

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแช่แข็ง
Development of rice noodle for frozen menu



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแช่แข็ง
Development of rice noodle for frozen menu

จัดทำโดย

นฤมล กริโรจน์ีย์ รหัสนักศึกษา 59080030

มนัสวี มิ่งมงคล รหัสนักศึกษา 59080041

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

(ผศ.ดร. นภัสรทิ เทลียงสกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

10, ธ.ค., 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแช่แข็ง
 ชื่อนักศึกษา นฤมล กรีโรจน์ย์ รหัสนักศึกษา 59080030
 มนัสวี มิ่งมงคล รหัสนักศึกษา 59080041
 หลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
 พ.ศ. 2562
 อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. นภัทรพี เหลืองสกุล

บทคัดย่อ

เส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นที่นิยมในเอเชีย เพราะเป็นเมนูที่ง่ายที่จะปรุงอาหารและสามารถนำมาใช้ได้หลากหลายในเมนูอาหาร แต่เส้นก๋วยเตี๋ยวสดมีอายุการเก็บรักษาสั้น ดังนั้นการแช่แข็งจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการยืดอายุการเก็บรักษาเส้นก๋วยเตี๋ยวสด อย่างไรก็ตามการแช่แข็งที่อุณหภูมิต่ำทำให้คุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวเปลี่ยนไปไม่เป็นที่ยอมรับ เช่นลักษณะพื้นผิวเนื้อสัมผัส และรสชาติ ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่แข็ง ให้สามารถมีคุณภาพใกล้เคียงกับเส้นก๋วยเตี๋ยวสดมากที่สุด งานวิจัยนี้จึงศึกษาการพัฒนาเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่แข็งโดยการศึกษาสูตรมาตรฐานจากการใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง ปรับอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้า (RF) กับแป้งมันสำปะหลัง (TF) โดยมีสูตร RF100%, RF90%+TF10%, RF85%+TF15% และ RF80%+TF20% โดยวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัส และค่าสี เพื่อหาสูตรของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เหมาะสม การวิเคราะห์ผลพบว่าสูตร (RF90%+TF10%) มีค่าแรงดึงมากที่สุด ค่าความแข็ง ค่าการยืดติด และค่าการเกาะติดน้อยที่สุด จึงเลือกนำมาเป็นสูตรมาตรฐาน เพื่อนำไปพัฒนาต่อไปโดยการใส่ไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิด แชนแทนกัม (Xanthan gum) กวักกัม (Guar gum) และไฮดรอกซี โพรพิล เมทิล เซลลูโลส (HPMC) ที่ความเข้มข้นเท่ากันร้อยละ 0.1, 0.2 และ 0.3 เทียบกับปริมาณแป้งทั้งหมด โดยคุณภาพเนื้อสัมผัส ค่าสี ปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ และค่าการเปลี่ยนแปลงความร้อน เพื่อหาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์และความเข้มข้นที่เหมาะสม หรือมีค่าใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐานของเส้นสด จากการวิเคราะห์พบว่าไฮโดรคอลลอยด์ชนิดกวักกัม ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 มีค่าแรงดึงมากที่สุด ค่าความแข็ง ค่าการยืดติด และค่าการเกาะติดน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรมาตรฐานของเส้นสดมีค่าใกล้เคียงกัน และการวิเคราะห์พบว่าค่าปริมาณความชื้น และค่ากิจกรรมน้ำอิสระ มีค่าน้อยกว่าสูตรมาตรฐาน ทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: เส้นก๋วยเตี๋ยว ไฮโดรคอลลอยด์ การแช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Development of rice noodle for frozen menu	
Student name	Naruemon Kreerojane	Student ID 59080030
	Manassawee Mingmongkol	Student ID 59080041
Program	Bachelor of Science in Food Science and Technology	
Year	2020	
Advisor	Assist.Prof.Dr. Naphatrapi Luangsakul	

ABSTRACT

Noodles are very popular in Asia. Because it is an easy menu to cook and can be used in a variety of dishes but the fresh noodles have a short shelf life. Therefore, freezing is another method to extend the shelf life of fresh noodles. However, the low temperature freezing caused the quality of the noodles to be unacceptable. Such as surface, texture and taste, therefore improving the quality of frozen noodles to be able to have the quality as close as possible to the fresh noodles. This research studies the development of frozen noodle by the treatment from using rice flour and tapioca flour. Adjust the ratio of rice flour (RF) and tapioca flour (TF) with the treatment of RF100%, RF90% + TF10%, RF85% + TF15% and RF80% + TF20% by analyzing the quality of texture and color value to find the appropriate treatment. The results showed that the treatment (RF90% + TF10%) has the highest tensile strength, least hardness, adhesiveness and cohesiveness. So the treatment was chosen to use as treatment for further development by adding 3 types of hydrocolloid are Xanthan gum, Guar gum and hydroxyl propyl methyl cellulose (HPMC) at the same concentration 0.1, 0.2 and 0.3 percent compared with the total amount of flour by analyzing the texture, color, moisture content, water activity and differential scanning calorimetry analysis to find the type of the appropriate hydrocolloid and concentration or close to the treatment of fresh noodles. The analysis showed that Guar gum hydrocolloid at the 0.2 percent has the highest tensile strength, least hardness, adhesiveness and cohesiveness compared with the treatment of fresh noodles were similar. And the analysis, it was found that the moisture content and water activity is less than the treatment makes the shelf life even longer.

Keywords: noodles hydrocolloid freezing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคลากรหลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ. ดร.นภัสรพี เหลืองสกุล ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาในการดำเนินงานวิจัย ตั้งแต่การเลือกหัวข้อปัญหาพิเศษ การทำเอกสารการนำเสนอ จนกระทั่งการทำรูปเล่มปัญหาพิเศษ ชี้แนะแนวทางในการวิเคราะห์ผลการทดลอง ตลอดจนการตรวจสอบงานวิจัยฉบับนี้เพื่อให้มีความถูกต้องอย่างละเอียด

ขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำหรับความอนุเคราะห์ในการทำวิจัย สถานที่ในการดำเนินงาน ขอขอบคุณพี่น้องวิทยาศาสตร์คณะอุตสาหกรรมเกษตรที่คอยให้ความช่วยเหลือเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ

ขอขอบคุณเพื่อนรุ่นพี่ และรุ่นน้อง ที่คอยให้ความช่วยเหลือในหลายด้าน และให้คำปรึกษาตลอดงานวิจัยนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การอบรมสั่งสอนและให้การเลี้ยงดูรวมถึงเป็นกำลังใจและให้คำปรึกษา ทำให้สามารถแก้ไขปัญหามาผ่านอุปสรรคต่าง ๆ จนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นฤมล กรีโรจน์ย์

มนัสวี มิ่งมงคล

10 กรกฎาคม 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เส้นก้วยเดี่ยว	2
2.2 วัตถุประสงค์ในการเตรียมเส้นก้วยเดี่ยว	3
2.3 ไฮโดรคอลลอยด์	7
2.4 การแช่แข็ง	12
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 วัสดุดิบและสารเคมี	20
3.2 อุปกรณ์	20
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	22
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	
4.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสม ในการทำเส้นก้วยเดี่ยว	27
4.2 ผลการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพในเส้นก้วยเดี่ยวแช่แข็งโดยการใส่ ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดและปริมาณที่แตกต่างกัน	30
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	37
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ขั้นตอนในการทำเส้นก๋วยเตี๋ยว	41
ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์	45
ประวัติผู้เขียน	52



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	หน้า
2.1	หน้า
3.1	หน้า
4.1	หน้า
4.2	หน้า
4.3	หน้า
4.4	หน้า
4.4	หน้า
4.5	หน้า
4.6	หน้า
4.7	หน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 รูปส่วนประกอบของแป้งข้าวเจ้า	4
2.2 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าว	5
2.3 โครงสร้างโมเลกุลของ Guar gum	9
2.4 โครงสร้างโมเลกุลของ Xanthan gum	10
2.5 โครงสร้างโมเลกุลของ HPMC	11
2.6 รูปแสดงประเภทการแข่งขัน	13
2.7 รูปแสดงการไหลแบบขวาง	14
2.8 รูปแสดงการไหลแบบตามกัน	14
2.9 รูปแสดงพรีไซเคอร์แบบเป็นช่วง	15
2.10 รูปแบบของการจัดวางถาดสินค้าอย่างเหมาะสม	16
3.1 การเตรียมเส้นก๋วยเตี๋ยว	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นอาหารสำคัญที่นิยมบริโภคในหลายๆ ประเทศแถบเอเชีย เส้นก๋วยเตี๋ยวผลิตจากแป้งข้าวเจ้าถูกนำมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นผลิตภัณฑ์ที่สดใหม่ เนื่องจากเส้นก๋วยเตี๋ยวสดเป็นอาหารที่ปรุงง่าย และมีคุณค่าทางโภชนาการ สารอาหารปริมาณสูง การบริโภคจะต้องเกิดขึ้นภายในระยะเวลาอันสั้นอีกทั้งเส้นก๋วยเต๋วุนั้นเสื่อมเสียได้ง่าย เป็นผลจากการเตรียมและการเก็บรักษาที่ไม่ดี

ทำให้ปัจจุบันจึงมีการพัฒนาเส้นก๋วยเต๋วนำไปทำเป็นเส้นก๋วยเต๋วแช่แข็งเป็นการเพิ่มความสะดวกสบายในการบริโภค สามารถยืดอายุการเก็บรักษาให้นานยิ่งขึ้น และยังสามารถลดค่าแอกทิวิตี้ของน้ำ (Water activity) ในเส้นก๋วยเต๋ว สามารถยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสีย การแช่แข็งที่ได้นั้นต้องสามารถรักษาคุณภาพทางเนื้อสัมผัส รสชาติและคุณค่าทางโภชนาการของเส้นก๋วยเต๋วแช่แข็งให้ได้เมื่อเทียบกับคุณภาพของเส้นก๋วยเต๋วสด

การนำเส้นก๋วยเต๋วแช่แข็งมาประกอบอาหารคุณภาพเนื้อสัมผัสของเส้นจะลดลง เส้นก๋วยเต๋วจะไม่ยืดหยุ่น ขาดง่าย และอาจละลาย จึงทำให้มีการศึกษาการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในการปรับปรุงคุณภาพของเส้นก๋วยเต๋วแช่แข็ง ดังนั้นจึงมีการค้นคว้าการพัฒนาเส้นก๋วยเต๋วแช่แข็งเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเต๋วแช่แข็ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมในการทำเส้นก๋วยเต๋ว

1.2.2 เพื่อศึกษาการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสในเส้นก๋วยเต๋วแช่แข็งโดยการใส่ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดและปริมาณที่แตกต่างกัน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 รู้เทคนิคการเตรียมเส้นก๋วยเต๋วและอัตราส่วนที่เหมาะสมไปพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเต๋วแช่แข็งได้

1.3.2 รู้ชนิดและวิธีการใช้ไฮโดรคอลลอยด์และสามารถนำการใส่ไฮโดรคอลลอยด์ไปพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเต๋วแช่แข็งหรือผลิตภัณฑ์อื่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เส้นก๋วยเตี๋ยว (Noodles)

เส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นหนึ่งในอาหารประเภทเส้นที่นิยมในจีนตั้งแต่โบราณที่ผลิตจากข้าวเจ้าหรือมีแป้งจากพืชอื่น ๆ ผสมอยู่ด้วย ด้วยการรีดเนื้อแป้งให้เป็นแผ่นบาง ๆ ลวกให้สุกในน้ำเดือด เส้นจะมีสีขาวนวล นิยมรับประทานทั้งแบบน้ำและแบบแห้ง นิยมใช้ตะเกียบเป็นเครื่องมือช่วยรับประทาน ซึ่งก๋วยเตี๋ยวในประเทศไทยมีมาเมื่อประมาณสมัยสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช ซึ่งเป็นช่วงที่ไทยมีการติดต่อกับชาวต่างชาติมากมาย และชาวจีนได้นำเอาก๋วยเตี๋ยวเข้ามาทางเรือ แต่สำหรับคนไทยแล้วถือว่าเป็นสิ่งที่แปลกใหม่ในยุคนั้น และได้นำมาประกอบเป็นอาหารอื่น ๆ บริโภคกันจนมีความเป็นที่รู้จักกันเป็นอย่างดี และเริ่มมีการทำเส้นก๋วยเตี๋ยวในประเทศไทย

2.1.1 ชนิดของเส้นก๋วยเตี๋ยว

1. เส้นหมี่ หรือภาษาท้องถิ่นบางที่เรียก "หมี่ขาว" หรือ "เส้นหมี่ขาว" เพื่อป้องกันการสับสนระหว่างบะหมี่ มีขนาด: เล็กกว่า 0.1 เซนติเมตร ให้พลังงาน: 150 กิโลแคลอรี ต่อ 100 กรัม ทำมาจากแป้งข้าวเจ้า แต่มีลักษณะทางกายภาพที่ต่าง คือจะเป็นเส้นกลมสม่ำเสมอ เรียวเล็ก มีสีขาวและเป็นเส้นยาว นอกจากเห็นในก๋วยเตี๋ยวทั่วไปก็พบได้บ่อยในเมนูอาหารจีน ส่วนกระบวนการทำใกล้เคียงกับเส้นเล็กมาก คือเมื่อทำเสร็จแล้วต้องนำความชื้นออกไป กลายเป็นเส้นหมี่แบบแห้ง จะให้พลังงานไม่เท่าเส้นเล็ก และก่อนนำมาทำอาหาร ต้องนำไปแช่น้ำเสียก่อน

2. เส้นเล็กนั้นขนาด: 0.1-0.2 เซนติเมตร ให้พลังงาน: 180 กิโลแคลอรี ต่อ 100 กรัม เส้นเล็กมีส่วนผสมเหมือนกับเส้นใหญ่ คือทำจากแป้งข้าวเจ้า แต่ต่างกันที่ขนาดและกระบวนการสุดท้าย คือเส้นเล็กจะต้องผ่านการทำให้แห้ง เพื่อกำจัดความชื้นออก ทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 แบบคือแบบกึ่งแห้ง เช่น เส้นเล็กในก๋วยเตี๋ยวที่เรากินทั่วไป ซึ่งต้องกินภายใน 3-5 วัน กับแบบแห้ง เช่น เส้นจันทน์ ซึ่งเก็บได้นานเป็นปี เส้นเล็กให้พลังงานน้อยกว่าเส้นใหญ่ แกรมความชื้นก็น้อยกว่า เส้นเล็กนิยมนำไปทำผัดไทย ก๋วยเตี๋ยวเรือ ก๋วยเตี๋ยวน้ำตก

3. เส้นใหญ่ มีขนาดความกว้างกว่าเส้นเล็ก มีขนาด: 1.5-2.5 เซนติเมตร ให้พลังงาน: 220 กิโลแคลอรี ต่อ 100 กรัม เส้นใหญ่มีแป้งข้าวเจ้าเป็นส่วนผสมหลัก ผสมกับแป้งจากพืชอื่น ๆ วิธีทำคือการรีดเนื้อแป้งให้เป็นแผ่นบาง นึ่งให้สุก แล้วนำมาตัดเป็นเส้น เส้นใหญ่ส่วนใหญ่เมื่อทำเสร็จจะพร้อมสำหรับเอาไปปรุงอาหารเลย หรือที่เรียกว่า 'เส้นสด' ซึ่งต้องเอาไปคลุกน้ำมันเคลือบเพื่อไม่ให้เกาะติดกัน แม้จะมีน้ำมันมากที่สุดก็ไม่ได้แปลว่ากินแล้วอ้วนที่สุด เมื่อเทียบกันในน้ำหนัก 100 กรัม แต่สิ่งที่ต้องระวังคือ 'ความชื้น' ของเส้นสดที่ต้องรับประทานให้หมดภายใน 1-2 วัน ถ้าเก็บไว้นานกว่านั้นมักมีกลิ่นหืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เส้นบะหมี่ มีขนาด: 0.1-0.2 เซนติเมตร ให้พลังงาน: 280 กิโลแคลอรี ต่อ 100 กรัม เส้นบะหมี่เป็นเส้นที่ให้พลังงานเยาะที่สุด เส้นบะหมี่ทำจากแป้งสาลี และมีลักษณะเฉพาะตัวคือการใส่ไขลงในส่วนผสม ทำให้เส้นมีสีเหลือง แต่ถ้าผสมสีผสมอาหารสีเขียวลงไปก็จะกลายเป็น บะหมี่หยก ส่วนใหญ่เป็นแบบเส้นสด ก่อนนำไปใช้งานต้องผสมแป้งลงไปไม่ให้เส้นติดกันเป็นก้อน

5. วุ้นเส้น มีขนาด: 0.1-0.2 เซนติเมตร ให้พลังงาน: 180 กิโลแคลอรี ต่อ 100 กรัม วุ้นเส้นนั้นทำจากแป้งถั่วเขียวผสมแป้งมัน ลักษณะเป็นเส้นยาวใส ไม่มีสี ซึ่งผ่านกระบวนการทำให้แห้ง หรือทำให้ความชื้นเหลือน้อยที่สุด

