# รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

# ผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปเพื่อสุขภาพจากแป้งแก่นตะวัน

โดย

จิตรา สิงห์ทอง และคณะ

เมษายน พ.ศ. 2560

# รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

# ผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปเพื่อสุขภาพจากแป้งแก่นตะวัน

# Instant Ubon Noodle as Functional Food from Sunchoke Flour


**จิตรา สิงห์ทอง**
**สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร**
**คณะเกษตรศาสตร์**
**มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี**

**จิราวรรณ อุ่นเมตตาอารี**
**โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร**
**คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**
**มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา**



**โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงบประมาณ**
**ประจำปีงบประมาณ 2558**

# กิตติกรรมประกาศ
# (Acknowledgments)

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากสำนักงบประมาณ ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2558 ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ได้ส่งเสริมและสนับสนุนในการทำวิจัย จนกระทั่งรายงานฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ นักศึกษาสาขาเทคโนโลยีการอาหาร นายสุริยา ทุดปอ และ นายพงษ์ศิริ ศรีสมาน รวมทั้งเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่กรุณาให้ความร่วมมือและสนับสนุนในงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัย
เมษายน พ.ศ. 2560

**บทสรุปสำหรับผู้บริหาร**
**(Executive summary)**

กวยจั๊บถือว่าเป็นอาหารพื้นเมืองที่มีการผลิตและบริโภคจนกลายเป็นของฝากที่มีชื่อเสียงประจำจังหวัดอุบลราชธานี แต่คุณค่าทางโภชนาการของเส้นกวยจั๊บมีอยู่น้อย ดังนั้นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้เส้นกวยจั๊บ เป็นทางเลือกอีกหนึ่งทางที่จะปรับปรุงคุณภาพของเส้นกวยจั๊บในด้านโภชนาการและช่วยเพิ่มมูลค่าของเส้นกวยจั๊บให้มีมูลค่าสูงขึ้น รวมทั้งในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจสุขภาพของตนเองมากขึ้น และเชื่อว่าอาหารมีส่วนสำคัญที่จะช่วยให้สุขภาพดี การเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารนอกจากจะให้ความสนใจด้านความปลอดภัย ความสะดวก รสชาติ ยังให้ความสำคัญด้านสุขภาพอีกด้วย แก่นตะวัน เป็นพืชที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก มีสารเส้นใยสูง ประกอบไปด้วยอินนูลิน และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ อินนูลินสามารถยึดจับกับไขมันในเส้นเลือดชนิดที่มีอันตรายต่อร่างกาย จึงช่วยลดความเสี่ยงจากการเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือดอุดตัน และยังช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย รวมทั้งเป็นสารอาหารที่ให้ความหวาน ไม่ถูกย่อยในกระเพาะและลำไส้เล็ก โดยอยู่ในระบบทางเดินอาหารเป็นเวลานาน ทำให้ไม่รู้สึกหิว กินอาหารได้น้อย ไม่เพิ่มน้ำตาลในเลือด เนื่องจากมีแคลอรี่ต่ำ จึงช่วยในการลดความอ้วน ป้องกันความเสี่ยงของโรคเบาหวาน และลดความดันในเลือดได้ดี ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนาเส้นกวยจั๊บอุบลเพื่อสุขภาพจากแป้งแก่นตะวัน รวมทั้งกระบวนการผลิตเป็นเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป เพื่อสะดวกในการบริโภค นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ และยังเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ให้กับท้องถิ่นทำให้มีความน่าสนใจยิ่งขึ้น เป็นการบูรณาการจากฐานภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่นวัตกรรมด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

# บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาองค์ประกอบและสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งแก่นตะวัน รวมทั้งนำไปพัฒนาเป็นเส้นกวยจั๊บแก่นตะวันกึ่งสำเร็จรูปเพื่อสุขภาพจากแป้งแก่นตะวัน จากการวิจัยพบว่าแป้งแก่นตะวันมีปริมาณความชื้นร้อยละ 7.52±0.34 เถ้าร้อยละ 3.40±0.05 โปรตีนร้อยละ 4.10±0.07 ไขมันร้อยละ 2.51 ± 0.07 เยื่อใยร้อยละ 3.10 ± 0.00 อะไมโลสร้อยละ 0.04 ± 0.00 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 82.36 ± 0.25 และปริมาณใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 53.11±0.59 นอกจากนี้แป้งแก่นตะวันยังมีค่าดัชนีการละลาย กำลังการพองตัวและค่าการดูดซับน้ำมากกว่าแป้งสาลีทั้ง 3 ชนิดและแป้งมันสำปะหลัง ส่วนความสามารถในการเกิดโฟม ความคงตัวของโฟม ความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันมีค่าต่ำกว่าแป้งสาลีทั้ง 3 ชนิดแต่สูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง จากนั้นนำแป้งแก่นตะวันมาเติมลงในสูตรกวยจั๊บอุบล พบว่าปริมาณแป้งแก่นตะวันร้อยละ 10 และสารไฮโดรคอลลอยด์ร้อยละ 0.75 โดยน้ำหนัก ส่งผลให้เส้นกวยจั๊บอุบลมีคุณภาพสูงทั้งคุณภาพด้านสี ความเหนียวนุ่ม คุณภาพการทำสุก และการยอมรับของผู้บริโภค จากนั้นนำไปศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตเส้นกวยจั๊บกึ่งสำเร็จรูปโดยใช้สภาวะในการอบแห้งแตกต่างกัน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมเส้นกวยจั๊บ อุบลกึ่งสำเร็จรูปที่มีแป้งแก่นตะวันร้อยละ 10 ที่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ร้อยละ 0.75 โดยใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที ส่งผลให้เส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปมีค่าความชื้น ความเหนียวนุ่ม และคุณภาพหลังการต้มสุกไม่แตกต่างจากเส้นกวยจั๊บอุบลสูตรควบคุม รวมถึงผู้บริโภคให้การยอมรับ จากการศึกษาการคืนตัวของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป พบว่ากระบวนการคืนรูปเส้นกวยจั๊บอุบลอุบลกึ่งสำเร็จรูปด้วยวิธีการใช้น้ำร้อนเป็นระยะเวลา 5-7 นาที และการคืนรูปด้วยวิธีการใช้ไมโครเวฟเป็นระยะเวลา 3-5 นาที ส่งผลให้คุณภาพของเส้นไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม รวมทั้งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปสู่การคิดค้นพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลเพื่อสุขภาพที่สามารถสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจกับชุมชนได้



