถั่วตัดและถั่วกระจก เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งในประเทศไทย ส่วนมากจะบริโภคอยู่ในกลุ่ม 3 ผลิตภัณฑ์หลัก คือ Breakfast bars, Granola/Muesli bars และ Energy and nutrition bars โดยประเภทผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าการขายหรือยอดขายสูงสุดอันดับ 1 ในประเทศไทย คือ Breakfast bars อันดับ 2 คือ Energy and nutrition bars อันดับ 3 คือ Granola/Muesli bars

2.1.1 ประเภทขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง

1.) Granola/Muesli bars เป็นขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีส่วนผสมของเมล็ดพืช ธัญพืช ถั่ว ผลไม้แห้งและน้ำผึ้ง เป็นต้น โดยให้พลังงานสูงมีคุณค่าทางโภชนาการสูงด้วยเช่นกัน จัดเป็นอาหารสุขภาพที่นิยมบริโภคในกลุ่มมังสวิรัติ

2.) Breakfast bar เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแท่งส่วนผสมจะประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตเป็นสำคัญ

3.) Energy and nutrition bars เป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและให้พลังงานในรูปแท่งช่วยเสริมการควบคุมน้ำหนัก ดูแลรูปร่าง

4.) Fruit bars เป็นผลิตภัณฑ์ผลไม้แบบแท่ง ส่วนประกอบสำคัญคือ ผลไม้

5.) Snack bars ชนิดอื่นๆ เป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดอื่นนอกเหนือจากที่กล่าวมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ตลาดขนมขบเคี้ยวในประเทศไทย

ตลาดขนมขบเคี้ยวมีแนวโน้มการขยายตัวค่อนข้างสูง เนื่องจากมีรูปแบบและรสชาติที่แปลกใหม่อยู่เสมอรวมทั้งมีกิจกรรมทางการตลาดอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวในตลาดอยู่ตลอดเวลาตลาดขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งในประเทศไทยปี 2560 มีมูลค่าการตลาด 2,148.7 ล้านบาทเมื่อเทียบกับปี 2558 ซึ่งมีมูลค่าการตลาดอยู่ที่ 1,986.2 ล้านบาท จากประมาณการณ์มูลค่าทางการตลาดของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง ในประเทศไทยมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นถึง 182.5 ล้านบาทในปี 2562 ดังตารางที่ 2.1 โดยมีปัจจัยสำคัญต่อการกระตุ้นให้เกิดการขับเคลื่อนในตลาดดังกล่าวนอกเหนือจากวิถีชีวิตที่เร่งรีบแล้วยังสืบเนื่องมาจากแนวโน้มด้านสุขภาพที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 2.1 ประมาณการณ์ยอดขายขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งในประเทศไทยในช่วงปี 2558 - 2562

ผลิตภัณฑ์	2558	2559	2560	2561	2562
Breakfast cereals / Breakfast bars	1,817.7	1,888.7	1,964.5	2,045.8	2,132.7
Energy and nutrition bars	104.3	109.0	114.0	119.3	124.9
Cereal bars / Granola and Muesli bars	67.2	68.7	70.2	71.9	73.6
รวมมูลค่า (ล้านบาท)	1,989.2	2,066.4	2,148.7	2,237	2,331.2

ที่มา: market research (2015)

2.1.3 คุณภาพและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง

สาเหตุสำคัญที่ก่อให้การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ประเภทขนมขบเคี้ยวจนคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (รุ่งนภา, 2549) ได้แก่

2.1.3.1 คุณภาพทางกายภาพ

คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงด้านสีที่เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) และปฏิกิริยาคาราเมไลเซชัน (caramelization) การสูญเสียความกรอบหรือความแข็งเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นต่ำมาก ทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถดูดซับความชื้นจากอากาศบริเวณรอบๆ ได้ง่าย และเมื่อผลิตภัณฑ์มีความชื้นเกินระดับหนึ่งแล้วผลิตภัณฑ์จะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

2.1.3.2 คุณภาพทางเคมี

คุณภาพทางเคมี ได้แก่ การหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidative rancidity) และการหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาการสลายตัวของไขมันและน้ำมันได้เป็นกรดไขมันอิสระ (hydrolytic rancidity) ซึ่งมีผลโดยตรงต่อกลิ่นรสที่ไม่เป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่พบในอาหารและทำให้เกิดการเน่าเสียหรือทำให้เกิดอาหารเป็นพิษ แบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ แบคทีเรีย ยีสต์ และรา การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสีย โดยเกิดลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสที่ไม่ต้องการและบางครั้งทำให้อาหารไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค

2.2 ผัดไทย

ผัดไทยเป็นอาหารที่ได้รับอิทธิพลจากอาหารจีน เดิมเรียกอาหารชนิดนี้ว่า "ก๋วยเตี๋ยวผัด" และได้รับการเปลี่ยนแปลงด้านรสชาติใหม่ตามอย่างอาหารไทยมากขึ้นในเวลาต่อมา ผัดไทยได้กลายเป็นที่รู้จักของคนต่างชาติในสมัยจอมพล ป. พิบูลสงคราม นายกรัฐมนตรีในขณะนั้นได้บริหารประเทศในช่วงระหว่าง พ.ศ. 2482 - 2489 ซึ่งเป็นช่วงเดียวกับสงครามโลกครั้งที่ 2 บ้านเมืองไทยแต่เดิมเรียกกันว่าประเทศ " สยาม" จอมพล ป. พิบูลสงคราม ก็ได้เปลี่ยนชื่อเป็น" ประเทศไทย " ตั้งแต่นั้นมาท่านได้ออกรัฐนิยมอันเป็นระเบียบสำหรับประชาชนชาวไทยให้ปฏิบัติเพื่อเป็นอารยชน เช่น การห้ามกินหมาก การแต่งกายให้สวมหมวกจนถูกเรียกว่าเป็น " ยุคมาลานำไทย " (ชูจิตร, 2551) และได้รณรงค์ให้ประชาชนหันมานิยมรับประทานก๋วยเตี๋ยวเพื่อลดการบริโภคข้าวภายในประเทศเนื่องจากในช่วงนั้นสภาวะเศรษฐกิจของประเทศตกต่ำข้าวแพงแต่เพราะกระแสชาตินิยมที่มองว่าก๋วยเตี๋ยวเป็นอาหารจีนจึงได้รังสรรค์ให้ผัดไทยเป็นอาหารไทย ทั้งนี้ผัดไทยในยุคนั้นจะไม่มีหมูเป็นส่วนประกอบ เพราะมองว่าหมูเป็นอาหารของคนจีนและเรียกเปลี่ยนชื่อ " ก๋วยเตี๋ยวผัด " เป็น " ก๋วยเตี๋ยวผัดไทย " ตามชื่อใหม่ของประเทศปัจจุบันเรียกกันโดยย่อเหลือเพียงแค่ " ผัดไทย " (เชาวลิต, 2552) ปัจจุบันผัดไทยได้กลายเป็นหนึ่งในอาหารประจำชาติ ผัดไทยเป็นอาหารจานเดียวประเภทเส้นได้รับอิทธิพลมาจากประเทศจีนต่อมาได้มีการเปลี่ยนแปลงเครื่องปรุงต่างๆ ให้มีรสชาติถูกปากคนไทย จนปัจจุบันถือเป็นอาหารประจำชาติที่ชาวต่างชาติรู้จักอย่างแพร่หลาย เนื่องจากผัดไทยมีรสชาติกลมกล่อม โดยส่วนประกอบสำคัญได้แก่ เส้นก๋วยเตี๋ยวผัดไทย (ใช้ได้ทั้งเส้นเล็กและเส้นจันท์ ซึ่งเส้นจันท์จะมีความเหนียวนุ่มมากกว่า) เต้าหู้แข็ง หัวไชโป๊ หอมแดง กุ้งแห้ง ไข่ไก่ และเครื่องปรุงรส ประกอบไปด้วย น้ำมะขามเปียก น้ำปลา น้ำตาลมะพร้าว น้ำส้มสายชู เกลือ รสชาติของผัดไทยจะมีครบทุกรสคือ เปรี้ยว หวาน มัน เค็ม โดยรสมันจากถั่วลิสง รสเปรี้ยวจากน้ำมะขามเปียก รสหวานจากน้ำตาลมะพร้าว รับประทานร่วมกับผักสด หัวปลี ถั่วงอกดิบ ต้นกุ่ยช่าย ใบบัวบกและปรุงรสเพิ่มได้ด้วยมะนาว น้ำตาลทราย และถั่วลิสงป่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ส่วนประกอบของเครื่องปรุงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

2.2.1.1 มะขามเปียก

มะขามเดิมเป็นพืชพื้นเมืองในแถบทุ่งหญ้าแห้งแล้งของทวีปแอฟริกาแล้วกระจายไปในแถบละตินอเมริกา หมู่เกาะแถบแคริบเบียนและทวีปเอเชีย (Gibbon และ Pain, 1985) ปัจจุบันได้มีการปลูกมะขามในประเทศเขตร้อนและเป็นพืชเศรษฐกิจพื้นบ้านที่สำคัญของประเทศอินเดียและประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในประเทศไทยมีการปลูกทั้งมะขามเปรี้ยวและมะขามหวานตามจังหวัดต่างๆ จังหวัดที่มีการปลูกมาก ได้แก่ เพชรบูรณ์ เลย ลำปาง เชียงใหม่ นครราชสีมา และอุบลราชธานี

1.) องค์ประกอบของมะขามเปียก

ฝักมะขามเปรี้ยวที่แก่จัดและเปลือกหุ้มฝักเปราะดีแล้ว เมื่อแกะเอาเปลือกออกเนื้อภายในเรียกว่า มะขามเปียกซึ่งมีการใช้ประโยชน์นอกจากใช้ใส่ในแกงต่างๆ เพื่อปรุงรสแล้วยังใช้ทำน้ำมะขาม มะขามกวน มะขามแก้ว มะขามอัดเม็ด เนื้อมะขามแก่ใช้คลุกน้ำตาลบริโภคสด ใช้ปรุงอาหารทำแกงกะหรี่ ทำซอส มะขามเปียกใช้ปรุงอาหารไทยได้หลายอย่าง เช่น แกงส้ม ต้มโคล้ง แกงคั่ว น้ำพริก เป็นต้น (ยุวดี, 2540) ส่วนประกอบของมะขามเปียกที่เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการแปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เมื่อแกะเปลือกออกแล้ว จะประกอบด้วยเนื้อมะขาม (pulp) ร้อยละ 55 รกหรือสาแหรก (fiber) ร้อยละ 12 และเมล็ด (seed) ร้อยละ 33 มะขามมีประโยชน์มากมายเกือบทุกส่วนโดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อมะขามสุกหรือที่เรียกว่า มะขามเปียก (ชูศักดิ์, 2550) เนื้อมะขามมีรสเปรี้ยว มีกลิ่นรสเฉพาะตัวโดยเนื้อมะขามสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่างและมีคุณค่าทางโภชนาการดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการของมะขามเปียกในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

องค์ประกอบ	ปริมาณ
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	318
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	75.6
โปรตีน (กรัม)	2.0
เส้นใย (กรัม)	6.5
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	314
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	13
ไนอะซีน (มิลลิกรัม)	2.6

ที่มา : กองโภชนาการ (2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 น้ำตาล

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 อธิบายว่า "น้ำตาล" หมายถึง สารประกอบ คาร์โบไฮเดรตประเภทโมโนแซ็กคาไรด์และไดแซ็กคาไรด์ซึ่งมีรสหวาน โดยมากได้จากมะพร้าวและอ้อย สำหรับน้ำตาลในประเทศไทยผลิตได้จากพืชหลายชนิด ได้แก่ อ้อย ตาลโตนด มะพร้าว หญ้าคา และจาก รวมทั้งจากน้ำผึ้งและรวงผึ้ง ปัจจุบันในอุตสาหกรรมทั่วโลก ผลิตน้ำตาลจากอ้อยและหัวผักกาด หวานหรือหัวบีท (Beet roots) เป็นหลัก โดยประเทศไทยผลิตน้ำตาลได้เป็นอันดับสามของโลก รองจาก ประเทศอินเดียและบราซิล (ภัทธิรา, 2551)

1.) น้ำตาลมะพร้าว

น้ำตาลมะพร้าวชื่อภาษาอังกฤษคือ " Coconut sugar " หรือ Palm sugar เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเคี่ยวน้ำตาลสดจากจั่นของมะพร้าวซึ่งประวัติการผลิตน้ำตาลมะพร้าวได้กล่าวว่าน้ำตาลมะพร้าวเป็นวัตถุให้ความหวานดั้งเดิมของมนุษย์มากว่าพันปี โดยพบในแถบเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีต้นมะพร้าวขึ้นอย่างมากมาย มะพร้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญมากในทางเศรษฐกิจ มีการนำส่วนต่างๆ ของมะพร้าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากมาย เช่น เนื้อของมะพร้าวนำมาใช้ทำขนมและอาหารได้หลายชนิด กากมะพร้าวที่คั้นน้ำกะทิออกแล้วนำมาเคี่ยวทำน้ำมันมะพร้าว ส่วนช่อดอกหรือจั่นของมะพร้าวจะให้น้ำตาลสดที่มีรสชาติ หวานและมีกลิ่นหอมนำมาต้มให้เดือดใส่น้ำแข็งรับประทานในฤดูร้อนช่วยดับกระหายคลายร้อนได้อย่างดี ในน้ำตาลมะพร้าวสดยังมีวิตามินซีสูงและแร่ธาตุอื่นๆ อีกมากมาย นอกจากนี้น้ำตาลมะพร้าวสามารถใช้สำหรับการประกอบอาหารคาว อาหารหวานได้อีกด้วยและมีคุณค่าทางโภชนาการดังแสดงในตารางที่ 2.3 น้ำตาลมะพร้าวได้จากน้ำตาลสดที่เก็บเกี่ยวจากจั่นหรือช่อดอกหรือวงของมะพร้าว มะพร้าวเป็นพืชในวงศ์ปาล์ม (Genus Palmaccae) (เกสร, 2541)โดยมะพร้าวที่เหมาะสมสำหรับใช้ทำน้ำตาลคือ มะพร้าวพันธุ์กลางและพันธุ์หมูสีกลาย ซึ่งจะสามารถให้น้ำตาลได้เมื่อต้นมะพร้าวมีอายุ 3 - 4 ปี เมื่อมะพร้าวเริ่มมีช่อดอก (อายุการออกจั่นแล้วแต่พันธุ์ที่ปลูกและการดูแลรักษา) โดยจั่นหรือวงมะพร้าวที่ใช้จะต้องโตเต็มที่ไม่อ่อนหรือแก่จนเกินไป ความยาวประมาณ 45 - 70 เซนติเมตร (กล้าณรงค์, 2532)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาลมะพร้าวในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

องค์ประกอบ	ปริมาณ
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	352
โปรตีน (กรัม)	0.3
ไขมัน (กรัม)	0.1
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	87.4
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	80
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	609
เหล็ก (มิลลิกรัม)	14.4
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.05
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.09
ไนอะซีน (มิลลิกรัม)	3.6

ที่มา: กองโภชนาการ (2544)

2.2.1.3 เกลือ (ศิริลักษณ์, 2544)

เกลือเป็นเครื่องปรุงรสเค็มที่รู้จักกันมานาน เกลือที่ใช้ปรุงอาหารมีสูตรทางเคมี คือ โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride หรือ NaCl) เกลือที่รู้จักโดยทั่วไป คือ เกลือแกงมีสภาพเป็นกลาง มีรสเค็มใช้ในการปรุงรส เกลือแกงมีคุณสมบัติในการดูดน้ำออกจากเนื้อสัตว์ ผัก ทำให้อาหารเสื่อมเสียช้าลง ในเกลือที่กินได้ถูกใช้อย่างกว้างขวางในการเป็นเครื่องปรุงรสและใช้ในการถนอมอาหาร เกลือบริสุทธิ์จะมีลักษณะเป็นผลึกสีขาว มีคุณสมบัติในการดูดความชื้น เกลือที่ใช้ในการบริโภคมาจาก 2 แหล่ง คือ

1.) เกลือสมุทร (Solar salt) ได้จากการทำนาเกลือโดยปล่อยน้ำทะเลเข้ามาในนาแล้วกักไว้ ปล่อยให้แสงแดดเป็นตัวการระเหยน้ำออกไปจนความเข้มข้นได้ระดับเกลือก็จะตกผลึกลงมา เกลือที่ได้เรียกว่า เกลือสมุทร

2.) เกลือสินเธาว์ (Rock salt) เป็นเกลือที่ผลิตได้จากน้ำเกลือใต้ดินจากบ่อบาดาลหรือจากเกลือหินซึ่งเป็นเกลือที่อยู่ใต้ดินเกิดเป็นชั้นแทรกอยู่ในหินดินดาน น้ำเกลือที่ได้จากบ่อบาดาลสูบขึ้นมาต้มด้วยเชื้อเพลิงหรือตากด้วยแสงแดด ทำในรูปของนาเกลือ ส่วนเกลือหินนั้นใช้น้ำจืดลงไปละลายเกลือใต้ดิน แล้วสูบขึ้นมาตากแห้งในนาเกลือหรืออาจใช้วิธีเจาะลงไปถึงชั้นเกลือแล้วทำอุโมงค์ตักเกลือขึ้นมา

เกลือที่ใช้บริโภค (Edible common salt) คือ ผลึกของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ที่สะอาดและไม่มีสิ่งแปลกปลอมที่เป็นอันตรายแก่ผู้บริโภค สามารถแบ่งเป็น 4 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.) เกลือปรุงอาหาร หมายถึง เกลือบริโภคที่เป็นผลึกละเอียดซึ่งทำให้บริสุทธิ์ขึ้น

2.) เกลือโต๊ะ หมายถึง เกลือบริโภคที่เป็นผลึก ไม่จับเป็นก้อนสามารถทำให้ผลึกแยกออกจากกันได้

3.) เกลืออัดเม็ด หมายถึง เกลือบริโภคที่อัดเป็นเม็ดแล้ว

4.) เกลืออุตสาหกรรมอาหาร หมายถึง เกลือบริโภคที่ใช้ในการประกอบอาหารและอุตสาหกรรมอาหารทั่วไป

2.2.1.4 หอมแดง

หอมแดงมีถิ่นกำเนิดในเขตตะวันออกกลาง แถบประเทศอิหร่าน อัฟกานิสถานและปากีสถาน ซึ่งเป็นเขตร้อนกึ่งร้อนชื้น มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Allium ascalonicum* L.n ชื่อสามัญ Shallot อยู่ในวงศ์ Amaryllidaceae ปัจจุบันปลูกกันมากในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ประเทศไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ เวียดนาม สำหรับประเทศไทยปลูกกันมากทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ตารางที่ 2.4 คุณค่าทางโภชนาการของหอมแดงในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

องค์ประกอบ	ปริมาณ
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	63
โปรตีน (กรัม)	2.7
ไขมัน (กรัม)	0.2
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	12.6
เส้นใย (กรัม)	0.6
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	16
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	59
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.09
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.03
ไนอะซีน (มิลลิกรัม)	0.5

ที่มา: กองโภชนาการ (2544)

2.2.1.5 หัวผักกาดหรือหัวไชเท้า

หัวไชเท้ามีชื่อวิทยาศาสตร์ *Raphanus sativus* L. อยู่ในวงศ์ Brassicaceae เป็นพืชพื้นเมืองของเอเชีย นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกง่าย เติบโตเร็ว แต่มีข้อเสียคือเมื่อถึงกำหนดเก็บเกี่ยวแล้วจะต้องถอนหัวขึ้นมาทันที เพราะหากปล่อยไว้จะทำให้หัวฟ่ามขายได้ราคาต่ำทำให้เกษตรกรต้องรีบขายหัวผักกาดไปโดยเร็วถึงแม้จะได้ราคาน้อยก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยเหตุนี้จึงมีการแปรรูปหัวผักกาดให้เป็นผักกาดเค็ม ผักกาดดองหวานที่เรียกว่า หัวไชโป๊ เป็นวิธีการถนอมอาหารเพื่อช่วยให้เกษตรกรไม่ต้องรีบขายหัวผักกาดสดในราคาถูกและทำให้มีอายุเก็บรักษาไว้บริโภคได้นานขึ้น (เกษตร, 2559)

- **หัวไชโป๊**

หัวไชโป๊ (Pickle turnip) หรือ หัวไชเท้าดองเป็นอาหารที่นิยมรับประทานกันทั้งยังสามารถเก็บไว้บริโภคได้นานทั้งปี หัวไชเท้าดองมีด้วยกัน 2 ชนิด คือ หัวไชโป๊ดองเค็มและหัวไชโป๊หวาน นอกจากนี้หัวไชโป๊ยังมีสรรพคุณในด้านต่างๆ เช่น ช่วยล้างพิษและขับพิษในร่างกาย ช่วยให้เจริญอาหารและมีคุณค่าทางโภชนาการดังแสดงในตารางที่ 2.5 อาหารที่นิยมใช้หัวไชโป๊มาเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ หัวไชโป๊สามารถใช้กินกับข้าวต้ม แกงจืดหรือผัดไข่และในหน้าร้อนคนไทยนิยมรับประทานข้าวแช่ ซึ่งก็มีหัวไชโป๊ผัดหวานเป็นเครื่องเคียง (นิดดา, 2557)

ตารางที่ 2.5 คุณค่าทางโภชนาการของหัวไชโป๊หวานในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

องค์ประกอบ	ปริมาณ
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	131
โปรตีน (กรัม)	0.9
ไขมัน (กรัม)	0.3
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	31.1
เส้นใย (กรัม)	2.2
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	81
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	14
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.03
วิตามินเอ (ไมโครกรัม)	28
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	5
ไนอะซีน (มิลลิกรัม)	0.5

ที่มา: กองโภชนาการ (2544)

2.2.1.6 กุยช่าย

กุยช่ายมีชื่อวิทยาศาสตร์ Allium tuberosum Rottler ex Spreng. ชื่อสามัญ Garlic chives จัดอยู่ในวงศ์พลับพลึง (AMARYLLIDACEAE) ใบกุยช่ายมีชื่อท้องถิ่นอื่นๆ เช่น ผักไม้กวาด (ภาคกลาง), ผักแป้น (ภาคอีสาน), กูไฉ่ (จีนแต้จิ๋ว) เป็นต้น ใบกุยช่ายมีอยู่ 2 ประเภท คือ กุยช่ายเขียวและกุยช่ายขาวซึ่งลักษณะจะไม่แตกต่างกันแต่จะมีแตกต่างในเรื่องของกระบวนการปลูกและการดูแลรักษา ในเอเชียตะวันออกแถบภูเขาหิมาลัย จีน อินเดีย ไต้หวัน และญี่ปุ่น จะมีการ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลูกกุยช่ายกันอยู่ 2 พันธุ์ คือพันธุ์สีเขียวที่ปลูกทั่ว ๆไปและพันธุ์สีเขียวใบใหญ่สีขาวซึ่งเกิดจากการบังร่ม

- **ประโยชน์ของกุยช่าย**

กุยช่ายมีธาตุเหล็กสูง ซึ่งช่วยในการสร้างเม็ดเลือดแดงหรือเกล็ดเลือดต่ำ รักษาภาวะเม็ดเลือดแดงต่ำ แก้อาการอ่อนเพลีย (พบได้บ่อยในผู้ป่วยไข้เลือดออก ผู้ป่วยมะเร็ง และผู้ป่วยที่อยู่ในระยะพักฟื้นหลังการเจ็บป่วย จากการผ่าตัดหรือคลอดบุตร) เม็ดเลือดแดงประกอบด้วยฮีโมโกลบินที่ทำหน้าที่ในการนำออกซิเจนจากปอดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายและกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกาย ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน บำรุงและรักษาสายตา บำรุงกระดูก นอก ใบกุยช่ายยังช่วยปรุงแต่งรสอาหารและมีคุณค่าทางโภชนาการดังแสดงในตารางที่ 2.6 นอกจากนั้นคุณค่าทางอาหารของต้นและใบกุยช่ายเหมาะสำหรับสตรีหลังคลอดเพราะมีฤทธิ์ขับน้ำนม มีเส้นใยทำให้รักษาสมดุลของระบบย่อยและช่วยในการขับถ่าย นอกจากกินสดและกินสุกกับผัดไทย ขนมผักกาด เป็นต้น (นก, 2552)

ตารางที่ 2.6 คุณค่าทางโภชนาการของกุยช่ายในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

องค์ประกอบ	ปริมาณ
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	28
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	4.1
เส้นใย (กรัม)	3.9
เหล็ก (มิลลิกรัม)	1.5
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	98
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	46
เบต้าแคโรทีน (ไมโครกรัม)	136.79

ที่มา: กองโภชนาการ (2544)

2.2.1.7 กุ้งแห้ง

กุ้งแห้งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่สำคัญใช้ในการบริโภคทั้งภายในประเทศและส่งออก กุ้งแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำกุ้งสดที่อยู่ในวงศ์พีนีอีดี (penaeidae) และพาลีโมนิดี (palaemonidae) นำมาผ่านกระบวนการผลิตโดยการนำกุ้งสดมาล้างทำความสะอาด แล้วให้ความร้อนในช่วงเวลาสั้น (precook) เช่น การต้มหรือนึ่ง พอที่จะทำให้เนื้อกุ้งหดตัว หลุดออกจากเปลือก ทำให้แกะเปลือกได้ง่าย แล้วนำไปลดความชื้น อาจนำเปลือกออกก่อนหรือหลังลดความชื้น โดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือ แหล่งพลังงานความร้อนอื่น คัดขนาด แล้วบรรจุ ผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกุ้งแห้งมีคุณค่าทางโภชนาการ ดังแสดงในตารางที่ 2.7 มีรสชาติดีและมีราคาค่อนข้างสูง สามารถประกอบอาหารโดยการนำไปผ่านความร้อนหรือบริโภคโดยตรง

ผลิตภัณฑ์กุ้งแห้งสามารถแบ่งได้ 3 แบบ ดังนี้

1.) แบบมีเปลือก ได้แก่ กุ้งที่ไม่เอาเปลือกออก

2.) แบบไม่มีเปลือก ได้แก่ กุ้งที่เอาเปลือกออกจากตัวก่อนหรือหลังทำแห้งก็ได้

3.) แบบกะเทาะเปลือก ได้แก่ กุ้งที่เอาเปลือกออกจากตัวหลังจากการทำแห้ง ซึ่งอาจมีเปลือกติดกับลำตัวได้บ้าง (มกอช. 2551)

ตารางที่ 2.7 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของกุ้งแห้งในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

องค์ประกอบ	ปริมาณ
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	263
ไขมัน (กรัม)	2.9
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	12.8
โปรตีน (กรัม)	46.4
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	2305
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	625
เหล็ก (มิลลิกรัม)	20.0
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.16
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.20
ไนอาซีน (มิลลิกรัม)	5.7

ที่มา: กองโภชนาการ (2544)

2.2.1.8 ถั่วลิสง

ถั่วลิสงมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Arachis hypogaea* L. ชื่อสามัญ Peanut หรือ Groundnut จัดอยู่ในวงศ์ Fabaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ บริเวณตอนกลางของประเทศบราซิลแถบเทือกเขาแอนดีสและประเทศโบลิเวียแถบลุ่มน้ำอะเมซอน สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนและเขตอบอุ่น (บุปผา, 2551) ถั่วลิสงเป็นพืชตระกูลถั่ว (legume crops) ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย สามารถใช้ประโยชน์ในการเป็นอาหารของมนุษย์และใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ถั่วลิสงเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีเมล็ดค่อนข้างใหญ่กว่าพืชตระกูลถั่วชนิดอื่น เช่น ถั่วเหลืองและถั่วเขียว และยังจัดเป็นพืชน้ำมันเนื่องจากในเมล็ดประกอบด้วยน้ำมันประมาณร้อยละ 50 และโปรตีนร้อยละ 25 ถั่วลิสงเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ทั้งปีเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ (ศานิต, 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถั่วลิสงประกอบด้วยสารชีวเคมีในเมล็ด จำนวน 3 ชนิด คือ ไขมัน คาร์โบไฮเดรตและโปรตีนดังแสดงในตารางที่ 2.8 สำหรับไขมัน พบว่า ในเมล็ดถั่วลิสงประกอบด้วยไขมันร้อยละ 44 - 56 ปริมาณของไขมันในเมล็ดถั่วลิสงขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ สำหรับไขมันที่พบในเมล็ดถั่วลิสงจำแนกได้ 2 กลุ่ม คือ กรดไขมันไม่อิ่มตัวและกรดไขมันอิ่มตัว โดยพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบมากในถั่วลิสง 2 ชนิด คือ กรดโอเลอิก (oleic acid) และกรดไลโนเลอิก (linoleic acid) ซึ่งพบปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 80 ส่วนกรดไขมันอิ่มตัวที่พบในถั่วลิสง เช่น กรดปาล์มมิติกร้อยละ 10 เมล็ดถั่วลิสงมีปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากเมล็ดแห้งอยู่ระหว่างร้อยละ 22 - 30 โดยปริมาณโปรตีนของถั่วลิสงที่สกัดได้จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดของถั่งลิสง พันธุ์ของถั่วลิสง สภาพแวดล้อม ปีเพาะปลูกและการสุกแก่ทางสรีรวิทยาของเมล็ด โปรตีนที่พบมากในถั่วลิสงมี 3 ชนิด คือ กรดแอสพาร์ติก (aspartic acid) กรดกลูตามิก (glutamic acid) และอาร์จินีน (arginene) ส่วนกรดอะมิโนที่พบน้อยหรืออาจไม่พบในถั่วลิสงมี 3 ชนิด คือ ไลซีน (lysine) เมไทโอนีน (methionene) และทรีโอนีน (threonine)

ตารางที่ 2.8 คุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดถั่วลิสงในส่วนที่รับประทานได้ปริมาณ 100 กรัม

องค์ประกอบ	ปริมาณ
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	538
ไขมัน (กรัม)	38.7
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	15.4
เส้นใย (กรัม)	2.1
โปรตีน (กรัม)	29.7
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	20
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	455
เหล็ก (มิลลิกรัม)	13.8
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.59
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.09
ไนอาซีน (มิลลิกรัม)	2.2
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	8

ที่มา : กองโภชนาการ (2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.9 เต้าหู้

เต้าหู้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการบริโภคมานานในประเทศแถบเอเชียและเป็นที่นิยมมากขึ้นในแถบตะวันตก (Obtola, 2008) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นเจลสามารถที่จะอุ้มน้ำไว้ในโครงสร้างได้สูง มีสีครีมขาว อ่อนนุ่ม และย่อยง่าย มีปริมาณโปรตีนสูง (ร้อยละ 50 ต่อน้ำหนักแห้ง) สามารถใช้แทนเนื้อสัตว์ต่างๆ ได้ สามารถผลิตได้โดยนำเอาถั่วเหลืองมาล้างน้ำให้สะอาด แช่น้ำ จากนั้นบดด้วยน้ำจะได้ถั่วเหลืองที่มีลักษณะเหลวข้น นำไปให้ความร้อนจะได้ของเหลวที่มีลักษณะคล้ายน้ำนมซึ่งเรียกว่า น้ำนมถั่วเหลือง หลังจากที่ได้น้ำนมถั่วเหลืองแล้วจะทำการเติมสารตกตะกอนโปรตีนลงไป น้ำนมถั่วเหลืองจะเกิดการฟอร์มตัวของเคิร์ด (curd) เกิดเป็นเต้าหู้ ในการผลิตเต้าหู้สภาวะต่างๆ มีผลต่อคุณภาพและผลผลิตของเต้าหู้ เช่น อัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองกับน้ำ อุณหภูมิ ชนิดและความเข้มข้นของสารที่ช่วยให้แข็งตัว รวมไปถึงพันธุ์ของถั่วเหลือง (Sun และBreene, 1991) ซึ่งถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์จะให้ปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกัน โดยเต้าหู้ที่มีคุณภาพดีจะต้องมีลักษณะเนื้อสัมผัสนิ่ม เรียบ แน่น เกาะติดกัน ซึ่งลักษณะเนื้อสัมผัสของเต้าหู้จะมีผลต่อคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภค เต้าหู้สามารถแบ่งเป็น 2 ชนิด ตามปริมาณน้ำที่ถูกกำจัดออกและคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ คือชนิดอ่อน (soft หรือsilken) ชนิดแข็ง (firm) (จันทร และคณะ, 2546)

1.) เต้าหู้ชนิดอ่อน (soft - tofu) ทำจากน้ำนมถั่วเหลืองที่มีปริมาณของแข็งร้อยละ 10 - 12 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่ม แต่ยังความแข็งพอที่จะคงรูปอยู่ได้เมื่อทำการตัด มีความชื้นประมาณร้อยละ 88 - 90 โดยในการผลิตเต้าหู้อ่อนสารตกตะกอนที่นิยมใช้คือ กลูโคโนเดลต้าแลคโตนหรือสารละลายแคลเซียมซัลเฟตไดโฮเดรต ขั้นตอนในการผลิตเต้าหู้อ่อนจะผสมสารตกตะกอนกับน้ำนมถั่วเหลืองให้เข้ากัน บรรจุลงภาชนะบรรจุและปิดผลึก หลังจากแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 - 95 องศาเซลเซียส ประมาณ 50 นาที แล้วนำไปแช่เย็นเพื่อเก็บรักษา เต้าหู้ชนิดนี้จะไม่มีการแยกเอาเวย์ออกจากเคิร์ด ทำให้ปริมาณสารอาหารอยู่ในเต้าหู้อ่อนสูง และมีเนื้อสัมผัสนิ่ม