6. พาสต้า เป็นชื่อเรียกรวมๆ ของอาหารประเภทเส้นแบบอิตาลีที่ทำมาจากส่วนผสมสำคัญหลักๆ คือแป้ง และน้ำ ซึ่งชนิดของแป้งที่ใช้ทำเส้นพาสต้าคือแป้งสาลีดูรัม (durum wheat) ที่มีคุณสมบัติทำให้ได้เส้นที่มีเท็กซ์เจอร์เฉพาะตัว สามารถแบ่งเส้นพาสต้าเป็น 2 กลุ่มคือ พาสต้าเส้นสดและพาสต้าเส้นแห้ง พาสต้าเส้นสดจะมีเท็กซ์เจอร์ที่ค่อนข้างนุ่มกว่าแบบเส้นแห้ง และเส้นแห้งก็จะเป็นที่นิยมเพราะหาซื้อได้ง่ายทั่วไป วิธีการทำเส้นทั้งสองชนิดเหมือนกันก็คือต้องนำไปต้มในน้ำจนสุกก่อนนำมาปรุงรับประทาน รูปร่างของเส้นพาสต้ามีมากมายกว่า 600 ชนิด มักกะโรนี พูซิลี น็อคคี เป็นพาสต้าเส้นสั้น ลิงกวิเสปาเกตตี เฟตตูชินี ลาซานญา เป็นพาสต้าเส้นยาวเป็นต้น

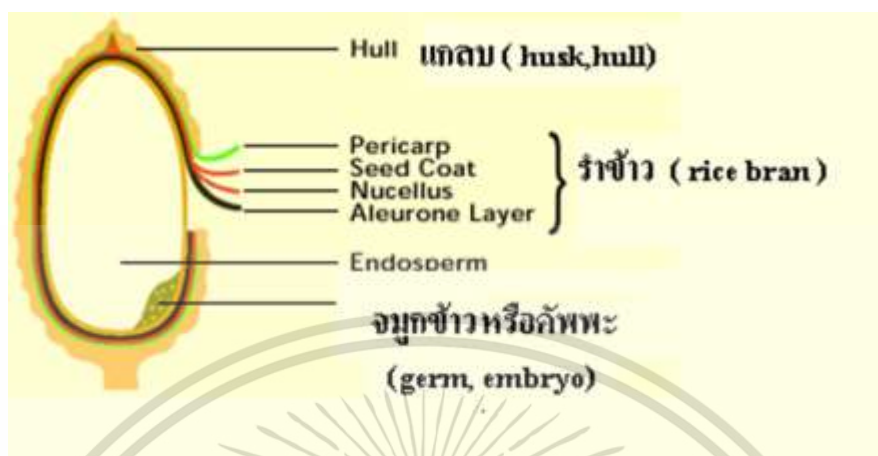
7. เส้นบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป เป็นอาหารแห้ง ประเภทอาหารกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งทำจากแป้งข้าวสาลีที่มีโปรตีนสูง (โปรตีนประมาณ 11%) เส้นบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเป็นเส้นที่ทำให้สุกหรือสุกบ้างแล้ว เส้นจะมีลักษณะเป็นหยัก และมีความเหนียวนุ่ม การผลิตเส้นบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจะเป็นระบบอุตสาหกรรม โดยนำแป้งสาลีมาคลุกกับส่วนผสมต่าง ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับบะหมี่แต่ละรสชาติ เมื่อได้ที่แล้วนำแป้งเหล่านั้นเข้าเครื่องอัดให้เป็นแผ่น นำไปรีดให้มีขนาดบางประมาณ 0.8 มิลลิเมตร แล้วสไลด์ด้วยมีดสั้นลักษณะเป็นซี่ๆ จนแป้งกลายเป็นเส้นหยักๆ นำไปนึ่งในน้ำเดือด เป่าด้วยลมเย็นก่อนจะนำไปตัดเป็นก้อน ก้อนบะหมี่ที่มีขนาดพอเหมาะถูกลำเลียงไปราดน้ำซूप จากนั้นเป่าลมให้สะเด็ดน้ำก่อนเรียงใส่บล็อก และนำไปทอดให้เหลืองกรอบ นำบะหมี่ที่ทอดเสร็จแล้วเข้าเครื่องทำความเย็นเพื่อลดอุณหภูมิให้เหมาะสมสำหรับบรรจุใส่บรรจุภัณฑ์

2.2 วัตถุดิบในการเตรียมเส้นก๋วยเตี๋ยว

2.2.1 แป้งข้าวเจ้า (Rice flour)

เป็นแป้งที่ทำมาจากเมล็ดข้าวเจ้าเมื่อใช้มือสัมผัสแป้งจะพบว่าเนื้อสัมผัสมีความหยาบเล็กน้อย เมื่อได้รับความร้อนตัวแป้งจะมีสีขาวขุ่นและรวมตัวกันเป็นก้อนแต่ไม่มีความเหนียว จึงเหมาะแก่การนำไปทำอาหารที่ต้องการความอยู่ตัวและไม่ต้องการความเหนียว

แป้งข้าว (rice flour) เป็นแป้ง (flour) ที่ผลิตจากข้าว (rice) มีแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตคือ ข้าวหักหรือปลายข้าว



ภาพที่ 2.1 รูปส่วนประกอบของแป้งข้าวเจ้า
ที่มา: พิมพ์เพ็ญ และคณะ (2562)

การผลิตแป้งข้าว กรรมวิธีการผลิตมี 3 วิธี คือ วิธีโม่แห้ง วิธีโม่น้ำ และวิธีผสม การผลิตแป้งข้าวด้วยการโม่แห้ง ได้จากการนำข้าวมาทำความสะอาด (cleaning) เพื่อแยกสิ่งสกปรกออก แล้วจึงนำไปบดเป็นแป้งจะมีคุณภาพต่ำ เพราะเม็ดแป้งค่อนข้างหยาบและมีสิ่งเจือปนสูง อายุการเก็บรักษาสั้น เพราะเกิดกลิ่นหืน (rancidity) ได้ง่าย เพราะมีปริมาณไขมันสูง และถูกทำลายจากแมลงได้ง่าย การผลิตแป้งข้าวด้วยวิธีการโม่น้ำเป็นวิธีการผลิตแป้งข้าวในปัจจุบัน แป้งที่ได้มีคุณภาพดี มีความละเอียดและมีสิ่งเจือปนน้อย เทคโนโลยีการผลิตแป้งโดยวิธีการโม่น้ำได้รับการพัฒนามาช้านาน การผลิตแป้งในปัจจุบันยังคงมุ่งเน้นแป้งข้าวเจ้าชนิดอะไมโลส (amylose) สูง

การผลิตแป้งข้าววิธีผสม เป็นการโม่แป้งจากข้าวที่แช่ในน้ำและอบแห้งด้วยความร้อนก่อนโม่เป็นแป้ง แป้งชนิดนี้เป็นแป้งคุณภาพสูงและนำไปใช้ทำขนมเฉพาะอย่าง เช่น ขนมโก๋จากแป้งข้าวเหนียว

- ข้อดี : แป้งที่ได้มีคุณภาพดี มีความละเอียดและมีสิ่งเจือปนน้อย
- ข้อเสีย : อาจมีการสูญเสียคุณค่าของสารอาหารและเกิดการเปลี่ยนแปลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงงานคนเป็นส่วนใหญ่มากำล้างการผลิตต่ำ (ไม่เกิน 10 ต้นต่อวัน) แป้งที่ได้สีไม่ค่อยขาว ค่าพีเอชและความหนืดต่ำ มีพวกเส้นใยและเถ้าค่อนข้างสูง กรรมวิธีการผลิตเป็นแบบง่าย ๆ โดยนำหัวมันสำปะหลังที่ใช้แรงคนสร้าง เข้าสู่เครื่องบดกรองผ่านตะแกรง ปล่อยให้แป้งตกตะกอนแยกแป้งขึ้นมาตากแป้งบนพื้นคอนกรีตร้อน (ความร้อนได้จากแสงแดดหรือเตาฟืน) แล้วจึงบดแป้งให้เป็นผงเนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องคุณภาพและกำลังการผลิต กรรมวิธีการผลิตแบบนี้จึงลดจำนวนลงหันมาใช้กรรมวิธีการผลิตแบบใหม่ที่อาศัยเครื่องจักรแทน ในประเทศไทยกำลังการผลิตของโรงงานที่ใช้กรรมวิธีการผลิตแบบใหม่คิดเป็นร้อยละ 90 ของกำลังการผลิตทั่วประเทศ

2.2.3 น้ำมันพืช (Vegetable oil)

น้ำมันพืชเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมันที่สกัดได้จากพืช ส่วนใหญ่นำมาใช้ประกอบอาหารมี 2 ประเภท คือ น้ำมันพืชทุกชนิดไม่มีคลอเลสเตอรอล , น้ำมันจากไขมันสัตว์ มีคลอเลสเตอรอล

น้ำมันที่ดี คือน้ำมันที่มีไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) สูง หรือมีไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) ต่ำ เช่น น้ำมันข้าวโพด คาโนลา มะกอก ถั่วเหลือง ทานตะวัน ฯลฯ

น้ำมันกลุ่มดีพิเศษ คือน้ำมันพืชที่มีไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (monounsaturated fatty acid / MUFA) สูงจัดเป็นน้ำมันชนิดดีพิเศษ (especially good) เช่น น้ำมันคาโนลา น้ำมันมะกอก น้ำมันถั่ว (peanut oil) ฯลฯ น้ำมันเหล่านี้ช่วยลดโคเลสเตอรอลชนิดร้าย (LDL) ซึ่งนำคราบไขมันไปทิ้งไว้ตามผนังเส้นเลือด และเพิ่มโคเลสเตอรอลชนิดดี (HDL) ซึ่งจะช่วยให้หลอดเลือด หรือเก็บคราบไขมันจากผนังเส้นเลือด

น้ำมันกลุ่มดีปานกลาง คือน้ำมันพืชที่มีไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (polyunsaturated fatty acid / PUFA) สูงจัดเป็นน้ำมันชนิดดีปานกลาง (generally healthful) เช่น น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง ฯลฯ ถ้าใช้น้ำมันกลุ่มนี้แต่น้อยจะลดโคเลสเตอรอลชนิดร้าย (LDL) แต่ถ้าใช้มากจะลดโคเลสเตอรอลทั้งชนิดดี (HDL) และชนิดร้าย (LDL) จึงควรใช้แต่น้อย

น้ำมันกลุ่มร้าย คือกลุ่มที่ควรหลีกเลี่ยง (oil to avoid) ได้แก่ น้ำมันที่มีไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid / SFA) หรือไขมันทรานส์ (transfatty acid / TFA) สูง เนื่องจากทำให้โคเลสเตอรอลชนิดร้าย (LDL) เพิ่มขึ้น และทำให้โคเลสเตอรอลชนิดดี (HDL) ลดลง ตัวอย่างเช่น น้ำมันจากสัตว์ที่ไม่ใช่ปลา น้ำมันปาล์ม กะทิ ไขมันนม เนยแข็ง ชอร์ตเทนนิ่ง (shortening) หรือเนยเทียมที่ใช้ผสมในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่หรือขนมปัง ครีมเทียม (เช่น คอฟฟี่เมต ฯลฯ)

2.3 ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids)

ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) คือ โพลีเมอร์ชนิดชอบน้ำ (hydrophilic) ที่ได้จากพืช สัตว์ จุลินทรีย์ รวมถึงโพลิเมอร์ดัดแปรจากธรรมชาติหรือสังเคราะห์ โดยทั่วไปจะเป็นโมเลกุลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซี (-OH) และอาจจะเป็น polyelectrolyte อื่นๆ โพลีเมอร์เหล่านี้จะแสดงหน้าที่ที่สำคัญในอาหาร เช่น เป็นสารให้ความหนืด ทำให้เกิดเจล เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) และเป็นสารที่ทำให้เกิดความคงตัว

2.3.1 ชนิดของไฮโดรคอลลอยด์สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มตามแหล่งที่มา ได้แก่

1. ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้มาจากธรรมชาติ (natural hydrocolloids) ซึ่งได้จากส่วนต่างๆ ของพืชได้แก่เมล็ด ยาง เช่น โลคัสบีนกัน (locust bean gum) กัมอาราบิก (gum arabic) ราก ลำต้น เช่น แป้ง หรือได้จากสาหร่ายทะเล เช่น คาร์ราจีแนน (carrageenan) หรือได้มาจากสัตว์ เช่น ไคติน (chitin) หรือจากกระบวนการหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แซนแทนกัม (xanthan gum)
2. ไฮโดรคอลลอยด์ที่ดัดแปรจากสารที่ได้จากธรรมชาติ (modified natural hydrocolloids) ได้แก่อนุพันธ์ของเซลลูโลส เช่น carboxymethyl cellulose (CMC)
3. ไฮโดรคอลลอยด์สังเคราะห์ (synthetic hydrocolloids) เช่น โพลีเอธิลีนออกไซด์โพลีเมอร์ (polyethylene oxide polymers)

ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการเลือกใช้ ไฮโดรคอลลอยด์

1. ลักษณะเนื้อ (body) ที่ต้องการ: viscosity, rheology
2. ลักษณะความรู้สึกเมื่อมีอาหารอยู่ในปาก (mouthfeel): slimy, non slimy
3. ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) ของ gel ที่ต้องการ: Gel strength
4. ลักษณะปรากฏที่ต้องการ (appearance): cloud, clear
5. ความคงตัว (stability) ต่อกระบวนการผลิต: heat, shear stress
6. ความคงตัวในการเก็บรักษา: syneresis, freeze/thaw

ส่วนใหญ่ไฮโดรคอลลอยด์ที่นำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารเป็นไฮโดรคอลลอยด์จากธรรมชาติ และดัดแปรจากธรรมชาติ ไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดจะมีสมบัติแตกต่างกัน เมื่อนำมาใช้จะสามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่าง เช่น เป็นสารเพิ่มความคงตัว (stabilizer) สารเพิ่มความหนืด (thickener) สารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent) และหน้าที่อื่นๆ ในผลิตภัณฑ์อาหารแสดงดังตาราง 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 หน้าที่ของไฮโดรคอลลอยด์ในผลิตภัณฑ์อาหาร

หน้าที่	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์
Adhesive	Bakery glaze
Binding agent	Sausages
Calorie control agent	Dietetic foods
Crystallization inhibitor	Ice cream, sugar syrups
Clarifying agent	Beer, wine
Cloud agent	Fruit juice
Coating agent	Confectionery
Emulsifier	Salad dressing
Encapsulating agent	Powdered flavors
Film former	Sausage casing, protective coatings
Flocculating agent	Wine
Foam stabilizer	Whipped topping, beer
Gelling agent	Pudding, desserts, aspics
Molding	Gum drops, jelly candies
Protective colloid	Flavor emulsifiers
Stabilizer	Beer, mayonnaise
Suspending agent	Chocolate milk
Swelling agent	Processed meats
Thickening	Jams, pie fillings, sauces
Water binding (prevents syneresis)	Cheese, frozen foods
Whipping agent	Topping, icings

ที่มา: ดัดแปลงจาก Sharma (2524)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

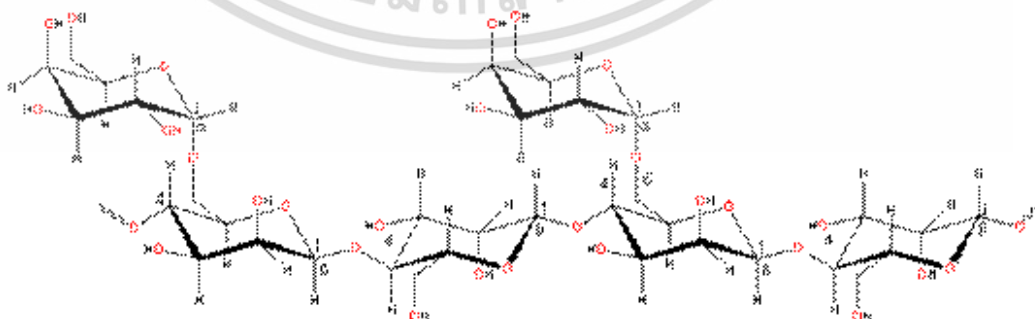
2.3.2 ไฮโดรคอลลอยด์ที่มีลักษณะโครงสร้างที่ต่างกันจะมีสมบัติที่แตกต่างกันดังนี้