**คำสำคัญ**: เส้นกวยจั๊บอุบล, แป้งแก่นตะวัน, สารไฮโดรคอลลอยด์, เส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป

## Abstract

The purpose of this study was to establish the composition and functional properties of Sunchoke flour including focused to development of instant Ubon noodle as functional food from Sunchoke flour. The results have indicated that moisture, ash, crude fiber, protein, lipid, carbohydrate and amylose contents of Sunchoke flour were 7.52±0.34, 3.40±0.05, 3.10±0.00, 4.10±0.07, 2.51± 0.07, 82.36±0.25 and 0.04±0.00%, respectively. The main carbohydrate was dietary fiber (53.11±0.59%). Solubility, swelling power and water absorption capacity of Sunchoke flour were greater than wheat flours and tapioca starch. Emulsion and foaming properties were greater than tapioca starch but less than wheat flour. Addition of Sunchoke flour into Ubon noodles was studied. These resulted showed that 10% Sunchoke flour with 0.75% hydrocolloids was the most effective improve quality for Ubon noodle in terms of color, elasticity, cooking quality and were scored higher by sensory panellists. The study of instant Ubon noodle using drying process showed that the optimal process were 60°C for 2.30 hours which gave moisture content, cooking quality and consumer acceptation similar as control. The quality of instant Ubon noodle with Sunchoke flour was similar as control and also the highest accepted by panelists after reproduction with boiled water 5-7 minutes or microwave 3-5 minutes. The result of this study could be used as a basic knowledge in food application, especially in development of instant Ubon noodle as functional food to make an economic potential of local community.



**Keywords:** Ubon noodle, Sunchoke flour, Hydrocolloids, Instant Ubon noodle

# สารบัญ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| กิตติกรรมประกาศ | ก |
| บทสรุปผู้บริหาร | ข |
| บทคัดย่อภาษาไทย | ค |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ง |
| สารบัญ | จ |
| สารบัญตาราง | ฉ |
| สารบัญภาพ | ช |
| บทนำ | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 3 |
| ขอบเขตของโครงการวิจัย | 3 |
| ประโยน์ทที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| การครวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | |
| เส้นกวยจั๊บอุบล | 4 |
| แป้ง | 9 |
| แก่นตะวัน | 17 |
| วิธีการดำเนินการวิจัย | 20 |
| ผลการทดลองและวิจารณ์ผล | |
| การเตรียมแป้งแก่นตะวัน | 25 |
| การศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งแก่นตะวัน | 25 |
| การวิเคราะห์ค่าแอคติวิตี้สารพรีไบโอติกของแก่นตะวัน | 32 |
| ผลของแป้งแก่นตะวันต่อคุณภาพเส้นกวยจั๊บอุบล | 33 |
| การศึกษากระบวนการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป | 39 |
| การศึกษาการคืนตัวของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป | 43 |
| การศึกษาคุณภาพทางโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป | 46 |
| สรุปผลการทดลอง | 48 |
| เอกสารอ้างอิง | 49 |
| ภาคผนวก | 57 |

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | เรื่อง | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | สูตรการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลเพื่อสุขภาพจากแป้งแก่นตะวัน | 21 |
| 2 | องค์ประกอบทางเคมีของแป้งแก่นตะวัน | 26 |
| 3 | ค่าสีของแป้งแก่นตะวันและของแป้งชนิดต่างๆ | 27 |
| 4 | ดัชนีการละลายและกำลังการพองตัวของแป้งชนิดต่างๆ | 28 |
| 5 | การดูดซับน้ำและน้ำมันของแป้งนิดต่างๆ | 29 |
| 6 | ความสามารถในการเกิดโฟม | 30 |
| 7 | การเจริญของเชื้อ *L. acidophilus* และ *E. coli* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมแก่นตะวันและกลูโคส หลังจากบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 0 และ 24 ชั่วโมง | 32 |
| 8 | การวิเคราะห์ความหนืดของแป้งแก่นตะวันที่ระดับต่างๆ | 35 |
| 9 | ความชื้นของเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีอัตราส่วนของแป้งแก่นตะวันแตกต่างกัน | 35 |
| 10 | ค่าสีระบบ L*a*b* ของเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีอัตราส่วนของแป้งแก่นตะวันแตกต่างกัน | 36 |
| 11 | ความเหนียวของเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีอัตราส่วนของแป้งแก่นตะวันแตกต่างกัน | 37 |
| 12 | คุณภาพหลังการทำสุกของเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีอัตราส่วนของแป้งแก่นตะวันแตกต่างกัน | 38 |
| 13 | การประเมินทางประสาทสัมผัสของเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีอัตราส่วนของแป้งแก่นตะวันแตกต่างกัน | 39 |
| 14 | ความชื้นของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่สภาวะการผลิตแตกต่างกัน | 40 |
| 15 | ค่าสีระบบ L*a*b* ของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่สภาวะการผลิตแตกต่างกัน | 40 |
| 16 | ความเหนียวของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่สภาวะการผลิตแตกต่างกัน | 41 |
| 17 | คุณภาพหลังการทำสุกของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่สภาวะการผลิตแตกต่างกัน | 42 |
| 18 | การยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่สภาวะการผลิตแตกต่างกัน | 43 |
| 19 | ค่าสีระบบ L*a*b* ของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยวิธีและเวลาที่แตกต่างกัน | 44 |
| 20 | ความเหนียวของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยวิธีและเวลาที่แตกต่างกัน | 45 |
| 21 | คุณภาพหลังการทำสุกของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยวิธีและเวลาที่แตกต่างกัน | 45 |
| 22 | การยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยวิธีและเวลาที่แตกต่างกัน | 46 |
| 23 | องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของเส้นกวยจั๊บอุบลจากแป้งแก่นตะวันกึ่งสำเร็จรูป | 47 |