2.) เต้าหู้ชนิดแข็ง (firm) เป็นเต้าหู้ที่ผ่านการบีบอัดเคิร์ด ขั้นตอนในการผลิตจะเริ่มต้นจากการกวนสารตกตะกอนในน้ำนมถั่วเหลืองขณะร้อนอย่างรวดเร็วและทั่วถึง จากนั้นทำให้เคิร์ดที่เกิดขึ้นแตกและบีบอัดเคิร์ดนั้น แรงกดที่ใช้ในการบีบอัดจะมีผลต่อลักษณะของเต้าหู้ โดยแรงกดที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อความแน่นเนื้อของเต้าหู้ ซึ่งเต้าหู้ที่มีความแน่นเนื้อสูงจะมีปริมาณน้ำต่ำ มีลักษณะคล้ายเนื้อหรือเนยแข็ง สามารถคงรูปอยู่ได้ในขณะให้ความร้อน ดังนั้นเต้าหู้ที่ผ่านการบีบอัดจึงเป็นเต้าหู้ที่เหมาะสำหรับการทอดและสามารถนำมาปรุงอาหารอื่นๆ ได้นอกจากนั้นเต้าหู้ชนิดแข็งยังมีคุณค่าทางโภชนาการดังแสดงในตารางที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 คุณค่าทางโภชนาการของเต้าหู้ชนิดแข็งในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

องค์ประกอบ	ปริมาณ
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	63
โปรตีน (กรัม)	2.7
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	12.6
เส้นใย (กรัม)	0.6
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	16
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	59
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.09
ไนอะซีน (มิลลิกรัม)	0.5

ที่มา : กองโภชนาการ (2544)

2.3 ข้าว

ข้าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวอยู่ในวงศ์หญ้า เป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตทั้งในสภาพที่มีและไม่มีน้ำขังมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa L.* และ *O. glabberima* อยู่ในวงศ์ Gramineae เมล็ดข้าวเปลือกเป็นผลประเภทผลธัญพืช (caryopsis) ที่มีเมล็ดเดี่ยวประสานรวมกันกับผนังรังไข่จะกลายเป็นเยื่อหุ้มผล (ปรีหทัย, 2553) นอกจากนั้นข้าวยังเป็นธัญญาหารหลักที่สำคัญของประชากรกว่าครึ่งโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งประชากรในเอเชียที่ใช้บริโภคถึงร้อยละ 90 (อรอนงค์, 2547)

2.3.1 ชนิดของข้าว

การแบ่งชนิดของข้าวสามารถแบ่งได้ตามลักษณะพันธุกรรม สภาพทางภูมิศาสตร์ในการปลูกและยังสามารถแบ่งตามลักษณะที่เกี่ยวข้องกับข้าว ได้แก่ ความยาวของเมล็ด รูปร่างของเมล็ด สภาพภูมิอากาศและสายพันธุ์ข้าว สภาพพื้นที่ปลูก สภาพการปลูกหรือวิธีการทำนา สภาพของแสงแดดในขณะที่ข้าวเจริญเติบโตหรือฤดูปลูก สภาพการเก็บเกี่ยวข้าวและลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวเมื่อหุงสุก

2.3.1.1 การแบ่งชนิดข้าวตามภูมิอากาศและสายพันธุ์ข้าว (อรอนงค์, 2547)

1.) กลุ่มข้าวอินดิคา ได้แก่ ข้าวเมล็ดยาว หรือยาวปานกลาง ปลูกทั่วไปบริเวณเขตร้อน เช่น ไทย อินเดีย และฟิลิปปินส์ เป็นต้น

2.) กลุ่มข้าวจาปอนิกา ได้แก่ ข้าวเมล็ดสั้น ปลูกทั่วไปบริเวณเขตกึ่งร้อน เขตอบอุ่นและเขตที่มีอากาศเย็น เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี และจีนตอนเหนือ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) กลุ่มข้าวจาวานิกา (Javanica) ได้แก่ ข้าวที่มีลักษณะอยู่ระหว่างข้าวอินดิกาและจาปอนิกา เมล็ดสั้น ปลูกทั่วไปบริเวณเส้นศูนย์สูตร เช่น อินโดนีเซีย (ชวา - Java) และพม่า เป็นต้น

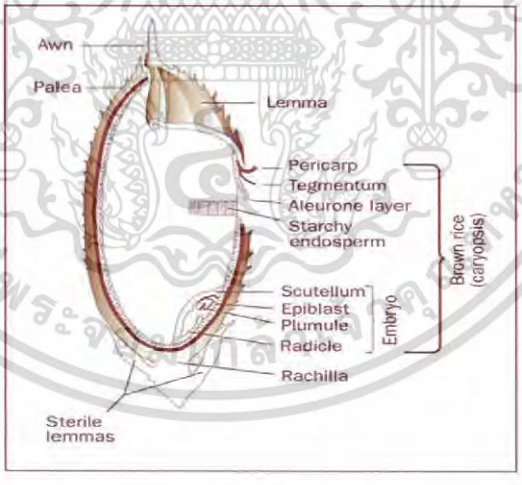
2.3.1.2 การแบ่งชนิดข้าวตามลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวเมื่อหุงสุก

1.) ข้าวเหนียว มีลักษณะเนื้อของเมล็ดข้าวสารสีขาวขุ่น เมื่อนำมานึ่งให้สุก ข้าวสุกจะจับตัวกันติดแน่น เหนียวติดมือ จึงเรียกว่า ข้าวเหนียว เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อเมล็ดข้าว ซึ่งส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทสตาร์ช (starch) จะประกอบด้วยอะมิโลแพคติน (amylopectin) เกือบทั้งหมดที่ให้ลักษณะเหนียว

2.) ข้าวเจ้า มีลักษณะเนื้อของเมล็ดข้าวสารใส เมื่อหุงสุกหรือนึ่งจนสุก ข้าวสุกจะไม่เกาะติดกัน จะร่วน สีขาวขุ่นเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อเมล็ดข้าวที่เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทสตาร์ช ซึ่งประกอบด้วยอะมิโลแพคตินและอะมิโลส (amylose) เมื่อรวมกันแล้วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่างกัน จะให้ลักษณะเนื้อข้าวสุก มีความร่วน แข็ง หรือนุ่มต่างกัน โดยถ้ามีปริมาณอะมิโลสต่ำข้าวจะสุกนุ่ม มีความเหนียว แต่ถ้ามีปริมาณอะมิโลสสูงขึ้น ก็จะมีความร่วนและแข็งเพิ่มขึ้น

2.3.2 โครงสร้างทางกายภาพของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าวประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของเมล็ดข้าว

ที่มา: Ricepedia (2015)

2.3.2.1 สิ่งที่ห่อหุ้ม

สิ่งที่ห่อหุ้ม เรียกว่า เปลือกหรือแกลบ มีลักษณะเป็นเยื่อหยาบหุ้มรอบเมล็ดเปลือกใหญ่ เรียกว่า เล็มม่า (lemma) เปลือกเล็กเรียกว่า พาเลีย (palea) ข้าวบางพันธุ์ที่ปลายของเปลือกใหญ่อาจมีขนแข็งยื่นยาวออกไป เรียกว่า หาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.3.2.2 ส่วนที่รับประทานได้ เรียกว่า ข้าวกล้อง ประกอบด้วย

1.) เยื่อหุ้มผล (pericarp) เป็นผิวชั้นนอกสุด มีหน้าที่ห่อหุ้มป้องกันเมล็ด ผนังเซลล์ของเยื่อหุ้มผลมีความหนาประมาณ 2 ไมครอน ประกอบด้วยสารโปรตีน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส

2.) เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อบางชั้นเดียว มีความหนาประมาณ 0.5 ไมครอน ภายในมีพิกเมนต์ (pigment) ที่ให้สีแก่เปลือกข้าว

3.) เยื่ออัลลูโรน (aleurone layer) ห่อหุ้มส่วนเอนโดสเปอร์และคัพภะ เยื่ออัลลูโรนประกอบด้วยเซลล์ 1 - 7 ชั้นภายในข้าวเมล็ดเดียวกัน ความหนาของเยื่อนี้แตกต่างกันไปตามพันธุ์ข้าวข้าวเมล็ดสั้นมักมีเนื้อเยื่อหนากว่าเมล็ดยาว

4.) เอนโดสเปิร์ม (endosperm) ภายในประกอบด้วยเซลล์ที่มีผนังบางจัดเรียงกันตามแนวรัศมี เอนโดสเปิร์มมีส่วนประกอบแป้ง (starch) และโปรตีน (protein) มีเม็ดแป้ง (starch granule) ซึ่งมีรูปร่างหลายเหลี่ยมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 - 12 ไมครอน อัดรวมกันอยู่ภายในโดยมีโปรตีนแทรกอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดแป้ง (สงกรานต์, 2544)

2.3.3 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าว (ปรีหทัย, 2553)

2.3.3.1 คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate)

คาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบที่มีมากที่สุดในข้าว คือประมาณร้อยละ 60 – 90 โดยองค์ประกอบหลักคือเม็ดสตาร์ชประกอบด้วยคาร์บอนร้อยละ 44.4 ไฮโดรเจนร้อยละ 6.2 และองค์ประกอบออกซิเจนร้อยละ 49.4 โดยอยู่ในรูปของเดกซ์โตรสเป็นส่วนใหญ่นอกจากนั้นมีโปรตีน ไขมัน ฟอสฟอรัสและเถ้าโครงสร้างของเม็ดแป้งประกอบด้วยอะมิโลแพคตินเป็นองค์ประกอบหลักและอะมิโลสเป็นองค์ประกอบรอง

อะมิโลส (amylose) เป็นโพลิเมอร์ของหน่วยกลูโคสที่ต่อกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะแอลฟา 1,4 ไกลโคซิดิก (glycosidic) ความยาวประมาณ 200 - 2,000 แอนไฮดรัสกลูโคสยูนิต (Anhydrous Glucose Unit; AGU) และมีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 20,000 - 200,000 จำนวนน้ำหนักของโมเลกุลที่ต่างกันนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์โดยทั่วไปข้าวเจ้ามีปริมาณอะมิโลสแตกต่างกันหลายระดับขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ พันธุ์ข้าวที่มีอะมิโลสต่ำมาก ต่ำ ปานกลางและสูง ดังตารางที่ 2.1

อะมิโลเพคติน (amylopectin) เป็นโพลิเมอร์ที่แตกสาขามากมายมีโครงสร้างโมเลกุลเหมือนกิ่งไม้ ประกอบด้วยกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1,4 ไกลโคซิดิก (glycosidic) เป็นส่วนใหญ่และมีส่วนแตกสาขาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1,6 ไกลโคซิดิกแต่ละสาขาประกอบด้วยกลูโคส (glucose) ประมาณ 15 - 25 แอนไฮดรัสกลูโคสยูนิตและมีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 10 - 20 ล้าน ส่วนใหญ่เมล็ดข้าวสารจะมีอะมิโลสเพคตินเป็นองค์ประกอบหลัก อะมิโลเพคตินเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ความเหนียวของข้าวสุกขึ้นอยู่กับสัดส่วนของอะมิโลเพคตินในสตาร์ช ข้าวเหนียวจะมีอะมิโลเพคตินเกือบทั้งหมด ทำให้ดูดน้ำและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

148016

ขยายตัวน้อยกว่าข้าวเจ้า ข้าวสุกที่ได้จะเหนียวและนุ่มกว่า ปริมาณของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน ส่งผลให้ข้าวมีลักษณะแตกต่างกันซึ่งได้แบ่งได้ 2 ประเภทคือ

1.) ข้าวเจ้า (non - glutinous rice) ข้าวสารมีสีขาวใส หลังจากการหุงหรือนึ่งแล้วจะได้ข้าวที่มีขาวขุ่นและร่วน

2.) ข้าวเหนียว (glutinous rice หรือ waxy rice) ประกอบด้วยอะมิโลเพคตินประมาณร้อยละ 95 หรือบางพันธุ์แทบไม่มีเลย ข้าวสารของข้าวเหนียวจะมีสีขาวขุ่นมีการดูดน้ำและขยายตัวน้อยกว่าข้าวเจ้าเมื่อนึ่งแล้วจะได้ข้าวสุกที่เหนียวจับติดกันแน่นและมีลักษณะใส

ตารางที่ 2.10 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะมิโลส

ประเภทข้าว	ปริมาณอะมิโลส (ร้อยละ)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	1 - 2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำมาก	2 - 9	เหนียว นุ่ม
ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำ	9 - 20	เหนียว นุ่ม
ข้าวเจ้าอะมิโลสปานกลาง	20 - 25	นุ่ม ค่อนข้างเหนียว
ข้าวเจ้าอะมิโลสสูง	25 - 33	ร่วน แข็ง

ที่มา: งามชื่น (2546)

2.3.3.2 โปรตีน (protein)

โปรตีนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ มีปริมาณรองจากสตาร์ช โปรตีนในข้าวอยู่กันเป็นกลุ่มเรียกว่า โปรตีนบอดี้ (protein bodies) แทรกอยู่ระหว่างองค์ประกอบของแป้งมีขนาด 1 - 4 ไมครอน โปรตีนอาจแบ่งตามคุณสมบัติการละลายได้ 4 ชนิด คือ อัลบูมิน (albumin) ละลายได้ในน้ำ โกลบูลิน (globulin) ละลายได้ในสารละลายเกลือ โพรลามีน (prolamine) ละลายในแอลกอฮอล์ และกลูทิลิน ละลายในสารละลายกรดหรือด่างเจือจาง ข้าวสารมีกลูทิลินอยู่ประมาณร้อยละ 80 ของโปรตีนทั้งหมดมีโกลบูลินอยู่ประมาณร้อยละ 10 มีอัลบูมินอยู่ประมาณร้อยละ 5 และมีโพรลามีนไม่เกินร้อยละ 5

2.3.3.3 ไขมัน (fat)

ไขมันในเมล็ดข้าวส่วนใหญ่อยู่บริเวณเยื่ออัลลูโรนและคัพภะซึ่งจะถูกขัดออกเมื่อผ่านกระบวนการสีข้าว โดยไขมันส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปเม็ดไขมัน ไขมันในเอนโดสเปิร์มจะอยู่รวมกับโปรตีนและในเม็ดแป้งก็มีไขมันไขมันยึดเกาะอยู่ด้วย เมล็ดข้าวมีไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่น้อย คือประมาณร้อยละ 1.5 - 2.5 ในข้าวกล้อง และในข้าวสารร้อยละ 0.3 - 0.7 กรดไขมันส่วนใหญ่ที่พบคือ โอเลอิก (oleic) ไลโนเลอิก (linoleic) พาล์มมีติก (palmitic) ไขมันจากทุกส่วนของเมล็ดมีองค์ประกอบคล้ายคลึงกันไม่ว่าจะสกัดมาจากข้าวเหนียวหรือข้าวเจ้า ไขมันของข้าวยังมีสารต้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุมูลอิสระคือ โอไรซานอล (oryzanol) และโทโคเฟอรอล (tocopherol) ซึ่งสารนี้ช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทำให้ไขมันอยู่ได้นานโดยไม่มีกลิ่นหืน

2.3.3.4 เถ้า แร่ธาตุ และวิตามิน

โดยทั่วไปข้าวสารมีเถ้าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.26 - 1.95 โดยน้ำหนัก องค์ประกอบในเถ้าที่พบได้แก่ ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม ซิลิคอน แมกนีเซียม แคลเซียม โซเดียมและเหล็ก ปริมาณแร่ธาตุในเมล็ดข้าวขึ้นอยู่กับแร่ธาตุในดินที่ปลูกข้าว พบว่ามีการกระจายตัวของปริมาณเถ้าดังนี้ ในรำร้อยละ 51 คัพภะร้อยละ 10 เปลือกร้อยละ 11 และในข้าวสารร้อยละ 28 สำหรับวิตามินจะพบมากในข้าวกล้องมากกว่าข้าวสาร โดยเฉพาะส่วนของคัพภะและอัลลูโรนพบไทอามีนและไนอาซีนเป็นวิตามินที่สำคัญที่สุดในข้าว

2.4 ข้าวพอง

ผลิตภัณฑ์ข้าวพอง (puffed snacks หรือ expanded snacks) หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าวหรือแป้ง มีลักษณะพองเบา มีรูพรุนและกรอบ ซึ่งข้าวพองอาจเตรียมได้จากข้าวทั้งเมล็ดหรือแป้งโดยข้าวที่ใช้ในการทำให้พองตัวควรมีอะมิโลสค่อนข้างต่ำคืออยู่ในช่วงร้อยละ 5 - 20 และในการทำให้เกิดการพองตัวของผลิตภัณฑ์ เริ่มต้นจากการใช้เทคนิคในการผลิตผลิตภัณฑ์ออกมาในรูปแบบแห้ง เมื่อต้องการจึงนำมาทอดหรืออบให้พองตัว (ปกรณ์พรรณ, 2545)

2.4.1 การผลิตข้าวพอง

การผลิตข้าวพองทุกชนิดมีขั้นตอนที่เหมือนกัน คือ การทำให้แป้งสุก การปรับความชื้น และการทำให้พองตัวแต่จะมีเทคนิควิธีการที่ใช้แตกต่างกันไป (ไพโรจน์และคณะ, 2552) ซึ่งสามารถจำแนกได้ 7 กลุ่ม คือ

2.4.1.1 ข้าวพองที่ผลิตโดยการอัดด้วยความดันสูง

ข้าวพองที่ผลิตโดยการอัดด้วยความดันสูงเป็นการผลิตโดยใช้เครื่องเอ็กทรูชั่นที่มีการใช้แรงอัดและความร้อนสูง โดยควบคุมอุณหภูมิและเวลาให้เหมาะสม แรงดันที่เกิดเกิดจากไอน้ำจะดันให้แป้งพองตัว การที่ไอน้ำระเหยอย่างรวดเร็วพร้อมกับการลดอุณหภูมิลง ทำให้แป้งพองตัวแล้วแข็งตัว และรักษารูปทรงไว้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรูพรุนและมีขนาดเล็ก มีเนื้อนุ่ม ความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ควรประมาณร้อยละ 2 - 4 ไม่ควรอบให้แห้งเกินไปเพราะจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะกรอบร่วนและหืนได้ง่าย

2.4.1.2 ข้าวพองที่ผลิตโดยการอัดแป้งไว้ระหว่างแผ่นโลหะร้อน

ข้าวพองที่ผลิตโดยการอัดแป้งไว้ระหว่างแผ่นโลหะร้อนเป็นวิธีการนำแป้งที่ผสมแล้วมาวางบนแผ่นโลหะร้อน แล้วกดโดยแผ่นโลหะอีกแผ่นหนึ่ง การกดแผ่นโลหะทำให้เกิดแรงอัดลงบนแป้ง และแรงอัดจะมีมากขึ้นเมื่อน้ำในแผ่นแป้งกลายเป็นไอแทรกอยู่ในเนื้อแป้งนั้น เมื่อยกแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โลหะบนออกความดันไอน้ำจะลดลงทันที เนื่องจากได้ดันแป้งที่หลอมละลายให้พองตัวออกไป เมื่อไอน้ำระเหยไปหมดและอุณหภูมิของแป้งลดลงจะทำให้แป้งแข็งตัวและรักษารูปทรงไว้ได้ สำหรับการผลิตวิธีนี้ควรใช้แรงกด 100 - 1,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรืออุณหภูมิระหว่าง 150 - 370 องศาเซลเซียสและกดนาน 1 - 30 วินาที ส่วนความชื้นที่เหมาะสมคือช่วงร้อยละ 8 - 16

2.4.1.3 ข้าวที่พองตัวโดยใช้ลมร้อน

ข้าวที่พองตัวโดยใช้ลมร้อนเป็นวิธีการใช้ลมร้อนทำให้พองตัวได้ 1.5 - 3.5 เท่าโดยก้อนแป้งจะต้องมีความชื้นระหว่างร้อยละ 22 - 27 โดยนำส่วนผสมที่ปั้นเป็นก้อนใส่ลงในหม้อนึ่งความดันด้วยไอน้ำที่ความดัน 20 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 6 - 30 นาที นำแป้งมานวดและหั่นเป็นแผ่นบางๆ ทำให้ผิวแห้งแข็งโดยใช้ลมร้อนเป่าจนกระทั่งความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 16 - 21 นำมารีดให้เป็นแผ่นบางนำไปอบที่อุณหภูมิ 177 - 400 องศาเซลเซียส นาน 8 - 35 วินาที ข้าวที่พองตัวแล้วจะมีความชื้นเหลือร้อยละ 3 - 7 อาจทำให้ลดลงอีกโดยนำไปอบหรือคั่วที่อุณหภูมิ 107 - 290 องศาเซลเซียส นาน 2 - 10 นาที

2.4.1.4 ข้าวที่พองตัวโดยใช้สุญญากาศ

เริ่มจากการทำให้ข้าวอยู่ในสภาพที่เหนียวแข็งก่อน แล้วจึงใส่ในตู้สุญญากาศเพื่อให้พองตัว โดยในขั้นแรกเตรียมสารละลายเข้มข้นจากน้ำตาล และขั้นที่สองเตรียมของส่วนผสมของส่วนที่เป็นของแห้ง แล้วนำมาผสมกันทั้งหมด นวดเป็นก้อนเหนียวแข็งนำไปรีดเป็นแผ่นและทำให้เย็น ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ลงในตู้สุญญากาศ โดยวางไว้บนโลหะที่รักษาอุณหภูมิไว้ที่ 62 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจึงเดินเครื่องสุญญากาศ แป้งจะพองตัวเป็นก้อนกลมและแห้งสนิท

2.4.1.5 ข้าวที่พองตัวด้วยไมโครเวฟ

การพองตัวโดยใช้ความร้อนจากไมโครเวฟ น้ำที่ใส่ลงไปนั้นจะต้องกระจายตัวสม่ำเสมอ ปริมาณความชื้นควรควบคุมในเกณฑ์ร้อยละ 12 - 26 โดยน้ำหนักเมื่อนำเข้าเครื่องไมโครเวฟ น้ำที่อยู่ในส่วนผสมจะระเหยออกไปทันที และทำให้แป้งพองตัว ถ้าอาหารนั้นอยู่ในสุญญากาศการพองตัวจะดีขึ้น

2.4.1.6 ข้าวที่พองตัวโดยใช้เตาอบ

ข้าวที่พองตัวโดยใช้เตาอบเป็นวิธีที่เหมาะสำหรับแป้งสุกผงที่ทำจากพืชหัวหรือพืชอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติคล้ายกัน แป้งที่ใช้ผลิตควรมีค่าการพองตัวของเม็ดแป้งมากกว่า 44 การใช้แป้งสุกจะช่วยให้ค่านี้สูงขึ้น โดยส่วนผสมมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 25 นำมาตัดเป็นแท่งหรือรูปกลมด้วยเครื่องอัดแรงสูง นำไปอบที่อุณหภูมิ 150 - 260 องศาเซลเซียส นาน 3 - 15 นาที

2.4.1.7 ข้าวที่พองตัวโดยการทอด

ข้าวพองในกลุ่มนี้เป็นที่รู้จักกันดี คือ ข้าวเกรียบต่างๆ โดยเมื่อส่วนผสมเข้าดี มีการจับตัวเป็นก้อนและอัดเป็นรูปร่างได้ นำไปนึ่งให้สุกลดความชื้นเหลือร้อยละ 8 ก่อนนำไปทอดให้พองตัวหรือเก็บไว้ทอดเมื่อต้องการรับประทาน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ข้าวที่พองตัวด้วยการทอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น ข้าวดังทอด ข้าวแต๋น ขนมนางเล็ด จากการศึกษาการพองของข้าวที่ทอดในน้ำมัน พบว่า ข้าวที่เหมาะสมควรเป็นข้าวสุกอบแห้ง ข้าวอะมิโลสต่ำและข้าวเหนียวจะมีการพองตัวได้ดีกว่าข้าวชนิดอื่นๆ (งามชื่น, 2546)

2.5 การอบแห้ง (สุคนธ์ชื่น, 2547)

การทำแห้ง (drying) คือการลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้คือ มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (water activity, aw) ต่ำกว่า 0.70 ทำให้เก็บอาหารไว้ได้นาน อาหารแห้งแต่ละชนิดจะมีความชื้นในระดับที่ปลอดภัยไม่เท่ากัน เช่น ผลไม้แช่อิ่มเก็บได้ที่ความชื้น 15 - 20 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าเป็นเมล็ดธัญพืชเก็บที่ความชื้นนี้จะเกิดราได้ การทำแห้งเป็นวิธีการถนอมอาหารที่มนุษย์คุ้นเคยมาแต่โบราณกาลเช่น ตากหญ้า ฟางข้าว เป็นอาหารสำหรับวัวควาย ตากเมล็ดพันธุ์พืชสำหรับฤดูกาลหน้า ตากเนื้อสัตว์ผักผลไม้และธัญชาติที่เหลือกินไว้เป็นอาหารเช่น เนื้อเค็ม ปลาเค็ม กล้วยตาก ข้าวเปลือก เป็นต้น การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เรียกว่าการตากแห้ง การใช้พลังงานความร้อนจากไฟฟ้า ก๊าซ หรือไอน้ำในเครื่องอบแห้งเรียกว่าการอบแห้ง จึงรวมเรียกทั้งสองอย่างว่า การทำแห้ง

2.5.1 หลักการอบแห้ง

2.5.1.1 การถ่ายเทความร้อนและมวลสาร

ในการทำแห้งจะต้องมีการให้พลังงานแก่อาหาร ทำให้น้ำในอาหารเปลี่ยนสถานะเป็นไอแล้วเคลื่อนย้ายออกจากอาหาร แสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนจากธรรมชาติและกระแสลมที่พัดผ่านอาหารทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำ เนื่องจากพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้อุณหภูมิไม่ได้สูงนักและกระแสลมธรรมชาติไม่สูงพอ ทำให้การตากแห้งต้องใช้เวลานาน ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเครื่องอบที่มีการให้พลังงานความร้อนในปริมาณที่ควบคุมได้และมีอุปกรณ์ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกจากผิวอาหาร การถ่ายเทความร้อนและมวลสารเกิดได้เร็วอาหารจึงแห้งได้เร็วขึ้น การถ่ายเทความร้อนและมวลสารระหว่างการอบแห้งทำได้หลายวิธีคือ

1.) การให้กระแสลมร้อนเคลื่อนที่ผ่านอาหาร กระแสลมร้อนทำหน้าที่ให้ความร้อนและเคลื่อนย้ายไอน้ำ การถ่ายเทความร้อนแบบนี้เป็นแบบการพาความร้อน (convection)

2.) การแผ่อาหารเป็นชั้นบางๆ บนพื้นผิวที่ให้ความร้อน อาหารได้รับความร้อนแบบการนำความร้อน (conduction) ทำให้ไอน้ำกระจายตัวออกไปสู่บรรยากาศเหนืออาหาร อาหารที่ร้อนจัดทำให้ไอน้ำกระจายตัวได้ดี อาหารจึงแห้งในเวลาสั้นๆ อาจจะมีระบบดูดอากาศออกจากผิวอาหารซึ่งทำให้สามารถลดความชื้นได้ต่ำลงอีกหรือไม่ต้องใช้อุณหภูมิอาหารที่สูงนัก

3.) การให้ความร้อนแก่อาหารในเครื่องอบด้วยการนำความร้อนหรือการแผ่รังสีร่วมกับการดูดอากาศที่มีไอน้ำออกไปควบแน่นข้างนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.) การปรับสภาพความดันและอุณหภูมิให้น้ำในอาหารเป็นของแข็งที่ระดับต่ำกว่าจุดร่วมสามสถานะ (triple point) แล้วให้พลังงานความร้อนหรือลดความดันลงอีกทำให้เกิดการระเหิด น้ำเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นไอโดยตรง วิธีการนี้เรียกว่าการทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็ง (freeze drying หรือ lyophilization) การทำแห้งอีกแบบหนึ่งที่ไม่เกี่ยวกับพลังงานความร้อนแต่เป็นการใช้ความดันออสโมติกลดปริมาณน้ำจากชิ้นอาหาร ได้แก่ การทำผลไม้แช่อิ่ม เมื่อแช่ชิ้นผลไม้ในน้ำเชื่อม น้ำในอาหารจะเคลื่อนย้ายออกมาที่น้ำเชื่อมข้างนอกและน้ำตาลเคลื่อนที่เข้าไปในชิ้นผลไม้จนความเข้มข้นของน้ำตาลภายในและภายนอกชิ้นผลไม้เท่ากัน แต่วิธีนี้ยังคงเหลือน้ำในชิ้นผลไม้อีกมากจึงนิยมนำไปทำแห้งต่อ

2.5.1.2 การเคลื่อนที่ของน้ำ

การเคลื่อนที่ของน้ำเมื่อได้รับพลังงานความร้อนจากภายในชิ้นอาหารออกมาที่ผิวมี 2 วิธี คือ

1.) การเคลื่อนที่ด้วยแรงผ่านช่องแคบ (capillary Force) เป็นการเคลื่อนที่ในอาหารที่มีเซลล์โปร่ง มีช่องว่างระหว่างเซลล์ต่อเนื่องกันเป็นทางแคบๆ เกิดแรงดันของน้ำขึ้นมาตามท่อ การเคลื่อนที่เกิดขึ้นได้สะดวกรวดเร็ว แต่จะหยุดเมื่อน้ำในทางแคบๆ นั้นขาดตอนลง

2.) การเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ (diffusion) ผ่านเซลล์ เป็นการเคลื่อนที่ในอาหารที่มีเนื้อแน่น ไม่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ที่ต่อเนื่องเป็นทางแคบๆ หรือเกิดในอาหารที่อบแห้งไประยะหนึ่งที่แรงผ่านช่องแคบไปหมดแล้ว น้ำจะต้องแพร่ผ่านเซลล์จึงเคลื่อนที่ได้ช้า เมื่อน้ำเคลื่อนที่มาที่ผิวอาหารแล้วจึงระเหยกลายเป็นไอ เคลื่อนย้ายออกไปกับกระแสลมหรือถูกดูดออกไปด้วยระบบสุญญากาศ

2.5.1.3 อัตราการทำแห้ง

ลักษณะการเคลื่อนย้ายของน้ำในอาหารมีผลต่ออัตราการทำแห้ง (การสูญเสียน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลา)ถ้าอาหารมีเนื้อโปร่งการเคลื่อนที่เป็นแบบการไหลผ่านช่องแคบ (capillary flow) น้ำเคลื่อนที่มาที่ผิวอาหารได้เร็วกว่าการระเหยกลายเป็นไอ จึงทำให้ผิวอาหารเปียกชุ่มด้วยน้ำ การระเหยของน้ำเกิดขึ้นอย่างอิสระด้วยอัตราเร็วคงที่จึงเรียกการทำแห้งช่วงนี้ว่า ช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ ต่อมาเมื่อการไหลผ่านช่องแคบหมดไป น้ำต้องเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ที่ช้าลงมากจนมาที่ผิวไม่เพียงพอผิวอาหารจึงแห้ง การระเหยเกิดขึ้นได้ช้าลง อัตราการทำแห้งจึงลดลง เรียกการทำแห้งช่วงนี้ว่า ช่วงอัตราการทำแห้งลดลง อาหารที่มีเนื้อแน่นน้ำเคลื่อนที่จากภายในชิ้นอาหารได้ช้าจึงมีเฉพาะช่วงอัตราการทำแห้งลดลง การทำแห้งจะสิ้นสุดลงเมื่อความชื้นของอากาศในเตาสมดุลกับความชื้นของอาหารหรือค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเท่ากับค่ากิจกรรมน้ำอิสระของอาหารคูณ100 และเรียกความชื้นของอาหารขณะนั้นว่า ความชื้นสมดุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ชนิดของเครื่องอบแห้ง (dryer)

เครื่องอบแห้งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการให้ความร้อน คือ

2.5.2.1 Adiabatic Dryer

Adiabatic Dryer เป็นเตาอบแห้งที่ให้ความร้อนโดยใช้กระแสลมร้อนเคลื่อนที่สัมผัสกับอาหารโดยอาหารอาจอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่ด้วย ได้แก่ tray dry, cabinet dryer, tunnel dryer, kiln dryer, spray dryer, flow current dryer และ air - lift dryer เป็นต้น

2.5.2.2 Solid Surface Transfer Dryer

Solid Surface Transfer Dryer เป็นเตาอบแห้งที่ให้อาหารสัมผัสกับแผ่นโลหะร้อน น้ำที่ระเหยกระจายออกไปที่บรรยากาศตามธรรมชาติหรือใช้ลมหมุนเวียนหรือใช้ระบบสุญญากาศ ได้แก่ drum dryer, vacuum shelf dryer, continuous vacuum dryer เป็นต้น

2.5.3 การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการอบแห้ง

การอบแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารมากหรือน้อยขึ้นกับธรรมชาติของอาหาร และสภาวะที่ใช้ในการอบแห้งดังนี้คือ