1. โครงสร้างโพลิเมอร์แบบเชิงเส้น (linear): เมื่อละลายน้ำหรือกระจายตัวจะให้ความหนืดสูง เกิดเจลและคืนตัว (retrogradation) ได้ง่าย เช่น agar, alginate, cellulose และ pectin เป็นต้น
2. โครงสร้างโพลิเมอร์แบบเชิงเส้นที่มีสายกิ่งก้าน (linear with side chains): ให้ความหนืดสูง ปกติไม่เกิดเจล แต่จะเกิดเจลได้เมื่ออยู่ร่วมกับสารประกอบอื่นในสภาวะที่เหมาะสม เช่น guar gum และ locust bean gum
3. โครงสร้างโพลิเมอร์แบบมีกิ่งก้าน (branched chains): ให้ความหนืดต่ำและคงตัวดี ไม่เกิดเจล มีความเหนียว เช่น gum Arabic

2.3.3 ตัวอย่างไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ในการพัฒนา

1. กัวกัม (Guar gum)

ได้จาก endosperm ของเมล็ดต้น guar (*Cyamopsis tetragonolobus*) โครงสร้างของ Guar gum เป็น โพลิเมอร์สายยาวของ mannose ที่ต่อกันด้วยพันธะ 1,4 และมีกิ่งแขนงของ galactose โดยทุก ๆ 2 โมเลกุลของ mannose ต่อกับ 1 โมเลกุลของ galactose ด้วยพันธะ 1,6 ทำให้อัตราส่วนของ mannose ต่อ galactose เป็น 2:1 ซึ่งแสดงว่า Guar gum มีกิ่งแขนงของ galactose มากกว่า locust bean gum (ภาพที่ 2.3) Guar gum มีสมบัติเป็น non-gelling แต่กระจายตัวและอุ้มน้ำได้ดีในน้ำเย็น จึงใช้ทำหน้าที่หลักเป็นสารเพิ่มความหนืด เพิ่มความคงตัวและอุ้มน้ำ สามารถเกิด interact กับ Xanthan gum ทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น ความหนืดของสารละลาย Guar gum ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ pH เวลา ความเข้มข้น และขนาดของอนุภาคด้วย Guar gum เป็น non-ionic และทนต่อ pH ช่วงกว้างตั้งแต่ 4-10 ทำให้สามารถเติม อิเล็กโทรไลต์ได้เป็นจำนวนมาก แต่ถ้ามีความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์สูงกว่า 5 % จะมีผลต่อการอุ้มน้ำและเกิดเจล Guar gum มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูงสุดที่ pH 7.5-9.0 ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำ Guar gum ไปใช้ได้แก่ ขนมหวาน ซอส ซุป ไอศกรีม น้ำสลัด ซุปผงและใช้เป็นส่วนผสมของน้ำเกรวี



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างโมเลกุลของ Guar gum

ที่มา : <http://www.lsbu.ac.uk/water/hygu.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แขนแทนกัม (Xanthan gum)

เป็นสารสังเคราะห์จากธรรมชาติ 100% ที่สามารถสกัดได้จากเมือกผ่านกระบวนการหมักของแบคทีเรียชนิด Xanthomonas เช่น Xanthomonas campestris, Xanthomonas pelargonii เป็นต้น โดยโมเลกุลของ Xanthan gum นั้นเป็นแบบพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ประเภท (Heteropolysaccharide) โดยโครงสร้างของ Xanthan gum จะประกอบไปด้วยเซลลูโลส (Cellulose) เป็นสายโซ่หลักและมีไตรแซ็กคาไรด์เป็นสายโซ่รอง ซึ่งทั้งหมดจะ ประกอบด้วยแมนโทส (Mantose) กรดกลูคูโรนิก (Glucuronic acid) และกลูโคส (Glucose) (ภาพที่ 2.4) โดย Xanthan gum มีพฤติกรรมกรไฮลแบบซูโดพลาสติก (Pseudoplastic) ซึ่งมีความสำคัญต่อกลิ่น ลักษณะปรากฏและความรู้สึกเมื่ออาหารอยู่ในปาก (mouthfeel) Xanthan gum มีคุณสมบัติที่สามารถละลายได้ทั้งในน้ำเย็นและน้ำร้อน สารละลายที่ได้มีความหนืดสูง ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ มีความคงตัวสูงต่อความร้อนและความหนืดของสารละลาย Xanthan gum จะคงที่ถึงจะมีอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในช่วง 0-100 °C หรือ pH จะเปลี่ยนแปลงในช่วง 1-13 ก็ตาม Xanthan gum ใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืดเพิ่มความคงตัวและทำให้อุณหภูมิแขวนลอยได้ดี Xanthan gum นิยมใช้เป็นสารเติมแต่งในอาหาร ใช้ในอาหารแช่เยือกแข็ง และยังสามารถใช้ผสมกับสารอื่น เช่น ผสม Xanthan gum กับ Locust bean gum เพื่อใช้ในอาหารประเภทของหวาน ซอสมะเขือเทศ หรือใช้ผสมกับ Locust bean gum และ Guar gum ในอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ความข้นหนืดและคุณสมบัติเฉพาะตามความต้องการสำหรับอาหารชนิดหนึ่ง ๆ เช่น ในผลิตภัณฑ์อาหารประเภท frozen desserts, pasteurized, pasteurized process cheese spread, cottage cheese, salad dressing , sour cream และ fruit syrups เป็นต้น



Xanthan Gum สกัดจาก แบคทีเรีย Xanthomonas campestris

ภาพที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุลของ Xanthan gum

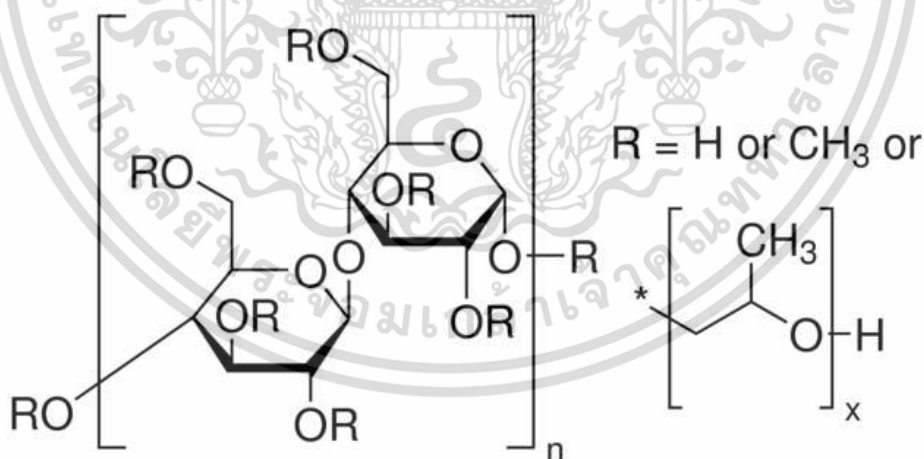
ที่มา: พิมพ์เพ็ญ (2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ไฮดรอกซี โพรพิล เมทิล เซลลูโลส (Hydroxypropyl methylcellulose)

Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) เป็นวัสดุโพลีเมอร์ธรรมชาติกึ่งสังเคราะห์ของเซลลูโลสเป็นวัตถุดิบผ่านการประมวลผลทางเคมีแบบต่างๆ และทำจากอีเทอร์เซลลูโลสที่ไม่เป็นไอออน มีลักษณะผงเซลลูโลสสีขาว ไม่มีกลิ่น มีคุณสมบัติหลายอย่างรวมถึงน้ำที่ละลายน้ำการกักเก็บน้ำความสามารถในการละลายตัวทำละลายอินทรีย์ได้อีกด้วย ละลายได้ในเมทานอลและสารละลายเอทานอล และก่อเนื้อเจลที่อุณหภูมิประมาณ 70 องศา และละลายได้เร็วที่สุดเมื่อ pH ของเหลวอยู่ในช่วง 3-7 (หาก pH สูงกว่านี้ ก็ยังสามารถละลายได้ แต่ต้องใช้เวลายาวนานขึ้น) สามารถใช้ในสูตรที่เป็นกรดได้ ต่ำถึง pH 3 และเป็นด่างได้ถึง pH 9 พบว่า HPMC มีสมบัติในการดูดซึมน้ำ และเกิดเป็นฟิล์มบางๆ ในระหว่างการหมัก ทำให้โดสามารถกักเก็บก๊าซที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักได้ จึงทำให้ขนมปังมีโครงสร้างภายในที่ เรียบเนียน และมีการกระจายตัวของโพรงอากาศอย่างสม่ำเสมอ และสามารถนำไปใช้ในเครื่องตีแป้งอื่น ๆ ได้ และยังสามารถใช้ร่วมกับอิมัลชันชนิดอื่นๆ ได้อีกด้วย HPMC มีคุณสมบัติอีกหลายอย่างเช่นน้ำมันหล่อลื่นเครื่อง เพิ่มความมันวาวและสารกันบูด เป็นสารที่มีความหนืดสูงทั้งเกลือและแอลกอฮอล์ และในฐานะที่เป็นสารเติมแต่งอาหาร HPMC ถือเป็นสารอิมัลชันชั้นและมีสารแขวนลอยและเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับสัตว์เจลาติน หมายเลข E: E464 HPMC สามารถนำมาใช้กับอาหารที่กินได้หลากหลายเพื่อเพิ่มรสชาติอาหาร

- ข้อดี : การเติมไฮโดรคอลลอยด์ช่วยเพิ่มความหนืดและอุณหภูมิขณะเกิดเจลในแป้งข้าวปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น
- ข้อเสีย : ต้องเลือกใช้ไฮโดรคอลลอยด์ให้ถูกกับชนิดของแป้งถึงจะได้ประสิทธิภาพมากขึ้น



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างโมเลกุลของ HPMC

ที่มา: Changzhou Guoyu (2562)

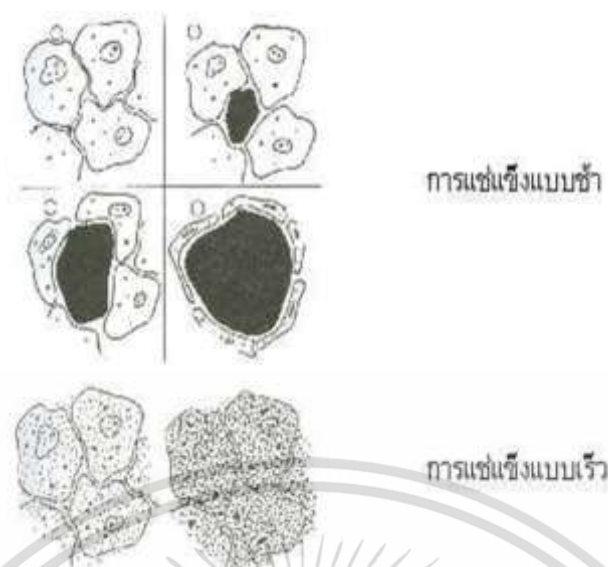
2.4 การแช่แข็ง (Freezing)

การเก็บรักษาอาหารด้วยการแช่แข็งเป็นที่นิยมแพร่หลาย เนื่องจากวิธีนี้สามารถรักษากลิ่นรส สีและคุณค่าทางอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อปฏิบัติอย่างถูกต้อง กลไกของการเก็บรักษาโดยการแช่แข็งเกิดขึ้นได้หลายอย่าง เมื่อผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิลดลงจนต่ำกว่า 0°C ทำให้อัตราการเจริญของจุลินทรีย์และการเสื่อมเสียเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ลดลงอย่างมาก รวมทั้งปฏิกิริยาทางเคมีอื่น ๆ อันเนื่องมาจากเอนไซม์และออกซิเดชันด้วย นอกจากนี้การเกิดผลึกน้ำแข็งภายในผลิตภัณฑ์จะทำให้หน้าที่เหลือทำปฏิกิริยาที่จะก่อให้เกิดการเสื่อมเสียลดลง แม้ว่าคุณภาพอาหารที่ได้จากการแช่แข็งจะสูง แต่ก็ขึ้นกับกระบวนการแช่แข็งและสภาวะของการเก็บในสภาพแช่แข็ง อัตราการแช่แข็งหรือเวลาที่ใช้ลดอุณหภูมิที่สูงกว่าจุดเยือกแข็งเริ่มต้นไปยังอุณหภูมิที่ต่ำกว่า จะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แต่ในลักษณะต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร

การแช่แข็งแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

2.4.1 การแช่แข็งแบบช้า (slow freezing) เป็นการแช่แข็งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ทั้งชิ้นเยือกแข็งโดยอาจใช้เวลาตั้งแต่ 3 - 72 ชั่วโมง โดยใช้อุณหภูมิต่ำกว่า -15°C การแช่แข็งจะดำเนินไปอย่างช้า ๆ โดยเกิดจากภายนอกเข้าไปสู่ภายในของผลิตภัณฑ์ น้ำที่อยู่ภายนอกเซลล์ (extracellular water) จะแข็งตัวเร็วกว่าน้ำที่อยู่ภายในเซลล์ เนื่องจากน้ำภายนอกเซลล์มีความเข้มข้นของตัวถูกละลายต่ำกว่า ทำให้เกิดเกล็ดน้ำแข็ง การทำให้อาหารแข็งตัวอย่างช้า ๆ น้ำค่อย ๆ แยกตัวออกจากเซลล์กล่อมเนื้อรวมตัวเป็นเกล็ดน้ำแข็ง น้ำแข็งจะเป็นผลึกใหญ่และมีขนาดไม่สม่ำเสมอและอยู่ระหว่างเซลล์ ในบริเวณที่มีน้ำอิสระมากน้ำที่ขยายตัวเมื่อแข็งอาจดันให้เซลล์แตกได้ เมื่อนำเอาอาหารแช่แข็งประเภทนี้มาละลาย น้ำจะไหลออกจากอาหาร ถ้าเซลล์แตกจำนวนมาก สารอาหารต่าง ๆ ก็จะมีไหลออกมามาก รสชาติของอาหารจะด้อยลงและมีลักษณะแข็ง

2.4.2 การแช่แข็งแบบเร็ว (Quick Freezing) เป็นวิธีการแช่แข็งโดยทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารทั้งชิ้นเยือกแข็งภายในเวลา 30 นาที หรือน้อยกว่า อุณหภูมิอาจอยู่ในระหว่าง -40°C ถึง -18°C การแช่แข็งแบบนี้อุณหภูมิจนของเนื้อหรือผลิตภัณฑ์เนื้อที่นำมาแช่แข็งนั้นจะลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว เกล็ดน้ำแข็ง เล็ก ๆ จะเกิดขึ้นอย่างเป็นระเบียบทั่วเนื้อเยื่อของเนื้อ ทั้งภายในและภายนอกเซลล์ การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้เกล็ดน้ำแข็งเล็ก ๆ ไม่สามารถเพิ่มขนาดขึ้นได้ จึงได้น้ำแข็งเล็ก ๆ ที่มีขนาดสม่ำเสมอและอยู่ภายในเซลล์เป็นส่วนใหญ่ เมื่อทำให้อาหารแช่แข็งละลายน้ำแข็งผลึกเล็ก ๆ ย่อมละลายอย่างรวดเร็วและน้ำยังคงอยู่ภายในเซลล์ จึงถูกดูดกลับเข้าไปโดยโมเลกุลของโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ไม่ออกจากอาหาร ทำให้อาหารสูญเสียเนื้อน้อยมีคุณภาพดี

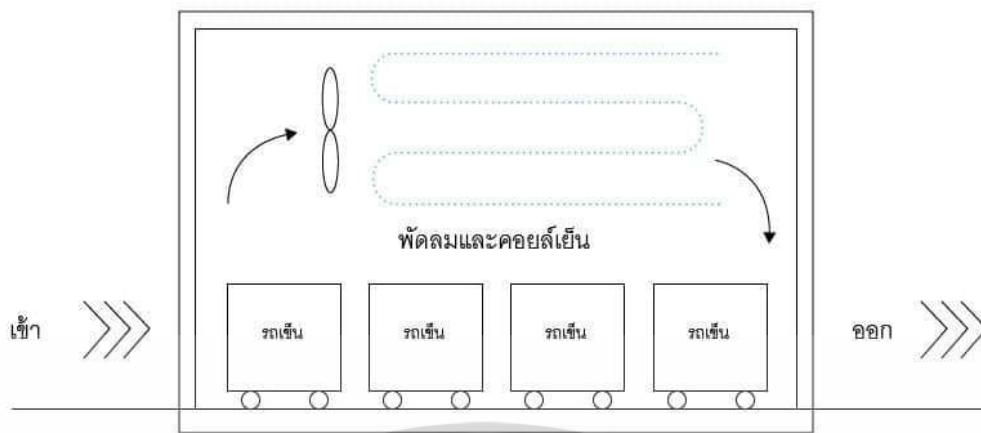


ภาพที่ 2.6 รูปแสดงประเภทการแช่แข็ง
ที่มา: นิรนาม (2562)

2.4.3 Air Blast Freezer เป็นฟรีซที่มีความคล่องตัวในการใช้งาน โดยสามารถฟรีซสินค้าได้หลากหลายชนิดและขนาดที่แตกต่างกันได้ ทำให้ฟรีซชนิดนี้เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย ซึ่ง Air Blast Freezer แยกออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ นั่นคือ