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | เรื่อง | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | หัวแก่นตะวัน | 19 |
| 2 | วิธีการทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (เส้นกวยจั๊บอุบล) | 22 |
| 3 | กระบวนการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป | 23 |
| 4 | แป้งแก่นตะวัน | 27 |
| 5 | ความคงตัวของโฟมของแป้งแก่นตะวัน แป้งสาลั้ง 3 ชชนิดและแป้งมันสำปะหลัง | 30 |
| 6 | ความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชัน | 31 |
| 7 | การเจริญของเชื้อ *L. acidophilus* และ *E. coli* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสม 0.1%แก่นตะวัน และ 0.1%กลูโคส หลังจากบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 0 และ 24 ชั่วโมง | 33 |
| 8 | โครงสร้างภายนอกของเส้นกวยจั๊บอุบลที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM | 47 |

# บทนำ

จังหวัดอุบลราชธานี เป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ในส่วนที่เป็นคมแห่งขวานทองของประเทศไทย เป็นจังหวัดสำคัญอีกจังหวัดหนึ่งของภาคอีสานตอนล่าง ที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยพืชพันธุ์ ธัญญาหาร สมกับคำว่าในน้ำมีปลา ในนามีข้าว ทำให้มีอาหารที่มีชื่อเสียงและอร่อยจำนวนมาก กวยจั๊บญวน หรือ กวยจั๊บอุบล ถือเป็นอาหารพื้นเมืองที่ชาวเวียดนามอพยพนำมาเผยแพร่จนกลายเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านที่ได้รับการสืบทอดต่อกันมาเป็นเวลานาน ที่มีการผลิตและบริโภคจนกลายเป็นอาหารท้องถิ่นและของฝากที่มีชื่อเสียงของจังหวัดอุบลราชธานี เส้นกวยจั๊บ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าวเจ้าที่โม่แล้วหรือแป้งข้าวเจ้าผสมกับแป้งมันสำปะหลัง ทำให้สุก แล้วนำมานวดผสมกับแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังอีกครั้งหนึ่ง โดยอาจผสมแป้งข้าวเหนียวด้วยก็ได้ อัดเป็นเส้น (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2546)

จากการสัมภาษณ์ผู้ผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลในจังหวัดอุบลราชธานี พบว่าผู้ผลิตหรือผู้ประกอบการทั้งหมดเป็นผู้ประกอบการขนาดเล็กถึงขนาดย่อม โดยบรรพบุรุษเป็นชาวเวียดนามและอพยพเข้ามาในประเทศไทย ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่จะอพยพมาอยู่ที่จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดมุกดาหาร แต่ชาวเวียดนามที่มาตั้งถิ่นฐานที่จังหวัดอุบลราชธานีจะผลิตเส้นกวยจั๊บญวน หรือ กวยจั๊บอุบล จนกลายเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นสืบทอดสู่รุ่นลูกรุ่นหลาน โดยเส้นกวยจั๊บที่ผลิตในสมัยแรกเริ่มจะมีขนาดเส้นใหญ่ เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6-8 มิลลิเมตร ใช้เครื่องโม่หินแบบใช้มือในการโม่แป้ง นวดแป้งและตัดเส้นด้วยมือ ปัจจุบันรุ่นลูกหลาน ได้มีการใช้เครื่องมือเครื่องจักรที่ทันสมัยเข้ามาช่วยในการผลิต ทั้งเครื่องโม่ เครื่องนวดผสม และเครื่องอัดเส้น และได้มีการพัฒนาเส้นกวยจั๊บอุบลให้มี 2 ขนาด ตามความต้องการของผู้บริโภคคือ เส้นเล็ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-3 มิลลิเมตร และเส้นใหญ่ขนาดคงเดิม ในสมัยก่อนนั้นผู้บริโภคชอบเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีขนาดใหญ่เช่นเดียวกับกวยจั๊บญวนที่มาจากเวียดนาม แต่ปัจจุบันผู้บริโภคชอบบริโภคกวยจั๊บอุบลที่มีขนาดเส้นเล็ก เนื่องจากใช้เวลาสั้นในการปรุงสุกและรับประทานง่าย โดยทั่วไปเส้นกวยจั๊บสดจะมีอายุการเก็บรักษา 2-3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง และ 1 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิเย็น (ตู้เย็น 4-10 องศาเซลเซียส) สำหรับเส้นกวยจั๊บแห้ง จะนำเส้นสดไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน สามารถเก็บรักษาไว้ได้เป็นระยะเวลานาน แต่ใช้ระยะเวลานานในการปรุงสุก ผู้ประกอบการส่วนใหญ่สนใจการพัฒนาเส้นกวยจั๊บอุบลเป็นแบบกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งสะดวกต่อการบริโภค รวมทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ นอกจากนั้นผู้ผลิตยังสนใจการพัฒนาเส้นกวยจั๊บให้มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น เป็นการอนุรักษ์และสืบสานภูมิปัญญาท้องถิ่นให้ยั่งยืนต่อไป (จิตรา, 2555)

ในปัจจุบันแนวโน้มพฤติกรรมผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยกระแสการดูแลห่วงใยสุขภาพและความปลอดภัยของผู้บริโภคได้รับความนิยมมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยกระแสอาหารสุขภาพไม่ได้อยู่ในวงจำกัดเฉพาะผู้สูงอายุหรือคนวัยทำงานเท่านั้น แต่ยังแผ่ขยายครอบคลุมไปถึงกลุ่มคนรุ่นใหม่ Generation Y และ Generation Z ที่แม้ว่ายังอายุน้อยไม่มีปัญหาสุขภาพเท่าไรนักก็ยังคงเล็งเห็นความสำคัญของประเด็นดังกล่าว (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2558) ทั้งนี้ในปี 2013 มูลค่าของตลาดสินค้าอาหารเพื่อสุขภาพ ของโลกอยู่ที่ประมาณ 80,000 ล้านเหรียญสหรัฐ โดยคาดว่าจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องไปอยู่ที่ราว 161,500ล้านเหรียญสหรัฐ ในปี 2018 หรือคิดเป็นอัตราเติบโตเฉลี่ยสะสม (CAGR) ที่ 15% ต่อปี (พริมา, 2558) ประเทศไทยเป็นประเทศที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยพืชผักผลไม้นานาชนิด รวมทั้งปัจจุบันผู้คนหันมาใส่ใจต่อสุขภาพมากขึ้น ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพกำลังมาแรง และเป็นที่นิยมในหมู่ผู้รักสุขภาพทั้งหลาย ส่งผลให้ตลาดอาหารเพื่อสุขภาพมีแนวโน้มการเจริญเติบโตและขยายตัวอย่างรวดเร็ว

ผลผลิตหรือนวัตกรรมจากภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านต่างๆ ผสมผสานกับการใช้กระบวนการวิทยาศาสตร์เชิงบูรณาการนำมาซึ่งการพัฒนาต่อยอดด้านอุตสาหกรรมเกษตร โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อการปรับเปลี่ยนคุณภาพชีวิต และสุขภาพอนามัยให้ดีขึ้นได้ จึงเป็นที่มาของผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า functional food หรือบางทีเรียกทับศัพท์ว่า อาหารฟังก์ชัน ซึ่งหมายความถึงผลิตภัณฑ์อาหารหรือองค์ประกอบในอาหารที่เมื่อบริโภคเข้าสู่ร่างกายแล้ว จะสามารถทำหน้าที่อื่นให้กับร่างกาย นอกเหนือจากในเรื่องของรสสัมผัส (sensory function) การให้คุณค่าทางโภชนาการพื้นฐาน (nutritive function) นั่นคือ เป็นอาหารที่มีผลต่อการทำหน้าที่ต่างๆ (function) ในร่างกาย ส่งผลดีต่อสุขภาพโดยมีบทบาทในการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรค อวัยวะหรือระบบเป้าหมาย ได้แก่ ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ความดันโลหิต การเผาผลาญของไขมัน การต้านอนุมูลอิสระ และระบบการย่อยอาหาร ลำไส้ใหญ่เป็นอวัยวะเป้าหมายหนึ่งที่มีการศึกษากันมากในเรื่องของอาหารฟังก์ชัน องค์ประกอบของอาหารที่มีคุณสมบัติให้ผลดีต่อสุขภาพลำไส้ได้แก่ ใยอาหาร พรีไบโอติก และ โพรไบโอติก

แก่นตะวัน หรือ ทานตะวันหัว (Sunchoke หรือ Jerusalem artichoke) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Helianthus tuberosus* เป็นพืชหัวใต้ดินคล้ายมันฝรั่งรับประทานได้ เป็นพืชตระกูลเดียวกับทานตะวัน มีดอกสีเหลืองคล้ายดอกบัวตอง แต่มีขนาดเล็ก มีหัวรูปร่างคล้ายขิงอวบ เปลือกมีสีน้ำตาลอ่อน เนื้อในสีขาว คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ในหัวแก่นตะวันอยู่ในรูปสารโพลีเมอร์ที่เรียกว่า อินนูลิน (Inulin) และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Fructooligosaccharide) (Somda, McLaurin, & Kays, 1999) อินนูลินมีคุณสมบัติกระตุ้นการหลั่งของน้ำดี ขับปัสสาวะ และเป็นสารอาหารที่ให้ความหวาน ไม่ถูกย่อยในกระเพาะและลำไส้เล็ก โดยอยู่ในระบบทางเดินอาหารเป็นเวลานาน ทำให้ไม่รู้สึกหิว กินอาหารได้น้อย ไม่เพิ่มน้ำตาลในเลือด เนื่องจากมีแคลอรี่ต่ำ จึงช่วยในการลดความอ้วน ป้องกันความเสี่ยงของโรคเบาหวาน และลดความดันในเลือดได้ดี (นิมิต และสนั่น, 2549) นอกจากนั้นอินนูลินสามารถยึดจับกับไขมันในเส้นเลือดชนิดที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย เช่น คอเลสเตอรอล (Cholesterol) ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) และแอลดีแอล (LDL) จึงช่วยลดความเสี่ยงจากการเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือดอุดตัน และยังช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย (ดวงจันทร์, 2553) อินนูลินนั้นเป็นพวกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ซึ่งร่างกายไม่สามารถย่อยได้ในระบบทางเดินอาหารและไม่ให้พลังงาน แต่ถูกย่อยได้ด้วยแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ มีสมบัติเป็นพรีไบโอติก (Prebiotic) ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ

ดังนั้นการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้เส้นกวยจั๊บอุบล โดยแป้งแก่นตะวันที่มีส่วนประกอบของอินูลินที่มีประโยชน์ต่อระบบทางเดินอาหาร เพราะเป็นเส้นใยอาหารและพรีไบโอติก เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ เป็นทางเลือกอีกหนึ่งทางที่จะปรับปรุงคุณภาพของเส้นกวยจั๊บอุบลในด้านโภชนาการ และช่วยเพิ่มมูลค่าของเส้นกวยจั๊บอุบลให้มีมูลค่าสูงขึ้น รวมทั้งกระบวนการผลิตและคุณภาพของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปเพื่อความสะดวกในการบริโภค ตลอดจนการบูรณาการจากฐานภูมิปัญญาสู่นวัตกรรมด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

**วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย**:

1. เพื่อศึกษาการผลิตแป้งแก่นตะวัน สมบัติเชิงหน้าที่และแอคติวิตี้ของสารพรีไบโอติจากแป้งแก่นตะวัน
2. เพื่อศึกษาสูตรและวิธีการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลเพื่อสุขภาพจากแป้งแก่นตะวัน
3. เพื่อศึกษากระบวนการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่เหมาะสม
4. เพื่อศึกษาคุณภาพและลักษณะทางโครงสร้างของเส้นกวยจั๊บอุบล

**ขอบเขตของโครงการวิจัย**:

ได้ผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลเพื่อสุขภาพจากแป้งแก่นตะวันที่มีคุณค่าทางโภชนาการ รวมทั้งพัฒนาเป็นเส้นกึ่งสำเร็จรูป เป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ให้กับผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้าน เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ เป็นการนำผลิตภัณฑ์มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ตลอดจนเป็นการผสมผสานระหว่างภูมิปัญญาท้องถิ่นกับการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เชิงบูรณาการ นำมาซึ่งการพัฒนาต่อยอดด้านอาหารพื้นบ้านเพื่อสุขภาพ