2.5.3.1 การหดตัว

การเสียน้ำทำให้เซลล์อาหารหดตัวจากผิวนอก ส่วนที่แข็งจะคงสภาพได้ส่วนที่อ่อนกว่าจะเว้าลงไป อาหารที่น้ำมากจะหดตัวบิดเบี้ยวมาก การทำแห้งอย่างรวดเร็วจะหดตัวน้อยกว่าการทำแห้งอย่างช้าๆ

2.5.3.2 การเปลี่ยนสี

อาหารที่ผ่านการทำแห้งมักมีสีเข้มขึ้นเนื่องจากความร้อนหรือปฏิกิริยาเคมีการเกิดสีน้ำตาล อุณหภูมิและช่วงเวลาที่อาหารมีความชื้นร้อยละ 10 - 20 มีผลต่อความเข้มของสีจึงควรหลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงในช่วงความชื้นนี้

2.5.3.3 การเกิดเปลือกแข็ง

การเกิดเปลือกแข็งเป็นลักษณะที่ผิวอาหารแข็งเป็นเปลือกหุ้มส่วนในที่ยังไม่แห้งไว้ เกิดจากในช่วงแรกให้น้ำระเหยเร็วเกินไป น้ำจากด้านในเคลื่อนที่มาที่ผิวไม่ทันหรือมีสารละลายของน้ำตาล โปรตีนเคลื่อนที่มาแข็งตัวที่ผิว สามารถหลีกเลี่ยงโดยไม่ใช้อุณหภูมิสูงและใช้อากาศที่มีความชื้นสูงเพื่อไม่ให้ผิวอาหารแห้งก่อนเวลาอันสมควร

2.5.3.4 การเสียความสามารถในการคืนสภาพ

อาหารแห้งบางชนิดต้องนำมาคืนสภาพ แต่การ คืนสภาพโดยการเติมน้ำจะไม่ได้เหมือนเดิม เพราะเซลล์อาหารเสียความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ สตาร์ชและโปรตีนเสียความสามารถในการดูดน้ำ อาหารที่ทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็งจะมีความสามารถในการคืนสภาพ ดีที่สุดเพราะไม่ได้ใช้ความร้อนที่จะทำลายผนังเซลล์หรือเปลี่ยนโครงสร้างของสตาร์ชและโปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3.5 การเสียคุณค่าอาหารและสารระเหย

การเสียคุณค่าอาหารและสารระเหยเกิดการเสื่อมสลายของวิตามินซีและแครอทีนจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไรโบฟลาวินจากแสง ไทอะมีนจากความร้อน ยิ่งใช้เวลาการทำแห้งนานการสูญเสียก็ยิ่งมาก โปรตีนมีการสูญเสียบางส่วนด้วยความร้อนเช่นเดียวกัน การสูญเสียสารระเหยเนื่องจากความร้อนทำให้กลิ่นของอาหารแห้งลดน้อยลงหรือแตกต่างไปจากเดิม

2.5.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง

การทำแห้งคือ การเคลื่อนย้ายน้ำออกจากอาหาร ปัจจัยใดๆ ที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายนี้จึงมีผลต่ออัตราเร็วการทำแห้ง ได้แก่

2.5.4.1 ธรรมชาติของอาหาร

อาหารเนื้อโปร่งมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบซึ่งเรียกว่าการแพร่ในอาหารเนื้อแน่ ดังนั้นอาหารเนื้อโปร่งจึงแห้งได้เร็วกว่าอาหารเนื้อแน่น อาหารที่มีน้ำตาลสูงจะเหนี่ยวเหนอะหนะกีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำจึงแห้งช้า อาหารที่มีการลวก นวดคลึง ทำให้เซลล์แตกจึงแห้งได้เร็วขึ้น

2.5.4.2 ขนาดและรูปร่าง

ขนาดและรูปร่างมีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักเช่น รูปร่างเหมือนกัน ขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งได้เร็วกว่า แต่ทั้งสองนี้ต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศที่จะเกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปได้ ถ้าชิ้นเล็กมากทับถมกันการระเหยเกิดได้เฉพาะที่ผิวสัมผัสกับอากาศจึงเกิดได้ช้าทั้งๆ ที่พื้นที่ต่อหน่วยน้ำหนักเบา

2.5.4.3 ตำแหน่งของอาหารในเตา

น้ำในอาหารที่สัมผัสกับลมร้อนได้ดีกว่า หรือสัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำย่อมระเหยได้ดีกว่า

2.5.4.4 ปริมาณอาหารต่อถาด

ถ้าปริมาณอาหารต่อถาดมากเกินไป อาหารส่วนล่างไม่ได้สัมผัสกับอากาศร้อนหรือได้ความร้อนจากถาดแล้วแต่ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนออกมาได้จึงแห้งช้า

2.5.4.5 ความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศร้อน

อากาศร้อนมีไอน้ำอยู่มาก จะรับไอน้ำเพิ่มได้น้อย จึงมีผลในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่

2.5.4.6 อุณหภูมิของอากาศร้อน

ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำจึงมีผลต่อการทำแห้งในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่และอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การแพร่กระจายของน้ำดีขึ้นจึงมีผลต่อการอบในช่วงอัตราการทำแห้งลดลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4.7 ความเร็วของลมร้อน

ลมร้อนทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปด้วย เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นจึงเคลื่อนย้ายได้ดีขึ้น การเคลื่อนย้ายเกิดขึ้นเต็มที่ที่ความเร็วลม 244 เมตรต่อนาที นอกจากนั้นความเร็วลมทำให้เกิดกระแสปั่นป่วนของอากาศในเตา อากาศจึงสัมผัสอาหารได้ดีขึ้น

2.5.5 การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการอบแห้ง

การอบแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารมากหรือน้อยขึ้นกับธรรมชาติของอาหารและสภาวะที่ใช้ในการอบแห้ง ดังนี้คือ

2.5.5.1 การหดตัว

การเสียน้ำทำให้เซลล์อาหารหดตัวจากผิวนอก ส่วนที่แข็งจะคงสภาพได้ส่วนที่อ่อนกว่าจะเว้าลงไป อาหารที่น้ำมากจะหดตัวบิดเบี้ยวมาก การทำแห้งอย่างรวดเร็วจะหดตัวน้อยกว่าการทำแห้งอย่างช้าๆ

2.5.5.2 การเปลี่ยนสี

อาหารที่ผ่านการทำแห้งมักมีสีเข้มขึ้นเนื่องจากความร้อนหรือปฏิกิริยาเคมีการเกิดสีน้ำตาลอุณหภูมิและช่วงเวลาที่อาหารมีความชื้นร้อยละ 10 - 20 มีผลต่อความเข้มของสีจึงควรหลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงในช่วงความชื้นนี้

2.5.5.3 การเกิดเปลือกแข็ง

เป็นลักษณะที่ผิวอาหารแข็งเป็นเปลือกหุ้มส่วนในที่ยังไม่แห้งไว้ เกิดจากในช่วงแรกให้น้ำระเหยเร็วเกินไป น้ำจากด้านในเคลื่อนที่มาที่ผิวไม่ทัน หรือมีสารละลายของน้ำตาล โปรตีนเคลื่อนที่มาแข็งตัวที่ผิว สามารถหลีกเลี่ยงโดยไม่ใช้อุณหภูมิสูงและใช้อากาศที่มีความชื้นสูงเพื่อไม่ให้ผิวอาหารแห้งก่อนเวลาอันสมควร

2.5.5.4 การเสียความสามารถในการคืนสภาพ

อาหารแห้งบางชนิดต้องนำมาคืนสภาพ แต่การคืนสภาพโดยการเติมน้ำจะไม่ได้เหมือนเดิม เพราะเซลล์อาหารเสียความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ สตาร์ชและโปรตีนเสียความสามารถในการดูดน้ำ อาหารที่ทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็งจะมีความสามารถในการคืนสภาพดีที่สุดเพราะไม่ได้ใช้ความร้อนที่จะทำลายผนังเซลล์หรือเปลี่ยนโครงสร้างของสตาร์ชและโปรตีน

2.5.5.5 การเสียคุณค่าอาหารและสารระเหย

เกิดการเสื่อมสลายของวิตามินซีและแครอทีนจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไรโบฟลาวินจากแสงไทอะมีนจากความร้อน ยิ่งใช้เวลาการทำแห้งนานการสูญเสียก็ยิ่งมาก โปรตีนมีการสูญเสียบางส่วนด้วยความร้อนเช่นเดียวกัน การสูญเสียสารระเหยเนื่องจากความร้อนทำให้กลิ่นของอาหารแห้งลดน้อยลงหรือแตกต่างไปจากเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6 การป้องกันการเกิดสีน้ำตาล

การเกิดสีน้ำตาลของอาหารแห้งเกิดได้จากเอนไซม์ จากปฏิกิริยาเคมี ในกรณีแรกป้องกันได้โดยการลวกทำลายเอนไซม์ ใช้เวลาและอุณหภูมิที่เพียงพอในการทำลายเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (peroxidase) หรือแคทาเลส (catalase) ซึ่งทดสอบโดยใช้สารละลาย guaiacol และไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) ตามลำดับ ส่วนในกรณีหลังป้องกันได้โดยใช้สารประกอบซัลเฟอร์ สารประกอบซัลเฟอร์ช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงสีของอาหารโดยทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ (reducing agent) ทำปฏิกิริยากับหมู่คาร์บอนิล (carbonyl group) ของโปรตีน โปรตีนจึงไม่สามารถรวมตัวกับน้ำตาลเกิดปฏิกิริยาต่อไปเป็นสารสีน้ำตาล นอกจากนั้นยังทำหน้าที่เป็นสารฟอกสีอีกด้วย สารประกอบซัลเฟอร์อาจได้จากการเผากำมะถันแต่จะควบคุมปริมาณยาก จึงนิยมใช้เป็นสารละลายโซเดียมหรือโพแทศเซียมซัลไฟต์หรือเมตาไบซัลไฟต์ ปริมาณการใช้ 2000 ppm เพียงพอในการป้องกันการเปลี่ยนแปลงสีระหว่างการทำแห้ง มีการสูญเสียระหว่างการทำแห้งและการประกอบอาหารจนเหลือประมาณ 50 - 100 ppm เมื่อบริโภค การใช้มากเกินไปจะทำให้สีซีดและมีกลิ่นซัลเฟอร์ ข้อเสียของสารประกอบซัลเฟอร์คือทำลายวิตามินบีและทำให้เกิดการแพ้ในบางคน

2.5.7 ประโยชน์ของการทำแห้ง

1.) ป้องกันการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาเคมีและเอนไซม์
2.) ทำให้มีใช้ในยามขาดแคลน นอกฤดูกาลหรือในแหล่งห่างไกล
3.) เก็บไว้ได้นานโดยไม่ต้องใช้ตู้เย็น
4.) ลดน้ำหนักอาหาร ทำให้สะดวกในการบรรจุ เก็บรักษาและขนส่ง
5.) ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น ลูกเกด จากการทำแห้งองุ่น
6.) ให้ความสะดวกในการใช้ เช่น กาแฟผงสำเร็จรูป

2.6 การทอด

การทอดเป็นกรรมวิธีที่ใช้เปลี่ยนแปลงคุณภาพการบริโภคของอาหารและถนอมรักษาอาหารโดยการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ เอนไซม์ และลดค่ากิจกรรมของน้ำอิสระที่ผิวอาหาร อายุการเก็บรักษาของอาหารทอดโดยส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำมันในขณะการเก็บรักษา ในระหว่างการทอดจะมีการระเหยน้ำออกจากชิ้นอาหารและมีการฟอร์มตัวของเม็ดแป้งทำให้เกิดเจลาติไนเซชั่น (gelatinizition) ภายในอาหารทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสและรสชาติเฉพาะ (วิไล, 2543)

2.6.1 วิธีการทอด

วิธีการทอดในอุตสาหกรรมอาหารมีด้วยกัน 2 วิธี ซึ่งจำแนกโดยวิธีการถ่ายเทความร้อน ได้แก่ การทอดแบบน้ำมันตื้น (shallow frying) และการทอดแบบน้ำมันท่วม (deep - fat frying)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1.1 การทอดแบบน้ำมันตื้น (shallow frying)

การทอดแบบน้ำมันตื้นเป็นการทอดชิ้นอาหารในกระทะที่มีปริมาณน้ำมันเพียงเล็กน้อย โดยมีระดับน้ำมันในกระทะประมาณ ½ - 1 นิ้ว น้ำมันจะไม่ท่วมอาหารทั้งชิ้น วิธีนี้เหมาะสำหรับอาหารที่มีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง เช่น เบคอน ไข่ เบอเกอร์ และพายชนิดต่างๆ ความร้อนจากผิวของกระทะร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านชั้นน้ำมันบางๆ ไปยังอาหาร ความหนาของชั้นน้ำมันแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความเสมอของผิวหน้าอาหาร ถ้าชั้นน้ำมันบางฟองไอน้ำเดือดจะทำให้อาหารเคลื่อนที่ขึ้นลงบนผิวร้อนของกระทะ การกระจายความร้อนจึงไปสม่ำเสมอ ทำให้ผิวหน้าของอาหารที่ทอดแบบน้ำมันตื้นมีสีน้ำตาลไม่สม่ำเสมอ

2.6.1.2 การทอดแบบน้ำมันท่วม (deep - fat frying)

การทอดแบบน้ำมันท่วมเป็นการทอดอาหารในน้ำมันที่มีปริมาณมากเพียงพอที่จะท่วมอาหารทั้งชิ้น การถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีนี้เป็นทั้งการพาความร้อนในน้ำมันร้อนและการนำความร้อนจากภายในอาหาร ผิวของอาหารทั้งหมดจะได้รับความร้อนใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดสีและลักษณะภายนอกที่สม่ำเสมอ การทอดแบบน้ำมันท่วมเหมาะสำหรับอาหารทุกรูปร่าง แต่อาหารที่มีรูปร่างที่ไม่แน่นอนจะอมน้ำมันมากกว่าอาหารที่มีรูปร่างแน่นอน การทอดแบบน้ำมันท่วมเป็นกระบวนการที่ทำให้อาหารสุกและมีความชื้นลดลงโดยการให้ชิ้นอาหารสัมผัสกับน้ำมันที่มีอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ถึง 200 องศาเซลเซียส จนกระทั่งจุดกึ่งกลางของชิ้นอาหารหรือจุดที่ร้อนช้าที่สุดมีอุณหภูมิสูงเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภคหรือนานเพียงพอที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะตามต้องการ (นิธิยาและไพโรจน์, 2547)

2.6.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของอาหารทอด

ในระหว่างการทอด มีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในอาหารดังนี้

1.) เกิดการระเหยของน้ำในอาหาร

2.) ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงระดับที่ต้องการและมีการฟอร์มตัวของเม็ดแป้งเกิดเจลาติไนเซชั่น (gelatinization) ภายในชิ้นอาหารจนกระทั่งอาหารสุกและมีความกรอบ

3.) การที่อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีน้ำตาล

4.) มีการดูดซึมน้ำมันเข้าไปในผลิตภัณฑ์

5.) เกิดการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของอาหารขณะกำลังทอด ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการลอยหรือจมของชิ้นอาหารในการทอด

2.6.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอาหารในกระบวนการทอด (จริญญา, 2541)

การทอดเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน มีตัวแปรมากมายที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของการทอด โดยแบ่งพิจารณาเป็น 3 ส่วน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3.1 กระบวนการทอด

กระบวนการทอด ได้แก่ อุณหภูมิของการทอด เวลาที่ใช้ทอด วิธีการทอดแบบน้ำมันตื้นหรือการทอดแบบน้ำมันท่วม และรูปแบบการทอด การเลือกอุณหภูมิที่ใช้สำหรับทอดอาจพิจารณาจากข้อกำหนดลักษณะและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของผู้บริโภค การทอดที่ใช้อุณหภูมิสูงจะลดเวลาการทอดให้สั้นลงและทำให้อัตราการทอดเร็วขึ้น

2.6.3.2 น้ำมันที่ใช้ทอด

น้ำมันที่ใช้ทอด ได้แก่ คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมัน สารปนเปื้อนและองค์ประกอบในน้ำมัน การทอดที่อุณหภูมิสูงจะเป็นตัวเร่งให้น้ำมันเสื่อมคุณภาพเร็วเนื่องจากเกิดกรดไขมันอิสระมากขึ้น และยังทำให้กลิ่นและความหนืดของน้ำมันเปลี่ยนไป

2.6.3.3 อาหาร

อาหาร ได้แก่ องค์ประกอบอาหาร สมบัติทางกายภาพและเคมีของอาหาร การเตรียมชิ้นอาหารก่อนการทอด เช่น รูปทรงของอาหาร ความหนาของชิ้นอาหาร การลวกชิ้นอาหาร การลดความชื้นของชิ้นอาหารก่อนทอด การชุบในแป้งชุบทอด สัดส่วนของน้ำหนักอาหารต่อปริมาตรของน้ำมันและสัดส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของอาหาร ซึ่งมีผลต่อปริมาตรน้ำมันที่ถูกดูดซับเข้าไปในอาหาร

2.6.4 ผลกระทบของความร้อนในอาหารทอด

2.6.4.1 ผลกระทบของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำมัน

การให้ความร้อนแก่น้ำมันที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน ในขณะที่ความชื้นและออกซิเจนออกมาจากอาหารระหว่างนั้นทำให้น้ำมันเกิดการออกซิเดชัน และเกิดสารระเหยประเภทคาร์บอนิล กรดไฮดรอซี กรดคีโต และกรดอีพอกซีทำให้อาหารมีกลิ่นผิดปกติ น้ำมันมีสีคล้ำและมีกลิ่นเหม็น การเกิดโพลิเมอไรเซชันของโมเลกุลน้ำมัน ในภาวะที่ไม่มีออกซิเจนจะทำให้เกิดสารประกอบที่มีวงแหวนและพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะทำให้น้ำมันมีความหนืดเพิ่มขึ้นลดสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวระหว่างทอดและเพิ่มปริมาณน้ำมันให้เหลืออยู่ในอาหารที่ทอดมากขึ้น สารประกอบที่เกิดจากการสลายตัวของน้ำมันอาจเป็นพิษต่อร่างกายและทำให้มีคุณค่าทางโภชนาการลดลง เกิดออกซิเดชันของวิตามินที่ละลายได้ในไขมันทั้งวิตามินเอ แคโรทีนอยด์ และวิตามินอี และวิตามินยังถูกทำลายได้ด้วยความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่วนกรดไขมันจำเป็น เช่น กรดลิโนเลอิกก็จะสูญเสียพันธะคู่เช่นเดียวกัน ทำให้อัตราส่วนของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเปลี่ยนไป

2.6.4.2 ผลกระทบของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงอาหาร

วัตถุประสงค์ของการทอดเพื่อให้อาหารมีสี กลิ่น รสชาติและความกรอบ ดังนั้นคุณภาพการบริโภคจะเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard browning) และสารประกอบที่ระเหยได้ที่อาหารดูดซับจากน้ำมัน ปัจจัยหลักที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลง ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.) ชนิดของน้ำมันที่ใช้ทอด

2.) อายุและความทนต่อความร้อนของน้ำมัน

3.) อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ทอด

4.) การจัดการภายหลังการทอด (post - frying treatment)

ปัจจัยต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นยังมีผลต่อการดูดซับน้ำมันของอาหาร ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตที่เป็นพอลิเมอร์ เช่นเดียวกับการอบ หานชกน้ำมันร้อนจัดจะเกิดการแข็งตัวของผิวนอกอย่างรวดเร็วปิดผิวนอกของอาหาร ลดการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นภายในชิ้นอาหาร การทอดทำให้อาหารมีปริมาณน้ำลดน้อยลง ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น และจะสูญเสียสารอาหารระหว่างการเก็บรักษาโดยเฉพาะวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน ส่วนการสูญเสียโปรตีนจะเกิดขึ้นเมื่อผิวนอกกรอบและเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาล และมีปริมาณไขมันในอาหารเพิ่มมากขึ้นจากการดูดซับน้ำมันที่ใช้ทอดไว้ในอาหาร

2.7 สารที่ช่วยในการเกาะตัวในขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง

2.7.1 กลูโคสไซรัป

กลูโคสไซรัปหรือแบะแซ คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยแป้งข้าวโพดหรือแป้งมันสำปะหลังด้วยกรดหรือเอมไซม์ ทำให้บริสุทธิ์และเข้มข้นขึ้น ประกอบด้วยดี - กลูโคส มอลโทส และโพลิเมอร์ของดี - กลูโคสในสัดส่วนที่ต่างกัน คุณสมบัติของแบะแซ กำหนดด้วยค่าสมมูลเดกโทรส (dextrose equivaent หรือ DE) หมายถึงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ โดยคำนวณในรูป D(+)-glucose ของปริมาณน้ำหนักแห้งทั้งหมด แบะแซที่ผลิตจำหน่ายมีทั้งลักษณะที่เป็นกึ่งแข็งกึ่งเหลวข้นหนืดและแบบผง โดยต้องมีค่า DE ไม่ต่ำกว่า 20 โดยองค์ประกอบของแบะแซที่ผลิตได้ในประเทศไทย แสดงในตารางที่ 2.11 แบะแซที่มีค่า DE ต่ำ จะมีความหนืดสูง มีความหวานต่ำช่วยป้องกันการตกผลึกได้ดี มีการดูดซับน้ำต่ำช่วยให้มีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน ทนต่อการแตกหักได้ดี การละลายน้ำของแบะแซจะละลายได้ดีเมื่อค่า DE สูงและลดไปตามค่า DE ซึ่งแบะแซที่มีค่า DE สูงจะมีความหวานเพิ่มขึ้นแต่ความหนืดจะลดลง การควบคุมการตกผลึกก็จะลดลงและดูดความชื้นได้สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 องค์ประกอบของกลูโคสไซรัปที่ผลิตในประเทศไทย

องค์ประกอบ	กลูโคสไซรัป
ของแข็ง (ร้อยละ)	89.03
ค่าสมมูลเดกโทรส	40.24
ค่าความเป็นกรดด่าง	4.60
เด็กซ์โตรส (ร้อยละ)	6.91
มอลโทส (ร้อยละ)	48.01

ที่มา: จริยา (2542)

กลูโคสไซรัปหรือแบะแซจะช่วยป้องกันและรักษาความชื้นของผลิตภัณฑ์ ให้ลักษณะการรวมตัวกัน ควบคุมระดับความหวานควบคุมการตกผลึกของซูโครสและเดกซ์โทรส เป็นต้น คุณสมบัติในการป้องกันการตกผลึกของน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์เป็นผลจากน้ำตาลในผลิตภัณฑ์จะอยู่ในรูปอสัณฐาน (amorphous) ซึ่งเป็นของแข็งที่มีการจัดเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ การเย็นตัวอย่างรวดเร็วของน้ำตาลทำให้น้ำตาลเกิดการแข็งตัวก่อนที่จะเคลื่อนที่มาเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบและเกิดเป็นผลึกน้ำตาลในรูปอสัณฐานจะมีลักษณะใสกรอบหรือเหนียวนุ่มและหากเกิดการตกผลึกน้ำตาลจะมีลักษณะขุ่น เนื้อสัมผัสจะร่วน คุณลักษณะทั่วไปของแบะแซ ต้องมีลักษณะเป็นของเหลวข้น มีรสหวาน ไม่มีสีหรือสีเหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่นหมัก ปราศจากราที่มองเห็นได้ ไม่มีตะกอนหรือสิ่งสกปรกอื่นใด ปราศจากสารที่ให้ความหวานแทนน้ำตาลรวมทั้งกลิ่นและรสเทียม

2.7.2 สารมอลโตเด็กซ์ตริน (maltodextrin)

สารมอลโตเด็กซ์ตริน คือ คาร์โบไฮเดรตประเภทโพลีแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยโมเลกุลของสตาร์ชบางส่วนให้เป็นสายสั้นๆ ของน้ำตาลกลูโคสมีลักษณะเป็นผงหรือเกล็ดสีขาว ไม่มีรสหรือมีความหวานเล็กน้อยขึ้นอยู่กับค่าสมมูลเดกซ์โทรส (dextrose equivalent หรือDE) โดยค่า DE ของมอลโตเด็กซ์ตรินต่ำกว่า 20 มีความชื้นประมาณร้อยละ 3 - 5 มีความหนาแน่นรวม (bulk density) อยู่ในช่วง 0.31 - 0.61 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สามารถใช้มอลโตเด็กซ์ตรินได้ในปริมาณที่เหมาะสมกับชนิดอาหารและหน้าที่ของมอลโตเด็กซ์ตรินในอาหารนั้นๆ มอลโตเด็กซ์ตรินสามารถละลายได้ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง สารละลายที่ได้อาจใสหรือขุ่นขึ้นอยู่กับชนิดของมอลโตเด็กซ์ตรินที่นำมาใช้สารละลายที่ได้มีคุณสมบัติทางด้านความเป็นเนื้อ (body) และมีความหนืดที่สม่ำเสมอ เนื้อสัมผัสเรียบเนียน มีความสามารถในการดูดความชื้นต่ำ (low hygroscopicity) โดยเฉพาะพวกที่มีค่า DE ต่ำๆ มีจุดเยือกแข็งคงที่และสามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้เป็นอย่างดี ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เกิดสีน้ำตาลน้อยลงมาก นอกจากนั้นยังสามารถละลายได้ในอาหารที่เป็นของเหลว เช่น ซุป นม น้ำผลไม้ เป็นต้น โดยอาจเติมในลักษณะที่เป็นผงโดยตรงหรือนำมาละลายในน้ำก่อน ส่วนความสามารถในการละลายก็จะเพิ่มตามค่าสมมูลเดกซ์โทรสเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 บรรจุภัณฑ์อาหาร

หน้าที่สำคัญของบรรจุภัณฑ์ต่อผลิตภัณฑ์อาหารแบ่งเป็น 2 ประเด็น คือ

1.) หน้าที่หลักของบรรจุภัณฑ์

ภาชนะบรรจุจะต้องสามารถบรรจุห่อหุ้มและจะต้องช่วยถนอมอาหารได้ตั้งแต่การผลิตจนถึงการบริโภค ทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัส คุณภาพทางโภชนาการและความสะอาดปลอดภัย ภาชนะบรรจุจะต้องสามารถป้องกันผลิตภัณฑ์จากปัจจัยภายนอกที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ปัจจัยภายนอกจะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะการเสื่อมเสียและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ ได้แก่ ก๊าซออกซิเจน ไอน้ำ แสง ความร้อน จุลินทรีย์และแรงกระทำจากภายนอก

2.) หน้าที่รองของบรรจุภัณฑ์

มีความสำคัญมากสำหรับอาหารชนิดหนึ่งแต่อาจไม่สำคัญกับอาหารอีกชนิดหนึ่งเลย ภาชนะบรรจุภัณฑ์จึงไม่จำเป็นต้องทำหน้าที่รองครบสมบูรณ์ หน้าที่รองจะแตกต่างกันไปตามชนิดของผลิตภัณฑ์ หน้าที่รองที่สำคัญ คือ ดึงดูดใจผู้บริโภค หน้าที่รองที่สำคัญสำหรับบางผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ถูกกวาด เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ในทางการตลาดของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะให้ความสำคัญต่อหน้าที่รองมากเพื่อเป็นการจูงใจผู้บริโภคให้ตัดสินใจซื้อสินค้า (งามทิพย์, 2550)

2.8.1 การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์

การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์อาหารต้องคำนึงถึงความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุสำหรับอาหารประเภททอดหรืออบกรอบนั้น บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ต้องมีสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีเพื่อป้องกันความชื้นซึ่งทำให้สินค้าไม่กรอบและเลือกใช้ฟิล์มที่มีสมบัติป้องกันการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนเพื่อป้องกันไม่ให้ออกซิเจนเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับน้ำมันในอาหารซึ่งจะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีสมบัติด้านการป้องกันการซึมผ่านได้ดีจะสามารถช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารแต่ผู้ประกอบการสินค้าอาหารทอดหรืออบกรอบส่วนใหญ่ไม่ให้ ความสำคัญจึงเป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมสภาพก่อนเวลาอันควร

ฟิล์มพลาสติกที่นิยมใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ ประเภทถุงหรือซองสำหรับอาหารหรือขนมขบเคี้ยวส่วนใหญ่จะผลิตจากฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ประกบกันหลายชั้นอาจมีวัสดุอื่น เช่น กระดาษหรืออลูมิเนียมฟอยล์มาประกบด้วยเพื่อเพิ่มหรือทำให้สมบัติต่างๆ ดีขึ้นทั้งในด้านความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของแก๊สและไอน้ำ ความแข็งแรงและความสามารถในการปิดผนึก โดยฟิล์มพลาสติกแต่ละชนิดที่นำมาประกบกันนี้มีสมบัติและหน้าที่แตกต่างกัน (ธวัช, 2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 อะลูมิเนียมฟอยล์ (aluminum foil)

อะลูมิเนียมฟอยล์มีคุณสมบัติสำหรับการผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ดีที่สุดถ้าเทียบกับฟิล์มพลาสติกชนิดอื่นๆ แต่ก็มีราคาแพงที่สุดเช่นกัน โดยอลูมิเนียมฟอยล์มีคุณสมบัติในการป้องกันได้ทั้งก๊าซต่างๆ กันการซึมผ่านของก๊าซ น้ำ กลิ่น น้ำมัน และแสงได้อย่างดีทำให้สามารถปกป้องและถนอมผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ภายในได้ยาวนานกว่าฟิล์มชนิดอื่นๆ อลูมิเนียมฟอยล์ใช้ได้กับบรรจุภัณฑ์อาหาร ยา ฯลฯ ทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลวอีกทั้งสามารถเคลือบผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติในการกัดกร่อนสูง (ยุทธนา, 2554)

2.8.3 ระบบการบรรจุ (packaging system)

ระบบการบรรจุที่ใช้โดยทั่วไปมี 2 ระบบ คือระบบสุญญากาศ - พ่นก๊าซ (vacuum - reinjection system) และระบบพ่นก๊าซแทนที่อากาศ (gas purging หรือ gas flushing system) โดยระบบสุญญากาศ - พ่นก๊าซ เป็นระบบที่กำจัดอากาศภายในภาชนะออกแล้วพ่นก๊าซที่ต้องการเข้าไปปิดผนึกให้เรียบร้อย ระบบนี้พบว่าจะมีออกซิเจนเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 0.5 - 1 สำหรับระบบพ่นก๊าซแทนที่อากาศ จะเป็นการพ่นก๊าซที่ต้องการเข้าไปในภาชนะบรรจุเป็นเวลานานพอควรจนก๊าซเข้าไปแทนที่อากาศในภาชนะแล้วจึงปิดผนึก วิธีนี้พบว่ามีออกซิเจนเหลืออยู่ค่อนข้างสูงประมาณร้อยละ 2 - 3 ในบางกรณีอาจสูงถึงร้อยละ 5 สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารว่างซึ่งมีปริมาณความชื้นต่ำการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ไม่ใช่ปัญหาสำคัญ (Roos, 2001) แต่มักจะประสบปัญหาการเสื่อมเสียจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนั้นผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จึงควรบรรจุให้อยู่ภายใต้สภาพไร้ออกซิเจน ซึ่งทำได้ 3 วิธี ดังนี้ (Kilcast และSubarmaniam, 2000)

1.) การบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศ เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่คงรูป เนื้อสัมผัสไม่มีรูพรุนและไม่มีมุมแหลม บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ควรสามารถป้องกันการซึมผ่านของอากาศได้ดี

2.) การบรรจุโดยดัดแปลงสภาวะบรรยากาศ (modified atmosphere packaging, MAP) โดยบรรจุภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจนเพียงชนิดเดียว เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่คงรูปกรอบ แตกหักง่าย เช่น มันฝรั่งทอด ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะพอง

3.) การใช้สารดูดออกซิเจน โดยสามารถลดปริมาณก๊าซออกซิเจนในภาชนะให้เหลือต่ำกว่าร้อยละ 0.5 และสามารถรักษาความเข้มข้นนี้ได้ตลอดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ วัสดุบรรจุที่ใช้ต้องสามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี ซึ่งออกซิเจนเป็นปัจจัยสำคัญในการเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และการใช้ตัวดูดออกซิเจนสามารถช่วยรักษาคุณภาพอาหารและทำให้เก็บรักษาได้นานขึ้น

2.8.4 การบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวมีปริมาณความชื้นต่ำร้อยละ 1 - 5 และค่ากิจกรรมของน้ำอิสระน้อยกว่า 0.6 การเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจึงเกิดจากการปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่าจุลินทรีย์ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันมาก เช่น มันฝรั่งทอด ถั่วชนิดต่างๆ เป็นต้น ทำให้เหม็นหืนและวิตามินต่างๆ ถูกออกซิไดส์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพลดลง

2.8.4.1 การเกิดออกซิเดชัน

การเกิดออกซิเดชันขององค์ประกอบในอาหารเป็นปฏิกิริยาที่มีความสำคัญต่อการเสื่อมเสียคุณภาพอาหารมาก โดยกลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่สำคัญ คือ กลไกอนุมูลอิสระแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1.) กรดไขมันอิสระ (free fatty acid) จะทำปฏิกิริยาแตกตัวให้อนุมูลอิสระกรดไขมัน โดยมีตัวเร่งได้แก่ ความร้อน แสง และอนุมูลโลหะ เป็นต้น

2.) อนุมูลอิสระกรดไขมันจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเป็นอนุมูลอิสระเปอร์ออกไซด์ และสามารถทำปฏิกิริยากับกรดไขมันตัวอื่นได้อีกแล้วได้สารไฮโดรเปอร์ออกไซด์และอนุมูลอิสระตัวใหม่ โดยไฮโดรเปอร์ออกไซด์ยังอาจสลายตัวและให้อนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอีก การที่อนุมูลอิสระของกรดไขมันสามารถทำปฏิกิริยากับกรดไขมันและให้อนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นได้อีกเรียกปฏิกิริยานี้ว่า ออโตออกซิเดชัน (autoxidation) สารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ยังสามารถทำปฏิกิริยาได้อีกและให้สารประกอบที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติหรือการเสื่อมเสียอื่นๆ ต่อคุณภาพอาหาร

3.) อนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากันเองโดยเป็นโมเลกุลที่เสถียร

2.8.4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน

1.) องค์ประกอบของไขมัน กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะถูกออกซิไดซ์ง่ายกว่ากรดไขมันอิ่มตัว อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อจำนวนพันธะคู่ของคาร์บอนในกรดไขมันมีมากขึ้น

2.) เอนไซม์ เอนไซม์สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ได้แก่ ไลเปสและไลพอกซิจิเนส โดยถั่วและธัญชาติชนิดต่างๆ จะมีไลพอกซิจิเนสทำให้เหม็นหืนง่าย แต่สามารถทำลายเอนไซม์โดยผ่านกระบวนการให้ความร้อนก่อนการเก็บรักษา

3.) ค่ากิจกรรมของน้ำ ปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันจะเกิดช้าลงเมื่อค่ากิจกรรมของน้ำเพิ่มขึ้นและอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะต่ำสุดที่ค่ากิจกรรมของน้ำประมาณ 0.3 - 0.4 ถ้าหากค่ากิจกรรมของน้ำเพิ่มขึ้นต่อไปอีก อัตราการเกิดออกซิเดชันก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งโดยทั่วไปขนมขบเคี้ยวมีค่ากิจกรรมของน้ำอยู่ในช่วง 0.35 - 0.50 และค่ากิจกรรมของน้ำมีผลต่อความกรอบของขนมขบเคี้ยวและการทำให้ผิดรูป โดยที่ค่ากิจกรรมของน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลต่อความกรอบและต้องใช้แรงในการทำให้ผิดรูปสูงขึ้น (Roopa และคณะ, 2006)

4.) อุณหภูมิ อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะแปรผันตามอุณหภูมิที่เก็บ โดยการเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงจะเสื่อมคุณภาพเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้เร็วกว่าการเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.) ปริมาณออกซิเจน อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณออกซิเจนในไขมันสูงขึ้น โดยออกซิเจนสามารถละลายได้ดีในไขมัน

6.) แสง แสงจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดี

7.) โลหะ อนุมูลโลหะที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ เครื่องจักรในกระบวนการผลิตและภาชนะบรรจุเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันไขมัน ได้แก่ เหล็ก ทองแดง แมงกานีส นิเกิลและโคบอลท์

2.8.4.3 ผลของการปฏิกิริยาออกซิเดชัน

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ทำให้สี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสเกิดการเปลี่ยนแปลง สูญเสียคุณค่าทางอาหาร และสารบางชนิดยังก่อให้เกิดความเป็นพิษในร่างกาย (Kochhar, 1996) การเกิดโพลีเมอร์ไรเซชัน (polymerization) ของไขมัน ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของอนุมูลไขมันทำให้สีและความหนืดของไขมันเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ปฏิกิริยาออกซิเดชันยังช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดด้วย เนื่องจากมีสารประกอบคาร์บอนิลเพิ่มขึ้น จึงทำให้เกิดปฏิกิริยากับโปรตีนในอาหาร (Alais และLiden, 1991) ในขณะเดียวกันการหืนจากสารประกอบคาร์บอนิล ซึ่งทำให้เกิดกลิ่น สี และอาจเกิดสารเชิงซ้อนกับโปรตีน ยังส่งผลให้คุณค่าทางอาหารลดลง (Frankel, 1996)

2.8.4.4 การป้องกันการเกิดออกซิเดชันในอาหาร

1.) การรักษาสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติของอาหารไว้ให้ได้มากที่สุดในระหว่างการแปรรูปอาหาร

2.) การใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษา (Pokorny, 2003)

3.) การเก็บรักษาอาหารในภาชนะที่เหมาะสม โดยวัสดุที่ใช้ต้องสามารถป้องกันการถ่ายเทของอากาศ หรืออาจมีการใช้สภาวะสุญญากาศ (Chu และHwang, 2002)

4.) การป้องกันการปนเปื้อนของสารที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น โลหะบางชนิด

5.) การใช้สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants)

2.8.4.5 การตรวจวัดการเกิดการหืน

1.) การทดสอบกรดไทโอบาร์บิทูริก (thaiobarbituric acid, TBA test)

เป็นการตรวจวัดดารเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน การทดสอบจะสัมพันธ์กับระดับแอลดีไฮด์ที่มีในผลิตภัณฑ์คล้ายกับการวัดค่าอะนิซีดีน แต่กรดไทโอบาร์บิทูริกจะทำปฏิกิริยาเฉพาะกับมาโลนาลดีไฮด์ ให้สีแดง อย่างไรก็ตามแอลดีไฮด์ตัวอื่นก็มีความเป็นไปได้ในการทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทูริกและให้สีแดงเช่นเดียวกัน (อรุณศรี และคณะ, 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) การวัดค่าอะนิซีดิน (anisidine value, AV)

เป็นการวัดผลิตภัณฑ์ทุติยภูมิที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเช่นเดียวกับการวัดค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก แต่อะนิซีดีนจะวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในน้ำมันในผลิตภัณฑ์ในรูปของแอลฟาและเบต้า-แอลดีไฮด์ คือ 2-แอลคีแนล และ 2,4-แอลคาไดอีแนล (Kristott, 2000)

3.) การวัดค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value, PV)

การวัดค่าเปอร์ออกไซด์เป็นการวัดการหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากปริมาณสารเปอร์ออกไซด์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาของออกซิเจน ณ ตำแหน่งพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว รวมถึงสารที่สร้างจากอนุมูลอิสระของกรดไขมันด้วย (Che Man และ Jaswir, 2000) ซึ่งสารใหม่ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทอด ได้แก่ ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ อีพอกไซด์ ไฮดรอกไซด์และคีโตน เป็นต้น ทั้งนี้ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลาเมื่อน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ในขณะเดียวกันความร้อนและแสงก็มีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เช่นกัน (Innawong และคณะ, 2004)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไพบูลย์ และคณะ (2545) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการพองตัวของข้าวโดยใช้วิธีการทอด พบว่า ข้าวสารที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ ปริมาณความชื้นร้อยละ 12 และอุณหภูมิที่ใช้ในการทอด 200 องศาเซลเซียส มีอัตราการพองตัวสูงสุดประมาณ 5.35 เท่า การที่อัตราการพองตัวสูงจะมีผลต่อค่าความกรอบเพิ่มขึ้นและข้าวพองจะมีความขาวมากขึ้น

กมลทิพย์ (2546) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณลักษณะของปริมาณอะมิโลส อุณหภูมิและเวลาของแผ่นแป้งข้าวเจ้าทอด โดยทดลองใช้แป้งข้าวเจ้ากับสตาร์ชข้าวเจ้าหรือสตาร์ชข้าวเหนียว เพื่อให้ได้ปริมาณอะมิโลสในแป้งเป็นร้อยละ 25, 30 และ 35 แล้วนำไปผสมกับน้ำเพื่อให้ได้ความหนืดที่เหมาะสมแล้วนำไปทอดที่อุณหภูมิ 170 และ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2, 3 และ 4 นาที พบว่าปริมาณอะมิโลสมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ เมื่อปริมาณอะมิโลสในแป้งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความชื้นการดูดซับน้ำมันและการพองตัวของแผ่นแป้งข้าวทอดมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ความกรอบร่วนและการเป็นสีเหลืองของแผ่นแป้งข้าวทอดมีแนวโน้มมากขึ้น

วรรภา (2547) ศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดแท่งจากคัพภะข้าวโพดโดยมีส่วนผสมของสารยึดเกาะที่เหมาะสมดังนี้ น้ำตาลปี๊บ กะทิ แบะแซ และเกลือ ปริมาณร้อยละ 45, 45, 9 และ 1 ตามลำดับ บรรจุผลิตภัณฑ์ที่ได้ในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต พลาสติก 2 ชนิด คือ พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene terephthalate) หนา 12 ไมโครเมตรและเมทัลไลซ์พอลิโพรพิลีน (Metalize polypropelene) หนา 25 ไมโครเมตรโดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและเก็บที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีอายุการเก็บรักษา 35 วัน ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่สภาวะเร่งอุณหภูมิ 35 และ 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาเซลเซียสมีอายุการเก็บรักษา 26 และ 14 วัน สาเหตุที่ผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดแท่งจากคัพภะข้าวโพดมีอายุการเก็บที่สั้นเป็นผลเนื่องมาจากส่วนประกอบที่เป็นกะทิและน้ำตาลสูงจึงมีผลต่อกลิ่นและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เมื่อทำการเก็บรักษาไว้ผู้บริโภคไม่ยอมรับกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์

ศิริธร (2547) ศึกษาวิธีการอบแห้งข้าวเหนียวที่เหมาะสมเพื่อผลิตข้าวพองปรุงรส โดยใช้ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ทำการวิเคราะห์ทางเคมี กายภาพและประสาทสัมผัส พบว่าข้าวพองจากข้าวเหนียวอบแห้งโดยวิธีการอบแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 60 และ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้น 14.24 8.75 และ 7.33 ตามลำดับ และค่า A_w 0.695 0.571 และ 0.404 ตามลำดับ ข้าวพองจากข้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในด้านประสาทสัมผัสพบว่าข้าวพองปรุงรสที่ผลิตจากข้าวเหนียวอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง ได้รับการยอมรับมากที่สุด ซึ่งข้าวพองปรุงราที่ได้มีลักษณะเหลืองปนขาวเล็กน้อย มีกลิ่นหืนต่ำ มีความกรอบปานกลางถึงกรอบมาก

น้ำทิพย์ (2548) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวกล้องหอมมะลิชนิดแท่งผสมเนยถั่วลิสง โดยมีกรรมวิธีผลิตคือ เคี่ยวส่วนผสมของน้ำ น้ำผึ้ง กลูโคสไซรัปถึงอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 นาที แล้วเติมส่วนผสมที่เป็นของแห้งประกอบด้วยข้าวพองจากข้าวกล้องหอมมะลิ งาขาวคั่ว เมล็ดดอกทานตะวัน กล้วยตาก ลูกเกดดำ นมผงไขมันต่ำ วานิลลาผงและเนยถั่วลิสงผสมให้เข้ากัน เคลี่ยส่วนผสมใส่ถาดอบที่ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที บรรจุในถุงฟอยด์ลามิเนต พบว่ามีค่าทางความแข็งเท่ากับ 6.9 นิวตัน มีค่ากิจกรรมของน้ำอิสระเท่ากับ 0.42 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องสามารถเก็บได้นาน 8 สัปดาห์ โดยไม่มีการเสื่อมเสียคุณภาพทางกายภาพ เคมี ประสาทสัมผัส และทางจุลินทรีย์

วุฒิชัย และคณะ (2548) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าชนิดแท่งแบบเหนียวนุ่มจากข้าวพอง โดยใช้ข้าวเปลือกจากข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 มาแช่ในน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 2 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำมาปรับความชื้นของข้าวเปลือกให้ได้เป็นร้อยละ 15 ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาพองตัวในหม้อเทฟลอนด้วยการให้ความร้อน ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าชนิดแท่งแบบเหนียวนุ่มแบ่งออกเป็น 2 สูตร มีการผลิตที่เหมือนกันสัดส่วนของข้าวพองเท่ากัน แตกต่างกันที่สัดส่วนของเมล็ดฟักทองและลูกพรุน สูตรที่ 1 ใช้เมล็ดฟักทองร้อยละ 14 โดยไม่มีลูกพรุนและสูตรที่ 2 ใช้เมล็ดฟักทองร้อยละ 7 และลูกพรุนร้อยละ 7 เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า สูตรที่ 2 ได้รับการยอมรับมากที่สุด

กาญจนา และคณะ (2550) ศึกษาสภาวะในการอบข้าวแต๋นเพื่อลดการใช้พลังงาน โดยศึกษาอุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เวลาในการอบ 6, 4 และ 2 ชั่วโมง พบว่า สภาวะการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมงเมื่อนำไปทอดที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะการอบที่สามารถลดการใช้พลังงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปาริสุทธิ์ (2550) ศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งข้าวเพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้อง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์โดยอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง จากนั้นนำข้าวกล้องที่อบแห้งแล้วมาทอดที่อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วินาที พบว่าระยะเวลาในการอบแห้งที่ 2 ชั่วโมง ให้อัตราการพองตัวสูงสุด

วัชรี และคณะ (2551) ศึกษาชนิดของสารช่วยยึดเกาะในการอัดแท่งข้าวพอง ก่อนการนำข้าวพองมาอัดเป็นแท่งหรือแผ่นต้องใช้สารช่วยในการยึดเกาะ เพื่อให้ตัวข้าวพองจับเข้ารูปกันได้ โดยทำการศึกษาสาร 2 ชนิด คือ สารเด็กซ์ตริน (dextrin) และกลูโคสไซรับ (glucose syrup) ในอัตราส่วน 20 25 และ 30 กรัมต่อข้าวพอง 100 กรัม แล้วนำไปอัดแท่งหรือแผ่น พบว่าการใช้สารเด็กซ์ตริน ทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปได้ดีและสามารถตัดเป็นชิ้นได้ เนื้อสัมผัสของตัวข้าวพองยังคงความกรอบ ส่วนการใช้กลูโคสไซรับ (แบะแซ) พบว่า เมื่ออัดเป็นแผ่นหรือแท่งแล้วตัวผลิตภัณฑ์จะแข็งมากและติดกันแน่นเกินไป ไม่สามารถตัดเป็นชิ้นได้ เนื้อสัมผัสของตัวข้าวพองมีความเหนียว ดังนั้นสารช่วยยึดเกาะที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการอัดแท่งข้าวพอง คือ สารเด็กซ์ตริน

ภารวี และคณะ (2558) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากกากถั่วดาวอินคาโดยแปรอัตราส่วนระหว่างเกล็ดข้าวโอ๊ตและกากถั่วดาวอินคาที่ผ่านการสกัดน้ำมันเป็น 40 : 60, 50 : 50 และ 60 : 40 พบว่าขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งสูตรที่ใช้อัตราส่วนข้าวโอ๊ตและกากถั่วดาวอินคาที่ผ่านการสกัดน้ำมัน 50 : 50 เป็นสูตรที่มีความแข็ง การเกาะติดกันพอดีและได้รับการยอมรับสูงสุดและศึกษาสารช่วยยึดเกาะโดยใช้น้ำเชื่อมกลูโคสและน้ำเชื่อมฟรุกโทโอลิโกแซ็กคาไรด์พบว่ามีค่าความสว่างลดลงแต่มีค่าความเป็นสีแดง สีเหลืองเพิ่มขึ้น มีคะแนนในด้านความแข็งและการเกาะติดกันของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งพอดีและได้รับการยอมรับโดยรวมสูงกว่าสูตรขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ใช้น้ำผึ้งและน้ำตาลมะพร้าวเป็นสารช่วยยึดเกาะ

ปรียาฉัตร และคณะ (2559) ศึกษาวิธีการทำแห้งและเวลาในการทำให้พองตัวด้วยเตาอบไมโครเวฟต่อคุณภาพของข้าวพองจากข้าวเหนียว กข.6 โดยศึกษาการทำแห้ง 2 วิธี คือการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดและการตากแห้งด้วยพลังแสงอาทิตย์และเวลาในการทำให้พองตัวด้วยเตาอบไมโครเวฟ 3 ระดับ คือ 30, 35 และ 40 วินาที จากการศึกษาพบว่าข้าวพองที่ได้จากการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดและเวลาในการทำให้พองด้วยเตาอบไมโครเวฟเป็นเวลา 40 วินาทีให้ค่าการพองตัวสูงสุด

Corazon และคณะ (1987) ศึกษาความแตกต่างของข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่างกัน เพื่อใช้ในการศึกษาวิธีการผลิตข้าวพอง พบว่าข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำหรือข้าวเหนียวจะให้อัตราการพองตัวสูงกว่าข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูงหรือข้าวที่ไม่ใช่ข้าวเหนียว

Mariotti และคณะ (2006) ศึกษาผลการพองตัวทางกายภาพของธัญพืช ได้แก่ เมล็ดข้าว ข้าวสาลี ข้าวไรย์ ข้าวบาร์เลย์ และเมล็ดพืชขนาดเล็กสีน้ำตาล จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธัญพืชแต่ละชนิด พบว่า ผลของการพองตัวจะมีผลต่อรูปร่างและองค์ประกอบของเมล็ดทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในเมล็ดธัญพืช

Donna และคณะ (2010) ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งทดแทนด้วยข้าวโอ๊ตและเกล็ดถั่วเลนทิล ทดสอบแบบการให้คะแนนความชอบ (9 - point hedonic scale) โดยกลุ่มผู้บริโภคจำนวน 62 คน จากการทดสอบการยอมรับพบว่า ปัจจัยในด้านการเกาะตัวกันและความชื้นของผลิตภัณฑ์ของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งมีอิทธิพลมากที่สุดในการยอมรับของผู้บริโภค

Samatcha และคณะ (2010) ศึกษาผลของการอบแห้งในด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของข้าวพองที่ใช้เป็นส่วนผสมหลักในขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง ข้าวเหนียวหักนึ่งสุกก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2, 3 และ 4 ชั่วโมง เตรียมข้าวพองโดยการทอดแบบน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วินาที คุณภาพของผลิตภัณฑ์ประเมินจากปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ สี เนื้อสัมผัสและการรับรู้ทางประสาทสัมผัส สีของผลิตภัณฑ์จากการทอดข้าวเหนียวหักสุกอบแห้ง 2 ชั่วโมง มีค่าความสว่างแตกต่างมากกว่าการอบแห้งที่ 3 และ 4 ชั่วโมง การประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่าข้าวเหนียวหักสุกอบแห้ง 3 ชั่วโมง เป็นที่ยอมรับมากที่สุด

Agbaje และคณะ (2016) พัฒนาและวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของซีเรียลบาร์กับข้าวเหนียวพอง ได้ศึกษาสูตรซีเรียลบาร์ 6 สูตร ใช้ส่วนผสมที่ต่างกันโดยนำวัตถุดิบมาอบแห้ง เช่น ผลไม้ (อินทผาลัม ลูกเกด ผลมะเดื่อ) ข้าวเหนียว เมล็ดเทียนดำ เป็นต้น และใช้สารช่วยเกาะตัว คือ น้ำผึ้งและกลูโคสไซรัป นำมาวิเคราะห์ส่วนประกอบเบื้องต้นและปริมาณน้ำอิสระ พบว่าตัวอย่างสูตรที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยกลูโคสไซรัป 70 กรัม น้ำผึ้ง 100 กรัม และผลไม้อบแห้งทั้งหมด 450 กรัม มีปริมาณความชื้นสูงสุดร้อยละ 18.73 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่นๆ ซีเรียลบาร์ในแต่ละสูตรจะมีปริมาณโปรตีนที่ไม่แตกต่างกันแต่ปริมาณเถ้าแตกต่างกัน ตัวอย่างสูตรที่ 2 และ 6 มีปริมาณเถ้าร้อยละ 0.97 และร้อยละ 1.88 มีปริมาณไขมันไม่แตกต่างกัน ตัวอย่างสูตรที่ 2 มีไขมันสูงสุดร้อละ 10.72 จากการศึกษาพบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตยังส่งผลกระทบต่อปริมาณใยอาหาร กล่าวคือ ตัวอย่างสูตรซีเรียลบาร์ที่มีใยอาหารต่ำจะมีคาร์โบไฮเดรตสูงซึ่งยังส่งผลต่อปริมาณพลังงานของซีเรียลบาร์ด้วยเช่นกัน ตัวอย่างซีเรียลบาร์ที่ได้ลดปริมาณผลไม้อบแห้งลงจะมีปริมาณน้ำอิสระต่ำซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณความชื้น ในผลการวิจัยยังพบว่า การผสมข้าวเหนียวพองกับส่วนผสมอื่นๆ และสารช่วยเกาะตัว (น้ำผึ้ง กลูโคสไซรัป) สามารถนำไปใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์ซีเรียลบาร์ได้

Shabir และคณะ (2016) ศึกษาผลของกระบวนการพองตัวด้านกายภาพของข้าวกล้อง โดยใช้วิธีการพองตัวด้วยทรายร้อนที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 - 60 วินาที พบว่าความหนาแน่นโดยรวมในขั้นตอนการพองตัวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญและข้าวกล้องเป็นข้าวที่การขยายตัวต่ำ จากการวิเคราะห์ค่าสี พบว่าข้าวกล้องที่พองตัวด้วยทรายร้อนมีค่าความสว่างต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ข้าวเหนียว (sticky rice) ตรา ไร่ทิพย์ จากบริษัท บริษัท ไร่ธัญญะ จำกัด

3.1.2 น้ำตาลมะพร้าว (palm sugar) ตรา ตาลไท จากห้างหุ้นส่วนจำกัด ตาลไท ฟู้ดส์

3.1.3 น้ำมะขามเปียก (tamarind juice) ตรา คนอร์ จากบริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย เทรดดิ้ง จำกัด

3.1.4 เกลือป่น (salt) ตรา ปรุงทิพย์ จากบริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด

3.1.5 ถั่วลิงสง (peanuts) ตรา ไร่ทิพย์ จากบริษัท บริษัท ไร่ธัญญะ จำกัด

3.1.6 ไชโป๊หวานสับละเอียด (minced radish) ตรา แม่กิมฮวย จากบริษัท แม่กิมฮวย จำกัด

3.1.7 หอมแดง (shallot) จากบริษัท สยามแม็คโคร จำกัด (มหาชน)

3.1.8 กุ้งแห้ง (dried shrimp) จากตลาดเยาวราช

3.1.9 กุ่ยช่าย (garlic chives) จากตลาดหัวตะเข้

3.1.10 เต้าหู้แข็ง (yellow tofu) จากตลาดหัวตะเข้

3.1.11 น้ำมันพืช (vegetable oil) ตรา เอ็มเมอรัล จากบริษัท มรกต อินดัสตรี้ส์ จำกัด

3.1.12 น้ำมันปาล์ม (palm oil) ตรา มรกต จากบริษัท มรกต อินดัสตรี้ส์ จำกัด

3.1.13 กลูโคสไซรัป (glucose syrup) ตรา แฟนซีคาร์ฟ จากห้างหุ้นส่วนจำกัด เจริญวรกิจ

3.1.14 มอลโตเดกซ์ตริน (malto dextrin) จากบริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือในการอบแห้ง

3.2.1.1 ตู้อบแบบถาด (tray dryer) ผลิตโดยบริษัทโปรเกรส อีเล็คโทรนิค ประเทศไทย

3.2.1.2 เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง รุ่น PB3002-L ผลิตโดยบริษัท Mettler Toledo ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

3.2.1.3 เครื่องซีลสุญญากาศ ผลิตโดยบริษัท วรกุลชัย แพ็คเกจ ซีล จำกัด ประเทศไทย

3.2.1.4 ลังถึงสำหรับนึ่งข้าว

3.2.1.5 ผ้าขาวบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือในการทอดข้าวพอง

3.2.2.1 กระทะทองเหลือง

3.2.2.2 ตะแกรงสะเด็ดน้ำมัน

3.2.2.3 ถาดอะลูมิเนียม

3.2.2.4 กระดาษซับน้ำมัน

3.2.2.5 เทอร์โมมิเตอร์ปรอทวัดอุณหภูมิ ผลิตโดยบริษัท Brannan ประเทศอังกฤษ

3.2.3 อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทย

3.2.3.1 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง รุ่น PB3002 - L

ผลิตโดยบริษัท Mettler Toledo ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

3.2.3.2 พายไม้และพายยาง

3.2.3.3 พิมพ์สำหรับอัดแท่ง

3.2.3.4 อ่างผสม / ถาดอลูมิเนียม

3.2.3.5 เครื่องปั่น Philips รุ่น HR2118 จัดจำหน่ายโดยบริษัท ฟิลิปส์ อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด ประเทศไทย

3.2.3.6 กระทะไฟฟ้า Imarflex รุ่น IP -137 ผลิตโดยบริษัท อิมาร์เฟล็กซ์ อินดัสเตรียล จำกัด ประเทศไทย

3.2.4 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.2.4.1 aluminums can

3.2.4.2 ตู้อบลมร้อน (hot air oven) รุ่น FED53

ผลิตโดยบริษัท Binder จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.4.3 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น ML204

ผลิตโดยบริษัท Mettler Toledo ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

3.2.4.4 โถสำหรับดูดความชื้น (desiccator)

3.2.5 อุปกรณ์วิเคราะห์ทางกายภาพ

3.2.5.1 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture Analysis) รุ่น TA-XT Plus ประเทศอังกฤษ

3.2.5.2 กระบอกตวงขนาด 250 มิลลิลิตร ผลิตโดยบริษัท Schott duran ประเทศเยอรมัน

3.2.5.3 เครื่องวัดกิจกรรมน้ำอิสระ (water activity รุ่นAqua lab 4TE ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.5.4 เครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR 400 ประเทศญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.3.1 ศึกษาคัดเลือกซอสผัดไทยที่เหมาะสมในการทำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าว

สูตรผัดไทยดัดแปลงจาก วิไลลักษณ์ (2547) มาปรับอัตราส่วนของน้ำตาลมะพร้าวและน้ำมะขามเปียกเป็น 3 สูตร โดยมีอัตราส่วนน้ำตาลมะพร้าวและน้ำมะขามเปียกร้อยละ 48.2 : 25.9, 45.8 : 25.1 และ 38.6 : 34.6 ดังแสดงในตารางที่ 3.1 จากนั้นนำซอสผัดไทยมาทำเป็นขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวตามขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบดังภาพที่ 3.1 - 3.4 และขั้นตอนการทำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งดังภาพที่ 3.5 รายละเอียดขั้นตอนการทำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งดังแสดงในภาคผนวก ค2 แล้วเลือกสูตรซอสผัดไทยที่เหมาะสมจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อนำไปทำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวต่อไป

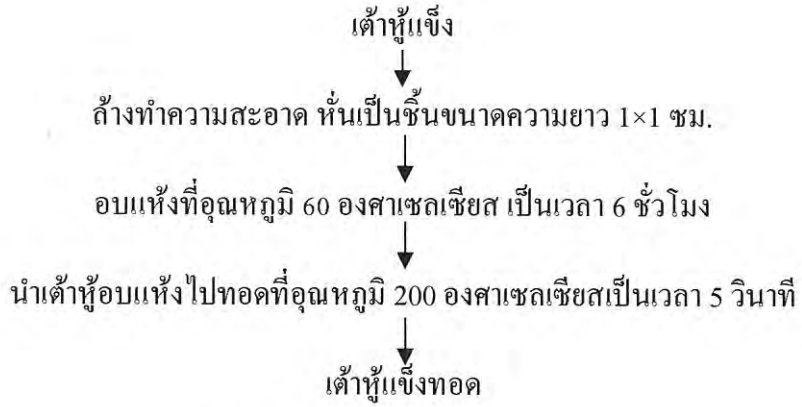
ตารางที่ 3.1 ร้อยละของส่วนผสมในซอสผัดไทยแต่ละสูตร

ส่วนผสม	สูตร1	สูตร 2	สูตร 3
น้ำตาลมะพร้าว	51.8	48.1	44.4
น้ำมะขามเปียก	22.2	25.9	29.6
น้ำมัน	3.7	3.7	3.7
หัวไชโป๊สับ	7.4	7.4	7.4
หอมแดงสับ	7.4	7.4	7.4
น้ำสะอาด	7.4	7.4	7.4

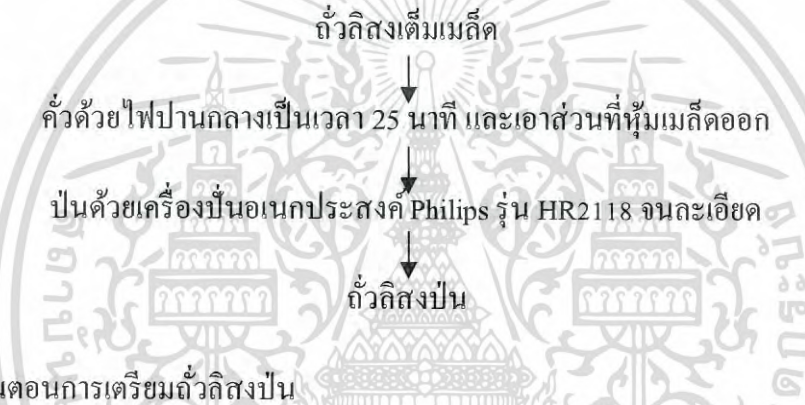
ที่มา: ดัดแปลงจาก วิไลลักษณ์ (2547)

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมใบกุ่ยช่ายอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมเต้าหู้แข็งทอด



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการเตรียมถั่วลิสงป่น

ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการเตรียมกุ้งแห้งป่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวสารดิบน้ำหนัก 1 กิโลกรัม

↓

ล้างทำความสะอาดและแช่น้ำเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

↓

นำไปนึ่งด้วยไอน้ำเดือดใช้เวลา 30 นาที

↓

อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด ขนาดของถาด 50 × 60 ×2.5 ซม.
อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

↓

ข้าวอบแห้ง

↓

ทอดแบบน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วินาที

↓

สะเด็ดน้ำมัน

↓

ข้าวพอง

ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการเตรียมข้าวพอง

หอมแดงสับ หัวไชโป๊สับ ผัดกับน้ำมันจนสุกมีลักษณะใสเป็นเวลา 2 นาที

↓

เติมน้ำตาลมะพร้าวกับน้ำมะขามเปียกเคี่ยวจนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

↓

เติมสารที่ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสและเคี่ยวต่อจนอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ยกขึ้นพักไว้

↓

เติมข้าวพอง กุ้งแห้งป่น ถั่วลิสงป่น ใบกุ่ยช่ายอบแห้ง คลุกเคล้าให้เข้ากันในส่วนผสมของซอส

↓

บรรจุใส่พิมพ์สำหรับอัดแท่งขนาด 5.5 ×10 ซม. น้ำหนักแท่งละ 50 กรัม

↓

นำเข้าอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที

ภาพที่ 3.6 ขั้นตอนการเตรียมขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวโดยมีอัตราส่วนของ
ส่วนผสมซอสผัดไทยและส่วนผสมทั้งหมดดังแสดงในตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ร้อยละของส่วนผสมซอสที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

ส่วนผสม	ร้อยละ
น้ำตาลมะพร้าว	49.24
น้ำมะขามเปียก	22.72
เกลือป่น	1.51
น้ำมันสำหรับผัด	3.78
หัวไชโป๊สับ	7.57
หอมแดงสับ	7.57
น้ำสะอาด	7.57

ตารางที่ 3.3 ร้อยละของส่วนผสมที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

ส่วนผสม	ร้อยละ
ข้าวพอง	49.01
เต้าหู้แข็ง	19.60
ใบกุ่ยช่ายอบแห้ง	1.51
ถั่วลิสงป่น	11.36
กุ้งแห้งป่น	11.36

3.3.1.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

นำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว 3 ตัวอย่าง จากข้อ 3.3.1 มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยการประเมินแบบ 9 - point hedonic scale คุณภาพการประเมินในด้านสี (color) กลิ่น (odor) รสชาติ (flavor) และความชอบโดยรวม (overall preference) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 50 คน รายละเอียดแบบสอบถามดังแสดงในภาคผนวก ง1

3.3.1.2 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (SPSS 20.0) เลือกสูตรซอสผัดไทยที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะเหมาะสมจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดเพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

3.3.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิการเคี่ยวซอสผัดไทยที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง

ใช้สูตรซอสผัดไทยที่เหมาะสมจากการศึกษาอัตราส่วนและการทดสอบทางประสาทสัมผัสในข้อ 3.6.1 มาทำเป็นขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวตามขั้นตอนการทำดังภาพที่ 3.5 รายละเอียดขั้นตอนการทำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งดังแสดงในภาคผนวก ค2 ศึกษาอุณหภูมิในการเคี่ยวซอสผัดไทย 3 ระดับ คือ 120, 130 และ 140mองศาเซลเซียส จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว ดังนี้