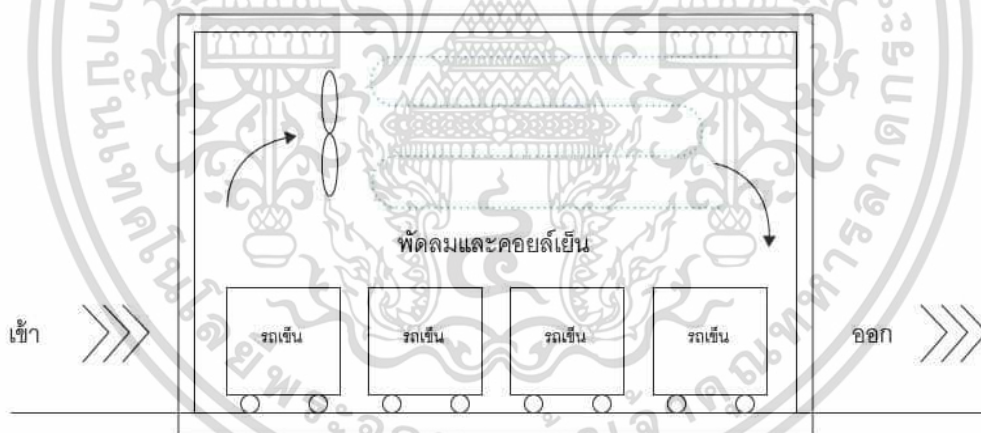
ฟรีซเซอร์การทำงานแบบต่อเนื่อง (Continuous Freezer หรือ Continuous Tunnel) ตัวสินค้าที่ต้องการทำความเย็นจะถูกนำมาวางไว้บนรถเข็น หรือบนตะแกรงที่ทยอยเคลื่อนเข้าไปในห้อง Blast Freezer โดยเมื่อรถคันแรกเคลื่อนที่ออกมาแล้วคันต่อไปจะเคลื่อนที่เข้าไปต่อ ทำให้กระบวนการฟรีซนี้เหมาะกับระบบการผลิตจำนวนมากอย่างต่อเนื่อง (Mass Production)

รูปแบบของการแช่แข็งดังกล่าวจึงแบ่งการไหลของอากาศได้เป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การไหลแบบขวาง (Cross-Flow Freezer) โดยทิศทางของลมเย็นที่เคลื่อนจะขวางกับทิศทางของรถเข็นที่เคลื่อนเข้าไปในห้องฟรีซ



ภาพที่ 2.7 รูปแสดงการไหลแบบขวาง
ที่มา: นิรนาม (2562)

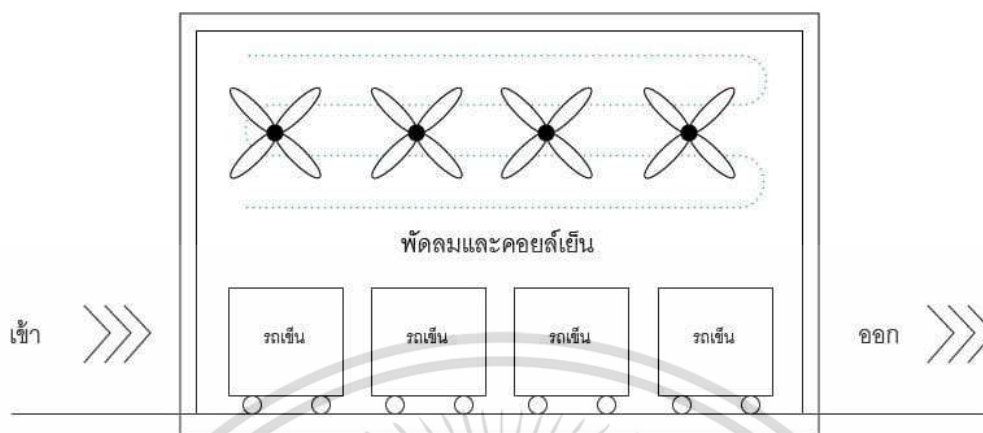
การไหลแบบตามกัน (Series-Flow Freezer) ทิศทางของลมที่เป่าออกมาทำความเย็นเป็นทิศทางเดียวกับที่รถเข็นสินค้าเคลื่อนที่



ภาพที่ 2.8 รูปแสดงการไหลแบบตามกัน
ที่มา: นิรนาม (2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟรีซเซอร์แบบเป็นช่วง



ภาพที่ 2.9 รูปแสดงฟรีซเซอร์แบบเป็นช่วง

ที่มา: นิรนาม (2562)

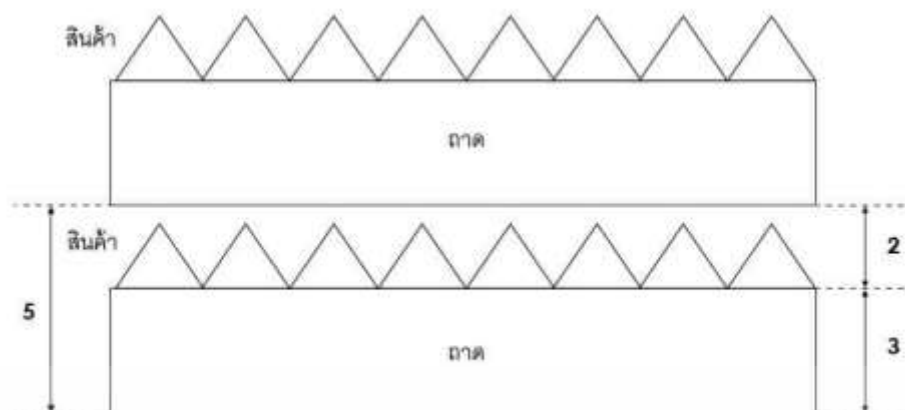
การทำงานของฟรีซเซอร์แบบเป็นช่วง (Batch Freezer หรือ Batch Tunnel) จะนำสินค้าที่ต้องการทำการแช่แข็งจัดเรียงลงในรถเข็นที่มีชั้นวาง โดยจัดวางให้กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นจะนำรถเข็นดังกล่าวเข็นเข้าไปภายในห้องโดยจัดเรียงแบบหน้ากระดานด้านหน้าให้เต็มก่อน และช่องว่างระหว่างคันถูกจัดวางอย่างสม่ำเสมอ

สาเหตุที่ต้องจัดวางให้มีพื้นที่สม่ำเสมอเนื่องจาก เมื่อเกิดช่องว่างของอากาศมากเกินไป อากาศเย็นจะไหลผ่านช่องว่างเหล่านั้นออกไป ทำให้ประสิทธิภาพในการฟรีซสินค้าลดลง จึงส่งผลต่อการฟรีซสินค้าต้องใช้เวลาในการฟรีซที่นานขึ้นกว่าปกติ เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานและสินค้าที่ถูกฟรีซในรูปแบบที่จัดวางไม่ถูกต้องหลักจะได้รับคุณภาพของการฟรีซที่ต่ำลงเช่นเดียวกัน

รูปแบบของการจัดวางภาตสินค้าอย่างเหมาะสม

นอกจากการจัดวางสินค้าให้มีช่องว่างที่เหมาะสมดังที่กล่าวถึงไปก่อนหน้านี้แล้ว ความสูงของขอบภาตที่ใช้วางสินค้าต้องไม่สูงกว่าตัวสินค้า เพราะขอบภาตจะไปบังกระแสลมเย็นที่พัดผ่านตัวสินค้า รวมถึงวัสดุที่ใช้ทำภาตรองต้องแข็งแรงทนทนต่อความเย็นเพื่อให้สินค้าเย็นได้อย่างรวดเร็ว

โดยวัสดุที่นิยมนำมาใช้คือ อลูมิเนียม (14-16 gauge) และระยะห่างระหว่างภาตบนและภาตล่าง อยู่ที่ 2:3 เช่น ถ้าภาตมีความสูง 3 นิ้ว ระยะห่างระหว่างภาตบนและภาตล่างจะเท่ากับ 2 นิ้ว ตามรูปที่แสดงด้านล่าง



ภาพที่ 2.10 รูปแบบของการจัดวางภาคสินค้าอย่างเหมาะสม

ที่มา: นรินาม (2562)

ผลกระทบจากการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสม

ความหลากหลายของบรรจุภัณฑ์ที่นำมาแช่แข็ง เช่น ถุง กระดาษฟอยล์ หรือการบรรจุที่มีการใส่น้ำเกลือในถาดก่อนแช่เยือกแข็ง ล้วนเป็นสาเหตุให้การพรีซ์ใช้เวลาเพิ่มขึ้น จนไม่สามารถระบุได้ว่าใช้เวลาเพิ่มขึ้นเท่าไรและยังส่งผลให้คอมพิวเตอร์ทำงานหนักขึ้นด้วย ดังนั้น ก่อนสร้าง Air Blast Freezer เราจึงต้องระบุข้อมูลให้แน่ชัดก่อนว่าสินค้าลักษณะใดที่เราจะนำมาแช่เยือกแข็งเพื่อให้ข้อมูลที่ถูกต้องแก่ผู้ออกแบบระบบห้องแช่แข็ง

- ข้อดี : เป็นกรรมวิธีการถนอมอาหาร ที่คงความสด และรักษาคุณภาพอาหาร ได้ดีกว่าการถนอมอาหารด้วยวิธีอื่น และสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้
- ข้อเสีย : อาจสูญเสียคุณภาพทางด้านกายภาพและประสาทสัมผัสของอาหารได้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พิมพ์เพ็ญ และคณะ (2533) ศึกษาผลของการใช้แป้งมันสำปะหลังผสมแป้งข้าวเจ้าต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยผสมแป้งมันสำปะหลังในแป้งข้าวเจ้าด้วยอัตราส่วน 0, 10, 20 และ 40 (น้ำหนักแห้ง) ผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 11 ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า พบว่าส่วนประกอบหลักของแป้งทั้งสองคือ คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 87.70 และ 87.77 ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ โดยผลการวิเคราะห์ดัชนีการดูดน้ำพบว่า แป้งมันสำปะหลังสามารถดูดน้ำได้ 1.85 เท่า ของน้ำหนักแป้ง (น้ำหนักแห้ง) ส่วนแป้งข้าวเจ้าสามารถดูดน้ำได้มากกว่า คือ 2.38 เท่า เมื่อผสมแป้งมัน ส ำปะหลังกับแป้งข้าวเจ้าในอัตราส่วนที่สูงขึ้น มีผลทำให้การดูดน้ำของแป้งผสมน้อยลง ส่วนการละลายน้ำพบว่าแป้งข้าวเจ้าละลายน้ำได้ร้อยละ 0.68 ซึ่งมากกว่าแป้งมันสำปะหลังเมื่อผสมแป้งทั้งสองเข้าด้วยกันในอัตราส่วนที่สูงขึ้นจะทำให้ดัชนีการละลายน้ำของแป้งผสมลดลง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยความคงตัวของเจลพบว่าแป้งมันสำปะหลังมีความคงตัวของเจลมากกว่า แต่เมื่อผสมแป้งทั้งสองเข้าด้วยกันจะทำให้เจลแป้งผสมมีความอ่อนตัวลง ผลจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งที่มีความเข้มข้นร้อยละ 8 พบว่าแป้งมันสำปะหลังมีความหนืดสูงที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งข้าวเจ้า หรืออีกนัยหนึ่งคือสุกเร็วกว่า แต่ผลึกแป้งมันสำปะหลังจะถูกทำลายได้ง่ายกว่าแป้งข้าวเจ้าเมื่อให้อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานและการคืนตัวของเจลแป้งมันสำปะหลังหลังลดอุณหภูมิลงมีค่าติดลบในขณะที่แป้งข้าวเจ้ามีค่าสูง ผลจากการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการผสมแป้งมันสำปะหลังพบว่า การเติมแป้งมันสำปะหลังในอัตราร้อยละ 10 และ 20 จะช่วยลดความแข็งกระด้าง การแตกปรีของเส้นก๋วยเตี๋ยวลงได้ และทำให้เส้นมีความเหนียวนุ่ม เรียบเนียน แต่หากเติมมากกว่าร้อยละ 20 จะทำให้เกิดยางเมือกบริเวณผิวหน้าแผ่นก๋วยเตี๋ยว เหนียวยึดตามแรงดึง ใส เมื่อวางซ้อนกันจะติดกัน ดังนั้นที่ระดับแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 20 จึงเหมาะสมที่สุด ส่วนดัชนีการดูดน้ำของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งผสมทำให้อัตราการดูดน้ำลดลง เนื่องจากเม็ดแป้งข้าวเจ้ามีการแตกตัวน้อยกว่าแป้งมันสำปะหลังเมื่อได้รับความร้อนระหว่างการนึ่งเม็ดแป้งจึงมีความสามารถในการดูดน้ำได้ดีกว่า ก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังผสมแป้งข้าวเจ้ามีการดูดน้ำลดลงมีผลคือ ทำให้ก๋วยเตี๋ยวอืดน้อยลง ด้านผลการวิเคราะห์การสูญเสียเนื้อแป้งขณะหุงต้มพบว่าก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งผสมมีอัตราการสูญเสียเนื้อแป้งระหว่างการหุงต้มลดลง เมื่ออัตราการผสมสูงขึ้น

ชูลีพร และคณะ (2558) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแปรรูปข้าวพันธุ์ท้องถิ่น (ข้าวจีบ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเหลืองประทิว และข้าวขาวตาแห้ง) ที่ผ่านการเร่งความเก่าเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร 2 ชนิด ได้แก่ เส้นก๋วยเตี๋ยวและขนม น้ำดอกไม้ และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว (ข้าวเหลืองประทิวและข้าวขาวตาแห้ง) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำแป้งผสมและเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยการทดแทนแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนต่างๆ (100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 และ 50:50) เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังส่งผลให้ปริมาณแอมิโลสเพิ่มขึ้น แต่ค่าความหนืดของน้ำแป้งผสมลดลง แต่ปริมาณแอมิโลสของน้ำแป้งผสมจากข้าวเก่าธรรมชาติและข้าวที่ผ่านการเร่งความเก่าไม่ต่างกัน ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาลักษณะเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้โดยสังเกตลักษณะผิวหน้า สี ความยากง่ายในการลอกแผ่น การตัดเป็นเส้นโดยไม่ติดเม็ดและการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส ได้คัดเลือกเส้นก๋วยเตี๋ยวอัตราส่วน 80:20 และ 70:30 จากแป้งเก่าธรรมชาติและผ่านการเร่งความเก่า ผลทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคพบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวทุกตัวอย่างจากแป้งข้าวได้คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

ขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา (2559) การศึกษาชนิดและปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมต่อการเพิ่มคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว ทำการทดลองโดยผสมแป้งข้าวเจ้ากับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 5:3 ผสมแซนแทนกัม คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสและกัวร์กัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 และ 0.1 ของน้ำแป้ง คนผสมให้เข้ากันแล้วนำไปให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่ 600 วัตต์เป็นเวลา 1 นาที นำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสพบว่า การเติมไฮโดรคอลลอยด์สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวได้เล็กน้อย ซึ่งบางลักษณะทางประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิริการ และคณะ(2559) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางรีโอโลยีและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของถั่วเขียวกวน โดยแปรอัตราส่วนของปริมาณถั่วเขียว น้ำตาลทราย และกะทิ ตามการจัดสิ่งทดลองแบบ mixture design ช่วงการศึกษาปัจจัยประกอบด้วยถั่วเขียว ร้อยละ 24-33 น้ำตาลทราย ร้อยละ 24-40 กะทิ ร้อยละ 33-48 จากการศึกษาสมบัติทางรีโอโลยีของถั่วกวนด้วยวิธี lubricated squeezing flow พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความหนืด ของถั่วเขียวกวนมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อปริมาณถั่วเขียวและกะทิลดลง ส่วนปริมาณน้ำตาลทรายเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาค่าดัชนีการไหล (n) ของถั่วเขียวกวน พบว่าถั่วเขียวกวนทุกอัตราส่วนมีพฤติกรรมการไหลแบบ extensional thinning fluid โดยค่า n มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อปริมาณน้ำตาลทรายและกะทิเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณถั่วเขียวลดลง เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยและสร้างสมการถดถอย พบว่าสมการ quadratic model อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่า K_B กับส่วนผสมของถั่วเขียวกวนได้ดีที่สุด และสมการ linear model อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่า n กับส่วนผสมของถั่วเขียวกวนได้ดีที่สุด การศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมต่อค่าสีถั่วเขียวกวนพบว่าปริมาณกะทิที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของถั่วเขียวกวนลดลง และปริมาณน้ำตาลทรายที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าเป็นสีเหลืองของถั่วเขียวกวนเพิ่มขึ้น การทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือ อัตราส่วนของถั่วเขียว น้ำตาลทราย และกะทิ เท่ากับ 33.00:34.00:33.00 โดยน้ำหนัก