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ:**

ผลจากการศึกษาวิจัยนี้จะสนับสนุนแนวทางการพัฒนาเส้นกวยจั๊บอุบลจากแป้งแก่นตะวันเพื่อสุขภาพ ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่สนใจสุขภาพ รวมทั้งการผลิตเป็นเส้นกึ่งสำเร็จรูป อันเป็นการส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้าน และเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์อีกด้วย นอกจากนั้นยังใช้เป็นข้อมูลในการทำวิจัยต่อยอด หรือถ่ายทอดแก่ผู้ประกอบการต่อไป

# การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

***<u>เส้นกวยจั๊บอุบล</u>***

จังหวัดอุบลราชธานี เป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ในส่วนที่เป็นคมแห่งขวานทองของประเทศไทย เป็นจังหวัดสำคัญอีกจังหวัดหนึ่งของภาคอีสานตอนล่าง ที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยพืชพันธุ์ ธัญญาหาร สมกับคำว่าในน้ำมีปลา ในนามีข้าว ทำให้มีอาหารที่มีชื่อเสียงและอร่อยจำนวนมาก กวยจั๊บญวน หรือ กวยจั๊บอุบล ถือเป็นอาหารพื้นเมืองที่ชาวเวียดนามอพยพนำมาเผยแพร่จนกลายเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านที่ได้รับการสืบทอดต่อกันมาเป็นเวลานาน ที่มีการผลิตและบริโภคจนกลายเป็นอาหารท้องถิ่นและของฝากที่มีชื่อเสียงของจังหวัดอุบลราชธานี (จิตรา, 2555)

กวยจั๊บอุบล หรือ กวยจั๊บญวณ เมนูอาหารทรงเสน่ห์ ทานง่าย คล่องคอ ที่ทำจากวัตถุดิบเลิศรสหลักๆ อย่างหมูยอและเส้นกวยจั๊บญวณ ใส่ในน้ำซุปเคี่ยวข้นตามแบบฉบับ พร้อมด้วยเครื่องเพิ่มเติมตามใจชอบ อาทิ หมูสับ กระดูกอ่อน เห็ดหอมหรือไข่ โรยด้วยผักชีใบเขียวสดสร้างสีสัน ตบท้ายด้วยหอมเจียวเพิ่มความหอมให้กับเมนูจานโปรด เส้นกวยจั๊บญวณ (เส้นสด) ของอุบลแท้ จะมีความพิเศษคือเหนียวนุ่ม เส้นใส ต้มง่ายไม่หัก ซึ่งเป็นลักษณะเด่นสำคัญ กวยจั๊บอุบลหรือกวยจั๊บญวณภาษาบ้านๆ จะเรียกว่า ข้าวเปียก หรือต้มเส้น (ซ้อเฮง, 2556) กวยจั๊บอุบลหรือกวยจั๊บเวียดนามที่ขายกันมีอยู่ 2 ชนิดคือ เส้นใหญ่ ซึ่งไม่ได้ใหญ่แบบเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ แต่จะใหญ่กว่าเส้นกวยจั๊บแบบเล็กราวสองถึงสามเท่า นิยมต้มรวมลงไปในหม้อน้ำซุปที่ใส่เครื่องทุกอย่างครบแล้ว เวลาขายสามารถตักใส่ถุงหรือชามได้เลย แต่ที่เป็นที่นิยมมากคือ แบบเส้นเล็ก หากินได้ง่าย ซึ่งเส้นเล็กเวลาขายแม่ค้าจะตักน้ำซุปใส่หม้อ พอเดือดแล้วจึงใส่เส้นลงต้ม ใช้เวลาต้มน้อยเพราะเส้นเล็กจะสุกง่าย เสร็จแล้วจึงเทใส่ชามหยิบเครื่องอื่นๆ ใส่ เช่น กระดูกหมู เลือดหมู หอมเจียว ใส่ลงไป พร้อมเสิร์ฟ (การะเวก, 2551)

เส้นกวยจั๊บ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าวเจ้าที่โม่แล้วหรือแป้งข้าวเจ้า ผสมแป้งมันสำปะหลัง ทำให้สุกแล้วนำมานวดผสมกับแป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลังอีกครั้งหนึ่ง โดยอาจผสมแป้งข้าวเหนียวด้วยก็ได้ อัดเป็นเส้น แล้วทำให้แห้งด้วยแสงแดดหรือแหล่งพลังงานอื่น คุณลักษณะที่ต้องการ คือ ลักษณะทั่วไปในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีขนาดเส้นใกล้เคียงกัน อาจมีเส้นแตกหักได้บ้าง ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ และมีสีสม่ำเสมอ ต้องมีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติและปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่นกลิ่นอับ กลิ่นสาบ ลักษณะเนื้อสัมผัสเมื่อทำสุกแล้ว เส้นต้องไม่กะติดกัน และนิ่มเหนียว ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์ หากมีการใช้วัตถุกันเสีย สารฟอกขาว สารทำให้ข้น ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนดความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก อะฟลาทอกซินต้องไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม จุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน $1x10^3$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และราต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2546)

จากการสัมภาษณ์ผู้ผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลในจังหวัดอุบลราชธานี พบว่าผู้ผลิตหรือผู้ประกอบการทั้งหมดเป็นผู้ประกอบการขนาดเล็กถึงขนาดย่อม โดยบรรพบุรุษเป็นชาวเวียดนามและอพยพเข้ามาในประเทศไทย ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่จะอพยพมาอยู่ที่จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดมุกดาหาร แต่ชาวเวียดนามที่มาตั้งถิ่นฐานที่จังหวัดอุบลราชธานีจะผลิตเส้นกวยจั๊บญวน หรือ กวยจั๊บอุบล จนกลายเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นสืบทอดสู่รุ่นลูกรุ่นหลาน โดยเส้นกวยจั๊บที่ผลิตในสมัยแรกเริ่มจะมีขนาดเส้นใหญ่ เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6-8 มิลลิเมตร ใช้เครื่องโม่หินแบบใช้มือในการโม่แป้ง นวดแป้งและ