3.3.2.1 การวิเคราะห์ทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยที่มีอุณหภูมิในการเคี่ยวซอสต่างกัน

1.) ปริมาณน้ำอิสระ (A_w)

วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่อง Aqua lab รุ่น 4TE รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก1.1

3.3.2.2 การวิเคราะห์ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยที่มีอุณหภูมิในการเคี่ยวซอสต่างกัน

1.) ค่าสี (L^*, a^*, b^*)

วิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่อง Minolta CR-400 รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก2.1

2.) คุณภาพเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยที่มีอุณหภูมิการเคี่ยวซอสแตกต่างกันทั้ง 3 ระดับ โดยใช้เครื่อง texture analyzer รุ่น TA.XT plus ใช้หัววัด Three point blending โดยวัดแรงกดแตก (compression) ที่แสดงค่าแรงสูงสุด (hardness, กิโลกรัมแรง) รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก2.2

3.3.2.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

นำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่มีอุณหภูมิการเคี่ยวซอสแตกต่างกันทั้ง 3 ระดับ มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการประเมินแบบ 9 - point hedonic scale คุณภาพการประเมินในด้านลักษณะปรากฏ (appearance) สี (color) ความแข็ง (hardness) ความกรอบ (crispiness) และความชอบโดยรวม (overall preference) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 50 คน รายละเอียดแบบสอบถามดังแสดงในภาคผนวก ง2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติในข้อ 3.3.2.1 และข้อ 3.3.2.2 โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (SPSS 20.0) พิจารณาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่มีอุณหภูมิในการเคี่ยวซอสแตกต่างกันโดยเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่มีคุณภาพเหมาะสมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

การวิเคราะห์ทางสถิติในข้อ 3.3.2.3 โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (SPSS 20.0) โดยจะพิจารณาคุณลักษณะจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด

เลือกอุณหภูมิในการเคี่ยวซอสผัดไทยที่มีคุณภาพเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งโดยพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางกายภาพสอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุกคุณลักษณะที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทย

3.3.3 ศึกษาผลของชนิดข้าวที่เหมาะสมในการเตรียมเป็นข้าวพองเพื่อใช้ในการพัฒนาขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

เลือกชนิดข้าว 4 ชนิด คือ ข้าวเหนียว ข้าวขาวหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวไรซ์เบอรี่มาเตรียมเป็นข้าวอบแห้งโดยนำข้าวทั้ง 4 ชนิด มาล้างทำความสะอาด แช่น้ำเป็นเวลา 3 ชั่วโมง อบแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง (รายละเอียดขั้นตอนการทำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งดังแสดงในภาพที่ 3.5) จากนั้นนำข้าวอบแห้งทั้ง 4 ชนิด มาทอดที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วินาที เพื่อทำเป็นข้าวพองรายละเอียดการทำข้าวพองดังแสดงในภาคผนวก ค2 นำข้าวอบแห้งและข้าวพองที่ได้ มาวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้

3.3.3.1 การวิเคราะห์ทางเคมีของข้าวอบแห้งและข้าวพองจากชนิดข้าวที่แตกต่างกัน

1.) ปริมาณความชื้น

วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของข้าวอบแห้งและข้าวพองจากข้าวแต่ละชนิด ตามวิธี AOAC (2000) รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก1.2

2.) ปริมาณน้ำอิสระ (A_w)

วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระของข้าวอบแห้งและข้าวพองจากข้าวแต่ละตามวิธีข้อ 3.3.2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.2 การวิเคราะห์ทางกายภาพของข้าวพองที่ทำจากชนิดข้าวอบแห้งแตกต่างกัน

1.) อัตราการพองตัว

นำข้าวอบแห้งจากข้าวทั้ง 4 ชนิด มาหาปริมาตรจำเพาะด้วยวิธีการแทนที่ด้วยเมล็ดงา ตามวิธีของ AACC (2000) รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก2.3 โดยมีขั้นตอนการทำดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักของตัวอย่างข้าวอบแห้งที่จะทำการตรวจสอบ บันทึกผล (1)

2. ใส่ตัวอย่างข้าวอบแห้งลงในภาชนะที่มีขนาดใหญ่กว่าข้าวอบแห้งที่จะทำการตรวจสอบ เติมเมล็ดงาให้เต็มช่องว่างของภาชนะ วัดปริมาตรเมล็ดงาที่ใช้เติมลงไปทั้งหมดแล้วตวงด้วยกระบอกตวง (2)

3. วัดปริมาตรของภาชนะโดยการเติมเมล็ดงาให้เต็มภาชนะ แล้ววัดปริมาตรของเมล็ดงาด้วยกระบอกตวง (3)

วิธีคำนวณปริมาตรจำเพาะ

$$\text{ปริมาตรจำเพาะ (ซม}^3\text{/กรัม)} = \frac{\text{ปริมาตรเมล็ดงา (3)} - \text{ปริมาตรเมล็ดงา (2)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างข้าว (1)}}$$

จากนั้นนำตัวอย่างข้าวอบแห้งไปทอดเป็นข้าวพองแล้วหาปริมาตรจำเพาะตามวิธีการดังกล่าว จะได้ปริมาตรของข้าวพอง แล้วนำค่าปริมาตรจำเพาะของตัวอย่างข้าวอบแห้ง (ข้าวก่อนทอด) และปริมาตรจำเพาะของข้าวพอง (ข้าวหลังทอด) มาหาอัตราการพองตัว ดัดแปลงจากวิธีการของ ธงชัย (2535) โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{อัตราการพองตัว (เท่า)} = \frac{\text{ปริมาตรของข้าวพองหลังทอด}}{\text{ปริมาตรของข้าวก่อนทอด}}$$

2.) ความหนาแน่นโดยรวมของข้าวพอง

นำข้าวทั้ง 4 ชนิดจากการหาปริมาตรจำเพาะและทอดเป็นข้าวพองมาหาความหนาแน่น รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก2.3 โดยมีขั้นตอนการทำดังนี้

1. เตรียมภาชนะที่ทราบปริมาตร เช่น กระบอกตวง บีกเกอร์

2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างข้าวพองและวัดปริมาตรของข้าวพองด้วยกระบอกตวง แล้วจดบันทึกผล

3. นำค่าน้ำหนักของข้าวพองและปริมาตรของข้าวพองที่ได้ มาคำนวณหาค่าความหนาแน่นมีหน่วยเป็น กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{ความหนาแน่น (กรัม/ซม}^3\text{)} = \frac{\text{น้ำหนักของข้าวพอง}}{\text{ปริมาตรของข้าวพอง}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) คุณภาพเนื้อสัมผัส

นำข้าวพองจากข้าวทั้ง 4 ชนิด มาวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง texture analyzer รุ่น TA.XT plus เตรียมตัวอย่างข้าวพองในบีกเกอร์ที่ระบุปริมาตรชัดเจนโดยใช้ตัวอย่างข้าวพองประมาณ 50 มิลลิลิตร ใช้หัววัด Back Extrusion โดยทำการวัดแรงกดแตก (compression) ค่าความกรอบ (crispiness) รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก2.2

3.3.3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

นำข้าวพองจากข้าวทั้ง 4 ชนิด มาทำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว จากนั้นนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการประเมินแบบ 9 - point hedonic scale คุณภาพการประเมินในด้านลักษณะปรากฏ (appearance) ความแข็ง (hardness) ความกรอบ (crispiness) และความชอบโดยรวม (overall preference) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน รายละเอียดแบบสอบถามดังแสดงในภาคผนวก ง3

3.3.3.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ในข้อ 3.3.3.1 และข้อ 3.3.3.2 มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (SPSS 20.0) พิจารณาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวพองจากข้าวในแต่ละชนิดโดยเลือกชนิดข้าวที่มีคุณภาพเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทย

การวิเคราะห์ทางสถิติในข้อ 3.3.3.3 โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (SPSS 20.0) โดยพิจารณาคุณลักษณะจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวพองจากข้าวแต่ละชนิดเมื่อนำมาทำเป็นขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยซึ่งจะเลือกจากผลิตภัณฑ์ที่ได้คะแนนความชอบสูงสุดในทุกคุณลักษณะ

เลือกชนิดข้าวโดยพิจารณาผลจากการวิเคราะห์ทางกายภาพของข้าวที่มีคุณลักษณะเหมาะสมในการทำเป็นข้าวพองและสอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 ศึกษาสภาวะการอบแห้งข้าวที่เหมาะสมในการผลิตข้าวพอง

ศึกษาสภาวะการอบแห้งข้าวที่เหมาะสมในการทำเป็นข้าวพองเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว โดยศึกษาผลของตัวแปร 2 ปัจจัย คือ อุณหภูมิในการอบแห้งข้าวโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดอุณหภูมิ 60 และ 65 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการอบแห้ง 4, 5 และ 6 ชั่วโมง จากนั้นนำข้าวอบแห้งในทุกสภาวะมาผ่านกระบวนการทอดเป็นข้าวพองรายละเอียดการทำดังแสดงในภาคผนวก ค2 แล้วนำไปวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ดังนี้

3.3.4.1 การวิเคราะห์ทางเคมีของข้าวอบแห้งและข้าวพอง

1.) ปริมาณน้ำอิสระ (A_w)

นำข้าวอบแห้งในทุกสภาวะและข้าวพองที่ทำจากข้าวอบแห้งในทุกสภาวะมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระตามวิธีข้อ 3.3.2.1

2.) ปริมาณความชื้น

นำข้าวอบแห้งในทุกสภาวะและข้าวพองที่ทำจากข้าวอบแห้งในทุกสภาวะมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธีข้อ 3.3.3.1

3.3.4.2 การวิเคราะห์ทางกายภาพของข้าวพอง

1.) อัตราการพองตัว

นำข้าวพองที่ทำจากข้าวอบแห้งในทุกสภาวะมาวิเคราะห์อัตราการพองตัวตามวิธีข้อ 3.3.3.2

2.) ความหนาแน่นโดยรวมของข้าวพอง

นำข้าวพองที่ทำจากข้าวอบแห้งในทุกสภาวะมาวิเคราะห์ความหนาแน่นโดยรวมตามวิธีข้อ 3.3.3.2

3.) คุณภาพเนื้อสัมผัส

นำข้าวพองที่ทำจากข้าวอบแห้งในทุกสภาวะมาวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสตามวิธีข้อ 3.3.3.2

3.3.4.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

นำข้าวพองที่ทำจากข้าวอบแห้งที่มีอุณหภูมิและเวลาต่างกันในทุกสภาวะมาทำเป็นขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว จากนั้นนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการประเมินแบบ 9 - point hedonic scale คุณภาพการประเมินในด้านลักษณะปรากฏ (appearance) ความแข็ง (hardness) ความกรอบ (crispiness) และความชอบโดยรวม (overall preference) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน รายละเอียดแบบสอบถามดังแสดงในภาคผนวก ง4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ในข้อ 3.3.4.1 และข้อ 3.3.4.2 มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำและวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (SPSS 20.0) พิจารณาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวพองที่ทำจากข้าวอบแห้งที่อบแห้งในอุณหภูมิและระยะเวลาต่างกันเมื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยโดยพิจารณาสภาวะทั้งอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งข้าวที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการทำเป็นข้าวพอง

การวิเคราะห์ทางสถิติในข้อ 3.3.4.3 โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (SPSS 20.0) โดยพิจารณาคุณลักษณะจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวพองที่ทำจากข้าวอบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่างกันเมื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด

พิจารณาผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆที่มีคุณลักษณะเหมาะสมในการทำข้าวพองตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวแต๋น (2554) เมื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวและผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีคะแนนความชอบสูงสุดเพื่อใช้เลือกสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการทำข้าวพองและนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวต่อไป

3.3.5 ศึกษาการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวรสผัดไทย

ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวโดยใช้สารที่มีคุณสมบัติในการยึดเกาะและเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับมากขึ้น ทำการศึกษาสาร 2 ชนิด คือ กลูโคสไซรัปและมอลโตเด็กซ์ตรินในอัตราส่วน 5, 10 และ 15 กรัม ต่ออัตราส่วนข้าวพอง 50 กรัม โดยเติมสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสหลังจากเคี่ยวส่วนผสมซอสผัดไทยตามขั้นตอนการทำดังแสดงในภาพที่ 3.5 แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5.1 การวิเคราะห์ทางเคมีของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่มีส่วนผสมของชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสแตกต่างกัน

1.) ปริมาณน้ำอิสระ (A_w)

วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่มีส่วนผสมของชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสแตกต่างกันตามวิธีข้อ 3.3.2.1

2.) ปริมาณความชื้น

วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่มีส่วนผสมของชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสแตกต่างกันตามวิธีข้อ 3.3.3.1

3.3.5.2 การวิเคราะห์ทางกายภาพของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่มีส่วนผสมของชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสแตกต่างกัน

1.) คุณภาพเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่มีส่วนผสมของชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสแตกต่างกันโดยใช้เครื่อง texture analyzer รุ่น TA.XT plus ตามวิธีข้อ 3.3.2.1

3.3.5.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

นำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่มีส่วนผสมของชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสแตกต่างกัน มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการประเมินแบบ 9 - point hedonic scale คุณภาพการประเมินในด้านลักษณะปรากฏ (appearance) การเกาะตัวกันของส่วนผสม (agglomerate) ความแข็ง (hardness) และความชอบโดยรวม (overall preference) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน รายละเอียดแบบสอบถามดังแสดงในภาคผนวก ง5

3.3.5.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ในข้อ 3.3.5.1 และข้อ 3.3.5.2 มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (SPSS 20.0) พิจารณาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันเมื่อนำไปเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวโดยพิจารณาคุณภาพของชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่เหมาะสม

วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลในข้อ 3.3.5.3 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (SPSS 20.0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยพิจารณาคุณลักษณะจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยที่มีส่วนผสมของชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสต่างกันซึ่งพิจารณาคุณลักษณะของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด

จากนั้นเลือกสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมโดยพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางกายภาพในด้านเนื้อสัมผัสผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ช่วยในการปรับปรุงและมีผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

3.3.6 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

จากผลการศึกษาและพัฒนาปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวในข้อ 3.3.1 - 3.3.5 จนได้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่มีคุณภาพเหมาะสม มาทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค โดยบรรจุขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวในถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์ ทำการทดสอบการยอมรับแบบ central location test (CLT) สถานที่ทดสอบคือ แหล่งชุมชนในกรุงเทพมหานคร ซุปเปอร์มาร์เก็ต ห้างสรรพสินค้า โดยใช้ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายในการทดสอบจำนวน 121 คน ทำการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์และตอบคำถามในแบบสอบถามความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการประเมินแบบ 5 - point hedonic scale คุณภาพการประเมินในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม จากนั้นนำผลการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคที่ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.3.6.1 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ คำนวณหาค่าความถี่ร้อยละของผู้บริโภคตามลักษณะประชากรศาสตร์ พฤติกรรมผู้บริโภค และการยอมรับผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (SPSS 20.0)

3.3.7 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

จากผลการศึกษาและพัฒนาปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวในข้อ 3.3.1 – 3.3.5 จนได้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่มีคุณภาพเหมาะสมโดยบรรจุผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวขนาดบรรจุ 50 กรัม ในถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์ ทำการสุ่มตัวอย่างในสัปดาห์ที่ 0 ของการเก็บรักษาที่สภาวะจริง (อุณหภูมิห้อง) และสภาวะเร่ง (อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส) ทุกๆ 1 สัปดาห์เป็นเวลา 1 เดือน ระหว่างการเก็บรักษาเพื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7.1 การวิเคราะห์ทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

1.) ปริมาณน้ำอิสระ (A_w)

วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ ตามวิธีข้อ 3.3.2.1

2.) ปริมาณความชื้น

วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีข้อ 3.3.3.1

3.) การวัดความหืน

วิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) ตามวิธีการ AOCS (1997) รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก1.3

3.3.7.2 การวิเคราะห์ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

1.) ค่าสี (L^*, a^*, b^*)

วิเคราะห์ค่าสี ตามวิธีข้อ 3.3.2.1

2.) คุณภาพเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัส ตามวิธีข้อ 3.3.2.1

3.3.7.3 การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา (total plate count, TPC) ตามวิธีการ AOAC (2000) รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ข

3.3.7.2 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ในข้อ 3.3.7.1 - ข้อ 3.3.7.3 มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (SPSS 20.0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของสูตรซอสผัดไทย

ผลจากการคัดเลือกสูตรซอสผัดไทยที่จะใช้เป็นซอสในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว โดยปรับอัตราส่วนของน้ำตาลมะพร้าวและน้ำมะขามเปียกเป็น 3 สูตร (ตารางที่ 3.1) จากนั้นนำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการประเมินแบบ 9 - point hedonic scale ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของซอสผัดไทยในการทำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง

คุณลักษณะ	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
สี^{ns}	7.14 ± 1.21	7.18 ± 1.72	6.82 ± 1.44
กลิ่น^{ns}	6.88 ± 1.30	6.90 ± 1.37	6.50 ± 1.28
รสชาติ	6.64^{ab} ± 1.53	7.02^{a} ± 1.41	6.22^{b} ± 1.30
ความชอบโดยรวม	6.44^{b} ± 1.49	7.08^{a} ± 1.58	6.16^{b} ± 1.37

หมายเหตุ : ^{a,b,c} อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ทำจากซอสผัดไทยโดยมีอัตราส่วนของน้ำตาลมะพร้าวและน้ำมะขามเปียกที่แตกต่างกันทั้ง 3 สูตร ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าอัตราส่วนของน้ำตาลมะพร้าวและน้ำมะขามเปียกมีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p<0.05$)* โดยพบว่าสูตร 2 เมื่อนำมาทำเป็นขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเป็นสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในด้านรสชาติและความชอบโดยรวมคือ 7.02 และ 7.08 ตามลำดับ ซึ่งเป็นคะแนนที่อยู่ความชอบในระดับปานกลางโดยผู้ทดสอบชิมให้ความเห็นว่าขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยสูตรที่ 2 ซึ่งมีอัตราส่วนของน้ำตาลมะพร้าวและน้ำมะขามเปียก 48.1 : 25.9 จะให้รสชาติที่ไม่หวานและเปรี้ยวมากจนเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับซอสสูตรอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลของการศึกษาอุณหภูมิในการเคี่ยวซอสผัดไทย

4.2.1 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยที่มีอุณหภูมิในการเคี่ยวซอสต่างกัน

1.) ค่าสี (L^*, a^*, b^*)

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยเมื่อใช้อุณหภูมิในการเคี่ยวซอสแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ อุณหภูมิ 120, 130 และ 140 องศาเซลเซียส โดยเตรียมตัวอย่างขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นอเนกประสงค์ Philips รุ่น HR 2118 จนละเอียดจากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างละ 3 กรัม วิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่อง Minolta CR- 400 รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก 2.1 จากผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีอุณหภูมิในการเคี่ยวซอสต่างกันดังแสดงในภาพที่ 4.1

2.) ค่า A_w และค่าความแข็ง

โดยเตรียมตัวอย่างขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยที่มีอุณหภูมิในการเคี่ยวซอส 120, 130 และ 140 องศาเซลเซียส มาป่นให้ละเอียดและชั่งน้ำหนักตัวอย่างละ 1 กรัม แล้วนำมาวัดค่า A_w รายละเอียดการวิเคราะห์ดังแสดงในภาคผนวก ก1.1 เตรียมตัวอย่างขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยที่มีอุณหภูมิในการเคี่ยวซอส 120, 130 และ 140 องศาเซลเซียส หั่นเป็นชิ้นขนาด 3×3 ซม. แล้วนำมาวัดคุณภาพเนื้อสัมผัสด้านความแข็งด้วยเครื่อง texture analyzer รุ่น TA.XT plus โดยใช้หัววัด three point blending รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก2.2 จากตารางที่ 4.2 พบว่าค่า A_w จะลดลงเมื่ออุณหภูมิในการเคี่ยวซอสสูงขึ้นมีค่าอยู่ระหว่าง 0.40 - 0.43 คุณภาพเนื้อสัมผัสพบว่า เมื่ออุณหภูมิในการเคี่ยวซอสสูงขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) มีค่าความแข็งอยู่ในช่วงระหว่าง 10.47 - 19.94 กิโลกรัม.แรง ผลของอุณหภูมิในการเคี่ยวซอสในแต่ละระดับจะให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน เมื่ออุณหภูมิในการเคี่ยวซอสสูงขึ้นจะทำให้ค่า A_w ลดลงเนื่องจากกระบวนการให้ความร้อนทำให้ค่า A_w ลดลงและส่งผลให้เนื้อสัมผัสของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งมีความแข็งขึ้น (นิธิยา, 2548) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sauvageot และ Blond (1991) พบว่า เมื่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งมีค่า A_w ลดลงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งขึ้นเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

120 องศาเซลเซียส 130 องศาเซลเซียส 140 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 4.1 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่เตรียมได้เมื่อใช้อุณหภูมิในการเคี่ยวซอสต่างกัน

ตารางที่ 4.2 ผลของอุณหภูมิในการเคี่ยวซอสผัดไทยที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	L^{*ns}	a^{*ns}	b^{*ns}	A_w	ความแข็ง (กิโลกรัม.แรง)
120	55.46 ± 4.07	4.79 ± 2.00	13.46 ± 2.00	0.43^{a} ± 0.04	10.47^{c} ± 3.75
130	56.65 ± 2.14	5.20 ± 1.50	14.36 ± 1.40	0.42^{b} ± 0.03	15.46^{b} ± 3.40
140	56.45 ± 3.67	6.10 ± 1.29	14.62 ± 0.94	0.40^{c} ± 0.01	19.94^{a} ± 3.75

หมายเหตุ : ^{a,b,c} อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.2.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง

ผลจากการศึกษาอุณหภูมิในการเคี่ยวซอสผัดไทยโดยมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 120, 130, และ 140 องศาเซลเซียส จากนั้นทำเป็นขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยและทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการประเมินแบบ 9 - point hedonic scale ได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่เตรียมได้เมื่อใช้อุณหภูมิในการเคี่ยวแตกต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ลักษณะปรากฏ	สี^{ns}	ความแข็ง	ความกรอบ	ความชอบโดยรวม
120	6.64^{ab} ± 1.01	6.68 ± 1.23	6.04^{a} ± 1.29	6.24^{a} ± 1.62	6.72^{a} ± 1.05
130	6.84^{a} ± 1.10	6.76 ± 1.11	6.60^{a} ± 1.39	6.56^{a} ± 1.03	6.96^{a} ± 1.16
140	6.32^{b} ± 1.50	6.32 ± 1.73	4.12^{b} ± 1.74	5.00^{b} ± 1.85	5.08^{b} ± 1.42

หมายเหตุ : ^{a,b,c} อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยที่มีอุณหภูมิในการเคี่ยวซอสแตกต่างกันทั้ง 3 อุณหภูมิ ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบดังแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่าอุณหภูมิในการเคี่ยวซอสมีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทำให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ทางด้านลักษณะปรากฏ ความแข็ง ความกรอบและความชอบโดยรวม พบว่าอุณหภูมิในการเคี่ยวซอส 130 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาทำเป็นขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยเป็นอุณหภูมิที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในทุกคุณลักษณะ โดยเป็นคะแนนความชอบระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับผลจากการวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว พบว่าอุณหภูมิในการเคี่ยวซอส 130 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.2) จะมีความแข็งในระดับปานกลางและสอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยที่มีอุณหภูมิในการเคี่ยว 130 องศาเซลเซียส ซึ่งได้รับคะแนนความชอบสูงสุดจากผลการวิเคราะห์และทดสอบทางประสาทสัมผัสจึงเลือกอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิในการเคี่ยวซอสผัดไทยเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวต่อไป

4.3 ผลการศึกษาชนิดข้าวที่เหมาะสมในการผลิตข้าวพองเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

4.3.1 คุณภาพทางเคมีกายภาพของข้าวพองที่เตรียมได้จากข้าวในแต่ละชนิด

1.) ค่า A_w และปริมาณความชื้นของข้าวพอง

จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าค่า A_w และปริมาณความชื้นของข้าวพองที่ทำจากข้าวแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน พบว่าข้าวพองที่ทำจากข้าวเหนียวและข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีค่า A_w และปริมาณความชื้นต่ำ เนื่องจากข้าวเหนียวและข้าวหอมมะลิ 105 เป็นข้าวที่ผ่านกระบวนการขัดสีทำให้เยื่อหุ้มเมล็ดหลุดออกเหลือแต่ส่วนที่เป็นเมล็ดข้าวซึ่งส่งผลให้ความสามารถในการดูดซึมและการระเหยน้ำในระหว่างการทอดได้ดีกว่าข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวไรซ์เบอรี่ซึ่งเป็นข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดประกอบไปด้วยโปรตีน ไขมันและแร่ธาตุที่ขัดขวางการดูดซึมและการระเหยน้ำ (งามชื่น, 2546) เมื่อนำข้าวแต่ละชนิดไปผ่านกระบวนการทอดเพื่อทำเป็นข้าวพอง พบว่าข้าวแต่ละชนิดมีความสามารถในการระเหยน้ำต่างกัน ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดจะระเหยน้ำได้น้อยทำให้มีค่า A_w และปริมาณความชื้นสูงกว่าข้าวที่ผ่านกระบวนการขัดสีโดยข้าวพองที่ทำจากข้าวเหนียวมีค่า A_w และปริมาณความชื้นต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) มีค่า A_w 0.04 และมีปริมาณความชื้นร้อยละ 0.31 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) อัตราการพองตัว ความหนาแน่นและค่าความกรอบของข้าวพอง

จากตารางที่ 4.4 พบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีอัตราการพองตัวสูงสุด รองลงมาคือข้าวเหนียวและยังส่งผลให้มีความหนาแน่นต่ำสุดมีค่าอยู่ในช่วง 0.21 - 0.23 กรัม/ซม^3 สอดคล้องกับอรอนงค์ (2547) รายงานว่า เมื่ออัตราการพองตัวเพิ่มจะทำให้ความหนาแน่นต่ำด้านคุณภาพเนื้อสัมผัส พบว่าข้าวเหนียวมีค่าความกรอบสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากในข้าวเหนียวจะมีปริมาณอะมิโลสร้อยละ 0 - 8 และมีอะมิโลเพคตินสูงถึงร้อยละ 92 - 100 ของน้ำหนักเมล็ด (สุพิศา, 2547) องค์ประกอบส่วนใหญ่ของข้าวเหนียว คือ อะมิโลเพกติน ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำได้เร็วส่งผลให้เกิดการพองตัวได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูง โดยปริมาณอะมิโลเพคตินจะส่งผลต่อการพองตัวของเมล็ดข้าวทำให้เกิดการพองตัวที่ดีและยังเป็นผลต่อเนื่องทำให้มีค่าความกรอบเพิ่มขึ้นเช่นกัน (ไพบูลย์, 2545) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Corazon (1987) และ Mariotti (2006) พบว่า ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำจะให้อัตราการพองตัวสูงกว่าข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูงซึ่งข้าวที่มีอัตราการพองตัวดีจะส่งผลให้เมล็ดข้าวมีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นทำให้ข้าวพองมีความโปร่งเป็นรูพรุนมีผลต่อรูปร่างและองค์ประกอบของเมล็ดทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในเมล็ดข้าวซึ่งจะทำให้ใช้แรงในการกดวัดเนื้อสัมผัสน้อยลงส่งผลให้ข้าวพองที่มีอัตราการพองตัวดีจะมีค่าความกรอบเพิ่มขึ้นเช่นงานวิจัยของ กมลทิพย์ (2546) พบว่าปริมาณอะมิโลสในข้าวเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความชื้นและการพองตัวมีแนวโน้มลดลงในขณะที่ความกรอบจะมีแนวโน้มมากขึ้น

ข้าวเหนียว ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวไรซ์เบอรี่

ภาพที่ 4.2 การพองตัวของข้าวพองที่เตรียมได้จากข้าวในแต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวพองที่เตรียมได้จากข้าวในแต่ละชนิด

ชนิดข้าว	A_w	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	อัตราการพองตัว	ความหนาแน่นโดยรวม (กรัม/ซม^3)	ความกรอบ (จำนวนพีค)
ข้าวเหนียว	$0.04^{c} \pm 0.01$	$0.31^{c} \pm 0.02$	$2.60^{b} \pm 0.10$	$0.23^{b} \pm 0.00$	$75.20^{a} \pm 3.03$
ข้าวขาวดอกมะลิ105	$0.05^{c} \pm 0.01$	$0.30^{c} \pm 0.01$	$3.03^{a} \pm 0.33$	$0.21^{b} \pm 0.01$	$63.20^{b} \pm 5.20$
ข้าวกล้องหอมมะลิ	$0.06^{b} \pm 0.01$	$0.34^{b} \pm 0.01$	$2.40^{bc} \pm 0.15$	$0.32^{a} \pm 0.01$	$26.40^{c} \pm 3.50$
ข้าวไรซ์เบอรี่	$0.08^{a} \pm 0.02$	$0.40^{a} \pm 0.05$	$2.11^{c} \pm 0.12$	$0.31^{a} \pm 0.01$	$23.20^{c} \pm 4.44$

หมายเหตุ : ^{a,b,c} อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.3.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวพองที่ทำจากข้าวในแต่ละชนิด

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวพองที่ทำจากข้าวในแต่ละชนิดด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9 - point hedonic scale ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.5 พบว่าข้าวพองที่ทำจากข้าวแต่ละชนิดมีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทำให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทางด้านลักษณะปรากฏ ความแข็ง ความกรอบและความชอบโดยรวม ซึ่งพบว่าขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวพองที่ทำจากข้าวเหนียวได้รับคะแนนสูงสุดในทุกคุณลักษณะเป็นคะแนนความชอบในระดับปานกลาง โดยผู้ทดสอบชิมให้ความเห็นว่าขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวพองที่ทำจากข้าวเหนียวจะมีเนื้อสัมผัสกรอบ เบา และมีความเข้ากันกับซอสผัดไทยได้ดีเมื่อเทียบกับข้าวพองที่ทำจากข้าวชนิดอื่นๆ สอดคล้องกับผลอัตราการพองตัวและคุณภาพเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ (ตารางที่ 4.4) พบว่าข้าวพองที่ทำจากข้าวเหนียวจะมีอัตราการพองตัวดีและมีค่าความกรอบมากกว่าข้าวพองที่ทำจากข้าวชนิดอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวพองที่ทำจากข้าวเหนียวได้รับคะแนนความชอบสูงสุด ดังนั้นจึงเลือกข้าวเหนียวมาทำเป็นข้าวพองเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวพองที่เตรียมได้จากข้าวในแต่ละชนิด

ชนิดข้าว	ลักษณะปรากฏ	ความแข็ง	ความกรอบ	ความชอบโดยรวม
ข้าวเหนียว	$7.28^{a} \pm 1.10$	$6.64^{a} \pm 1.42$	$6.88^{a} \pm 1.32$	$7.12^{a} \pm 1.15$
ข้าวขาวดอกมะลิ 105	$6.68^{a} \pm 1.22$	$5.92^{b} \pm 1.45$	$6.80^{a} \pm 1.37$	$6.32^{b} \pm 1.20$
ข้าวกล้องหอมมะลิ	$7.08^{a} \pm 1.30$	$5.56^{b} \pm 1.66$	$6.04^{b} \pm 1.67$	$5.88^{b} \pm 1.43$
ข้าวไรซ์เบอรี่	$5.60^{b} \pm 1.85$	$5.92^{b} \pm 1.53$	$6.28^{b} \pm 1.63$	$5.96^{b} \pm 1.63$

หมายเหตุ : ^{a,b,c} อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.4 ผลของการศึกษาสภาวะการอบแห้งข้าวที่เหมาะสมในการทำเป็นข้าวพอง

4.4.1 คุณภาพทางเคมีกายภาพของข้าวอบแห้งที่มีอุณหภูมิและเวลาในการอบต่างกันและข้าวพองที่ทำจากข้าวอบแห้งที่มีอุณหภูมิและเวลาในการอบต่างกัน