บุศราภา และคณะ(2560) งานวิจัยนี้ศึกษาพฤติกรรมการไหลของน้ำสลัดไขมันต่ำ จากการใช้แป้งข้าวเจ้าร่วมกับแซนแทนกัมเป็นสารให้ความข้นหนืด โดยวางแผนการทดลองแบบ central composite design (CCD) เพื่อศึกษาผลของตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัวแปร คือ ปริมาณน้ำมันถั่วเหลือง ร้อยละ 16.84-25.2 แป้งข้าวเจ้า ร้อยละ 0.9-0.51 โดยน้ำหนัก ต่อค่าตัวแปรตัวตามที่ได้จากสมการ Herschel-Bulkley ได้แก่ค่า yield stress, consistency coefficient (K) และ flow behavior index (n) พบว่า เมื่อน้ำมันถั่วเหลืองและแซนแทนกัมมากขึ้นส่งผลให้ค่า yield stress สูงขึ้น เมื่อแป้งข้าวเจ้าและแซนแทนกัมมากขึ้นส่งผลให้ค่า consistency coefficient สูงขึ้น นอกจากนี้พบว่าค่า flow behavior index มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.64 จาก contour plot เมื่อใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 2.65 และแซนแทนกัมร้อยละ 0.28 เมื่อนำน้ำสลัดไขมันต่ำที่มีพฤติกรรมการไหลที่ใกล้เคียงกับน้ำสลัดไขมันต่ำทางการค้าจำนวน 3 สูตร มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale พบว่า อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลือง แป้งข้าวเจ้า และแซนแทนกัม ที่ได้รับคะแนนการยอมรับมากที่สุดทางด้านเนื้อสัมผัส ความข้นหนืด สี รสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวม คือ 24.04 : 4.5 : 0.45 โดยน้ำหนัก

เพชรรัตน์ บุญร่วมแก้ว (2560) การทดลองที่ศึกษาเรื่อง ข้าว ผลิตภัณฑ์แปรรูปข้าวในปัจจุบันมีหลากหลายรูปแบบ เช่น เส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นบะหมี่ เกี้ยว ขนมปัง ขนมขบเคี้ยว และอื่นๆ แต่ข้อจำกัดของแป้งข้าวคือ ไม่มีโปรตีนกลูเตนจึงไม่สามารถขึ้นรูปเป็นก้อนโดที่ยืดหยุ่นหรือรีดเป็นแผ่น ได้ จึงมีการใช้แป้งข้าวผสมกับสารไฮโดรคอลลอยด์เพื่อปรับปรุงสมบัติดังกล่าว ในการวิจัยครั้งนี้ศึกษาผล ของการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด ได้แก่ แซนแทนกัม (XG) และไฮดรอกซีพรอพิลเมทิล เซลลูโลส (HPMC) ต่อคุณภาพของแผ่นแป้งจากแป้งข้าว โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น กิจกรรม น้ำอิสระ ความเป็นกรดต่าง สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อสัมผัส และคุณภาพการหุงต้ม จากผลการทดลองพบว่า แผ่นแป้งทั้งสอง สูตรมีปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ ความเป็นกรดต่าง และสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ($p > 0.05$) ส่วนค่าความแน่นเนื้อก่อนต้มของแผ่นแป้งสูตรที่มีการผสม XG มีค่าต่ำกว่าสูตรที่มีการ ผสม HPMC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าความแน่นเนื้อหลังต้ม ร้อยละผลผลิต และการ สูญเสียน้ำหนักหลังต้มของแผ่นแป้งทั้งสองสูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

Pan และคณะ (2016) การศึกษาผลกระทบของไฮโดรคอลลอยด์เช่น โซเดียมโพลีอะคริเลต แชนแทนกัม และโซเดียมอัลจินตต่อการใช้พลังงานและคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวปรุงสุกแช่แข็ง ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิเจลาตินเซชัน (GT) สั้นลงอย่างมีนัยสำคัญและคุณสมบัติพื้นผิว (ความแข็ง ความแน่น ความแข็งแรงของรอยแตก) ของเส้นก๋วยเตี๋ยวปรุงสุกแช่แข็งได้รับการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญโดยการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างของอุณหภูมิการเปลี่ยนผ่านแก้วเมื่อเติมไฮโดรคอลลอยด์ นอกจากนี้ไฮโดรคอลลอยด์ยังช่วยเพิ่มคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ปรุงแล้วและการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นอย่างไรก็ตามแชนแทนกัม ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ส่วนประกอบที่เหมาะสมที่สุดคือโซเดียมโพลีอะคริเลต 0.13% แชนแทนกัม 0.86% โซเดียมอัลจินต 0.18% ด้วยคะแนนทางประสาทสัมผัสทั้งหมด 90.30 จากการศึกษาพบว่าไฮโดรคอลลอยด์สามารถใช้เป็นสารปรับเปลี่ยนในกระบวนการทำเส้นก๋วยเตี๋ยวปรุงสุกแช่แข็ง

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

แป้งข้าวเจ้า (Rice Flour) (บริษัท อุตสาหกรรมแป้งไทย จำกัด)

แป้งมันสำปะหลัง (Tapioca Flour) (บริษัท อี.ที.ซี. เอี้ยบตงจัน จำกัด)

น้ำ (Water)

น้ำมันพืช (Vegetable oil) (บริษัท น้ำมันพืชไทย จำกัด (มหาชน))

3.1.2 สารเคมี

แซนแทนกัม (Xanthan Gum) (บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด)

กัวกัม (Guar Gum) (บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด)

ไฮดรอกซี โพรพิล เมทิล เซลลูโลส (HPMC) (บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด)

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำเส้นก๋วยเตี๋ยว

ถาดอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมขอบตรง 9×9

ถาดสแตนเลส

ชามสแตนเลส

ถ้วยอลูมิเนียม

บีกเกอร์พลาสติก 3000 มิลลิลิตร

หม้อนึ่ง 3 ชั้น

เครื่องรีดแป้งและตัดเส้นบะหมี่

ถุงมือซิลิโคนกันความร้อน

แปรงพลาสติกทาน้ำมัน

มีด

เขียงพลาสติก

กรรไกร

ผ้าเช็ดโต๊ะ

ฟิล์มยืดห่ออาหาร (Plastic food wrap)

ถุงซิปล็อคใส

ช้อนโต๊ะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทัพพี
 ไม้พายพลาสติก
 ตะกร้อตีแป้ง
 เครื่องชั่งน้ำหนัก
 ปากกาเขียนพลาสติก
 ตู้แช่แข็ง (Freezer)
 กระดาษทิชชู
 ไมโครเวฟ
 ก่องอาหารเวฟได้
 นาฬิกาจับเวลา
 ถังแก๊ส
 เต้าแก๊ส

3.2.2 อุปกรณ์วิเคราะห์เนื้อสัมผัส

Texture analyzer: Ta.xt plus, United Kingdom

3.2.3 อุปกรณ์วิเคราะห์ค่าสี

Colorimeter: Minolta CR-400, Japan

3.2.4 อุปกรณ์วิเคราะห์ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ (Aw)

Water activity meter: AQUALAB 4TE, USA

ตลับ Aw

3.2.5 อุปกรณ์วิเคราะห์ความชื้น

เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดละเอียด 4 ตำแหน่ง

ช้อนตักสาร

ตู้อบไฟฟ้า (electric oven): ED/FD, Germany

โถดูดความชื้น (Desiccator)

ภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (moisture can)

3.2.6 อุปกรณ์วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน (DSC)

เครื่อง Differential Scanning Calorimeter: Mettler Toledo, Thailand

Aluminum pan 40 μ l

เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดละเอียด 4 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

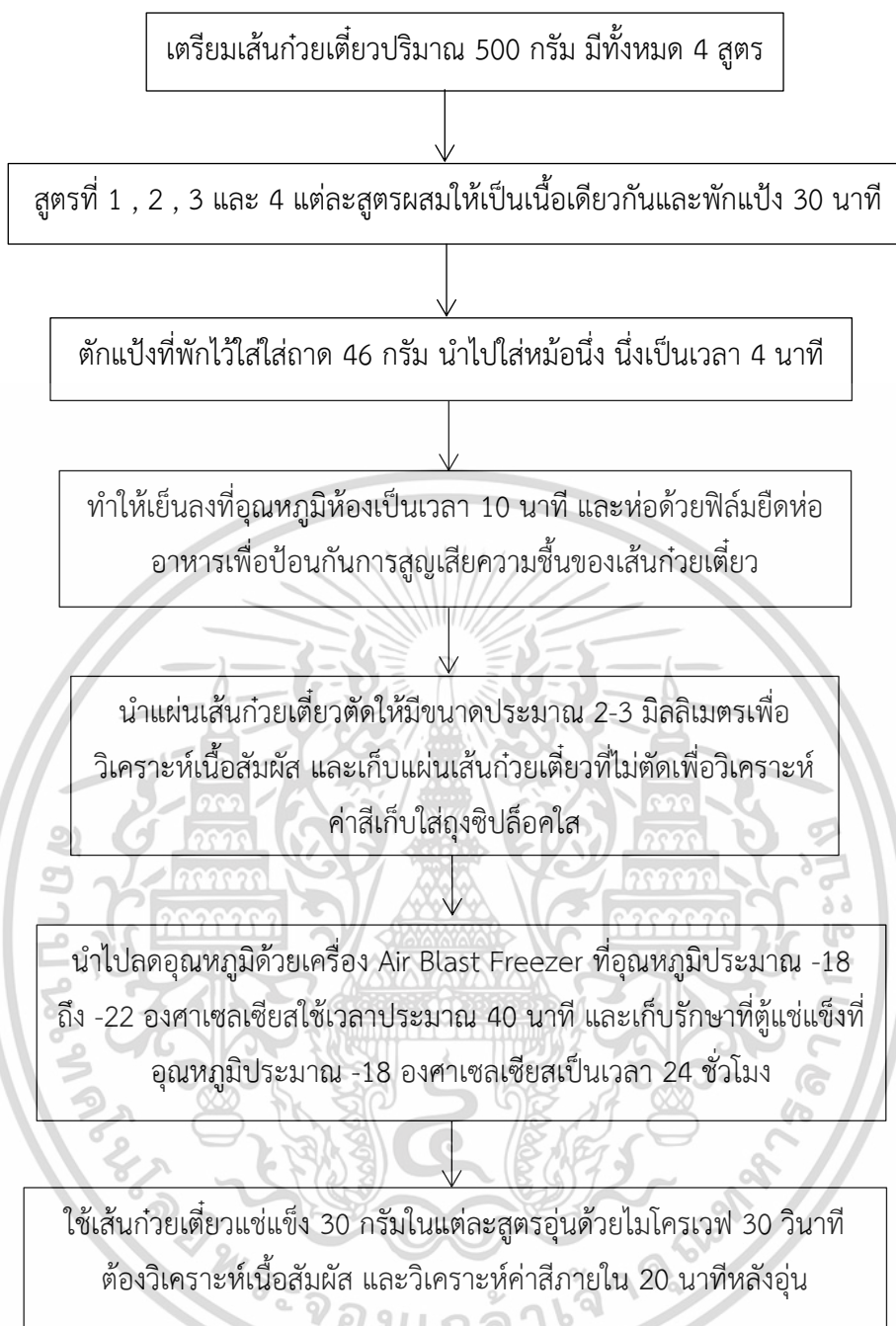
3.3.1 ศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมในการทำเส้นก๋วยเตี๋ยว

โดยการทดลองนี้จะศึกษาหาสูตรมาตรฐานด้วยการทดลองทั้งหมด 4 สูตร โดยใช้แป้งข้าวเจ้า (RF) และแป้งมันสำปะหลัง (TF) ในปริมาณที่แตกต่างกัน สูตรที่ 1 ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 100 (RF100%) สูตรที่ 2 ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 90 กับแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 10 (RF90%+TF10%) สูตรที่ 3 ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 85 กับแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 15 (RF85%+TF15%) และสูตรที่ 4 ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 80 กับแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 20 (RF80%+TF20%) ดังตารางที่ 3.1 ผสมกับน้ำให้เป็นเนื้อเดียวกันและพักน้ำแป้งไว้ 30 นาที และนึ่งตามเวลาที่กำหนด พักแผ่นแป้งให้เย็นและนำแป้งมาตัดให้เป็นเส้นที่ขนาดเท่าๆ กัน ซึ่งวิธีการทดลองของทั้ง 4 สูตรจะเป็นไปตามรูปที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สูตรการเตรียมเส้นก๋วยเตี๋ยว

สูตรเส้นก๋วยเตี๋ยว	แป้งข้าวเจ้า (กรัม)	แป้งมันสำปะหลัง (กรัม)	น้ำ (มิลลิลิตร)
1. RF100%	200	-	300
2. RF90% + TF10%	180	20	300
3. RF85% + TF15%	170	30	300
4. RF80% + TF20%	160	40	300

ที่มา : ดัดแปลงจาก หอมดอก และ นมหอม (2550) ; Han, Seo, Lim และ Park (2554) ; Pongjanta และ Lerdluksamee, (2562)



ภาพที่ 3.1 การเตรียมเส้นก๋วยเตี๋ยว

ที่มา : ดัดแปลงจาก หอมดอก และ นมหอม (2550) ; Han และ Park (2554) ; Pongjanta และ Lerdluksamee (2562)

จากการเตรียมเส้นก๋วยเตี๋ยวในแต่ละสูตรโดยใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังในปริมาณที่แตกต่างกัน หลังจากได้เส้นก๋วยเตี๋ยวในแต่ละสูตร นำไปตรวจวิเคราะห์เนื้อสัมผัส และค่าสี เพื่อหาเลือกสูตรที่เหมาะสมมาเป็นสูตรมาตรฐานในการศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.1 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสและค่าสีของเส้นก๋วยเตี๋ยว

หลังจากเตรียมเส้นก๋วยเตี๋ยวจะวิเคราะห์เส้นก๋วยเตี๋ยวก่อนแช่แข็ง และหลังแช่แข็งโดยนำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่แช่แข็ง 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และทำการละลายอีก 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียส จึงนำเส้นก๋วยเตี๋ยวแต่ละสูตรมาอุ่นด้วยไมโครเวฟ 800 วัตต์เป็นเวลา 30 วินาที ทำการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส และการวิเคราะห์ค่าสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวมี่ดังนี้

1) การวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัส (Texture analyzer)

โดยนำเส้นก๋วยเตี๋ยวก่อนแช่แข็ง และหลังแช่แข็งในแต่ละสูตรมาวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง Texture analyzer โดยจะวัด 2 ประเภท ดังนี้

1.1 การทดสอบแรงดึง (Tensile Test) เพื่อศึกษาแรงดึงของเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยใช้หัววัด Spaghetti Tensile Rig (A/SPR) นำเส้นก๋วยเตี๋ยวมาม้วน 1 รอบครั้งที่หัววัด และทำการตรวจวัดซ้ำ 20 ครั้ง / สูตร (วิธีการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสแสดงในภาคผนวก ข.1)

1.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (TPA) เพื่อศึกษา ทำการวัดค่าความแข็ง (hardness) ค่าการเกาะติดผิว (adhesiveness) ค่าความสามารถในการเกาะกัน (cohesiveness) โดยใช้หัววัด P/35 ทำการตรวจวัดซ้ำ 20 ครั้ง / สูตร (วิธีการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสแสดงในภาคผนวก ข.2)

2) การวิเคราะห์ค่าสี (Colorimeter)

วิเคราะห์ค่าสี โดยใช้ค่า CIE L* (lightness) ด้วยเครื่อง colorimeter ใช้แผ่นเส้นก๋วยเตี๋ยวนำมาพับครึ่ง วัดที่ผิวหน้าของแผ่นเส้นก๋วยเตี๋ยว ทำทั้งเส้นก๋วยเตี๋ยวก่อนแช่แข็ง และเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่แข็ง (วิธีการวิเคราะห์ค่าสีแสดงในภาคผนวก ข.3)

3.3.1.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส และค่าสี โดยวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มตลอด (Complete randomized design, CRD) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของเส้นก๋วยเตี๋ยวด้วย Duncan's New Multiple range test (DMRT) โดยโปรแกรมทางสถิติ SPSS

พิจารณาเลือกสูตรเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีปริมาณแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังในปริมาณที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัส ที่มีค่าแรงดึงและระยะแรงดึงมากที่สุด ค่าความแข็ง ค่าการยึดติด และค่าการเกาะติดที่น้อยที่สุด นำไปศึกษาต่อในข้อ 3.3.2

3.3.2 การศึกษาการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสในเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่แข็งโดยการใส่ไฮโดรคอลลอยด์ชนิด และปริมาณที่แตกต่างกัน