ตัดเส้นด้วยมือ ปัจจุบันรุ่นลูกหลาน ได้มีการใช้เครื่องมือเครื่องจักรที่ทันสมัยเข้ามาช่วยในการผลิต ทั้งเครื่องโม่ เครื่องนวดผสม และเครื่องอัดเส้น และได้มีการพัฒนาเส้นกวยจั๊บอุบลให้มี 2 ขนาด ตามความต้องการของผู้บริโภคคือ เส้นเล็ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-3 มิลลิเมตร และเส้นใหญ่ขนาดคงเดิม ในสมัยก่อนนั้นผู้บริโภคชอบเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีขนาดใหญ่เช่นเดียวกับกวยจั๊บญวนที่มาจากเวียดนาม แต่ปัจจุบันผู้บริโภคชอบบริโภคกวยจั๊บอุบลที่มีขนาดเส้นเล็ก เนื่องจากใช้เวลาสั้นในการปรุงสุกและรับประทานง่าย โดยทั่วไปเส้นกวยจั๊บสดจะมีอายุการเก็บรักษา 2-3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง และ 1 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิเย็น (ตู้เย็น 4-10 องศาเซลเซียส) สำหรับเส้นกวยจั๊บแห้ง จะนำเส้นสดไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน สามารถเก็บรักษาไว้ได้เป็นระยะเวลานาน แต่ใช้ระยะเวลานานในการปรุงสุก ผู้ผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลส่วนใหญ่จะผลิตและจำหน่ายเส้นกวยจั๊บโดยส่งขายตามร้านอาหาร และร้านค้าขายของฝากภายในจังหวัดอุบลราชธานีและจังหวัดใกล้เคียง ผู้ประกอบการส่วนใหญ่สนใจการพัฒนาเส้นกวยจั๊บอุบลเป็นแบบกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งสะดวกต่อการบริโภค และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ รวมทั้งการปรับปรุงเส้นกวยจั๊บสดและแห้งให้มีลักษณะเส้นเหนียวและนุ่ม ไม่ขาดง่าย นอกจากนั้นผู้ผลิตยังสนใจการพัฒนาเส้นกวยจั๊บให้มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น เป็นการอนุรักษ์และสืบสานภูมิปัญญาท้องถิ่นให้ยั่งยืนต่อไป (จิตรา, 2555)

เส้นกวยจั๊บอุบลเส้นแห้งยังมีลักษณะบางประการที่ผู้บริโภคไม่ชื่นชอบคือเส้นภายนอกจะสุกก่อนส่วนภายในแกนกลางของเส้นยังไม่สุก หรือถ้าภายในแกนกลางเส้นสุกภายนอกเส้นจะมีลักษณะเละ นอกจากนั้นเส้นกวยจั๊บแห้งมีขั้นตอนในการปรุงสุกหลายขั้นตอน ทั้งระยะเวลาที่ใช้ในการแช่น้ำก่อนนำมาต้มให้สุก ลักษณะเส้นที่ได้ไม่เหนียวและขาดง่าย เพื่อปรับปรุงคุณลักษณะของแป้งและเส้นกวยจั๊บอุบล จึงมีการนำไฮโดรคอลลอยด์ทั้งหมด 6 ชนิดคือ แซนแทนกัม กัวร์กัม อัลจิเนต คาร์ราจีแนน ผงบุก และคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส โดยกำหนดปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 6 ชนิด ร้อยละ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 โดยน้ำหนัก เติมลงไปในสูตรกวยจั๊บอุบลที่ต้องการนำมาปรับปรุงคุณภาพ พบว่าปริมาณการเติมไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดที่สามารถปรับปรุงคุณภาพทั้งทางเคมีและทางกายภาพรวมทั้งประสาทสัมผัสของเส้นกวยจั๊บอุบลสดได้ดีที่สุดคือ แซนแทนกัมร้อยละ 0.5, กัวร์กัมร้อยละ 0.75, CMC ร้อยละ 0.75, คาร์ราจีแนนร้อยละ 0.25, อัลจิเนตร้อยละ 0.75 และผงบุกร้อยละ 1.0 และเมื่อนำมาศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัสพบว่า กัวร์กัมร้อยละ 0.75 เป็นชนิดและปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่สามารถปรับปรุงคุณภาพด้านต่างๆ ของเส้นกวยจั๊บอุบลได้ดีที่สุด (จิตรา, 2556)

การศึกษาของ Cham และ Suwannaporn (2010) เกี่ยวกับปัญหาของการใช้แป้งข้าวเจ้าในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวในระดับอุตสาหกรรม การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุคือศึกษาผลของการใช้ความร้อนในการปรับปรุงคุณสมบัติของแป้งข้าวเจ้าเพื่อปรับปรุงเส้นก๋วยเตี๋ยว แป้งข้าวเจ้าที่มีอะไมโลสสูงใช้วิธีปรับปรุงในสภาวะที่มีความร้อนและความชื้น (heat-moisture treatment; HMT) และการหลอมเหลว (annealing; ANN) ใช้การวิเคราะห์แบบ Response surface methodology (RSM) โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ face-centered central composite design (FCCD) เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณสมบัติของแป้งข้าวเจ้า ปัจจัยทีทำการศึกษาคือ ปริมาณความชื้น อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อน ทำการวัดค่าทางรีโอโลจี (rheology) และลักษณะทางเนื้อสัมผัสของเจลแป้งข้าวเจ้า พบว่าเมื่อใช้การปรับปรุงด้วยวิธี HMT ความเหมาะสมเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นและอุณหภูมิเพิ่มมากขึ้น แต่เวลาในการให้ความร้อนไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนวิธี ANN แสดงให้เห็นว่ามีความเหมาะสมน้อยกว่าการใช้วิธี HMT ในทุกปัจจัย ส่วนคุณสมบัติทางด้านเนื้อสัมผัสพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน

ปริศนา และกมลพรรณ (2546) ศึกษาผลของปริมาณแป้งข้าวเจ้าและน้ำต่อคุณภาพของบะหมี่สดที่ใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลี โดยการผสมแป้งข้าวเจ้าในอัตราส่วนร้อยละ 20 30 40 และ 50 เพื่อผลิตเส้นบะหมี่ ให้มีความชื้นร้อยละ 12.6 และ 12.5 จากนั้นทำการวิเคราะห์ ลักษณะเนื้อสัมผัส และค่าสี ผลจากการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเจ้าและน้ำ ทำให้ค่าระยะทางสูงสุดลดลง เนื่องจากการเพิ่มแป้งข้าวเจ้ามากขึ้นแป้งสาลีลดลงทำให้ปริมาณกลูเตนลดลง เส้นบะหมี่จึงขาดความแข็งแรง ส่วนค่าความสว่างของบะหมี่จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณโปรตีนที่อยู่ในแป้งสาลี โดยการสะท้อนแสงของบะหมี่จะลดลงเมื่อปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีสูงขึ้น จาการทดลองพบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเจ้าจะส่งผลให้บะหมี่มีความสว่าง (L*) และมีความเป็นสีเขียว (a*) มากขึ้น เนื่องจากปริมาณแป้งข้าวเจ้าที่มากขึ้นทำให้ปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีลดลง จึงทำให้บะหมี่มีความสว่างมากขึ้น และพบว่าสูตรที่เหมาะสมในการผลิตบะหมี่ที่ใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีคือ สูตรที่ใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 20-30 และน้ำร้อยละ 44-45 จะได้บะหมี่ที่มีคุณภาพไม่แตกต่างจากบะหมี่แป้งสาลี

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 เมื่อผสมแป้งมันสำปะหลังกับแป้งข้าวเจ้าในอัตราส่วนที่สูงขึ้น มีผลทำให้การดูดน้ำของแป้งผสมน้อยลง ส่วนการละลายน้ำพบว่าแป้งข้าวเจ้าละลายน้ำได้ร้อยละ 0.68 ซึ่งมากกว่าแป้งมันสำปะหลังเมื่อผสมแป้งทั้งสองเข้าด้วยกันในอัตราส่วนที่สูงขึ้นจะทำให้ดัชนีการละลายน้ำของแป้งผสมลดลง ด้าวความ คงตัวของเจลพบว่าแป้งมันสำปะหลังมีความคงตัวของเจลมากกว่า แต่เมื่อผสมแป้งทั้งสองเข้าด้วยกันจะทำให้เจลแป้งผสมมีความอ่อนตัวลง ผลจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งที่มีความเข้มข้นร้อยละ 8 พบว่าแป้งมันสำปะหลังมีความหนืดสูงที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งแป้งข้าวเจ้า หรืออีกนัยหนึ่งคือสุกเร็วกว่า แต่ผลึกแป้งมันสำปะหลังจะถูกทำลายได้ง่ายกว่าแป้งข้าวเจ้าเมื่อให้อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน และการ คืนตัวของเจลแป้งมันสำปะหลังหลังลดอุณหภูมิลงมีค่าติดลบในขณะที่แป้งข้าวเจ้ามีค่าสูง ผลจากการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการผสมแป้งมันสำปะหลังพบว่า การเติมแป้งมันสำปะหลังในอัตราร้อยละ 10 และ 20 จะช่วยลดความแข็งกระด้าง การแตกปริของเส้นก๋วยเตี๋ยวลงได้ และทำให้เส้นมีความเหนียวนุ่ม เรียบเนียน แต่หากเติมมากกว่าร้อยละ 20 จะทำให้เกิดยางเมือกบริเวณผิวหน้าแผ่นก๋วยเตี๋ยว เหนียว ยืดตามแรงดึง ใส เมื่อวางซ้อนกันจะติดกัน ดังนั้นที่ระดับแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 20 จึงเหมาะสมที่สุด ส่วนดัชนีการดูดน้ำของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งผสมทำให้อัตราการดูดน้ำลดลง เนื่องจากเม็ดแป้งข้าวเจ้ามีการแตกตัวน้อยกว่าแป้งมันสำปะหลังเมื่อได้รับความร้อนระหว่างการนึ่งเม็ดแป้งจึงมีความสามรถในการดูดน้ำได้ดีกว่า ก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังผสมแป้งข้าวเจ้ามีการดูดน้ำลดลงมีผลดีคือ ทำให้ก๋วยเตี๋ยวอืดน้อยลง ด้านผลการวิเคราะห์การสูญเสียเนื้อแป้งขณะหุงต้มพบว่าก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งผสม มีอัตราการสูญเสียเนื้อแป้งระหว่างการหุงต้มลดลง เมื่ออัตราการผสมสูงขึ้น

นงนุช และคณะ (2545) ทำการศึกษาคุณสมบัติเนื้อสัมผัสทางกลของเส้นก๋วยเตี๋ยวไทยที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งมันสำปะหลัง โดยทำการผสมแป้งมันสำปะหลังในปริมาณ ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ตามลำดับ พบว่า การเติมแป้งมันสำปะหลังถึงร้อยละ 20 มีผลทำให้ค่าความเค้น ค่าร้อยละของการยืด

ตัว และงานทั้งหมดที่ได้จากกการวัดค่าแรงดึงและการแตกหักไม่แตกต่างจากเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ไม่มีการเติมแป้งมันสำปะหลัง ส่วนการเติมแป้งมันสำปะหลังที่ระดับร้อยละ 30-40 จะมีผลทำให้การวัดค่าแรงดึง และการแตกหักของเส้นก๋วยเตี๋ยวมีค่าความเค้นสูงสุดและงานที่ได้มีค่าลดลง แต่จะมีค่าร้อยละของการยืดตัวเพิ่มขึ้น โดยในขณะที่ทำการวัดค่าแรงดึงก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 100 จะมีการฉีกขาดหรือแตกหักเป็นสองส่วนทันที ส่วนเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการเติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 40 เส้นก๋วยเตี๋ยวจะมีการทนต่อแรงดึง และแรงฉีกขาดต่อไปได้อีกระยะหนึ่งจึงเป็นการชี้ให้เห็นว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 100 จะมีความแข็งแตกเปราะง่าย ในขณะที่เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 30-40 จะทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีความนุ่ม และเหนียวมากขึ้น