1.) ค่า A_w ปริมาณความชื้นของข้าวอบแห้งและข้าวพอง

จากตารางที่ 4.6 พบว่าค่า A_w และปริมาณความชื้นของข้าวอบแห้งจากอุณหภูมิและระยะเวลาการอบแห้งต่างๆ กันจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิสูงและระยะเวลาการอบนานขึ้นทำให้ค่า A_w และปริมาณความชื้นของข้าวอบแห้งลดลง เนื่องจากความร้อนในกระบวนการอบแห้งเมื่ออุณหภูมิสูงและระยะเวลาในการอบที่นานขึ้นจะทำให้เกิดการระเหยน้ำออกจากเมล็ดข้าวได้มากกว่าการอบที่อุณหภูมิต่ำ (ศิริธร, 2547) เมื่อนำข้าวอบแห้งจากการอบที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างกันมาผ่านกระบวนการทอดเป็นข้าวพอง พบว่าค่า A_w และปริมาณความชื้นของข้าวพองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่ออุณหภูมิสูงและระยะเวลาการอบนานขึ้นทำให้ค่า A_w และปริมาณความชื้นของข้าวพองลดลงเช่นเดียวกันเนื่องจากในกระบวนการทอดทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอและเคลื่อนที่ออกจากผิวหน้าและน้ำมันเข้าไปแทนที่น้ำที่ระเหยออกไปทำให้อาหารมีปริมาณความชื้นลดลงโดยความชื้นที่เคลื่อนออกมาจากผิวหน้าของอาหารนั้นจะเคลื่อนที่ผ่านไปยังผิวของน้ำมัน (Fellow, 1990) สอดคล้องกับ วิไล (2543) กล่าวว่า กระบวนการอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิสูงย่อมทำให้อากาศหรือลมร้อนภายในตู้อบถ่ายเทไปยังผิวของเมล็ดข้าวและทำให้น้ำในเมล็ดข้าวระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอได้เร็วกว่าการอบที่อุณหภูมิต่ำและส่งผลทำให้ความชื้นลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ค่า A_w และปริมาณความชื้นของข้าวอบแห้งและข้าวพองที่อุณหภูมิและระยะเวลาการอบแห้งต่างๆ กัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	A_w ข้าวอบแห้ง	ปริมาณความชื้น ข้าวอบแห้ง (ร้อยละ)	A_w ข้าวพอง	ปริมาณความชื้น ข้าวพอง (ร้อยละ)
60	4	$0.24^{a} \pm 0.01$	$0.73^{b} \pm 0.03$	$0.04^{bc} \pm 0.00$	$0.32^{a} \pm 0.02$
60	5	$0.16^{cd} \pm 0.01$	$0.70^{bc} \pm 0.05$	$0.03^{bc} \pm 0.00$	$0.25^{bc} \pm 0.01$
60	6	$0.15^{d} \pm 0.04$	$0.61^{e} \pm 0.01$	$0.03^{c} \pm 0.00$	$0.23^{c} \pm 0.02$
65	4	$0.19^{b} \pm 0.02$	$0.80^{a} \pm 0.05$	$0.05^{a} \pm 0.00$	$0.29^{ab} \pm 0.04$
65	5	$0.16^{c} \pm 0.01$	$0.67^{cd} \pm 0.02$	$0.04^{b} \pm 0.00$	$0.25^{bc} \pm 0.01$
65	6	$0.15^{d} \pm 0.04$	$0.64^{de} \pm 0.02$	$0.04^{b} \pm 0.00$	$0.21^{c} \pm 0.01$

หมายเหตุ : ^{a,b,c} อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2.) ค่าอัตราการพองตัวและค่าความหนาแน่นโดยรวมของข้าวพอง

จากตารางที่ 4.7 พบว่าอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งข้าวมีผลทำให้อัตราการพองตัวของข้าวพองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยการอบแห้งข้าวอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อนำมาผ่านกระบวนการทอดเป็นข้าวพองจะมีอัตราการพองตัวสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งข้าวที่อุณหภูมิและระยะเวลาอื่นๆ คือ 2.62 เท่า เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงและเวลาในการอบนานจะเร่งให้น้ำในเมล็ดข้าวระเหยกลายเป็นไอได้เร็วขึ้นทำให้เมล็ดข้าวมีเวลาในการดูดซับน้ำมากขึ้นส่งผลต่อการพองตัวของข้าว (Huff, 1992) ซึ่งสอดคล้องกับ Muragesan และ Bhattacharya (1991) พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงและเวลาในการอบนานข้าวจะมีการแตกตัวและมีรอยร้าวที่เมล็ดมากขึ้นเนื่องจากผลของความร้อนไปเร่งให้ความดันไอในเมล็ดข้าวออกอย่างรวดเร็วทำให้เมล็ดข้าวแตกตัวมากขึ้นและมีปริมาณความชื้นลดลง เมื่อนำไปทอดเป็นข้าวพองจะทำให้พองตัวได้น้อยเนื่องจากความชื้นของข้าวมีผลต่อการพองตัว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chandrasekhar และ Chattophayay (1991) กล่าวว่า เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้นความร้อนจะทำให้เมล็ดแป้งแตกออกเป็นผลให้อัตราการพองตัวลดลง นอกจากนั้นอัตราการพองตัวยังส่งผลต่อความหนาแน่นของข้าวเช่นกันโดยข้าวที่มีอัตราการพองตัวสูงจะมีความหนาแน่นต่ำ เนื่องจากการพองตัวเป็นผลมาจากความร้อนและความดัน (Heieh และ Luh, 1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) ค่าความกรอบของข้าวพอง

จากตารางที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบแห้งมีผลต่อคุณภาพของข้าวพองด้านความกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากการอบแห้งข้าวที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างกัน พบว่าข้าวอบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อนำมาทำเป็นข้าวพอง พบว่ามีค่าความกรอบสูงสุดโดยเป็นผลเนื่องจากปริมาณความชื้นในเมล็ดข้าวอบแห้งเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูงและมีระยะเวลาในการอบเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณความชื้นลดลง เมื่อนำมาผ่านกระบวนการทอดจะทำให้ข้าวพองตัวได้น้อยซึ่งอัตราการพองตัวยังส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวพอง คือ เมล็ดข้าวที่มีการพองตัวได้ดีจะส่งผลให้มีความกรอบเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นถ้าอุณหภูมิที่ใช้ต่ำเกินไปอาจจะทำให้ข้าวไม่พองหรือพองตัวได้น้อยลงแต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปก็จะทำให้ข้าวไหม้ก่อนที่จะพองซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพของข้าวพอง (Murugesan และ Bhattacharya, 1991) ค่าความกรอบมีความสัมพันธ์กันกับอัตราการพองตัวของข้าว กล่าวคือ ข้าวที่มีอัตราการพองตัวดีจะมีความกรอบมากเนื่องจากการพองตัวของเมล็ดข้าวทำให้ภายในเมล็ดของข้าวมีความโปร่งส่งผลให้ข้าวมีความเปราะและมีความกรอบมากกว่าข้าวที่มีอัตราการพองตัวได้น้อย (ไพบูลย์, 2545)

4.) ค่าสี (L^*, a^*, b^*) ของข้าวพอง

จากตารางที่ 4.7 พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบแห้งมีผลต่อค่าความสว่างของข้าวพองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยข้าวอบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อนำมาทำเป็นข้าวพอง พบว่า มีค่าความสว่าง (L^*) สูงสุด คือ 79.10 มีค่าความเป็นสีแดง (a^*) 0.34 และค่าเป็นสีเหลือง (b^*) 18.22 ซึ่งมีค่าต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวพองจากการอบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาอื่นๆ การที่ข้าวพองมีความค่าสว่างลดลงและมีสีเข้มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการอบเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งจึงทำให้สีของข้าวพองเปลี่ยนแปลงไปทำให้สีของข้าวพองในแต่ละสภาวะมีความแตกต่างกัน (นิธิยา, 2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 อัตราการพองตัว ความหนาแน่นและความกรอบและค่าสีของข้าวพองที่อุณหภูมิและเวลาการอบแห้งต่างๆ กัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	อัตราการพองตัว	ความหนาแน่นข้าวพอง (กรัม/ซม^3)	ความกรอบ (จำนวนพีค)	L^*	a^*	b^*
60	4	$2.62^{a} \pm 0.39$	$0.16^{c} \pm 0.02$	$77.60^{a} \pm 5.50$	$79.10^{a} \pm 0.05$	$0.34^{e} \pm 0.01$	$18.22^{e} \pm 0.10$
60	5	$2.02^{b} \pm 0.18$	$0.18^{bc} \pm 0.05$	$72.05^{abc} \pm 1.00$	$76.07^{d} \pm 0.04$	$1.60^{d} \pm 0.04$	$20.60^{d} \pm 0.14$
60	6	$1.90^{bc} \pm 0.29$	$0.22^{a} \pm 0.01$	$70.00^{bc} \pm 2.64$	$76.46^{c} \pm 0.06$	$2.61^{c} \pm 0.05$	$22.12^{b} \pm 0.04$
65	4	$1.70^{bc} \pm 0.12$	$0.23^{a} \pm 0.02$	$67.07^{c} \pm 6.05$	$77.22^{b} \pm 0.12$	$2.53^{c} \pm 0.04$	$21.20^{c} \pm 0.04$
65	5	$1.61^{bc} \pm 0.22$	$0.19^{b} \pm 0.05$	$77.00^{ab} \pm 2.10$	$73.35^{e} \pm 0.20$	$4.20^{b} \pm 0.06$	$21.40^{c} \pm 0.10$
65	6	$1.50^{c} \pm 0.11$	$0.19^{b} \pm 0.01$	$68.70^{c} \pm 1.00$	$72.80^{f} \pm 0.10$	$4.35^{a} \pm 0.07$	$22.40^{a} \pm 0.25$

หมายเหตุ : ^{a,b,c} อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.4.2 ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวพองที่ทำจากข้าวอบแห้งที่มีอุณหภูมิและเวลาในการอบต่างกัน

จากผลการศึกษาสภาวะการอบแห้งข้าว โดยศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งข้าวที่แตกต่างกันคืออุณหภูมิ 60 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4, 5 และ 6 ชั่วโมงจากนั้นนำข้าวอบแห้งจากการอบในทุกสภาวะมาผ่านกระบวนการทอดเป็นข้าวพองแล้วนำมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยและนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการประเมินแบบ 9 - point hedonic scale ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่อบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ กัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	ลักษณะปรากฏ	ความแข็ง	ความกรอบ	ความชอบโดยรวม
60	4	$7.40^{a} \pm 0.40$	$7.33^{a} \pm 0.75$	$7.50^{a} \pm 0.80$	$7.53^{a} \pm 0.90$
60	5	$6.96^{ab} \pm 0.70$	$6.30^{b} \pm 0.80$	$6.70^{b} \pm 0.90$	$6.50^{bc} \pm 0.80$
60	6	$7.00^{ab} \pm 0.64$	$6.00^{bc} \pm 0.91$	$6.40^{bc} \pm 1.10$	$6.66^{b} \pm 0.75$
65	4	$6.66^{bc} \pm 0.80$	$5.66^{c} \pm 1.10$	$5.93^{cd} \pm 0.94$	$6.10^{cd} \pm 0.94$
65	5	$6.50^{c} \pm 0.90$	$5.93^{bc} \pm 1.04$	$5.96^{cd} \pm 1.02$	$6.23^{bc} \pm 0.93$
65	6	$6.23^{c} \pm 1.10$	$5.63^{c} \pm 1.10$	$5.53^{d} \pm 1.10$	$5.60^{d} \pm 1.13$

หมายเหตุ : ^{a,b,c} อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ทำจากข้าวพองในการอบแห้งที่มีอุณหภูมิและเวลาต่างกัน โดยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9 - point hedonic scale ดังแสดงในตารางที่ 4.8 พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบแห้งข้าวต่างๆ กันมีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว โดยทำจากข้าวอบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ กันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทางด้านลักษณะปรากฏ ความแข็ง ความกรอบและความชอบโดยรวม พบว่าขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยที่ทำจากข้าวพองโดยใช้ข้าวอบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ได้รับคะแนนสูงสุดในทุกคุณลักษณะซึ่งเป็นคะแนนระดับความชอบปานกลาง โดยผู้ทดสอบชิมให้ความเห็นว่าผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยที่ทำจากข้าวพองโดยใช้ข้าวอบแห้งอุณหภูมิและเวลานี้จะให้เนื้อสัมผัสกรอบ ข้าวพองจะมีลักษณะเป็นเมล็ดข้าวที่พองตัวได้ค่อนข้างดี เมื่อรับประทานแล้วจะรู้สึกว่าเมล็ดข้าวพองมีความกรอบมากกว่าเมื่อเทียบกับการอบแห้งข้าวที่อุณหภูมิและเวลาอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลจากการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสี อัตราการพองตัวและคุณภาพเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ (ตารางที่ 4.7) พบว่าข้าวพองที่ทำจากข้าวอบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จะมีค่าความสว่างสูงสุด มีอัตราการพองตัวดีและมีความกรอบมากกว่าข้าวพองที่ทำจากข้าวอบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาอื่นๆ สอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวพองที่ทำจากข้าวอบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด ดังนั้นจึงเลือกการอบแห้งข้าวที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง มาทำเป็นข้าวพองเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวต่อไป

4.5 ผลการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

4.5.1 คุณภาพทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่ใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสต่างกัน

1.) ปริมาณความชื้นและค่า A_w ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่ใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสต่างกัน

จากตารางที่ 4.9 พบว่าปริมาณความชื้นและค่า A_w ของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่ใช้ปริมาณและสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสต่างกันจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินปริมาณ 15 กรัมต่อข้าวพอง 50 กรัม จะมีปริมาณความชื้นและค่า A_w ต่ำสุด เนื่องจากมอลโตเด็กซ์ตรินมีความสามารถในการดูดความชื้นต่ำ จากการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสารที่ช่วยในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสทั้งกลูโคสไซรัปและมอลโตเด็กซ์ตรินในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวจะทำให้ปริมาณความชื้นและค่า A_w ลดลง เนื่องจากการเพิ่มปริมาณสารที่ช่วยในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสทั้ง 2 ชนิดทำให้ซอสผัดไทยมีความเข้มข้นขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ปริมาณความชื้นและค่า A_w ลดลง (เพ็ชรรัตน์, 2553)

2.) ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่ใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสต่างกัน

จากตารางที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่าชนิดและปริมาณของสารที่ช่วยในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสมีผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่ใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสคือ กลูโคสไซรัปปริมาณ 5 กรัมต่อข้าวพอง 50 กรัมจะมีความแข็งต่ำสุด 7.30 กิโลกรัม.แรง ส่วนการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินปริมาณ 15 กรัมต่อข้าวพอง 50 กรัมจะมีค่าความแข็งสูงสุด 14.80 กิโลกรัม.แรง เนื่องจากองค์ประกอบกลูโคสไซรัปมีค่าสมมูลเด็กซ์โทรส dextrose equivalent (DE) อยู่ในช่วงที่กว้างซึ่งการใช้จะอยู่ในระดับปกติคือมีค่า DE 38 - 48 ซึ่งมีค่ามากกว่ามอลโตเด็กซ์ตรินที่มีค่า DE 5 - 20 เมื่อนำสารช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่มีคุณสมบัติต่างกันมาใช้ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแตกต่างกันโดยพบว่า การใช้กลูโคสไซรัปเป็นสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสจะทำให้ผลิตภัณฑ์มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนืดและความเข้มข้นน้อยกว่าการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินสอดคล้องกับการศึกษาของ Siew Young (2007) รายงานว่า การเติมมอลโตเด็กซ์ตรินเป็นสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสจะมีคุณสมบัติในการเพิ่มปริมาณของแข็งเริ่มต้นในอาหารจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดเพิ่มขึ้นสัดส่วนของน้ำในผลิตภัณฑ์ลดลงและมีความชื้นต่ำ สอดคล้องกับการวิจัยของ สุวรรณา (2543) พบว่า การใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่มีค่าสมมูลเด็กซ์โทรส dextrose equivalent (DE) ต่ำจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดส่งผลให้มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นและทนต่อการแตกหักได้ดี

ตารางที่ 4.9 ปริมาณความชื้น ค่า A_w ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่ใช้สารปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสต่างกัน

ชนิด	ปริมาณ (กรัม)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	A_w	ความแข็ง (กิโลกรัม.แรง)
กลูโคสไซรัป	5	$7.84^{a} \pm 0.10$	$0.43^{a} \pm 0.04$	$7.30^{d} \pm 0.19$
กลูโคสไซรัป	10	$6.10^{b} \pm 0.33$	$0.35^{b} \pm 0.05$	$9.00^{bcd} \pm 0.11$
กลูโคสไซรัป	15	$5.30^{d} \pm 0.12$	$0.34^{b} \pm 0.05$	$9.56^{bc} \pm 0.38$
มอลโตเด็กซ์ตริน	5	$5.80^{c} \pm 0.14$	$0.34^{b} \pm 0.01$	$7.72^{d} \pm 0.26$
มอลโตเด็กซ์ตริน	10	$5.60^{c} \pm 0.22$	$0.34^{b} \pm 0.05$	$8.58^{cd} \pm 0.13$
มอลโตเด็กซ์ตริน	15	$5.00^{c} \pm 0.10$	$0.30^{c} \pm 0.04$	$14.80^{a} \pm 0.42$

หมายเหตุ : ^{a,b,c} อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.5.2 ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่ใช้สารปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสต่างกัน

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่ใช้ชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสต่างกันด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9 - point hedonic scale ดังแสดงในตารางที่ 4.10 พบว่าชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสมีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทางด้านคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ ความแข็ง การเกาะตัวกันและความชอบโดยรวม โดยขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยที่ใช้กลูโคสไซรัปปริมาณ 5 กรัมต่อข้าวพอง 50 กรัม ได้รับคะแนนสูงสุดในทุกคุณลักษณะเป็นคะแนนที่อยู่ระดับความชอบปานกลาง โดยผู้ทดสอบชิมให้ความเห็นว่า ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยใช้กลูโคสไซรัปปริมาณ 5 กรัม จะมีเนื้อสัมผัสค่อนข้างดี คือไม่แข็งมากและนิ่มจนเกินไป เนื้อสัมผัสอยู่ในระดับปานกลางที่สามารถรับประทานได้ง่ายเมื่อเทียบกับขนมขบเคี้ยวที่ใช้ชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการวิเคราะห์ การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมแล้ว พบว่าขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่ใช้กลูโคสไซรัปปริมาณ 5 กรัม ต่อข้าวพอง 50 กรัม ได้รับความชอบรวมสูงสุดและเมื่อไปเชื่อมโยงกับผลค่าวิเคราะห์ทางกายภาพขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยที่ใช้ชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสต่างกัน (ตารางที่ 4.9) จะพบว่าขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่ใช้กลูโคสไซรัปปริมาณ 5 กรัม ต่อข้าวพอง 50 กรัม จะมีค่าความแข็งต่ำสุด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่ใช้กลูโคสไซรัปปริมาณ 5 กรัม ต่อข้าวพอง 50 กรัม เพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว และนำไปใช้ทดสอบความชอบของผู้บริโภคในข้อต่อไป

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่ใช้ชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสต่างกัน

ชนิด	ปริมาณ (กรัม)	ลักษณะปรากฏ	ความแข็ง	การเกาะตัวกัน	ความชอบโดยรวม
กลูโคสไซรัป	5	$7.13^{a} \pm 1.01$	$7.40^{a} \pm 1.19$	$7.20^{a} \pm 1.23$	$7.36^{a} \pm 1.09$
กลูโคสไซรัป	10	$6.80^{a} \pm 1.02$	$5.86^{bc} \pm 1.22$	$6.00^{b} \pm 1.46$	$5.96^{c} \pm 1.32$
กลูโคสไซรัป	15	$6.50^{abc} \pm 1.05$	$5.33^{cd} \pm 1.49$	$5.56^{bc} \pm 1.54$	$5.60^{c} \pm 1.49$
มอลโตเด็กซ์ตริน	5	$5.90^{cd} \pm 1.42$	$4.53^{e} \pm 0.97$	$5.13^{cd} \pm 1.19$	$4.73^{d} \pm 0.94$
มอลโตเด็กซ์ตริน	10	$6.06^{bc} \pm 1.48$	$4.76^{de} \pm 0.61$	$5.26^{cd} \pm 1.25$	$4.90^{d} \pm 1.39$
มอลโตเด็กซ์ตริน	15	$5.36^{d} \pm 1.15$	$4.20^{e} \pm 0.76$	$4.80^{d} \pm 0.99$	$4.33^{d} \pm 0.84$

หมายเหตุ : ^{a,b,c} อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.6 ผลการศึกษาการทดสอบความชอบของผู้บริโภค

ทำการทดสอบโดยให้ผู้ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวแล้วตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรม ทัศนคติและความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 5 - Point hedonic scale และผลการทดสอบหลังการชิมผลิตภัณฑ์ จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ดังแสดงในตารางที่ 4.11 จากการตอบแบบสอบถามของผู้บริโภคเป้าหมายจำนวน 121 คน ณ สถาบันการศึกษา ห้างสรรพสินค้า โรงแรมและร้านจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าสามารถจำแนกเป็นเพศหญิง 81 คน และเพศชาย 40 คนโดยส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 21 - 30 ปี ระดับการศึกษาปริญญาตรีและมีรายได้อยู่ในช่วง 15,000 - 30,000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจากการทดสอบความชอบต่อผลิตภัณฑ์

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ร้อยละ
เพศ	
ชาย	33.1
หญิง	66.9
อายุ	
15 – 20 ปี	6.6
21 – 30 ปี	51.2
31 – 40 ปี	19.8
41 – 50 ปี	14.9
51 ปีขึ้นไป	7.4
ระดับการศึกษา	
ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย	13.2
มัธยมศึกษาตอนปลาย	9.9
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	1.7
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	5
ปริญญาตรี	55.4
สูงกว่าปริญญาตรี	14.9
อาชีพ	
นักเรียน/นิสิต/นักศึกษา	33.6
ข้าราชการ/ครู/อาจารย์	10.9
พนักงานบริษัท	25.2
ธุรกิจส่วนตัว	22.7
รับจ้าง/ค้าขาย/งานบริการ	7.6
รายได้ต่อเดือนโดยประมาณ	
น้อยกว่า 5,000 บาท	15.7
5,000 – 10,000 บาท	18.2
10,000 – 15,000 บาท	16.5
15,000 – 20,000 บาท	19
20,000 – 30,000 บาท	19
สูงกว่า 30,000 บาท	11.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.12 แสดงผลของแบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมและทัศนคติต่อการรับประทานขนมขบเคี้ยว พบว่าผู้ที่เคยรับประทานขนมขบเคี้ยวจำนวน 121 คน และไม่เคยรับประทานขนมขบเคี้ยวจำนวน 20 คน โดยจุดประสงค์ส่วนใหญ่ในการรับประทานขนมขบเคี้ยวคือเพื่อเป็นอาหารว่างและความเพลิดเพลิน ความถี่ในการรับประทานขนมขบเคี้ยว คือมากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์ โดยขนมขบเคี้ยวที่ชอบรับประทานได้แก่ ประเภทมันฝรั่ง สาหร่าย และปลาสวรรค์ ปลาเส้น สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการรับประทานขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง พบว่ามีผู้ที่เคยรับประทานขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง จำนวน 92 คน และไม่เคยรับประทานขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจำนวน 29 คน สาเหตุที่เลือกรับประทานขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเพราะมีความสะดวกในการรับประทานจำนวน 45 คน รองลงมาคือ อยากทดลองรับประทานจำนวน 32 คน ส่วนใหญ่รับประทานขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสช็อกโกแลตและรองลงมาคือรสคาราเมล ส่วนแหล่งในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ขนม ขบเคี้ยวชนิดแท่ง คือ ร้านสะดวกซื้อจำนวน 78 คน และซุปเปอร์มาร์เก็ตจำนวน 54 คน จากการสอบถามความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับการนำข้าวพองมาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งโดยดัดแปลงให้มีรสชาติแบบอาหารไทย พบว่าผู้บริโภคเห็นด้วยจำนวน 78 คน โดยเหตุผลจากผู้บริโภคที่เห็นด้วยเพราะจะได้มีผลิตภัณฑ์ขนมที่มีความแปลกใหม่และอยากอนุรักษ์อาหารไทยเพื่อที่จะสร้างมูลค่าเพิ่มให้อาหารไทย

ตารางที่ 4.12 ข้อมูลพฤติกรรมและทัศนคติต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

ข้อมูลสำรวจ	ผลการสำรวจผู้บริโภค	ร้อยละ
เคยรับประทานขนมขบเคี้ยว	เคย	83.5
	ไม่เคย	16.5
จุดประสงค์ในการรับประทานขนมขบเคี้ยว	เป็นอาหารว่าง	59.4
	รับประทานแทนอาหารมื้อหลัก	2
	เพื่อความเพลิดเพลิน	45.5
	ความสะดวกในการรับประทาน	13.9
	ช่วยผ่อนคลาย	17.8
	หาซื้อได้ง่าย	13.9
	มีรสชาติที่หลากหลาย	25.7
ความถี่ในการรับประทานขนมขบเคี้ยว	ประจำทุกวัน	16.7
	1 ครั้ง/สัปดาห์	22.5
	มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	50
	เดือนละครั้ง	10.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 (ต่อ) ข้อมูลพฤติกรรมและทัศนคติต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

ข้อมูลสำรวจ	ผลการสำรวจผู้บริโภค	ร้อยละ
ประเภทขนมขบเคี้ยวในการรับประทาน	ประเภทมันฝรั่ง	61.8
	ประเภทปลาสวรรค์ ปลาเส้น	41.2
	ประเภทข้าวเกรียบ	28.4
	ประเภทสาหร่าย	41.2
	ประเภทแป้งขึ้นรูป	18.6
	ประเภทธัญพืชอบกรอบ	22.5
	ประเภทขนมไทยดั้งเดิม เช่น ข้าวแต๋น ข้าวตังกระยาสารท อื่นๆ	31.4
เคยรับประทานขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง	เคย	91.1
	ไม่เคย	8.9
รสชาติขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งในการรับประทาน	ช็อกโกแลต	76.1
	เนยถั่ว	22.8
	คาราเมล	54.3
	น้ำผึ้ง	21.7
	ช็อกโกแลตกล้วย	16.3
	ผลไม้รวม	25
	อื่นๆ	1.1
เลือกซื้อขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากที่ใด	ห้างสรรพสินค้า	44
	ซุปเปอร์มาร์เก็ต	59.3
	ร้านสะดวกซื้อ	85.7
	ร้านเบเกอรี่หรือร้านจำหน่ายผลิตภัณฑ์ขนมต่างๆ	17.6

หมายเหตุ จำนวนผู้ทดสอบทั้งหมด 121 คน

จากตารางที่ 4.13 ผลของการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว ด้วยผู้ทดสอบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยวิธี 5 - Point Hedonic Scale รวมถึงให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ พบว่าหลังจากผู้ทดสอบได้ชิมผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวผู้ทดสอบได้ให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และความชอบโดยรวมที่ระดับความชอบเฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อยอยู่ในช่วง 3.60 – 4.01 ส่วนความชอบด้านรสชาติ ให้คะแนนความชอบที่ระดับความชอบเล็กน้อย คือ 4.01

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภค

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ
ลักษณะปรากฏ	3.87 ± 0.79
สี	3.90 ± 0.83
กลิ่น	3.86 ± 0.98
รสชาติ	3.95 ± 0.97
เนื้อสัมผัส	3.60 ± 1.02
ความชอบ/ความพึงพอใจโดยรวม	4.01 ± 0.85

ผลการทดสอบความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวของผู้บริโภค พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์ที่ระดับความชอบเล็กน้อย คือ 4.01 และให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยรสผัดไทยจากข้าวที่ระดับร้อยละ 81.8 ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวคือ ความแปลกใหม่ของผลิตภัณฑ์ร้อยละ 53.5 รองลงมาคือด้านรสชาติร้อยละ 52.3 ด้านกลิ่นรสร้อยละ 18.2 ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.14

จากแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่ผู้ทดสอบให้คำแนะนำเพิ่มเติมว่า ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งควรมีเนื้อสัมผัสที่กรอบมากขึ้นเพื่อที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสน่ารับประทานยิ่งขึ้น ในด้านรสชาติควรจะปรับความเข้มข้นของตัวซอสผัดไทยให้เข้มข้นน้อยลงเนื่องจากถ้ารับประทานไปนานๆ จะทำให้รับประทานได้น้อย ด้านกลิ่นรสอยากให้ชูกลิ่นรสผัดไทยให้เด่นขึ้นกว่าเดิมเพราะกลิ่นรสมีความคล้ายกับหมี่กรอบเพื่อที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีเอกลักษณ์มากขึ้น ในด้านรูปร่างของผลิตภัณฑ์อยากให้มีขนาดพอเหมาะสำหรับการรับประทาน อาจจะปรับรูปแบบของขนาดและมีรูปแบบต่างๆ เพื่อให้มีความแปลกใหม่ มีความสะดวกในการรับประทานยิ่งขึ้น นอกจากนี้ผู้บริโภคยังมีความคิดเห็นว่าผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ที่แปลกใหม่ยังไม่ในตลาดอีกทั้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นเอกลักษณ์ของความเป็นไทยจึงมีโอกาสที่จะสามารถวางจำหน่ายได้ ถ้าได้รับการพัฒนาและปรับปรุงให้มีความทันสมัยเพื่อให้ตรงกับความต้องการของตลาดในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

ข้อมูลสำรวจ	ร้อยละ
ความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์ข้าวพองมาประยุกต์เป็นขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งโดยดัดแปลงให้มีรสชาติแบบอาหารไทย	
เห็นด้วย	78
เฉยๆ	12
ไม่เห็นด้วย	3
การยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว	
ยอมรับ	99
ไม่ยอมรับ	22
ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว	
ความแปลกใหม่	53.5
รสชาติ	52.5
กลิ่นรส	18.2

จากผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมีอายุอยู่ในช่วง 21 - 30 ปี เป็นนักเรียน นิสิต นักศึกษาในระดับปริญญาตรีมีรายได้ต่อเดือนอยู่ระหว่าง 15,000 - 30,000 บาท นิยมรับประทานขนมขบเคี้ยวประเภทมันฝรั่งเป็นอาหารว่างและเพื่อความเพลิดเพลินมากกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ซึ่งเคยเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสช็อกโกแลตจากร้านสะดวกซื้อเพราะมีความสะดวกในการรับประทานและเห็นด้วยถ้ามีการนำข้าวพองมาประยุกต์ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีรสแบบอาหารไทย เมื่อผู้บริโภคได้ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์ในระดับเล็กน้อยถึงปานกลางและให้การยอมรับเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความแปลกใหม่ในด้านรสชาติและกลิ่นรส ผู้บริโภคยังมีข้อเสนอแนะต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว คือ อยากให้มีเนื้อสัมผัสที่กรอบมากขึ้น ด้านรสชาติควรลดความเข้มข้นของซอสผัดไทยและอยากให้ชูกลิ่นรสผัดไทยให้เด่นมากขึ้น ส่วนรูปร่างของผลิตภัณฑ์ควรมีขนาดเล็กลงเพื่อให้รับประทานได้ง่ายขึ้นนอกจากนั้นผู้บริโภคยังแนะนำว่าผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ที่แปลกใหม่มีความเป็นเอกลักษณ์ซึ่งสามารถวางจำหน่ายได้ถ้ามีการพัฒนาปรับปรุงทางด้านๆ ให้มีความทันสมัยเพื่อให้ตรงความต้องการของตลาดในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 ผลอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

4.7.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

1.) ค่า A_w ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

จากการทดลองและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว จนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเหมาะสมและได้รับการยอมรับมาศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ โดยเก็บรักษาที่สภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง) และสภาวะเร่งอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสในถุงลามิเนตอะลูมิเนียมฟอยล์เป็นเวลา 1 เดือน จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวดังแสดงในตารางที่ 4.15 และตารางที่ 4.16 พบว่าค่า A_w ที่เก็บรักษาอุณหภูมิห้องมีค่าที่ไม่เปลี่ยนแปลงในสัปดาห์ที่ 1 - 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่จะมีค่าลดลงในสัปดาห์ที่ 4 โดยมีค่าเท่ากับ 0.39 - 0.40 ซึ่งต่างกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่า A_w ลดลงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 และมีค่าคงที่ในสัปดาห์ที่ 3 - 4 มีค่าอยู่ในช่วง 0.35 - 0.39 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า A_w จะมีค่าค่อนข้างต่ำโดยโมเลกุลของน้ำจะมีความคงตัวมีการเกาะตัวกันอย่างเหนียวแน่นลักษณะดังกล่าวจะส่งผลให้ค่า A_w ของผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (นิธิยา, 2548) ในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งควรมีค่า A_w ไม่เกิน 0.5 โดยถ้าปริมาณ A_w ที่สูงเกินไปจะส่งผลต่อการเกาะตัวกันของผลิตภัณฑ์ (กมลวรรณ และคณะ, 2547)

2.) ปริมาณความชื้น

ค่าปริมาณความชื้นดังแสดงในตารางที่ 4.15 และตารางที่ 4.16 พบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น โดยมีค่าความชื้นร้อยละ 10.00 - 15.05 การเปลี่ยนแปลงความชื้นในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลานานจะเกิดการดูดซับความชื้นและมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในบรรจุภัณฑ์มากขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อระยะการเก็บรักษานาน (ยุพร, 2555)

3.) ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

จากตารางที่ 4.15 และตารางที่ 4.16 แสดงค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยที่เก็บรักษาอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้เป็นระยะเวลานานขึ้นคุณภาพเนื้อสัมผัสในด้านความแข็งจะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 7.09 -12.26 กิโลกรัม.แรง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเมื่อเก็บรักษาไว้นานจะเกิดการดูดซับความชื้นและมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มส่งผลต่อการสูญเสียเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสในระหว่างการเก็บรักษา (Coelman และคณะ, 2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.) ค่าเปอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

จากผลการทดลองและติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่เก็บรักษาอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 4.15 และตารางที่ 4.16 พบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งนานจะมีค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 0.27 - 4.40 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อน้ำมันและไขมัน 1 กิโลกรัม ค่าเปอร์ออกไซด์จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษาโดยค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและการเปลี่ยนแปลงของสารเปอร์ออกไซด์ซึ่งจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเก็บรักษาเนื่องจากการดูดความชื้นที่เพิ่มขึ้นจะเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันทำให้ผลิตภัณฑ์เหม็นหืน (จริยาและคณะ, 2551) สอดคล้องกับ รุ่งนภา (2549) กล่าวว่า อุณหภูมิภายนอกเป็นตัวแปรที่สำคัญการมีออกซิเจนในบริเวณที่ใกล้อาหารทำให้อัตราการเกิดออกซิเดชันเพิ่มขึ้นในทำนองเดียวกันน้ำมีบทบาทสำคัญเนื่องจากการออกซิเดชันไขมันในอาหารมักเกิดด้วยอัตราที่สูงที่ค่า A_w ต่ำ

5.) ค่าสี (L^*, a^*, b^*) ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

จากผลการเปลี่ยนแปลงค่าสี (L^*, a^*, b^*) ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่เก็บรักษาอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบว่ามีความแตกต่างของค่าความสว่าง (L^*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.15 และตารางที่ 4.16 โดยมีค่าความสว่าง (L^*) อยู่ในช่วง 51.62 - 61.08 เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นจะทำให้มีค่าความสว่างลดลง (ศิริธร, 2547) ส่งผลทำให้ผลตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ผลการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่เก็บรักษาในสภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง) ระยะเวลา 1 เดือน

เวลา (สัปดาห์)	ค่า A_w	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ความแข็ง (กิโลกรัม.แรง)	ค่าเปอร์ออกไซด์ (meq/kg)	L^*	a^*	b^*
0	$0.39^{a} \pm 0.00$	$10.00^{d} \pm 0.00$	$12.26^{a} \pm 1.10$	$0.27^{e} \pm 0.02$	$61.08^{a} \pm 1.08$	$1.52^{d} \pm 0.06$	$21.59^{a} \pm 0.08$
1	$0.40^{a} \pm 0.00$	$10.10^{d} \pm 0.07$	$8.51^{b} \pm 0.02$	$1.46^{d} \pm 0.23$	$58.06^{b} \pm 0.13$	$2.02^{c} \pm 0.12$	$20.20^{b} \pm 0.19$
2	$0.40^{a} \pm 0.00$	$11.43^{c} \pm 0.02$	$8.40^{bc} \pm 0.27$	$2.78^{c} \pm 0.01$	$57.34^{b} \pm 0.11$	$2.39^{b} \pm 0.10$	$19.82^{c} \pm 0.06$
3	$0.40^{a} \pm 0.00$	$11.64^{b} \pm 0.03$	$7.50^{cd} \pm 0.05$	$3.19^{b} \pm 0.01$	$55.27^{c} \pm 0.04$	$2.65^{a} \pm 0.06$	$19.20^{d} \pm 0.21$
4	$0.36^{b} \pm 0.00$	$12.24^{a} \pm 0.03$	$7.09^{d} \pm 0.24$	$4.25^{a} \pm 0.11$	$53.73^{d} \pm 1.50$	$2.77^{a} \pm 0.08$	$18.54^{e} \pm 0.19$

หมายเหตุ : ^{a,b,c} อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

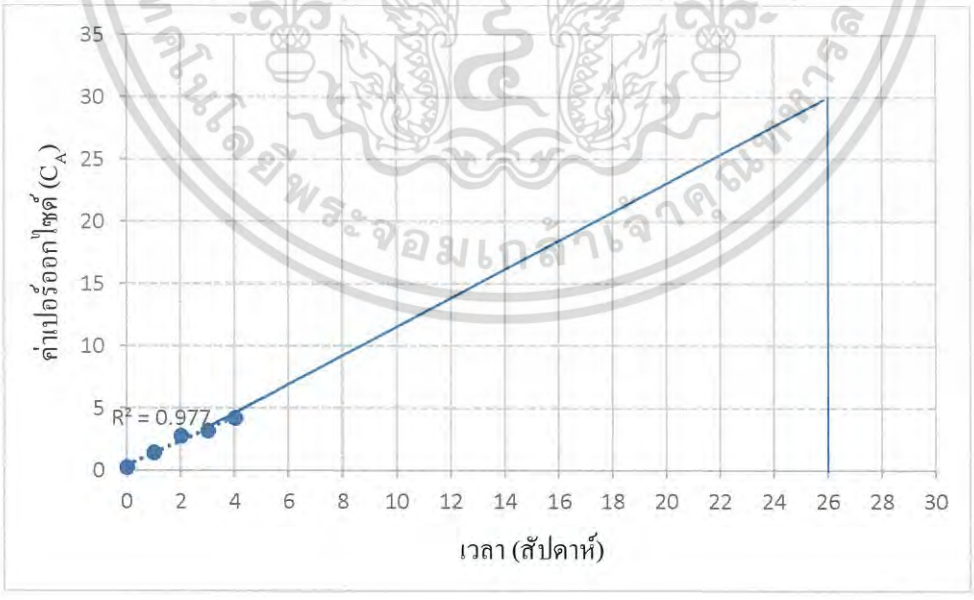
ตารางที่ 4.16 ผลการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่เก็บรักษาในสภาวะเร่ง (อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 1 เดือน

เวลา (สัปดาห์)	ค่า A_w	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ความแข็ง (กิโลกรัม.แรง)	ค่าเปอร์ออกไซด์ (meq/kg)	L^*	a^*	b^*
0	$0.39^{a} \pm 0.00$	$10.00^{d} \pm 0.00$	$12.25^{a} \pm 1.08$	$0.27^{d} \pm 0.02$	$61.08^{a} \pm 1.08$	$1.52^{d} \pm 0.64$	$21.59^{a} \pm 0.03$
1	$0.38^{a} \pm 0.00$	$11.64^{c} \pm 0.23$	$11.62^{a} \pm 0.38$	$1.78^{c} \pm 0.01$	$58.95^{b} \pm 0.82$	$2.43^{c} \pm 0.03$	$20.45^{b} \pm 0.24$
2	$0.35^{b} \pm 0.00$	$11.94^{b} \pm 0.01$	$11.35^{a} \pm 0.05$	$3.01^{b} \pm 0.00$	$57.51^{c} \pm 0.36$	$2.48^{c} \pm 0.04$	$19.73^{c} \pm 0.25$
3	$0.35^{b} \pm 0.00$	$12.08^{b} \pm 0.06$	$9.58^{b} \pm 0.09$	$4.18^{a} \pm 0.01$	$56.84^{c} \pm 0.08$	$2.68^{b} \pm 0.13$	$19.30^{d} \pm 0.01$
4	$0.35^{b} \pm 0.00$	$15.05^{a} \pm 0.08$	$8.39^{c} \pm 0.27$	$4.40^{a} \pm 0.02$	$55.04^{d} \pm 0.73$	$2.96^{a} \pm 0.02$	$18.68^{e} \pm 0.12$

หมายเหตุ : ^{a,b,c} อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

6.) การคำนวณอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

จากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จากผลการติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ พบว่าการเก็บรักษาขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่อุณหภูมิห้องมีค่าเปอร์ออกไซด์น้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมีทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดกลิ่นหืนได้ช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จึงเลือกการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวที่อุณหภูมิห้องมาคำนวณอายุการเก็บโดยนำข้อมูลค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) มาเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวได้ผลดังแสดงในภาคผนวก ก1.4 เมื่อนำข้อมูลมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์ออกไซด์กับเวลาเพื่อหาอันดับของปฏิกิริยา ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสร้างกราฟความสัมพันธ์ พบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าเปอร์ออกไซด์กับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นปฏิกิริยาอันดับศูนย์ เนื่องจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง C_A ค่าเปอร์ออกไซด์กับเวลาการเก็บรักษา (t) มีลักษณะเป็นเส้นตรงที่มีค่า R^2 สูงที่สุด คือ 0.977 จึงเลือกใช้ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ในการคำนวณและได้มีการกำหนดค่าเปอร์ออกไซด์ที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์เท่ากับ 30 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อน้ำมันหรือไขมัน 1 กิโลกรัม ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกระยาสารท (2559) ดังนั้น เมื่อลากเส้นตรงต่อไปจนถึงค่าเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 30 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อน้ำมันหรือไขมัน 1 กิโลกรัม (y = 30) จะพบว่าผลิตภัณฑ์จะมีอายุในการเก็บรักษา 26 สัปดาห์ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวเทียบกับอายุการเก็บรักษาที่ลำดับปฏิกิริยาอันดับศูนย์ที่มีการลากเส้นตรงต่อไปจนตัดค่าแกน y ที่ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.2 การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

ผลของการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวในระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง) และสภาวะเร่งอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ในถุงลามิเนตอะลูมิเนียมฟอยล์เป็นเวลา 1 เดือน ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์ ราของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)		ปริมาณยีสต์และรา (CFU/g)	
	อุณหภูมิห้อง	45 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิห้อง	45 องศาเซลเซียส
0	$<1\times10^{1}$	$<1\times10^{1}$	$<1\times10^{1}$	$<1\times10^{1}$
1	$<3\times10^{1}$	$<2\times10^{1}$	$<1\times10^{1}$	$<1\times10^{1}$
2	$<3\times10^{1}$	$<3\times10^{1}$	$<2\times10^{1}$	$<1\times10^{1}$
3	$<3\times10^{1}$	$<3\times10^{1}$	$<2\times10^{1}$	$<2\times10^{1}$
4	$<3\times10^{1}$	$<3\times10^{1}$	$<2\times10^{1}$	$<2\times10^{1}$

จากตารางที่ 4.17 พบว่าตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์รา เมื่อเข้าสัปดาห์ที่ 1 และมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาเก็บ 4 สัปดาห์ ทั้งนี้อาจเนื่องจากผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งมีค่า A_w ต่ำ จึงไม่เหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกระยาสารท (2559) ดังแสดงในภาคผนวก ฉ ซึ่งกำหนดให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1×10^{6} โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

4.7.3 ผลของการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

จากผลการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวบรรจุในถุงลามิเนตอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผนึกในสภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่าค่า A_w มีค่าลดต่ำลง ณ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยมีค่า A_w ต่ำกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ส่วนค่าปริมาณความชื้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยมีค่าต่ำกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในสัปดาห์ที่ 1 และค่าเปอร์ออกไซด์จะมีค่าสูงขึ้นในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมีค่าสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 โดยการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มเหม็นหืนมากกว่าอุณหภูมิห้องเป็นผลมากจากการลดลงของค่า A_w ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูดความชื้นได้เร็วและมีความชื้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดกลิ่นหืน (ยุพร, 2555) ในด้านสีจะมีค่าความสว่างลดลงแต่ค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

ผลการตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกระยาสารท (มผช. 709/2559) โดยกำหนดให้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่น้อยกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. การเลือกซอสผัดไทยที่จะนำไปเป็นซอสในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง พบว่า สูตร 2 มีอัตราส่วนน้ำตาลมะพร้าวและน้ำมะขามเปียกร้อยละ 48.1: 25.9 และอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิในการเคี่ยวซอสที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์เนื่องจากมีความแข็งในระดับปานกลางและได้รับคะแนนความชอบสูงสุด

2. ข้าวเหนียวคือข้าวที่เหมาะสมในการผลิตเป็นข้าวพองเนื่องจากมีเนื้อสัมผัสด้านความกรอบและมีการพองตัวดี เมื่อนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจะมีความกรอบ เบา และเข้ากันกับซอสผัดไทยได้ดีเมื่อเทียบกับข้าวพองที่ทำจากข้าวชนิดอื่นๆ

3. การปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งโดยใช้กลูโคสไซรัปปริมาณ 5 กรัม ต่อข้าวพอง 50 กรัมจะมีคุณภาพเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ คือเนื้อสัมผัสที่พอดี ไม่นิ่มและแข็งมากจนเกินไปและได้คะแนนความชอบสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดและปริมาณการใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสอื่นๆ

4. จากการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว พบว่า ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ระดับชอบเล็กน้อยร้อยละ 81.8 โดยให้เหตุผลว่าเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งมีกลิ่นรสและรสชาติที่แปลกใหม่ โดยผู้บริโภคให้คำแนะนำเพิ่มเติมว่า อยากให้ปรับความเข้มข้นของซอสลงและมีเนื้อสัมผัสที่ความกรอบมากขึ้นนอกจากนั้นยังแนะนำเพิ่มเติมว่าควรจะมีการปรับเปลี่ยนรูปร่างให้มีความหลากหลายและด้านการตลาดควรมีการออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้น่าสนใจเพื่อให้มีความทันสมัยและดึงดูดผู้บริโภคในปัจจุบัน

5. จากการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว โดยบรรจุถุงลามิเนตอะลูมิเนียมฟอยด์เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 1 เดือนจากผลการวิเคราะห์พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 โดยมีค่าสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องซึ่งในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ค่าเปอร์ออกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาและทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดกลิ่นหืนเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนั้นยังส่งผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสด้านความแข็งมีค่าลดลงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความนิ่มเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความนิ่มเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น จากการประเมินอายุการเก็บรักษาในอุณหภูมิห้องโดยใช้ปฏิกิริยาจลนพลศาสตร์พบว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวสามารถเก็บได้นาน 26 สัปดาห์ จากผลการตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราอยู่อยู่ในเกณฑ์กำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกระยาสารท (มผช.709/2559)

5.2 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว ได้มีการศึกษากระบวนการทำข้าวพองโดยศึกษาทั้งชนิดและสภาวะที่เหมาะสมในการทำข้าวพองเพื่อนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ ดังนั้น แนวทางในการพัฒนาขั้นต่อไป คือการศึกษาวิธีการหรือกระบวนการทำข้าวพองในรูปแบบต่างๆ เช่น การทำข้าวพองโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการทอด การทำข้าวพองด้วยวิธีต่างๆ ที่คำนึงถึงสุขภาพเพื่อจะได้ตอบสนองผู้บริโภคในยุคปัจจุบันที่ให้ความสำคัญในด้านสุขภาพยิ่งขึ้น นอกจากนั้นควรจะมีการคิดค้นสูตรที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2532. **เทคโนโลยีน้ำตาล**. ภาควิทยาศาสตร์การอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เกสร สุนทรเสรี. 2541. **มะพร้าวต้นไม้แห่งชีวิต**. โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด. กรุงเทพฯ.

กองโภชนาการ. 2544. **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์การทหารผ่านศึก. นนทบุรี.

กมลทิพย์ สัจจากุล. 2546. **ผลของปริมาณอะมิโลสและสภาวะในการทอดต่อคุณลักษณะของแผ่นแป้งข้าวเจ้าทอด**. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร. คณะวิทยาศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

กมลวรรณ แจ้งชัด, อนุวัตร แจ้งชัด และประชา บุญญสิริกูล. 2547. **การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวจากข้าวผสมผลไม้โดยวิธีเอกซ์ทรูชัน**, น.61-72. ในการใช้ประโยชน์จากข้าวในการสร้างมูลค่าเพิ่มเพื่อการส่งออก. กองโครงการและประสานงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

กาญจนา อุตมะ, ประมวล ทาอาจ, ศิริพร วรรณภิละ และนันทินา ดำรงวัฒนกูล. 2550. **การปรับปรุงกระบวนการผลิตข้าวแต๋นเพื่อลดการใช้พลังงานและการเหม็นหืนของผลิตภัณฑ์**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.

เกษตร. 2559. **"เรื่องน่ารู้ ผักกาดหัว"**. เดลินิวส์. 24 (448) : 22. 19 กันยายน 2559.

งามชื่น คงเสรี. 2546. **ข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าว**. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550. **การบรรจุอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 1. เอส.พี.เอ็ม การพิมพ์จำกัด. กรุงเทพฯ.

จริญญา จิโรจน์กุล. 2541. **การถ่ายเทความร้อนและมวลของการทอดในเครื่องทอดสุญญากาศ**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

จริยา คุณะวิภากร. 2542. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากข้าวกล้องหักหอมมะลิผสมเนยถั่วลิสง**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จันทร วรากุลเทพ, อัจฉรา กลีบงาม, วัชระ การไกล, ฉัตรแก้ว เกล้ารัตนา, ปทุมรัตน์ บัวแย้ม และ วันทา ยิ้มสุข. 2546. **เต้าหู้อาหารเพื่อสุขภาพ.** เพชรกะรัตสติวดิโอ. กรุงเทพฯ

จริยา สุขจันทรา และกามีละห์ หะมะ. 2551. **ผลของน้ำมันที่ใช้ทอดต่อคุณภาพกล้วยหินฉาบ.** วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 3(1) : 11 – 18.

ชูศักดิ์ สัจจพงษ์. 2550. **มะขามพืชสร้างอนาคต.** พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มติชน. กรุงเทพฯ.

เชาวลิต อุปฐาก. 2552. **การศึกษากรรมวิธีการผลิตเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย.** วิทยานิพนธ์คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ชูจิตร รินทะวงศ์. 2551. **การพัฒนากรรมวิธีการผลิตก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสำเร็จรูปแช่แข็ง.** รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

ธงชัย สุวรรณสิชณน์. 2535. **การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวจากแป้งถั่วลิสงไขมันต่ำผสมแป้งมันสำปะหลังชนิดพรีเจลาติไนซ์.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธวัช นุลินธรา และพิริยะ ศรีเจ้า. 2557. **การยืดอายุการเก็บสินค้าประเภททอดหรืออบกรอบด้วยบรรจุภัณฑ์.** วารสารสรรสาระ. 62 (195) : 14 – 17.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. **หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และไพโรจน์ วิริยจารี. 2547. **เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร.** พิมพ์ครั้งที่ 1. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. **วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน.** สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

น้ำทิพย์ กุหลาบ. 2548. **การพัฒนาข้าวกล้องหอมมะลิชนิดแท่งผสมเนยถั่วลิสง.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์. สาขาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นก อยู่วนา. 2552. **"เรื่องเรียงเคียงจาน."** ฉลาดซื้อ. 16 (106) : 14. กรุงเทพฯ.

นิดดา หงส์วิวัฒน์. 2557. **"หัวผักกาดขาว."** ครัว. 20 (240) : 22. กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2557. **เคมีอาหาร.** สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

บุปผา มงคงศิลป์. 2551. **ถั่วลิสง.** สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร. กรมส่งเสริมการเกษตร กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บุษกร ประดิษฐนิยกูล, ศิริวรรณ ตั้งแสงประทีป และสุพจน์ ประทีปถิ่นทอง. 2552. **การใช้บรรจุภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวในประเทศไทยและความต้องการของผู้บริโภค.** วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 24 (1) : 51 – 54.

ปกรณ์พรรณ เผือกสวัสดิ์. 2545. **กระบวนการผลิตข้าวพองด้วยไมโครเวฟเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์กราโนลาร์.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ปาริสุทธิ์ สงทิพย์. 2550. **การพัฒนาขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปรีหทัย บุญอากาศ. 2553. **การผลิตข้าวเหนียวมูนกึ่งสำเร็จรูป** . วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ปรียาฉัตร สังข์พระกร, ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์, ทวีศักดิ์ เตชะเกรียงไกร และณัฐิกา เพ็งลี. 2559. "ผลของวิธีการทำแห้งและเวลสในการทำให้พองตัวด้วยเตาอบไมโครเวฟต่อคุณภาพข้าวพองและการใช้ประโยชน์สำหรับการผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งรสลาบ." หน้า 347 – 353. ใน **การประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 14.** พิษณุโลก.

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, พิทยา อดุลยธรรม, จักรี ทองเรือง และวรัญญ ศรีเดช. 2545. **ข้าวพองเพื่อสุขภาพ.** รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ไพโรจน์ วิริยจารีและคณะ. 2552. **รายงานการวิจัยการเสริมคุณค่าทางโภชนาการของข้าวนึ่งอบแห้งและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร.** สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.

เพ็ชร ชินบุตร. 2555. **Snack Market in Thailand.** วารสาร Foods focus Thailand. ปีที่ 77 : 25 – 33.

ภัทธิรา เลิศปฤงคพ. 2551. **น้ำตาล.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ. กรุงเทพฯ.

ภารวี กุศลินกุล, มยุรี เหลืองวิลัย, เพชรนัน ตระกูลพานิช, ฉัตรภา หัตถโกศล และพร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล. 2558. **การพัฒนาขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันถั่วดาวอินคา.** วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 46 (3) : 345 – 348.

มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2551. **กุ้งแห้ง.** สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2554. **"ข้าวแต๋น".** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.app.tisi.go.th/otop/pdf_file/teps743_48.pdf. (27 ตุลาคม 2559)

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2559. **"กระยาสารท".** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.app/tisi.go.th/otop/pdf_file/teps709_59.pdf. (26 กรกฎาคม 2560)

ยุวดี จอมพิทักษ์. 2540. **เครื่องดื่มสมุนไพรเพื่อสุขภาพ.** สำนักพิมพ์หอสมุดกลาง. กรุงเทพฯ.

ยุทธนา เจียมตระการ. 2554. **ซองลามิเนต.** Plastic BI – weekly news. (ฉบับที่ 33).

ยุพร พืชกมุทร. 2555. **การถนอมและแปรรูปอาหารด้วยการทำแห้ง.** เอกสารการสอนชุดวิชาเทคโนโลยีการถนอมและแปรรูปอาหาร. สาขาวิชามนุษย์นิเวศศาสตร์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. กรุงเทพฯ. หน่วยที่ 4. หน้า 1-43.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2549. อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ หน้า 106 – 128. ใน รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต (ผู้รวบรวม). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิไล รังสาดทอง. 2543. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ:

วิไลลักษณ์ อิสระมงคลพันธุ์. 2547. **อาหารรสไทยแท้.** พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แม่บ้าน. กรุงเทพฯ.

วรรภา วงศ์แสงธรรม. 2547. **การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดแท่งจากคัพภะข้าวโพด.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วุฒิชัย นาครักษา, จุฑารัตน์ จรูญสิริเศษฐ์, ณัฐวรรณ อำนาจอนันต์ และสิริพร พงษ์วุฒิประพันธ์. 2548. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าชนิดแท่งแบบเหนียวนุ่มจากข้าวพอง.** วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง. 13 (2) : 75 – 79.

วัชรี สุขวิวัฒน์ และ สุนันทา วงศ์ปิยชน. 2551. **ผลิตภัณฑ์ข้าวพองอัดแท่ง.** สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. ปทุมธานี.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย และกมลวรรณ แจ้งชัด. 2544. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการผลิตขนมอบ.** ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริธร ศิริอมรพรรณ. 2547. **ข้าวพองสไตล์ญี่ปุ่น.** รายงานการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. มหาสารคาม.

ศานิต สวัสดิกาญจน์. 2558. **พืชน้ำมัน : ถั่วลิสง.** พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

สุวรรณา สุภิมารส. 2543. **เทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและช็อกโกแลต.** สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สงกรานต์ จิตรากร. 2544. **ข้าวกับวิถีชีวิตคนไทย.** สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. กรมวิชาการเกษตร. สถาบันวิจัยข้าว. กรุงเทพฯ.

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2547. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.** คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สุพิศา สมโต. 2547. **คุณลักษณะทางกายภาพเคมีและความคงตัวของข้าวไทยที่มีรงควัตถุ.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศิลปากร. นครปฐม.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. **ข้าว วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

อรุณศรี ลีจีรจำเนียร, บัณฑิต อินณวงศ์ และประมุข ภระกูลสุขสถิตย์. 2549. **ผลของปัจจัยคุณภาพต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ต้มยำกรอบ.** ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร. คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Alais, C. and Linden, G. 1991. **Lipid oxidation. Food biochemistry.** West Sussex : Ellis Horwood Limited. p 67 -70.

AOCS. 1997. Official and Recommended Practices of AOCS. 4th ed. American oil Chemist's Society. AOCS Press. Champaign Addition and Revision. Method Cd 8 - 53 : Peroxide value (acetic acid - Chloroform method)

AACC. 2000. American Association of Cereal Chemists. 10th ed. Approved methods of American Association of Cereal Chemistry. St. Paul, Minnesota, U.S.A.

AOAC. 2000. Official Method of Analysis. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists. Arilington, Virginia.

Agbaje, R., Hassan, C. Z., Norlelawati, A., Abdul, R.A. and Huda-Faujan, N. 2016. Development and physico-chemical of granola formulated with puffed glutinous rice. **International Food Research Journal**. 23 (2) : 498 - 506.

Corazon, P. Villareal and Blenvennido, O. Juliano. 1987. Varietal differences in quality characteristics of puffed rices. **Journal of Cereal Chemistry**. 64 (4) : 337 - 342.

Chandrasekhar, P.R. and Chattophayay, P.K. 1991. Rice Puffing in relation to its varietal characteristic and processing conditions. **Journal of Food Process Engineering**. 14 : 261 - 277.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Che Man, YB. And Jaswir, I. 2000. Effect of rosemary and sage extracts on frying performance of refined, bleached and deodorized (RBD) palm olein during deep-fat frying. **Journal of Food Chemistry**. 69 : 7 - 301.

Chu, Y. and Hwang, LS. 2002. **Food lipids** In : Sikoraki.ZE (editor). **Chemical and functional properties of food components**. Florida : CRC press. p 121 - 122.

Coleman, E., Sharon, R.B. and Rita, W.B. 2002. **Cereal bar and methods of their manufacture**. Patent. U.S. Patent 7118774.

Donna, R. Marion, V. Susan, D. and Linda J. 2010. Development of nutritious acceptable snack bar using micronized flaked lentils. Canada: University of Manitoba. **Food Research International**. 43 : 642 - 649.

Fellow, P. 1990. **Food Processing Technology : Principles and Practice**. New York : CRC Press.

Frankel, EN. 1996. **Food Chemistry**. New York : Marcel Dekker Inc. 1067 p.

Gibbon, D and Pain, A. 1985. **Crop of drier regions of the tropics**. Longman : London and New York.

Heish, F., Hu, L., Peng, I.C. and Huff, H.E. 1991. Effect of water activity on textural characteristics of puffed rice cake. **Journal of Lebenmitel Wissens haft and Technologie** 23 (6) : 471 - 473.

Huff, H.E., Heieh, F. and Peng, I.C. 1992. Rice cake production using long grain and medium grain brown rice. **Journal of Food Science**. 57 (50) : 1164 - 1167.

Innawong, B. Mallikajunan, P. and Marcy, JE. 2004. The determination of frying oil quality using a chemosensory system. **Journal of Lebensm Wiss Technology** 37 : 35 - 41.

Kilcast, D. and Subramaniam, P. 2000. The stability and shelf - life of food. In : Kilcast, D. and Subramaniam, P., (editors). Trends in **The stability shelf - life of food**. Cambridge : Woodhead. p 3 - 21.

Kochhar, SP. 1996. Oxidative pathways to the formation of off-flavours. In : Saxby, MJ. (editor). Trends in **Food taints and off-flavours**. Glasgow : Blackie academic and professional. p 168 - 218.

Kristott, J. 2000. Fat and oil. In : Kilcast, D. and Subramaniam, P., (editors). Trends in **The stability and shelf - life of food**. Cambridge : Woodhead. p 280 - 304.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Muragessan, G., and Bhattacharya, K. R. 1991. Basis for for varietal differcence in poping expansion of rice. **Journal of Cereal Science**. 13 : 71 - 83.

Mariotti, M., Alampreses, C., Pagani, M.A and Lucisano, M. 2006. Effect of puffing on ultrastructure and physical characteristics of cereal grains and flours. **Journal of Cereal Science**. 43 : 47 - 56.

Market research. 2015. **Consumer and market insights : Bakery and cereals market in Thailand**. [online]. Available : https://www.marketresearch.com. (15 March 2017).

Obatolu, V.A. 2008. Effect of different coagulants on yield and quality of tofu from soymilk. **European Food Research and Technology**. 226 : 467 - 472.

Pokorny, J. 2003. Natural antioxidants. In : Bogh - Sorensen, L. and Zeuthen, P. (editors). Trends in **Food preservation techniques**. Cambridge : Woodhead. p 31 - 44.

Roos, YH. 2001. Water activity and plasticization. In : Eskin, N. and Robinson, DS. (editors). Trends in **Food shelf life stability**. Boca Raton : CRC press. p 4 - 29.

Roopa, BS., Mazumder, P. and Bhattacharya, S. 2006. Fracture behavior and mechanism of puffed cereal during compression. **Journal of Texture Studies**. 40 : 157 - 171.

Ricepedia. 2015. **Structure of rice**. [online]. Available : http://www.ricepedia.org/rice. (23 December 2015)

Sun, N. and Breenne, W. 1991. Calcium Sulfate Concentration influence on yield and quality of tofu from five Soybean Verities. **Journal of Food Science**. 56 : 1604 - 1607.

Sauvageot, F., and Blond, G. 1991. Effect of water activity on crispness of breakfast cereals. **Journal of Texture Studies**. 22 : 423 - 442.

Siew Young, Q., Ngan King, C. and Peter, S. 2007. **The physicochemical properties of spray dried watermelon powders.** Chemical Engineering and processing. 46 : 386 - 392.

Samatcha, P., Anon, M. and Prasong, S. 2010. Effect of drying and frying on textural and sensory characteristic of popped rice. **Asian Journal of Food and Agro - Industry**. 3 : 368 - 372.

Shabir, A. M., Sowriappan, J. D. B., Manzoor, A. S. and Mohammad, M. M. 2016. Effect of puffing on physical and antioxidant properties of brown rice.**Journal of Food Chemistry**. 191 : 139 - 146.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ

ก 1 การวิเคราะห์ทางเคมี

ก1.1 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (water activity, A_w)

อุปกรณ์

1. เครื่องวัด A_w (Aqua lab series 4TE)
2. ตลับและฝาพลาสติกสำหรับเครื่อง A_w
3. ชุดทำความสะอาด

การเตรียมตัวอย่าง

1. ใส่ตัวอย่างในตลับประมาณ 1/3 ของตลับหรือไม่เกินครึ่งหนึ่งของตลับเกลี่ยตัวอย่างให้ครอบคลุมทั่วตลับเพื่อประสิทธิภาพในการวัด
2. ตรวจสอบให้แน่ชัดว่าที่ขอบริมและด้านนอกของตลับวัดสะอาดห้ามมีตัวอย่างติดบริเวณตลับวัด A_w
3. ตัวอย่างควรมีอุณหภูมิใกล้เคียงหรือต่างกันไม่เกิน 4 องศาเซลเซียสของอุณหภูมิ chamber เครื่องวัด A_w

การเปิดเครื่อง

1. เปิดเครื่อง A_w ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาทีเพื่อการวัดที่มีประสิทธิภาพสูง
2. นำตลับวัด A_w ใส่ลงในเครื่องระวังไม่ให้ให้ตัวอย่างหกหล่น
3. ดันคันโยกไปในตำแหน่ง Open/Load ไปยังตำแหน่ง Read เครื่องจะเริ่มวัดค่า A_w
4. เมื่อเครื่องวัดเสร็จ (ใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที) จะมีสัญญาณเตือนให้อ่านค่า A_w และอุณหภูมิที่หน้าจอ
5. เปลี่ยนคันโยกจากตำแหน่ง Read ไปยังตำแหน่ง Open/Load เพื่อนำตลับออก

ก1.2 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

1. อบกระป๋องหาความชื้นพร้อมฝาในตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที ชั่งน้ำหนัก (W1) โดยชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ใส่กระป๋องหาความชื้นที่อบและชั่งน้ำหนักไว้เรียบร้อยแล้ว (W2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำกระป๋องหาความชื้นพร้อมฝาโดยเปิดฝาออกขณะอบไปอบที่ตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง

4. นำกระป๋องหาความชื้นออกจากตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าโดยปิดฝาทันทีและทำให้เย็นในโถดูดความชื้น นาน 30 นาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

5. นำไปอบต่อและนำมาชั่งน้ำหนักทุกชั่วโมงจนได้น้ำหนักคงที่ (W3)

6. คำนวณหาปริมาณความชื้นหน่วยเป็นร้อยละโดยน้ำหนักที่หายไปหารด้วยน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้คูณ 100

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{(W2-W3)\times 100}{(W2-W1)}$$

W1 = น้ำหนักของกระป๋องหาความชื้น (กรัม)

W2 = น้ำหนักของกระป๋องหาความชื้นและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W3 = น้ำหนักของกระป๋องหาความชื้นและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

ก1.3 การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value)

อุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.
2. ปิเปตขนาด 5 และ 0.5 มล.
3. ขวดปริมาตรขนาด 1000 มล.
4. ขวดสีชาขนาด 250 มล.
5. บิวเรต

สารเคมี

1. สารละลายของกรดอะซิติก (glacial acetic acid) และคลอโรฟอร์ม ที่อัตราส่วน 3:2

2. สารละลายโพแทสไอโอไดด์อิ่มตัว (Saturated KI solution): เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ มากเกินพอพอให้น้ำกลั่นต้มเดือด ทิ้งไว้ในเย็น มีตะกอนโพแทสเซียมไอโอไดด์ เก็บสารละลายในขวดสีชา ถ้าต้องการทดสอบประสิทธิภาพของสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว ให้ปิเปตสารละลายมา 0.5 มล. ใส่ใน 30 มล.ของสารละลายผสมของกรดอะซีติก – คลอโรฟอร์ม หยดอินดิเคเตอร์สารละลายแป้ง 2 หยด ถ้ามีสีน้ำเงินและต้องใช้สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$ $5H_2O$) 0.1 นอร์มัลมากกว่า 1 หยดเพื่อทำให้สีน้ำเงินหายไป ควรเตรียมสารละลายนี้ใหม่

3. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$ $5H_2O$) 0.1 นอร์มัล : เตรียมโดยละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 24.9 กรัม (น้ำหนักแน่นอน) ในน้ำกลั่นต้มเดือด และเจือจางเป็น 1 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขวดปริมาตรขนาด 1000 มล. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.01 นอร์มัล เตรียมโดยปิเปต 0.1 N. โซเดียมไทโอซัลเฟต 100 มล. เจือจางเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปริมาตร 1000 มล.