โดยการทดลองเส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรมาตรฐานในหัวข้อ 3.3.1 เส้นก๋วยเตี๋ยวแช่แข็งมีลักษณะเนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็ง และเหนียว จึงทำการปรับปรุงโดยการใส่ไฮโดรคอลลอยด์เพื่อพัฒนาคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่แข็งให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น สามารถเทียบกับสูตรมาตรฐานของเส้นก๋วยเตี๋ยวก่อนแช่แข็ง

นำมาศึกษาต่อโดยทำการทดลองใส่สารเพิ่มความคงตัวในเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่แข็ง โดยนำสูตรมาตรฐานที่ได้มาปรับปรุงต่อโดยการใส่ไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิด คือ แซนแทนกัม (XG), กัวกัม (GG) และไฮดรอกซี โพรพิล เมทิล เซลลูโลส (HPMC) ที่ปริมาณร้อยละ 0.1, 0.2 และ 0.3 โดยเทียบจากปริมาณแป้งทั้งหมด และใช้กระบวนการเตรียมเส้นดังรูปที่ 3.1

การศึกษาการปรับปรุงคุณภาพเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่แข็งโดยการใส่ไฮโดรคอลลอยด์ โดยวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ค่าสี ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ ปริมาณความชื้น และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน (DSC) ของเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่แข็ง เพื่อหาเลือกไฮโดรคอลลอยด์ชนิดและปริมาณที่เหมาะสม

3.3.2.1 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสและค่าสีของเส้นก๋วยเตี๋ยว

หลังจากนำสูตรมาตรฐานใส่ไฮโดรคอลลอยด์และนำไปแช่แข็ง นำเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่แข็งแต่ละสูตรมาวิเคราะห์ผลตามหัวข้อ 3.3.1.1

3.3.2.2 การวิเคราะห์ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ (A_w)

วิเคราะห์ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ โดนเตรียมตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่แข็งที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์สับละเอียดแต่ละสูตร ใส่ลงในภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น ครอบด้วยตลับไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (วิธีการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมน้ำอิสระแสดงในภาคผนวก ข.4)

3.3.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยเตรียมตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่แข็งใส่ไฮโดรคอลลอยด์สับละเอียดน้ำหนักประมาณ 3 กรัม ใส่ลงในภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น ครอบด้วยตลับไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 5 ชั่วโมง (AOAC, 2000) และคำนวณหาน้ำหนักที่หายไปหลังการอบ คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (วิธีการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นแสดงในภาคผนวก ข.5)

3.3.2.4 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน (DSC)

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน โดยนำเส้นก๋วยเตี๋ยวสับก่อนแช่แข็งละเอียดแต่ละสูตรที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์ ชั่งน้ำหนักประมาณ 10 มิลลิกรัมใส่ Aluminum pan 40 μ l และปิดฝาตัวอย่าง วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) (วิธีการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนแสดงในภาคผนวก ข.6)

3.3.2.5 วิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ค่าสี ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ ปริมาณความชื้น และการเปลี่ยนแปลงทางความร้อน(DSC) โดยวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มตลอด (Complete randomized design, CRD) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของเส้นก้วยเดี่ยวด้วย Duncan's New Multiple range test (DMRT) โดยโปรแกรมทางสถิติ SPSS

พิจารณาจากเส้นก้วยเดี่ยวแช่แข็งที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์ที่มีค่าจากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสที่มีค่าใกล้เคียงกับเส้นก้วยเดี่ยวก่อนแช่แข็งที่ใช้เป็นสูตรมาตรฐาน ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ และปริมาณความชื้นที่มีค่าน้อยหรือใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมในการทำเส้นก๋วยเตี๋ยว

จากการศึกษาหาสูตรของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่อัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่ใช้ทำเส้นก๋วยเต๋วยังตารางที่ 3.1 และภาพที่ 3.1 จะได้เส้นก๋วยเต๋วยแต่ละสูตร จากนั้นนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ค่าสี และ โดยวิเคราะห์ทั้งเส้นก๋วยเต๋วก่อนแช่แข็ง และเส้นก๋วยเต๋วหลังแช่แข็ง เพื่อหาสูตรที่เหมาะสม ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ถึง 4.3

4.1.1 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยว

จากตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเต๋วก่อนแช่แข็ง พบว่าเมื่อใส่แป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วนที่ต่างกัน การใส่แป้งมันสำปะหลัง 10% ทำให้มีค่าความคงทนต่อแรงดึงที่มาก และเมื่อใส่แป้งมันสำปะหลังมากกว่า 10% ขึ้นไปค่าความคงทนต่อแรงดึงจะลดลง และสูตรที่1 (RF100%) และสูตรที่2 (RF90%+TF10%) ค่าแรงดึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < 0.05$) ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสค่าความแข็งสูตรที่ 1 (RF100%), สูตรที่3 (RF85%+TF15%) และสูตรที่4 (RF80%+TF20%) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < 0.05$) การเพิ่มอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังที่มากกว่า 10% ขึ้นไป จะทำให้ค่าความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณที่เพิ่มขึ้น ค่าการยึดติดสูตรที่4 (RF80+TF20%) มีค่าการยึดติดมากที่สุด และค่าการเกาะติดสูตรที่1 (RF100%) มีค่าการเกาะติดมากที่สุด เนื่องจากอัตราส่วนของส่วนผสมสูตรแป้งข้าวเจ้าล้วน จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เกาะติดกันเองของเส้นก๋วยเต๋ว อัตราส่วนของสูตรที่ 4 (RF80%+TF20%) มีค่าความแข็งและค่าการยึดติดมากที่สุด เนื่องจากการผสมแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนที่มากกว่า 10% ขึ้นไป จะทำให้เนื้อสัมผัสมีความแข็งและเหนียวแน่น เมื่อวางเส้นซ้อนทับกันจะติดกันเอง และอัตราส่วนของสูตรที่ 2 (RF90%+TF10%) การใส่แป้งมันสำปะหลังอัตราส่วนที่ 10% จะช่วยลดความแข็งกระด้าง ทำให้เส้นนุ่มเหนียว เรียบเนียน (พิมพ์เพ็ญ และคณะ, 2533)

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวก่อนแช่แข็งสูตรมาตรฐาน

สูตรเส้นก๋วยเตี๋ยว	การทดสอบแรงดึง			ลักษณะเนื้อสัมผัส	
	แรงดึง(กรัม)	ระยะการดึง (มิลลิเมตร)	ความแข็ง (กรัม)	การยึดติด (กรัม•วินาที)	การเกาะติด
1. RF100%	55.09 ± 2.61 ^a	32.25 ± 4.97 ^b	5068.64 ± 603.58 ^b	-16.71 ± 4.80 ^b	0.90 ± 0.04 ^a
2. RF90%+TF10%	57.72 ± 6.02 ^a	37.84 ± 4.94 ^a	4858.10 ± 475.82 ^b	-11.69 ± 3.36 ^c	0.87 ± 0.03 ^b
3. RF85%+TF15%	40.94 ± 4.12 ^b	29.79 ± 6.32 ^b	5858.60 ± 522.63 ^a	-20.25 ± 5.83 ^{ab}	0.89 ± 0.02 ^{ab}
4. RF80%+TF20%	39.94 ± 6.07 ^b	31.42 ± 5.73 ^b	6085.72 ± 508.56 ^a	-22.40 ± 4.79 ^a	0.89 ± 0.03 ^{ab}

หมายเหตุ : ^{a, b, c} ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05)

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังแช่แข็งสูตรมาตรฐาน

สูตรเส้นก๋วยเตี๋ยว	การทดสอบแรงดึง			ลักษณะเนื้อสัมผัส(กรัมแรง)	
	แรงดึง(กรัม)	ระยะการดึง (มิลลิเมตร)	ความแข็ง (กรัม)	การยึดติด (กรัม•วินาที)	การเกาะติด
1. RF100%	49.87 ± 4.79 ^b	31.49 ± 5.50 ^b	6074.66 ± 597.16 ^a	-12.85 ± 2.90 ^{ab}	0.87 ± 0.03 ^{ab}
2. RF90%+TF10%	57.21 ± 4.64 ^a	35.99 ± 3.03 ^a	3970.99 ± 572.54 ^b	-11.82 ± 4.46 ^b	0.86 ± 0.03 ^b
3. RF85%+TF15%	49.15 ± 5.99 ^b	31.07 ± 4.58 ^b	6095.67 ± 562.85 ^a	-15.42 ± 4.35 ^{ab}	0.88 ± 0.02 ^a
4. RF80%+TF20%	49.18 ± 3.70 ^b	32.31 ± 6.35 ^{ab}	6111.90 ± 343.46 ^a	-16.42 ± 7.17 ^a	0.87 ± 0.03 ^{ab}

หมายเหตุ : ^{a, b, c} ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05)

จากตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังแช่แข็ง พบว่าเมื่อใส่แป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วนที่แตกต่างกัน การใส่แป้งมันสำปะหลัง 10% ทำให้มีค่าความคงทนต่อแรงดึงที่มาก แต่เมื่อใส่แป้งมันสำปะหลังมากกว่า 10% ขึ้นไปค่าความคงทนต่อแรงดึงจะลดลง ลักษณะเนื้อสัมผัสค่าความแข็งสูตรที่ 1 (RF100%), สูตรที่3 (RF85%+TF15%) และสูตรที่4 (RF80%+TF20%) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05) การเพิ่มอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังที่มากกว่า 10% ขึ้นไป จะทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นตามปริมาณที่เพิ่มขึ้น ค่าการยึดติด สูตรที่4 (RF80%+TF20%) มีค่าการยึดติดที่สูงกว่าสูตรอื่น เนื่องจากอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังที่มากจะทำให้เนื้อสัมผัสของเส้นมีความเหนียว และลอกจากถาดนึ่งยาก และค่าการเกาะติดเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังค่าการเกาะติดมีค่าเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือค่าความสามารถการเกาะตัวกันของชิ้นอาหาร เป็นเช่นเดียวกันกับผลการวิเคราะห์เส้นก่อนแช่แข็ง (พิมพ์เพ็ญ และคณะ, 2533)

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของเส้นก๋วยเตี๋ยว

นำตัวอย่างแผ่นเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ยังไม่ตัดเส้นทั้งก่อนแช่แข็ง และหลังแช่แข็ง นำมาวิเคราะห์ค่าสี ดั่งข้อที่ 3.3.1.1 จะได้ผลการวิเคราะห์ค่าสีดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวก่อนและหลังแช่แข็งสูตรมาตรฐาน

สูตรเส้น ก๋วยเตี๋ยว	ผลค่าสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวก่อนแช่แข็ง		ผลค่าสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังแช่แข็ง	
	L*		L*	
1. RF100%	74.84 ± 0.68 ^a		69.34 ± 3.95 ^a	
2. RF90%+TF10%	74.43 ± 1.09 ^{ab}		68.62 ± 2.28 ^a	
3. RF85%+TF15%	73.75 ± 1.00 ^{ab}		65.57 ± 2.86 ^b	
4. RF80%+TF20%	73.05 ± 1.17 ^b		63.76 ± 2.37 ^b	

หมายเหตุ : ^{a, b, c} ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05)

จากตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ค่าสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวก่อนแช่แข็ง พบว่าค่าความสว่าง (L*) ของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ใส่แป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วนที่ต่างกัน สูตรที่2 (RF90%+TF10%) มีค่าความสว่างที่มาก เมื่อใส่แป้งมันสำปะหลังอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นค่าความสว่างของเส้นก๋วยเตี๋ยวจะลดลง และสูตรที่1 (RF100%) มีค่าความสว่างมากที่สุดเนื่องจากไม่มีส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลัง ทำให้มีค่าความสว่างมากที่สุด

ผลการวิเคราะห์ค่าสีเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังแช่แข็ง พบว่าค่าความสว่าง (L*) ของเส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรที่1 (RF100%) และสูตรที่2 (RF90%+TF10%) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05) และ ค่าความสว่างของสูตรที่3 (RF85%+TF15%) และสูตรที่4 (RF80%+TF20%) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05) ส่วนสูตรที่1(RF100%) มีค่าความสว่างมากที่สุดเช่นเดียวกับการวัดสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวก่อนแช่แข็ง และลดลงตามลำดับเมื่อใส่แป้งมันสำปะหลังอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น

จากผลการวิเคราะห์หาสูตรมาตรฐาน ค่าเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวก่อนแช่แข็งและหลังแช่แข็ง สูตรที่ 2 (RF90%+TF10%) มีค่าแรงดึงและระยะการดึงมากที่สุด และมีค่าความแข็ง การยึดติด และการเกาะติดน้อยที่สุด เพราะการผสมแป้งมันสำปะหลังอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 10 ช่วยลดความแข็งกระด้าง เพิ่มความยืดหยุ่น ทำให้เส้นนุ่มเหนียว เรียบเนียน และเส้นก๋วยเตี๋ยวขาดได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพในเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่แข็งด้วยไฮโดรคอลลอยด์ชนิดและปริมาณที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาเพื่อหาสูตรมาตรฐานในข้อ 4.1 เมื่อได้เส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรมาตรฐานแล้ว นำมาพัฒนาโดยใส่ไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิด แซนแทนกัม (XG), กัวกัม (GG) และไฮดรอกซีโพรพิล เมทิลเซลลูโลส (HPMC) ที่ความเข้มข้นที่กำหนดร้อยละ 0.1, 0.2 และ 0.3 และทำตามขั้นตอนดังภาพที่ 3.1 จะได้เส้นก๋วยเตี๋ยวแต่ละสูตรที่ผสมไฮโดรคอลลอยด์แล้วนำมาแช่แข็ง จากนั้นนำตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่แข็งมาวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ค่าสี กิจกรรมน้ำอิสระ ปริมาณความชื้น และการเปลี่ยนแปลงทางความร้อน เพื่อหาชนิดและปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมที่สามารถเทียบกับเส้นก๋วยเตี๋ยวก่อนแช่แข็งที่ใช้เป็นสูตรมาตรฐาน ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.4 ถึง 4.7

4.2.1 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสสูตรมาตรฐานแช่แข็งใส่ไฮโดรคอลลอยด์

จากตารางที่ 4.4 เมื่อนำสูตรมาตรฐานทำการปรับปรุงด้วยไฮโดรคอลลอยด์และนำไปแช่แข็ง ได้ผลการวิเคราะห์ พบว่าการใส่ไฮโดรคอลลอยด์แซนแทนกัม (XG) และ HPMC มีค่าความคงทนต่อแรงดึงมีแนวโน้มเดียวกัน คือ ความเข้มข้นที่น้อยทำให้มีค่าความคงทนต่อแรงดึงที่มาก ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความคงทนต่อแรงดึงลดลง และค่าความคงทนต่อแรงดึงของสูตรที่ 1 Control (no hydrocolloid) และสูตรที่ 6 GG (0.2%) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และลักษณะเนื้อสัมผัสค่าความแข็งของ สูตรที่ 1 Control (no hydrocolloid), สูตรที่ 2 XG (0.1%), สูตรที่ 7 GG (0.3%), สูตรที่ 9 HPMC (0.2%) และสูตรที่ 10 HPMC (0.3%) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การใส่ไฮโดรคอลลอยด์ (XG) และ HPMC มีค่าความแข็งแนวโน้มเดียวกัน เมื่อใส่ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ สูตรที่ 4 XG (0.3%) มีค่าความแข็งมากที่สุด เพราะแซนแทนกัม (XG) มีความเหนียวมากจนจับตัวกันแน่นทำให้มีค่าความแข็งมาก ไม่ค่อยยืดหยุ่น ค่าการยึดติดของการใส่ไฮโดรคอลลอยด์ (XG) ที่ความเข้มข้นน้อยมีค่าการยึดติดน้อยและเมื่อใส่ความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นค่าการยึดติดจะเพิ่มขึ้นด้วย แต่การใส่ไฮโดรคอลลอยด์ HPMC ค่าการยึดติดเมื่อใส่ที่ความเข้มข้นน้อยจะมีค่าการยึดติดที่มาก เมื่อเพิ่มความเข้มข้นค่าการยึดติดจะลดลง สูตรที่ 1 Control (no hydrocolloid) และสูตรที่ 6 GG (0.2%) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และค่าการเกาะติดของการใส่ไฮโดรคอลลอยด์ HPMC แต่ละความเข้มข้นมีค่าใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มของค่าการเกาะติดที่มากกว่าการใส่ไฮโดรคอลลอยด์สูตรอื่น (เพชรรัตน์ และคณะ, 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสเส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรมาตรฐานแช่แข็งใส่ไฮโดรคอลลอยด์