4. สารละลายแป้ง: เตรียมโดยละลายแป้ง 1 กรัม ในน้ำกลั่นต้มเดือด ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มล. ถ้าต้องการเก็บสารละลายแป้งไว้ใช้ เติมกรดซาลิไซลิก (salicylic acid) 1.25 กรัมต่อลิตร และเก็บในตู้เย็น

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 5.00 ± 0.05 กรัม (blank ใช้น้ำกลั่น 5 มล.) ใส่ใน ขวดชมพู่ 250 มล. เติมสารละลายกรดอะซีติก – คลอโรฟอร์ม 30 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

2. เติมสารละลายโพแทสเซียมไดโอไดด์อิ่มตัว 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3. เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

4. เติมละลายแป้ง 0.5 มิลลิลิตร ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัลอย่างช้าๆ เขย่าอย่างแรงจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป ถ้าในกรณีที่มีปริมาณเปอร์ออกไซด์ต่ำ คือ ไตเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัลน้อยกว่า 0.5 มิลลิลิตรให้ไทเทรตด้วยสารละลายไทโอซัลเฟต 0.01 นอร์มัล

$$\text{ค่าเปอร์ออกไซด์} = \frac{(S-B)\times N \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

(มิลลิกรัมสมมูลย์เปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม)

เมื่อ N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต (นอร์มัล)

S = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง (มล.)

B = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไทเทรต blank (มล.)

ตารางที่ ก1.4 การคำนวณค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) ในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวในการเก็บที่อุณหภูมิห้อง

เวลา (สัปดาห์)	ค่า p.v. โดยรวมเริ่มต้น (C_{Ao})	ค่า p.v. โดยรวมที่เปลี่ยนแปลงไป (C_A)	ทดสอบปฏิกิริยาอันดับ 1 ($\ln (C_A/C_{A0})$)	$1/C_A$	$1/C_{A0}$	$1/C_A - 1/C_{A0}$
0	0.27	0.27	0	3.7037	3.7037	0
1	0.27	1.46	1.6877	0.6849	3.7037	-3.0188
2	0.27	2.78	2.3317	0.3597	3.7037	-3.3440
3	0.27	3.19	2.4693	0.3134	3.7037	-3.3903
4	0.27	4.25	2.7562	0.2352	3.7037	-3.4685

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก 2. การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ก2.1 การวิเคราะห์ค่าสี (L^*, a^*, b^*)

การวัดสีระบบ CIE ด้วยเครื่อง Minolta รุ่น CR 400 โดยจะให้ค่า L^* เป็นค่าความสว่าง (lightness) ค่า a^*เป็นค่าสีแดงและสีเขียว (redness / greenness) และค่าสี b^*เป็นค่าสีเหลืองและน้ำเงิน (yellowness / blueness)

โดยที่ค่า L^* คือ ค่าแสดงความสว่างของสีมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 กรณีถ้าค่า L^* น้อย หมายถึงมีค่าความสว่างน้อยหรือมีสีคล้ำ (darkness) แต่ถ้าค่า L^* มาก หมายถึงมีค่าความสว่างมาก (lightness)

ค่า a^* คือ ค่าแสดงความเป็นสีแดงและสีเขียว (redness / greenness) กรณีถ้าค่า a^* มีค่าเป็นบวก หมายถึงสีแดงและถ้าค่า a^* เป็นลบ หมายถึงสีเขียว

ค่า b^* คือ ค่าแสดงความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน (yellowness / blueness) กรณีถ้าค่า b^* มีค่าเป็นบวก หมายถึงสีเหลืองและถ้าค่า b^*มีค่าเป็นลบหมายถึงสีน้ำเงิน

ก่อนทำการวัดค่าสีทุกครั้งต้องทำการเปรียบเทียบความเที่ยงตรงของค่าสีด้วย standard calibration plate ตั้งค่า illuminant เท่ากับ C ทำการวัดตัวอย่างโดยใช้หัววัดสีวางทาบลงบนตัวอย่าง อ่านค่าแสดงผลการวัดค่าสีทำการวัด 9 ซ้ำ จดบันทึกแล้วหาค่าเฉลี่ย

ก2.2 การวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสของข้าวพองและผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

1.) การวิเคราะห์หาความกรอบของข้าวพอง โดยเตรียมตัวอย่างข้าวพองใส่ในบีกเกอร์ที่ระบุปริมาตรชัดเจนปริมาณ 50 มิลลิลิตร แล้วนำมาวัดเนื้อสัมผัสด้านความกรอบด้วยหัววัดแบบ Black extrusion

2.) การวิเคราะห์ความแข็งของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว เตรียมตัวอย่างโดยนำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวมาหั่นเป็นชิ้นขนาด 3×3 เซนติเมตร แล้วนำมาวัดเนื้อสัมผัสด้านความแข็งด้วยหัววัดแบบ three point blending

3.) ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง texture analyzer รุ่น TA.XT plus โดยใช้สภาวะ ดังนี้

TA.XT plus Setting Mode	: Measure force in compression
Option	: Return to start
Pre – test speed	: 1.0 mm/s
Test speed	: 5.0 mm/s
Post –test speed	: 10.0 mm/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Distance : 50 mm/s

Trigger type : Button

Data Acquisition Rate : 400 pps

4.) การกำหนดค่าใน Process data หรือการเขียน Macro ซึ่งจะใช้ในการหาค่าความกรอบและค่าความแข็ง

Go to Min Time

Drop Anchor

Go to Force 50 g

Drop Anchor

Go to Abs. + ve Value (Force Current unit)

Mark value force

Go to force 0 g

Maxima Force *

Drop Anchor

Count Peaks^{+} Active *

Drop Anchor

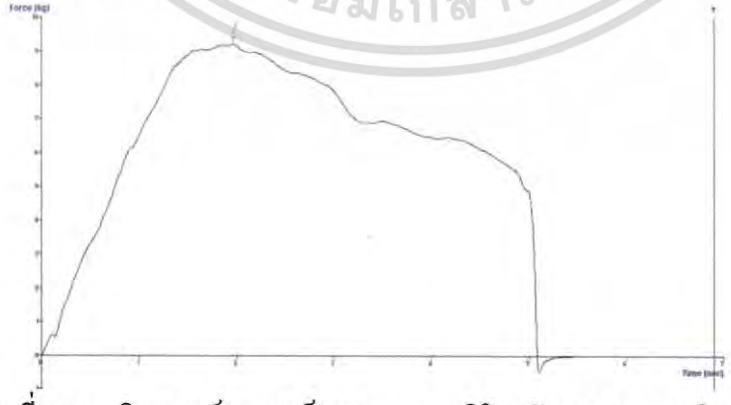
Force Threshold 0.005 kg

ทำการวัดค่าดังต่อไปนี้

1. ค่าความกรอบ (crispiness) หมายถึง จำนวนยอดของกราฟที่เกิดขึ้นขณะทดสอบ (Peaks^{+})

2. ค่าความแข็ง (hardness) หมายถึง ค่าแรงสูงสุดที่ใช้ในการกด (maxima force)

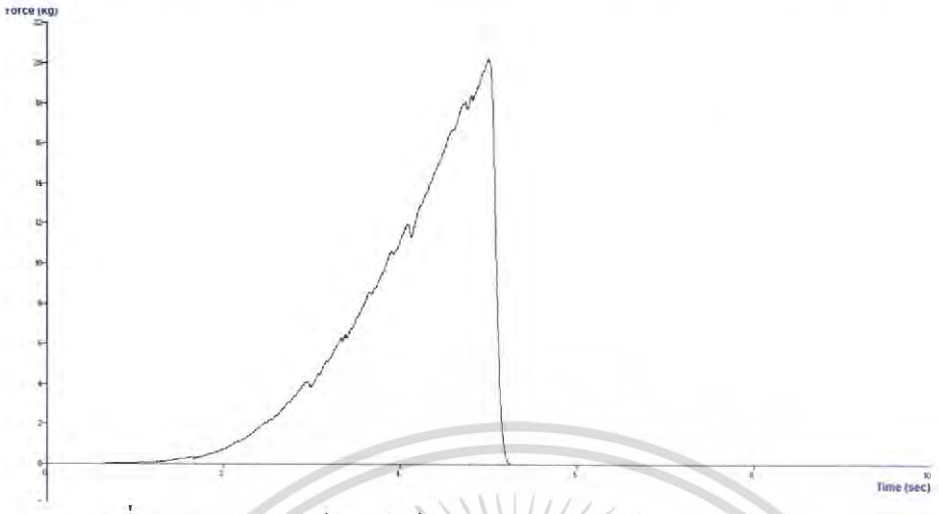
ตัวอย่างกราฟการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวรสผัดไทย แสดงดังภาพภาคผนวกที่ ก1



ภาพภาคผนวกที่ ก1 การวิเคราะห์ความแข็ง (hardness, กิโลกรัม.แรง) ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างกราฟการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของข้าวพองแสดงในภาพภาคผนวกที่ ก2



ภาพภาคผนวกที่ ก2 การวิเคราะห์ความแข็ง (hardness, กิโลกรัม.แรง) และความกรอบ (crispiness, พีค) ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทย

ก2.3 การวิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะและอัตราการพองตัวด้วยวิธีการแทนที่ด้วยเมล็ดงา (AACC, 2000) และความหนาแน่นโดยรวมข้าวพองดัดแปลงจากวิธีการของ ธงชัย (2535)

1.) การหาปริมาตรจำเพาะและอัตราการพองตัว

การตรวจสอบค่าปริมาตรจำเพาะ (specific volume) ใช้วิธีแทนที่ด้วยเมล็ดงาโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ชั่งน้ำหนักของตัวอย่างข้าวอบแห้งที่จะทำการตรวจสอบ บันทึกผล (1)

2. ใส่ตัวอย่างข้าวอบแห้งลงในภาชนะที่มีขนาดใหญ่กว่าข้าวอบแห้งที่จะทำการตรวจสอบ เติมเมล็ดงาให้เต็มช่องว่างของภาชนะ วัดปริมาตรเมล็ดงาที่ใช้เติมลงไปทั้งหมด แล้วตวงด้วยกระบอกตวง (2)

3. วัดปริมาตรของภาชนะโดยการเติมเมล็ดงาให้เต็มภาชนะ แล้ววัดปริมาตรของเมล็ดงาด้วยกระบอกตวง (3)

วิธีคำนวณปริมาตรจำเพาะ

$$\text{ปริมาตรจำเพาะ (ซม}^3\text{/กรัม)} = \frac{\text{ปริมาตรเมล็ดงา (3)} - \text{ปริมาตรเมล็ดงา (2)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างข้าว (1)}}$$

จากนั้นนำตัวอย่างข้าวอบแห้งไปทอดเป็นข้าวพองแล้วหาปริมาตรจำเพาะตามวิธีการดังกล่าว จะได้ปริมาตรของข้าวพอง แล้วนำค่าปริมาตรจำเพาะของตัวอย่างข้าวอบแห้ง (ข้าวก่อนทอด) และปริมาตรจำเพาะของข้าวพอง (ข้าวหลังทอด) มาหาอัตราการพองตัวดัดแปลงจากวิธีการของ ธงชัย (2535) โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{อัตราการพองตัว (เท่า)} = \frac{\text{ปริมาตรของข้าวพองหลังทอด}}{\text{ปริมาตรของข้าวก่อนทอด}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) ความหนาแน่นโดยรวมของข้าวพอง

โดยนำข้าวจากการหาปริมาตรจำเพาะและทอดเป็นข้าวพอง มาหาความหนาแน่นโดยมีขั้นตอนการทำดังนี้

1. เตรียมภาชนะที่ทราบปริมาตร เช่น กระบอกตวง บีกเกอร์

2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างข้าวพองและวัดปริมาตรของข้าวพองด้วยกระบอกตวง แล้วจดบันทึก

3. นำค่าน้ำหนักของข้าวพองและปริมาตรของข้าวพองที่ได้ มาคำนวณหาค่าความหนาแน่นมีหน่วยเป็น กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{ความหนาแน่น (กรัม/ซม}^3\text{)} = \frac{\text{น้ำหนักของข้าวพอง}}{\text{ปริมาตรของข้าวพอง}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

ข 1 การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

ข1.1 การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธี (total plate count, TPC) (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. จานเพาะเชื้อ (petri dish)
2. หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตรพร้อมฝาปิด (test tube)
3. ไมโครปิเปต
4. อ่างควบคุมอุณหภูมิ
5. ตู้บ่มเชื้อ
6. หม้อนึ่งความดัน

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar
2. 0.1 % peptone

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ (plate count agar, PCA) ปริมาณ 23.5 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1,000 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 - 124 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

การเตรียมสารละลายสำหรับเจือจาง

เตรียมสารละลายเปปโตนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยทำการชั่งเปปโตนปริมาณ 50 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 500 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างจำนวน 25 กรัม ใส่ลงไปในถุงปลอดเชื้อโดยวิธีปราศจากเชื้อ (aseptic technique) แล้วเติม peptone water ลงไป 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นผสม (Vortex mixer) จะได้สารละลายตัวอย่างที่เจือจาง 1: 10 หรือ 10-1

2. ใช้ปิเปตดูดสารละลายจากข้อปิเปต 1 มิลลิลิตร ของการเจือจางที่ 10-1 เท่า ถึง 10-5 เท่า ลงใน petri dish

3. ให้เทอาหาร (plate count agar, PCA) ที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส แล้วทำการผสมให้เข้ากันโดยการหมุนจานเป็นวงกลมอย่างช้าๆ ทิ้งให้อาหารแข็งตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำ petri dish ไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

5. นับจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์บนอาหารในแต่ละความเจือจาง (30 - 300 โคโลนี)

6. คำนวณเชื้อจุลินทรีย์เป็น (log CFU / ml)

การตรวจนับโคโลนีและการรายงานผล

หลังจากบ่มจานเพาะเชื้อครบตามกำหนดเวลาแล้ว ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานเพาะเชื้อที่จำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 30 - 300 โคโลนี หาค่าจำนวนโคโลนีเฉลี่ยจากทั้งสองจานเพาะเชื้อ รายงานตรวจนับในหน่วยจำนวนโคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (CFU / g)

ข1.2 การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา (yeast and mold) (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. จานเพาะเชื้อ (petri dish)
2. หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตรพร้อมฝาปิด (test tube)
3. ไมโครปิเปต
4. อ่างควบคุมอุณหภูมิ
5. ตู้บ่มเชื้อ
6. หม้อนึ่งความดัน

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ Dichloran Glycerol (DG18) agar
2. 0.1 % peptone
3. 10 % tartalic acid

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Dichloran Glycerol (DG18) agar ปริมาณ 39.0 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1,000 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 - 124 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ปรับความเป็นกรด - ด่าง ของอาหารเลี้ยงเชื้อให้เท่ากับ 3.5 โดยเติม 10 % tartalic acid ลงไป

การเตรียมสารละลายสำหรับเจือจาง

เตรียมสารละลายเปปโตนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยทำการชั่งเปปโตนปริมาณ 50 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 500 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างจำนวน 25 กรัม ใส่ลงไปในถุงปลอดเชื้อโดยวิธีปราศจากเชื้อ (aseptic technique) แล้วเติม peptone water ลงไป 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นผสม (Vortex mixer) จะได้สารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใช้ปิเปตดูดสารละลายจากข้อ 1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่บรรจุสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นผสม (Vortex mixer) จะได้สารละลาย

3. ตัวอย่างที่เจือจาง 1: 100 หรือ 10-2 จนได้ระดับเจือจางของสารละลายตัวอย่างที่ต้องการ สารละลายตัวอย่างที่เจือจาง 1: 100 หรือ 10-1 ปิเปต 1 มิลลิลิตร ของการเจือจางที่ 10-1 เท่า ถึง 10-5 เท่าลงใน Petri dish

4. .ให้เทอาหาร Dichloran Glycerol (DG 18) Agar ที่อุณหภูมิ 50 - 60 องศาเซลเซียส แล้วทำการผสมให้เข้ากันโดยการหมุนจานเป็นวงกลมอย่างช้าๆ ทิ้งให้อาหารแข็งตัว

5. นำ petri dish ไปบ่มที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 - 5 วัน

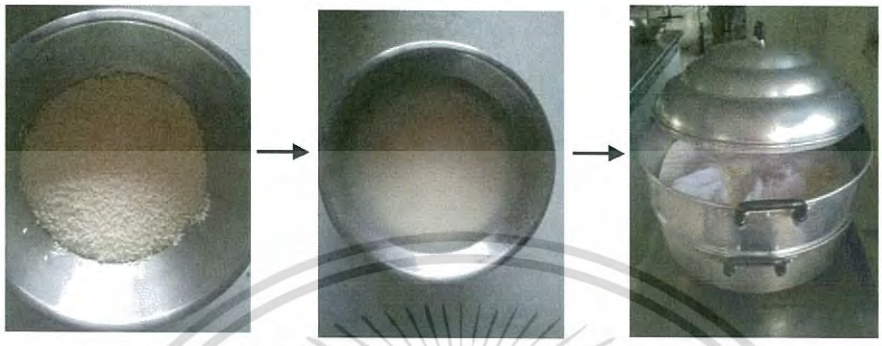
6. นับจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์บนอาหารในแต่ละความเจือจาง (30 - 300 โคโลนี)

7. คำนวณเชื้อจุลินทรีย์เป็น (log CFU / ml)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การเตรียมข้าวพองและขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

ค1 ขั้นตอนการเตรียมข้าวพอง



นำข้าวสารดิบมาล้างน้ำสะอาดและแช่น้ำเป็นเวลา 3 ชั่วโมง
จากนั้นนำมานึ่งด้วยไอน้ำเดือดเป็นเวลา 25 นาที

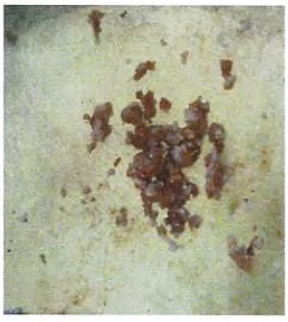
เกลี่ยข้าวที่นึ่งสุกบนถาดที่รองด้วยผ้าขาวบางแล้วมาอบด้วยตู้อบแห้งแบบถาด
อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง

นำข้าวอบแห้งมาด้วยทอดแบบน้ำมันท่วมอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที

ภาพภาคผนวกที่ ค1 การทำข้าวพอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค2 ขั้นตอนการทำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว



ผัดหัวไปโป๊สับ หอมแดงสับกับน้ำมันสำหรับผัดอาหารเป็นเวลา 2 นาที
เติมน้ำตาลมะพร้าวและน้ำมะขามเปียก เคี่ยวจนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เติมสารที่ช่วยในการยึดเกาะลงไปในส่วนผสมซอสเคี่ยวต่อจนอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส

จากนั้นนำข้าวพองและส่วนผสมอื่นๆ คลุกเคล้าให้เข้ากันซอสผัดไทย

ภาพภาคผนวกที่ ค2 การผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัดเป็นแท่งกับพิมพ์สำเร็จรูปน้ำหนักแท่งละ 50 กรัม

↓

นำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวไปอบด้วยตู้อบแห้งแบบถาด
อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 20 นาที

↓

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

ภาพที่ ค2 (ต่อ) การผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ง1 แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของการเลือกสูตรซอสผัดไทย

ชื่อผลิตภัณฑ์ ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทย

ชื่อผู้ทดสอบ ..... วันที่.....

คำอธิบาย แบบทดสอบนี้ทำขึ้นเพื่อศึกษารสชาติที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทย จึงขอความร่วมมือจากท่านประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและให้คะแนนความรู้สึกของท่านโดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

คะแนนความชอบ

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

เกณฑ์การประเมินผล	รหัสตัวอย่าง		
	843	**692**	**571**
รสชาติ			
สี			
กลิ่น			
เนื้อสัมผัส			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง2 แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของการศึกษาอุณหภูมิในการเคี่ยวซอส

ชื่อผลิตภัณฑ์ ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทย

ชื่อผู้ทดสอบ ..... วันที่.....

คำอธิบาย แบบทดสอบนี้ทำขึ้นเพื่อศึกษาอุณหภูมิในการเคี่ยวซอสที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทย จึงขอความร่วมมือจากท่านประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและให้คะแนนความรู้สึกของท่านโดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

คะแนนความชอบ

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

เกณฑ์การประเมินผล	รหัสตัวอย่าง		
	126	**139**	**148**
ลักษณะปรากฏ			
สี			
ความแข็ง			
ความกรอบ			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง3 แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสการศึกษาชนิดข้าวที่เหมาะสมในการทำเป็นข้าวพอง

ชื่อผลิตภัณฑ์ ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทย

ชื่อผู้ทดสอบ ..... วันที่.....

คำอธิบาย แบบทดสอบนี้ทำขึ้นเพื่อศึกษาชนิดข้าวที่เหมาะสมกับการนำไปทำเป็นข้าวพอง เพื่อนำไปใช้ในการผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทย จึงขอความร่วมมือจากท่านประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและให้คะแนนความรู้สึกของท่านโดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

คะแนนความชอบ

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

เกณฑ์การประเมินผล	รหัสตัวอย่าง			
	175	**269**	**307**	**486**
ลักษณะปรากฏ				
ความแข็ง				
ความกรอบ				
ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง4 แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสการศึกษาสภาวะการอบแห้งข้าวที่เหมาะกับการทำเป็นข้าวพอง

ชื่อผลิตภัณฑ์ ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

ชื่อผู้ทดสอบ ..... วันที่.....

คำอธิบาย แบบทดสอบนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาสภาวะการอบแห้งข้าวที่เหมาะสมกับการทำเป็นข้าวพองเพื่อนำไปใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว จึงขอความร่วมมือจากท่านประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและให้คะแนนความรู้สึกของท่าน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

คะแนนความชอบ

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

เกณฑ์การประเมินผล	รหัสตัวอย่าง					
	129	**287**	**308**	**410**	**539**	**610**
ลักษณะปรากฏ						
ความแข็ง						
ความกรอบ						
ความชอบโดยรวม						

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง5 แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสการศึกษาชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทย

ชื่อผลิตภัณฑ์ ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

ชื่อผู้ทดสอบ ..... วันที่.....

คำอธิบาย แบบทดสอบนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว จึงขอความร่วมมือจากท่านประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและให้คะแนนความรู้สึกของท่าน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

คะแนนความชอบ

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

เกณฑ์การประเมินผล	รหัสตัวอย่าง					
	127	**285**	**379**	**458**	**524**	**670**
ลักษณะปรากฏ						
ความแข็ง						
การเกาะตัวกันของส่วนผสม						
ความชอบโดยรวม						

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
แบบสอบถามการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

แบบสอบถาม

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

คำชี้แจง แบบสอบถามฉบับนี้เป็นทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวโดยแบบสอบถามจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม
ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการพฤติกรรมและทัศนคติต่อขนมขบเคี้ยว
ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบผลิตภัณฑ์

ดังนั้นจึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่าน กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์และตอบแบบสอบถามข้อมูลให้สมบูรณ์ ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบมาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยนี้และจะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อท่านทั้งสิ้น ข้าพเจ้าในนามของผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณทุกท่าน
นางสาวน้ำฝน ชูพูล
ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำแนะนำ : กรุณาทำเครื่องหมาย✓ ใน ☐ หน้าข้อความที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ส่วนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ

☐ 15 – 20 ปี ☐ 21 – 30 ปี ☐ 31 – 40 ปี ☐ 41 – 50 ปี ☐ 51 ปีขึ้นไป

3. ระดับการศึกษา

☐ ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย ☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย

☐ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ☐ ประกาศนียบัตรวิชาชีพขั้นสูง (ปวส.)

☐ ปริญญาตรี ☐ สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

☐ นักเรียน / นักศึกษา / นิสิต ☐ ข้าราชการ

☐ รัฐวิสาหกิจ ☐ พนักงานบริษัท

☐ ธุรกิจส่วนตัว ☐ อื่น ๆ โปรดระบุ.....

5. รายได้ต่อเดือนโดยประมาณ

☐ น้อยกว่า 5,000 บาท ☐ 5,000 – 10,000 บาท

☐ 10,000 – 15,000 บาท ☐ 15,000 – 20,000 บาท

☐ 20,000 – 30,000 บาท ☐ สูงกว่า 30,000 บาท

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมและทัศนคติต่อการบริโภคขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง

6. ท่านเคยรับประทานขนมขบเคี้ยวหรือไม่ (เคย ทำต่อข้อ 7, ไม่เคยข้ามไปทำข้อ 15)

☐ เคย ☐ ไม่เคย

7. เหตุใดท่านจึงเลือกรับประทานขนมขบเคี้ยว

☐ เป็นอาหารว่าง ☐ รับประทานแทนอาหารมื้อหลัก

☐ เพื่อความเพลิดเพลิน ☐ ความสะดวกในการรับประทาน

☐ ช่วยผ่อนคลาย ☐ หาซื้อได้ง่าย

☐ มีรสชาติที่หลากหลาย ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ท่านรับประทานขนมขบเคี้ยวบ่อยแค่ไหน

☐ ประจำทุกวัน ☐ 1 ครั้ง / สัปดาห์

☐ มากกว่า 1 ครั้ง / สัปดาห์ ☐ เดือนละครั้ง

9. ท่านชอบรับประทานขนมขบเคี้ยวประเภทใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ประเภทมันฝรั่ง ☐ ประเภทปลาสวรรค์ ปลาเส้น

☐ ประเภทข้าวเกรียบ ☐ ประเภทสาหร่าย

☐ ประเภทแป้งขึ้นรูป ☐ ประเภทธัญพืชอบกรอบ

☐ ประเภทขนมไทยดั้งเดิม เช่น ข้าวแต๋น ข้าวตัง กระยาสารท อื่นๆ

10. ท่านเคยรับประทานขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งหรือไม่ (เคยทำต่อข้อ 11, ไม่เคยข้ามไปทำต่อข้อ 15)

☐ เคย ☐ ไม่เคย

11. เหตุใดท่านจึงเลือกรับประทานขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง

☐ คุณค่าทางโภชนาการ ☐ ความสะดวกในการรับประทาน

☐ แหล่งให้พลังงาน ☐ ความหลากหลายของวัตถุดิบและรสชาติ

☐ เพื่อสุขภาพ ☐ อยากทดลองรับประทาน

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

12. ท่านเคยรับประทานขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ช็อกโกแลต ☐ เนยถั่ว

☐ คาราเมล ☐ น้ำผึ้ง

☐ ช็อกโกแลตกล้วย ☐ ผลไม้รวม

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

13. ท่านเลือกซื้อขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากที่ใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ห้างสรรพสินค้า ☐ ซุปเปอร์มาร์เก็ต

☐ ร้านสะดวกซื้อ ☐ ร้านเบเกอรี่หรือร้านจำหน่ายผลิตภัณฑ์ขนม

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

14. ถ้ามีผลิตภัณฑ์ข้าวพองมาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งโดยดัดแปลงเป็นให้มีรสชาติแบบอาหารไทยท่านคิดเห็นอย่างไร

☐ เห็นด้วย / น่าลอง เนื่องจาก.....

☐ เฉยๆ เนื่องจาก.....

☐ ไม่เห็นด้วย เนื่องจาก.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

15. กรุณาทำเครื่องหมาย✓ ลงใน ☐ ที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด หลังจากท่านชิมผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวแล้ว

คุณลักษณะ	ความรู้สึก				
	ไม่ชอบมาก (1)	ไม่ชอบเล็กน้อย (2)	เฉยๆ (3)	ชอบเล็กน้อย (4)	ชอบมาก (5)
ลักษณะปรากฏ					
สี					
กลิ่น					
รสชาติ					
เนื้อสัมผัส					
ความชอบ/ความพึงพอใจรวม					

ข้อคิดเห็น.....

ข้อเสนอแนะ.....

16. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าวหรือไม่ (ยอมรับ ทำต่อข้อ 17, ไม่ยอมรับข้ามไปทำข้อ 18)

☐ ยอมรับ ☐ ไม่ยอมรับ

17. ปัจจัยใดที่ท่านคิดว่ามีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

☐ รสชาติ ☐ ความเข้ากันของผลิตภัณฑ์

☐ เนื้อสัมผัส ☐ กลิ่นรส

☐ ความแปลกใหม่ ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

18. ปัจจัยใดที่ท่านคิดว่าทำให้ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว

☐ รสชาติ ☐ ความไม่เข้ากันของผลิตภัณฑ์

☐ เนื้อสัมผัส ☐ กลิ่นรส

☐ ความไม่แปลกใหม่ ☐ ความหืนของผลิตภัณฑ์

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

ขอขอบคุณผู้ประเมินทุกท่าน

ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกระยาสารท

(มผช.709/2559)

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะกระยาสารทที่บรรจุในภาชนะบรรจุปิดได้สนิท

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้มีดังต่อไปนี้

2.1 กระยาสารท หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำถั่วลิสง งา ข้าวตอกและข่าวเม่า ที่คัดเลือกสิ่งเจือปนออกแล้วมาทำความสะอาด ทำให้สุก แล้วคลุกกับส่วนผสมของน้ำ น้ำตาลหรือน้ำอ้อย และกลูโคสไซรัป (แบะแซ) ที่เคี่ยวจนมีความเหนียวพอเหมาะ อาจเติมส่วนผสมอื่น เช่น มะพร้าว น้ำผัก น้ำผลไม้ สมุนไพร ทำให้เป็นแผ่นหรือทำให้มีรูปร่างตามต้องการ แล้วบรรจุในภาชนะบรรจุ

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องมีความเหนียวพอเหมาะ ส่วนนประกอบเกาะตัวกันดีและมีการกระจายตัว การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส

ต้องเหนียวพอเหมาะ ไม่ร่วนหรือแข็งกระด้าง การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและชิม

3.3 สี

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของกระยาสารทและส่วนประกอบที่ใช้

3.5 กลิ่นรส

ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของกระยาสารทและส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน กลิ่นสาบ

3.5 สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช้ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.6 วอเตอร์แอกทิวิตี

ต้องไม่เกิน 0.6 การทดสอบให้ใช้เครื่องวัดวอเตอรีแอกทิวิตีที่ควบคุมอุณหภูมิที่ (25 ± 2) องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

วอเตอร์แอกทิวิตี เป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เนื่องจากค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำอิสระที่เชื้อจุลินทรีย์ใช้ในการเจริญเติบโต

3.7 อะฟลาทอกซิน

ต้องไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

3.8 ค่าเพอร์ออกไซด์

ต้องไม่เกิน 30 มิลลกิรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อกิโลกรัม การทดสอบให้ปฏิบัติตาม IUPAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

3.9 วัตถุเจือปนอาหาร

ห้ามใช้สีและวัตถุกันเสียทุกชนิด เว้นแต่กรณีที่ติดมากับวัตถุดิบให้เป็นไปตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

3.10 จุลินทรีย์

3.10.1 จุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องน้อยกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.10.2 แซลโมเนลลา ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

3.10.3 สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.10.4 บาซิลลัส ซีเรียส ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.10.5 เอสเชอริเชียโคไล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.10.6 ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือ BAM (U.S.FDA) หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - นามสกุล	นางสาวน้ำฝน ชูพูล
วัน เดือน ปีเกิด	16 สิงหาคม 2533 จังหวัดตรัง
ที่อยู่	80 หมู่ 3 ตำบลทุ่งต่อ อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง 92130
ประวัติการศึกษา	- พ.ศ. 2555 จบการศึกษาหลักสูตร คหกรรมบัณฑิต คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ สาขาธุรกิจอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ - พ.ศ. 2556 ศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและสำเร็จการศึกษาในปี 2560
การนำเสนอผลงาน	- นำเสนอผลงานด้วยวาจา เรื่อง **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งรสผัดไทยจากข้าว** ในโครงการประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 7 “ประเทศไทย 4.0 นวัตกรรมสร้างสรรค์สู่การพัฒนาที่ยั่งยืน” ในวันที่ 21 กรกฎาคม 2560 ณ ศูนย์มานุษยวิทยาสิรินธร (องค์การมหาชน) ตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้