สูตรเส้นก๋วยเตี๋ยว	การทดสอบแรงดึง		ลักษณะเนื้อสัมผัส(กรัมแรง)		
	แรงดึง(กรัม)	ระยะการดึง (มิลลิเมตร)	ความแข็ง	การยึดติด	การเกาะติด
1. Control (no hydrocolloid)	57.21 ± 4.64 ^a	35.99 ± 3.03 ^b	3970.99±572.54 ^{bc}	-11.82±4.46 ^a	0.86±0.03 ^{de}
2. XG (0.1%)	34.85±3.20 ^c	27.61±3.16 ^d	4164.17±220.87 ^{bc}	-12.74±2.44 ^a	0.87±0.02 ^{cde}
3. XG (0.2%)	33.27±4.42 ^{cd}	28.41±3.36 ^{cd}	4211.70±131.70 ^b	-19.53±2.14 ^b	0.85±0.02 ^e
4. XG (0.3%)	29.14±5.04 ^e	29.29±2.97 ^{cd}	5165.56±267.27 ^a	-23.93±3.24 ^c	0.86±0.02 ^{de}
5. GG (0.1%)	40.91±2.30 ^b	29.80±2.63 ^{cd}	3904.62±227.18 ^c	-24.03±3.23 ^c	0.88±0.01 ^{bc}
6. GG (0.2%)	57.39±1.79 ^a	39.54±1.73 ^a	2805.28±248.61 ^d	-11.14±1.48 ^a	0.83±0.01 ^f
7. GG (0.3%)	39.49±2.13 ^b	30.11±2.79 ^{cd}	4081.52±174.63 ^{bc}	-23.25±1.89 ^c	0.87±0.01 ^{bcd}
8. HPMC (0.1%)	42.53±3.33 ^b	30.66±3.14 ^{cd}	3946.11±192.91 ^c	-25.33±2.18 ^c	0.89±0.01 ^{ab}
9. HPMC (0.2%)	39.63±2.81 ^b	30.61±2.85 ^{cd}	4043.59±207.56 ^{bc}	-24.26±2.34 ^c	0.90±0.01 ^a
10 HPMC (0.3%)	30.25±1.95 ^{de}	31.02±3.37 ^c	4131.31±230.21 ^{bc}	-20.91±1.73 ^b	0.90±0.01 ^a

หมายเหตุ : ^{a, b, c} ตัวอักษรต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05)

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสี

นำตัวอย่างแผ่นเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่แข็งที่ได้จากสูตรมาตรฐานที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์ นำมาวิเคราะห์ค่าสีดังข้อที่ 3.3.1.2 จะได้ผลการวิเคราะห์ค่าสีดังตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของเส้นก๊วยเตี๋ยวสูตรมาตรฐานแช่แข็งใส่ไฮโดรคอลลอยด์

สูตรเส้นก๊วยเตี๋ยว	L*
1. Control (RF90% +TF10%)	68.81 ± 1.33 ^a
2. XG (0.1%)	61.84 ± 2.43 ^c
3. XG (0.2%)	65.85 ± 3.97 ^{ab}
4. XG (0.3%)	67.52 ± 2.87 ^a
5. GG (0.1%)	68.15 ± 2.45 ^a
6. GG (0.2%)	64.07 ± 1.11 ^{bc}
7. GG (0.3%)	66.29 ± 2.17 ^{ab}
8. HPMC (0.1%)	67.89 ± 1.76 ^a
9. HPMC (0.2%)	67.65 ± 3.84 ^a
10. HPMC (0.3%)	63.75 ± 0.96 ^{bc}

หมายเหตุ : a, b, c ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05)

จากตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ค่าสีของเส้นก๊วยเตี๋ยวสูตรมาตรฐานแช่แข็งที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์พบว่ามีความสว่าง (L*) ของการใส่ไฮโดรคอลลอยด์แซนแทนกัม (XG) ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น มีความสว่างที่เพิ่มขึ้น และสูตรที่ 2 XG (0.1%) มีความสว่างน้อยที่สุด แต่ไฮโดรคอลลอยด์ HPMC ที่ความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น มีความสว่างที่ลดลง และไฮโดรคอลลอยด์กัวกัม (GG) สูตรที่ 6 GG (0.2%) มีความสว่างน้อยเมื่อเทียบกับความเข้มข้นอื่น สูตรที่ 1 Control (no hydrocolloid) มีความสว่างมากที่สุด การใส่ไฮโดรคอลลอยด์แล้วนำแช่แข็งมีผลทำให้ค่าสีความสว่างน้อยลง (จินตรา และคณะ, 2560)

4.2.3 ผลการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมน้ำอิสระและปริมาณความชื้น

นำตัวอย่างเส้นก๊วยเตี๋ยวที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์แช่แข็งสับละเอียดนำไปวิเคราะห์ค่ากิจกรรมน้ำอิสระดังหัวข้อ 3.3.2.2 และวิเคราะห์ปริมาณความชื้นดังหัวข้อ 3.3.2.3 จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและค่ากิจกรรมน้ำอิสระของเส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรมาตรฐานแช่แข็งใส่ไฮโดรคอลลอยด์

สูตรเส้นก๋วยเตี๋ยว	ปริมาณความชื้น(ร้อยละ)	ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ (A_w)
1.Control (no hydrocolloid)	9.07±0.20 ^{bc}	0.95±0.00 ^s
2.XG (0.1%)	9.49±0.37 ^b	0.98±0.00 ^a
3.XG (0.2%)	8.63±0.31 ^{cde}	0.97±0.00 ^f
4.XG (0.3%)	10.34±0.13 ^a	0.97±0.00 ^e
5.GG (0.1%)	8.75±0.25 ^{cd}	0.98±0.00 ^b
6.GG (0.2%)	8.37±0.28 ^{de}	0.95±0.00 ^s
7.GG (0.3%)	8.92±0.21 ^c	0.98±0.00 ^a
8.HPMC (0.1%)	9.45±0.33 ^b	0.98±0.00 ^c
9.HPMC (0.2%)	8.84±0.06 ^c	0.98±0.00 ^d
10.HPMC (0.3%)	8.24±0.15 ^e	0.98±0.00 ^d

หมายเหตุ : ^{a, b, c} ตัวอักษรต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรมาตรฐานแช่แข็งที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์ พบว่าค่าปริมาณความชื้นมีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหาร ถ้ามีมากจะเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย จะเก็บรักษาได้ไม่นาน แต่ถ้าปริมาณความชื้นมีน้อยจะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น โดยการวิเคราะห์การใช้ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดที่ต่างกัน HPMC ที่ความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น ค่าปริมาณความชื้นลดลง สูตรที่ 10 HPMC (0.3%) มีค่าปริมาณความชื้นน้อยกว่าไฮโดรคอลลอยด์สูตรอื่น (รังสิณี โสธรวิทย์, 2554)

ผลการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ (A_w) พบว่าการใส่ไฮโดรคอลลอยด์มีค่ากิจกรรมน้ำอิสระมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน สูตรที่ 1 Control (no hydrocolloid) และสูตรที่ 6 GG (0.2%) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ค่ากิจกรรมน้ำอิสระมีผลต่อการป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเราจะควบคุมให้อาหารมีระดับค่ากิจกรรมน้ำอิสระต่ำกว่าค่าที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ ยังมีค่าน้อยจะเป็นผลดีต่อคุณภาพการเก็บรักษา (วารสารจารย์พา, 2545)

4.2.4 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความร้อน (DSC)

นำตัวอย่างเส้นก๊วยเตี๋ยวที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์แต่ละสูตรสับละเอียด ซึ่งน้ำหนักใส่ Aluminum pan 40 μl นำไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน (DSC) ดังหัวข้อ 3.3.2.5 จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเส้นก๊วยเตี๋ยวที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์

สูตรเส้นก๊วยเตี๋ยว	อุณหภูมิที่เริ่มต้น เกิดผลึกน้ำแข็ง ($^{\circ}\text{C}$) (T_0)	อุณหภูมิที่ผลึก น้ำแข็งมีค่าสูงสุด ($^{\circ}\text{C}$) (T_p)	ค่าพลังงานเอนทัลปี (จูล/กรัม)	ค่าปริมาณน้ำที่ สามารถเป็นผลึก น้ำแข็ง (FW %)
1. Control (no hydrocolloid)	-1.83 \pm 0.48 ^{ab}	0.34 \pm 0.23 ^b	-130.20 \pm 0.35 ^{bc}	4.28 \pm 0.01 ^{bc}
2. XG (0.1%)	-2.83 \pm 1.53 ^a	0.55 \pm 0.04 ^{ab}	-174.14 \pm 4.34 ^{ef}	5.57 \pm 0.12 ^{ab}
3. XG (0.2%)	-1.59 \pm 0.29 ^{ab}	0.61 \pm 0.09 ^a	-143.23 \pm 13.27 ^{cd}	4.61 \pm 0.43 ^{abc}
4. XG (0.3%)	-2.17 \pm 0.14 ^{ab}	0.51 \pm 0.10 ^{ab}	-146.88 \pm 9.15 ^{cd}	3.55 \pm 1.27 ^c
5. GG (0.1%)	-1.66 \pm 0.72 ^{ab}	0.51 \pm 0.04 ^{ab}	-158.64 \pm 1.78 ^{de}	4.65 \pm 1.17 ^{abc}
6. GG (0.2%)	-1.68 \pm 0.21 ^{ab}	0.57 \pm 0.02 ^{ab}	-182.21 \pm 7.67 ^f	6.07 \pm 0.26 ^a
7. GG (0.3%)	-1.33 \pm 0.23 ^a	0.55 \pm 0.03 ^{ab}	-157.74 \pm 17.54 ^{de}	4.73 \pm 0.53 ^{abc}
8. HPMC (0.1%)	-2.52 \pm 0.38 ^{ab}	0.51 \pm 0.05 ^{ab}	-116.62 \pm 3.47 ^{ab}	3.64 \pm 0.11 ^c
9. HPMC (0.2%)	-1.88 \pm 0.11 ^{ab}	0.52 \pm 0.01 ^{ab}	-114.31 \pm 0.00 ^{ab}	3.46 \pm 0.00 ^c
10. HPMC (0.3%)	-2.07 \pm 0.31 ^{ab}	0.48 \pm 0.09 ^{ab}	-102.54 \pm 15.83 ^a	3.49 \pm 0.91 ^c

หมายเหตุ : ^{a, b, c} ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน (DSC) ของเส้นก๊วยเตี๋ยวที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์ พบว่าค่าอุณหภูมิที่เริ่มต้นเกิดผลึกน้ำแข็ง (T_0) ของเส้นก๊วยเตี๋ยวที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์มีแนวโน้มใกล้เคียงกัน การใส่ไฮโดรคอลลอยด์แซนแทนกัม (XG) สูตรที่ 3 XG (0.2%) มีค่าอุณหภูมิเริ่มต้นเกิดผลึกน้ำแข็งน้อย การใส่กัวกัม (GG) สูตรที่ 7 GG (0.3%) มีค่าอุณหภูมิเริ่มต้นเกิดผลึกน้ำแข็งน้อยกว่าสูตรอื่น และการใส่ HPMC สูตรที่ 9 HPMC (0.2%) มีค่าอุณหภูมิเริ่มต้นเกิดผลึกน้ำแข็งที่น้อย โดยอุณหภูมิเริ่มต้นเกิดผลึกน้ำแข็งที่มีค่าน้อยทำให้ผลึกน้ำแข็งเกิดขึ้นได้เร็ว และอุณหภูมิที่เริ่มต้นเกิดผลึกน้ำแข็งมีค่ามากทำให้การเกิดผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นใช้เวลานาน และอุณหภูมิที่ผลึกน้ำแข็งมีค่าสูงสุด (T_p) ของการใส่ไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อใส่ไฮโดรคอลลอยด์มีแนวโน้มทำให้ค่าของอุณหภูมิที่ผลึกน้ำแข็งมีค่าสูงสุดนั้นมีค่าที่เพิ่มขึ้น ค่าพลังงานเอนทัลปี (ΔH) เป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบการคายพลังงานโดยมีค่าติดลบ จากการวิเคราะห์ผล จะนำค่าเอลทาลปีไปคำนวณหาค่าปริมาณน้ำที่สามารถกลายเป็นผลึกน้ำแข็งได้ (The freezable water) โดยจะสะท้อนถึงปริมาณการเกิดผลึกน้ำแข็งในโครงสร้างเส้นก้วยเดี่ยว และจะใช้ค่าปริมาณความชื้นของเส้นก้วยเดี่ยวมาคำนวณด้วย โดยค่าเอลทาลปีของสูตรที่6 GG (0.2%) มีค่ามากที่สุดโดยจะใช้พลังงานมากในการสร้างผลึกน้ำแข็ง และสูตรที่10 HPMC (0.3%) มีค่าน้อยสุดใช้พลังงานการสร้างผลึกน้ำแข็งน้อย และค่าปริมาณน้ำที่สามารถกลายเป็นผลึกน้ำแข็ง (FW%) ของสูตรที่4 XG(0.3%), สูตรที่8 HPMC(0.1%), สูตรที่9 HPMC (0.2%) และสูตรที่10 HPMC (0.3%) ไม่แตกต่างกันอย่างมีค่านัยสำคัญทางสถิติ($P < 0.05$) และสูตรที่6 GG (0.2%) มีค่าปริมาณน้ำที่สามารถกลายเป็นน้ำแข็งได้มากที่สุด และสูตรที่9 HPMC (0.2%) มีค่าปริมาณน้ำที่สามารถกลายเป็นน้ำแข็งได้น้อยที่สุด เพราะมีค่าปริมาณความชื้นที่น้อยด้วยปริมาณน้ำที่สามารถเกิดผลึกน้ำแข็งจึงน้อย

จากผลการวิเคราะห์หาสูตรที่เหมาะสมในการปรับปรุงเส้นก้วยเดี่ยวแช่แข็งด้วยไฮโดรคอลลอยด์พิจารณาเลือก คือ สูตรที่6 GG (0.2%) มีค่าความคงทนต่อแรงดึง และระยะแรงดึงใกล้เคียงสูตรมาตรฐาน ค่าความแข็ง ค่าการยืดติด และค่าการเกาะติด มีค่าน้อย เพราะเมื่อใส่ก้วยกัม (GG) จะมีความยืดหยุ่นสูง มีความนุ่ม และไม่ขาดง่าย การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น มีค่าปริมาณความชื้นน้อยเป็นอันดับ 2 รองจากสูตรที่10 HPMC (0.3%) มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด และค่ากิจกรรมน้ำอิสระของสูตรที่6 GG (0.2%) มีค่าน้อยใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐาน

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 จากการศึกษาหาสูตรมาตรฐานโดยใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังได้สูตรเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เหมาะสม คือ สูตรที่ 2 (RF90% + TF10%) มีค่าการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสมีค่าความคงทนต่อแรงดึง และมีระยะแรงดึงมากที่สุด และค่าความแข็ง ค่าการยืดติด ค่าการเกาะติดน้อยที่สุด ทั้งแบบก่อนแช่แข็งและแบบแช่แข็ง

5.1.2 เมื่อนำผลของเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่แข็งปรับปรุงด้วยไฮโดรคอลลอยด์เทียบกับผลของเส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรมาตรฐานก่อนแช่แข็ง สูตรเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เหมาะสม คือ สูตรที่ 6 GG (0.2%) ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสมีค่าความคงทนต่อแรงดึงมีค่าใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐานของเส้นก่อนแช่แข็ง ค่าระยะแรงดึงมีค่ามากกว่าสูตรมาตรฐานของเส้นสด ส่วนค่าความแข็ง ค่าการยืดติด ค่าการเกาะติดมีค่าน้อยกว่าสูตรมาตรฐานของเส้นก่อนแช่แข็ง เพราะกัวกัม (GG) จะมีความยืดหยุ่นสูงและมีความนุ่ม การวิเคราะห์ค่าปริมาณขึ้น ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ มีค่าใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1. ควรทำการวิเคราะห์ประสาทสัมผัส เพื่อดูความชอบโดยรวมของเส้นก๋วยเตี๋ยวในแต่ละสูตรว่ามีลักษณะเส้น สี รูปร่าง กลิ่นรส เพื่อจะได้สรุปผลการวิเคราะห์ที่ได้สมบูรณ์

5.2.2. ควรทำศึกษาเพิ่มเติมเรื่องการเก็บรักษาเพื่อดูว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวแช่แข็งที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์สามารถเก็บรักษาได้ระยะเวลาเท่าไรถึงมีคุณภาพเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเส้นก๋วยเตี๋ยวก่อนนำไปแช่แข็ง โดยกำหนดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นสัปดาห์ในการนำไปวิเคราะห์ (Liu และคณะ, 2019)

บรรณานุกรม

- กัญญารัตน์ สุวรรณทีป. 2557. มหัศจรรย์ สารเคลือบผิวผลไม้จากสมุนไพรไทย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=14399>. 8 กรกฎาคม 2563.
- ขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา. 2552. ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของแป้งกล้วยเดี่ยวสำเร็จรูป. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- จิตรา สิงห์ทอง. 2560. ผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลกิ่งสำเร็จรูปเพื่อสุขภาพจากแป้งแก่นตะวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต. สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- จี๋หิวโซ. 2562. เปิดตำรา “แป้งทำอาหาร” รู้ไว้ใช่ว่าไม่ผิด!. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.wongnai.com/food-tips/types-of-flour>. 12 พฤศจิกายน 2562.
- ชนิกานต์ บุรีภักดี. 2558. การศึกษาไร้ออกซิเจนที่พบในผลิตภัณฑ์พอลิแล็กติกแอซิด/พอลิবিธิลีนซัคซิเนตโคเอติเพท. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาการและวิศวกรรมพอลิเมอร์. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ชลธิชา สัมฤทธิ์สุทธิ และ สาวิตรี รัตนสุมาวงศ์. 2560. Effect of drying temperature on rehydration properties of dried rice noodle. Food Ag-Ind. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชุลีพร บุ่งทอง เทวีกา กิรีดิบุรณะ และจิตตตะวัน กุโบล่า. 2558. การประยุกต์ใช้ข้าวที่ผ่านการเร่งความแก่ในผลิตภัณฑ์อาหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.
- นราธิป ปุณเกษม. 2556. ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อสเตลิงในขนมปัง Effect of Hydrocolloids on the Bread Staling. ปีที่ 8: หน้า 12-20. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม.
- พิมพ์เพ็ญ ธิรพร นฤตม บุญหลงงามชื่น คงเสรี และจินตนา อุบัติสสกุล. 2553. ผลของการใช้แป้งมันสำปะหลังผสมแป้งข้าวเจ้าต่อคุณภาพของเส้นกวยเดี่ยว. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 28 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์หมวดเกษตรศาสตร์ หมวดวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หมวดเศรษฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ หมวดทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม หมวดศึกษาศาสตร์และมนุษยศาสตร์ 29-31 มกราคม 2553. 307-317.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2562. Rice flour / แป้งข้าว. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1656/rice-flour-%E0%B9%81%E0%B8%9B%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A7>. 12 พฤศจิกายน 2562.

เพชรรัตน์ ประกายวษัระ. 2559. สมบัติบางประการของแผ่นแป้งจากแป้งข้าวผสมสารไฮโดรคอลลอยด์.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วารสารจารย์พา. 2545. Water Activity กับการควบคุมอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร. วารสารจารย์พา. ปีที่ 9: ฉบับที่ 68

สุนัน ปานสาคร , จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ , อารียา ไชยพล และอภิสิทธิ์ สุขประसार. 2561. ผลของการอบแห้งต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเส้นก๋วยเตี๋ยวผลิตจากแป้งข้าวกล้องหอมนิลหนึ่งร่วมกับแป้งข้าวผสม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

อริสรา รอดมัย. (2552-2553). การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวหอมนิล. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร. ปีที่ (5). ฉบับที่ 1.

ศิรินทิพย์ เพชรโรจน์ และพิทักษ์ สุตรอนันต์. (2553-2554). แป้งกับที่มาและการใช้ประโยชน์. บทความรายการวิทยาสาสตร์เพื่อประชาชน. 2561: 6(1), 1-8.

โรงพยาบาลรามคำแหง. 2562. น้ำมันพืช. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

http://www.neutron.rmutphysics.com/sciencenews/index.php?option=com_content&task=view&id=1964&Itemid=0. 19 มิถุนายน 2563

Admin Store. 2562. ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) คืออะไร แล้วทำไมจึงอยู่ใน Anscare.

[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://covermatstore.com/>. 9 พฤศจิกายน 2562.

Gidanan ganghair. 2562. เรื่องของเส้น. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก

<https://www.thaihealth.or.th/Content/47646%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B9%89%E0%B8%99.html>. 18 มิถุนายน 2563.

Puechkaset. 2559. เส้นก๋วยเตี๋ยว และวิธีทำเส้นก๋วยเตี๋ยว. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<https://puechkaset.com/%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B8%81%E0%B9%8B%E0%B8%A7%E0%B8%A2%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%B5%E0%B9%8B%E0%B8%A2%E0%B8%A7/>. 11 พฤศจิกายน 2562.

Horndoka, Noomhomb. 2007. Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality. LWT 40. 1723–1731.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Jamsuwan, Thongngam. 2012. Effects of hydrocolloids on microstructure and textural characteristics of instant noodles. *J Food Ag-Ind.* 5(06), 485-492.
- Liu, Guo, Zhu. 2019. Effect of frozen storage on the quality characteristics of frozen cooked noodles. *Food Chemistry.* 283: 522-529.
- Pan, Ai, Wang, Wang, Zhang. 2016. Effct of hydrocolloids on the energy consumption and quality of frozen noodles. *J Food Sci Technol.* 53(5): 2414-2421.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนในการทำเส้นก๋วยเตี๋ยว

ก.1 ขั้นตอนการทำเส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรมาตรฐาน



เตรียมอุปกรณ์ใน
การทำเส้นก๋วยเตี๋ยว



ชั่งแบ่งแต่ละสูตร
ตามตารางที่ 3.1



เติมน้ำตามที่กำหนด
ในตารางที่ 3.1



คนส่วนผสมให้ละลายเข้า
กันและพักไว้ 30 นาที



ทาน้ำมันที่ถาด และชั่ง
น้ำหนักแป้งใส่ถาด 46 กรัม



ต้มน้ำให้เดือดอุณหภูมิประมาณ
100 องศาเซลเซียส



นำถาดใส่หม้อนึ่ง
เวลาประมาณ 4 นาที



นำถาดออกมาทาน้ำมัน
และลอกแผ่นแป้ง



วางแผ่นแป้งพักไว้ 10 นาที และ
ห่อด้วยฟิล์มยืดห่ออาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



นำมาตัดให้เป็นเส้นขนาด
ประมาณ 2-3 มิลลิเมตร

เก็บเส้นก๋วยเตี๋ยวใส่ถุงซิปล็อค
เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลต่อไป

ภาพที่ ก.1 ขั้นตอนการเตรียมเส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรมาตรฐาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 ขั้นตอนการเตรียมเส้นก๋วยเตี๋ยวใส่ไฮโดรคอลลอยด์



เตรียมอุปกรณ์ทำ
เส้นก๋วยเตี๋ยว



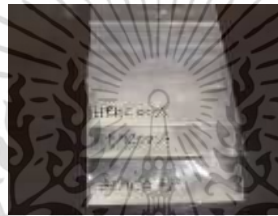
ชั่งแป้งตามสูตร
มาตรฐาน



ชั่งน้ำหนัก Xanthan gum
0.1%, 0.2% และ 0.3%



ชั่งน้ำหนัก Guar gum
0.1%, 0.2% และ 0.3%



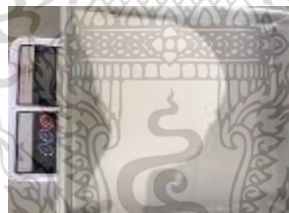
ชั่งน้ำหนัก HPMC
0.1%, 0.2% และ 0.3%



คนส่วนผสมและเติมน้ำ
ตามสูตรมาตรฐาน



คนส่วนผสมให้ละลายเข้า
กันและพักไว้ 30 นาที



ทาน้ำมันที่ถาด และชั่ง
น้ำหนักแป้งใส่ถาด 46 กรัม



ต้มน้ำให้เดือดอุณหภูมิประมาณ
100 องศาเซลเซียส



นำถาดใส่หม้อนึ่ง
เวลาประมาณ 4 นาที

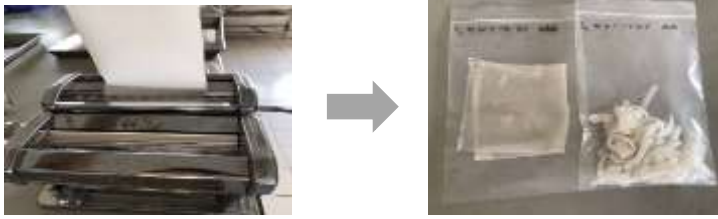


นำถาดออกมาทาน้ำมัน
และลอกแผ่นแป้ง



วางแผ่นแป้งพักไว้ 10 นาที และ
ห่อด้วยฟิล์มยืดห่ออาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



นำมาตัดให้เป็นเส้นขนาด
ประมาณ 2-3 มิลลิเมตร

เก็บเส้นก้วยเดี่ยวใส่ถุงซิปล็อค
เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลต่อไป

ภาพที่ ก.2 ขั้นตอนการเตรียมเส้นก้วยเดี่ยวใส่ไฮโดรคอลลอยด์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์

ข.1 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

วิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยว ด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น tax2i โดยใช้หัววัด Spaghetti Tensile Rig (A/SPR) นำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ตัดเป็นเส้นขนาด 2-3 มิลลิเมตร ทั้งก่อนแช่แข็งและหลังแช่แข็ง ใช้วิธีการวิเคราะห์ Tensile analysis แล้วทำการวัดค่าแรงดึง (Force) และระยะแรงดึง (Distance) ดังภาพที่ ข.1 โดยตั้งค่าพารามิเตอร์ไนโปรแกรมดังตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์ Tensile analysis

Distance	Mm
Force	G
Time	Sec
Return Distance	10 mm
Return Speed	10 mm/sec
Contact Force	1 g
Test Mode	Tension
Test Speed	3.00 mm/sec
Target Mode	Distance
Advanced Option	Off

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.1 วิธีการวิเคราะห์ tensile

ผลการวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยว
 แรงดึง (tensile force) คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุมีความยาวเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดความเค้น
 แรงดึง (tensile stress) ใช้เพื่อทดสอบเนื้อสัมผัสอาหารแบบ tension test
 ระยะแรงดึง (tensile distance) คือ ระยะทางที่ถูกดึงของวัตถุ จะใช้คู่กับแรงดึงเพื่อทดสอบเนื้อ
 สัมผัสแบบ tension test

ข.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

วิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยว ด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น tax2i โดยใช้หัววัด P/35
 โดยนำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ตัดเป็นเส้นวางบนแท่น ใช้วิธีการวิเคราะห์ TPA (Texture Profile Analysis) แล้วทำ
 การวัดค่าความแข็ง(hardness) ค่าการยึดติด(adhesiveness) และค่าการเกาะติด(cohesiveness) ตั้ง
 ภาพที่ ข.2 โดยจะตั้งค่าพารามิเตอร์ในโปรแกรมดังนี้



ภาพที่ ข.2 วิธีการวิเคราะห์ TPA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์ TPA (Texture Profile Analysis)

Distance	mm
Force	g
Time	sec
Return Distance	10 mm
Return Speed	10 mm/sec
Contact Force	1 g
Pre-Test Speed	1.00 mm/sec
Test Speed	5.00 mm/sec
Post-Test Speed	5.00 mm/sec
Target Mode	Strain
Strain	75.00%
Time	5.00 sec
Trigger Type	Auto (Force)
Trigger Force	5.0 g
Tare Mode	Auto
Advanced Options	On

ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยว

ค่าความแข็ง (Hardness) คือ แรงที่มีค่ามากที่สุดในช่วงการกัดครั้งแรก (First Bite) ซึ่งนิยมอธิบายความแข็งเป็นนิ่ม , เหนียวแน่น , แข็งแรง

ค่าการยึดติด (adhesiveness) คือ การเกาะตัวกันของอาหาร งานที่ต้องใช้ในการดึงหรือความสามารถในการยึดติดของชิ้นอาหารซึ่งก็คือพื้นที่ของแรงที่เป็นลบในการกัดครั้งแรก

ค่าการเกาะติด (Cohesiveness) คือ อัตราส่วนพื้นที่ของแรงที่เป็นบวกในการกัดครั้งที่สองต่อครั้งที่หนึ่งหรือความสามารถในการยึดเกาะกันภายในชิ้นอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 การวิเคราะห์ค่าสี

วิเคราะห์ค่าสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวก่อนแช่แข็ง และหลังแช่แข็ง โดยใช้การวัดค่า CIE L*, a* และ b* ด้วยเครื่อง colorimeter รุ่น CR-400 พับครึ่งแผ่นเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยวัดที่ผิวของเส้นก๋วยเตี๋ยวหน้าและหลังรวม 6 จุด ดังภาพที่ ข.3 ก่อนจะทำการวัดค่าสีจะต้อง calibration ก่อน โดยค่าที่ได้จะต้องตรงกับค่าของ calibration plate คือ Y เท่ากับ 91.59 x เท่ากับ 0.3167 และ y เท่ากับ 0.3331 เมื่อได้ค่าตรงตามที่กำหนด จึงนำไปวัดตัวอย่าง



ภาพที่ ข.3 วิธีการวิเคราะห์ค่าสี

ข.4 การวิเคราะห์ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ (Aw)

วิเคราะห์ค่ากิจกรรมน้ำอิสระของเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่แข็งที่ปรับปรุงด้วยไฮโดรคอลลอยด์ ด้วยเครื่อง Water activity meter รุ่น 4TE ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยสับตัวอย่างให้ละเอียด ใส่ลงในตลับ Aw จากนั้นนำเข้าเครื่อง Water activity meter ดังภาพที่ ข.4



ภาพที่ ข.4 วิธีการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.5 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC,2000)

วิธีการ

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้น (moisture can) ในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง แล้วนำออกมาใส่ไว้ในโถดูดความชื้น จนอุณหภูมิของภาชนะลดลงอยู่ที่อุณหภูมิห้อง นำภาชนะไปชั่งน้ำหนัก

2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งแข็งที่ใส่ไฮโดรคอลลอยด์นำสับละเอียดประมาณ 3 กรัม ใส่ลงในภาชนะสำหรับหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแล้ว นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 5-6 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาใส่โถดูดความชื้น จนอุณหภูมิของภาชนะลดเท่าอุณหภูมิห้อง นำมาชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่าง

3. ทำเช่นเดียวกันกับข้อที่ 1 และ 2 ทั้งหมด 3 ซ้ำ

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น(ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100\%$$

ข.6 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน (DSC)

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter ดังภาพที่ ข.7 และจะได้ตัวอย่างกราฟในการวิเคราะห์ผลดังภาพที่ ข.8 และ ภาพที่ข.9 โดยนำตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวแต่ละสูตรซึ่งใส่ Aluminum pan 40 μ l เตรียมตัวอย่างละ 2 ซ้ำ โดยจะตั้งค่าพารามิเตอร์ และวิธีการดังนี้

1. Dynamic ; Start Temperature: 25 °C
; End Temperature: -40 °C
; Heating Rate: 10
2. Dynamic ; Start Temperature: -40 °C
; End Temperature: -40 °C
; Heating Rate: 0
3. Dynamic ; Start Temperature: -40 °C
; End Temperature: -25 °C
; Heating Rate: 0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการ

1. หลังจากตั้งค่า Method แล้ว เลือก Experiment Window และเลือก methodที่กำหนดไว้ ใส่ค่าอุณหภูมิเริ่มต้น ค่าReference pan ค่าPan weight น้ำหนักตัวอย่าง หน่วยเป็น mg และตั้งชื่อตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ และกด Send experiment

2. รอเครื่องขึ้น Proceed จึงนำตัวอย่างใส่ตรงตามตำแหน่ง ปิดฝา และกดProceed หน้าจอจะเปลี่ยนจากสีเขียว > เป็นสีแดง คือเครื่องเริ่มทำการวิเคราะห์

3. เมื่อวิเคราะห์ผลเสร็จ หน้าจอจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว จึงสามารถเปลี่ยนตัวอย่างต่อไปได้ ให้ทำซ้ำอีกครั้งเมื่อทำการทดสอบตัวอย่างอื่น

การคำนวณ

$$\text{The freezable water} = \frac{H_w}{H_i \times T_w} \times 100\%$$

H_w : ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว (J/g)

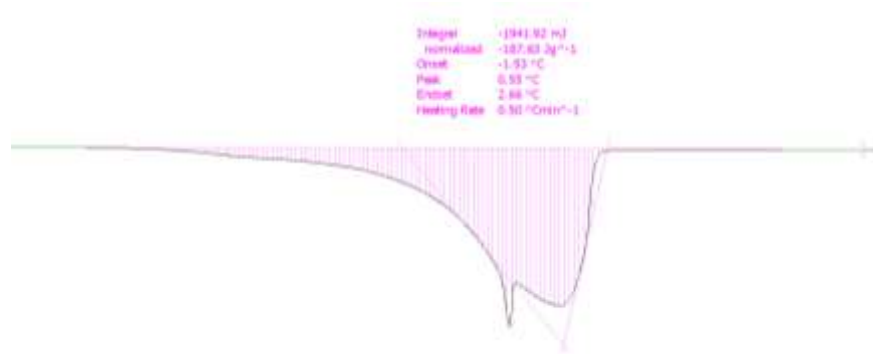
H_i : ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำ (335 J/g)

T_w : ความชื้นของตัวอย่าง



ภาพที่ ข.7 เครื่อง Differential Scanning Calorimeter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.8 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน



ภาพที่ ข. 9 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