กมลวรรณ (2548) ศึกษาผลของการเติมสตาร์ชดัดแปรและไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็ง ซึ่งพบว่าภายหลังการคืนรูปกวยเตี๋ยวแช่เยือกแข็งมีลักษณะขุ่นมากขึ้น ความเหนียวและความยืดหยุ่นลดลงทำให้เส้นขาดง่าย ดังนั้นจึงเติมสตาร์ชดัดแปรร้อยละ 4 และ 8 และไฮโดรคอลลอยด์ คือ แซนแทนกัมร้อยละ 0.02 และ 0.04 กับคาร์บอกซิลเมเทิลเซลลูโลส ร้อยละ 0.05 และ 0.10 ผลจากการทดลองสรุปได้ว่าการเติมสตาร์ชดัดแปรและไฮดดรคอลลลอยด์ช่วยปรับปรุงคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นจันทร์แช่เยือกแข็งเล็กน้อย โดยคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสช่วยลดการตกผลึกใหม่ของของน้ำแข็งทำให้เนื้อสัมผัสดีขึ้น ขณะที่แซนแทนกัมช่วยลดการคืนตัวของอะไมโลสทำให้มีความขุ่นน้อยลง ส่วนสตาร์ชดัดแปรนั้นหมู่ไฮดรอกซี-โพรพิลช่วยขัดขวางการรวมกลุ่มของสายโซ่สตาร์ชทำให้มีคุณภาพดีขึ้น และคงทนต่อการคืนรูปแช่เยือกแข็งมากขึ้น

Jarnsuwan and Thongngam (2011) ศึกษาการเติม กัวร์กัม แซนแทนกัม และ CMC ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนัก เติมลงไปในก๋วยเตี๋ยว แล้วศึกษาสมบัติต่างๆ คือ ลักษณะเส้น เนื้อสัมผัส คุณภาพเส้น เวลาในการทำสุก ร้อยละผลผลิตและร้อยละการสูญเสียน้ำหนักระหว่างทำสุก ผลการศึกษาพบว่าร้อยละผลิตมีค่าสูงขึ้นเมื่อเติมกัวร์กัมและแซนแทนกัมร้อยละ 1.0 ส่วน CMC ทั้ง 2 ระดับความเข้มข้นส่งผลให้ร้อยละผลผลิตสูงขึ้น โครงสร้างของเส้นก๋วยเตี๋ยวพบว่ามีรูอยู่บริเวณผิวของเส้น และพบว่าเมื่อเติมกัวร์กัมร้อยละ 1.0 ค่าแรงเฉือนสูงที่สุดและแรงเค้นสูงที่สุด จะมีค่าต่ำที่สุดลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกันเกิดจากความแตกต่างของโครงสร้างเมื่อเติมไฮโดรคอลลอยด์ และการเติม CMC ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ซึ่งทำให้เนื้อสัมผัสและโครงสร้างเหมือนกับสูตรควบคุม

Techawipharat *et al*. (2008) ได้ศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ได้แก่ CMC, MC, HPMC, k-carrageenan, i-carrageenan และ λ-carrageenan ที่มีผลต่อการเกิดเจลของแป้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียว พบว่า การเติมไฮโดรคอลลอยด์ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นทั้ง peak viscosity และ final viscosity รวมทั้ง pasting temperature สูงขึ้นอีกด้วย นอกจากนี้การเติมไฮโดรคอลลอยด์ในแป้งข้าวเจ้า ทำให้การพองตัวและการละลายเพิ่มขึ้น โดย CMC จะทำให้การพองตัวและการละลายมากที่สุด ส่วนแป้งข้าวเหนียว พบว่าการเติม CMC จะทำให้การพองตัวมากที่สุด และไฮโดรคอลลอยด์ไม่ส่งผลต่อการละลายในแป้งข้าวเหนียว สำหรับลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าการเติมอนุพันธ์เซลลูโลสในแป้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียวไม่ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลแป้งทั้งในเรื่องความแข็ง (hardness) และความเหนียวติดกัน (adhesiveness) ในทางตรงข้ามการเติม k- และ i-carrageenan ในแป้งข้าวเจ้าพบว่าช่วยเพิ่มความแข็งและความเหนียวติดกันของเจลแป้ง

Huang *et al.* (2007) ได้ศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ได้แก่ gellan gum, konjac glucomannan และ k-carrageenan ที่มีผลต่อการเกิดเจลของแป้งข้าว 3 สายพันธุ์ พบว่า เมื่อเติม gellan gum และ k-carrageenan ในแป้งข้าวสายพันธ์อินดิคา (indica) จาโปนิคา (japonica) และแป้งข้าวเหนียว พบว่าความแข็งแรง (hardness) ความเหนียวติดกัน (adhesiveness) และความยืดหยุ่น (springiness) เพิ่มขึ้น ส่วนการเติม konjac glucomannan จะไม่ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของแป้งข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์

Muadklay และ Charoenrein (2008) ได้ศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ xanthan gum, locust bean gum, guar gum และ konjac-glucomannan ต่อการเกิดการคืนตัว (retrogradation) ของเจล แป้งมันสำปะหลัง พบว่า การเติม xanthan gum 0.25 และ 0.5% ช่วยลดการสูญเสียน้ำ (syneresis) ได้มากกว่า locust bean gum และ konjac-glucomannan ส่วน guar gum ไม่มีผลต่อการยับยั้งการคืนตัวของเจลแป้งมันสำปะหลัง สำหรับการศึกษาอัตราเร็วของการแช่แข็ง (0.06, 0.9 และ 2.3°C/min) พบว่า ที่อัตราการแช่แข็งแบบรวดเร็วที่ 2.3°C/min ช่วยยับยั้งการคืนตัวของเจลแป้งมันสำปะหลังได้มากว่าที่อัตราแช่แข็งแบบช้าและปานกลาง ดังนั้นสภาวะที่ดีที่สุดสำหรับการยับยั้งการคืนตัวของเจลแป้งมันสำปะหลังคือ การเติม xanthan gum 0.5% และอัตราการแช่แข็งที่ 2.3°C/min

Lee *et al.* (2002) ได้ศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ 9 ชนิด คือ sodium alginate, carboxymethyl cellulose, curdlan, gellan gum, guar gum, gum Arabic, k-carrageenan, locust bean gum และ xanthan gum ต่อความคงตัวของเจลแป้งมันฝรั่งระหว่างการแช่แข็งและหลอมละลาย พบว่า การเติม alginate, guar gum และ xanthan gum จะช่วยป้อกันการสูญเสียน้ำ (syneresis) ของเจลแป้งมันฝรั่งได้ดีที่สุด โดย guar gum ที่ความเข้มข้น 0.6% สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำได้ครึ่งหนึ่งของเจลแป้งมันฝรั่งที่ไม่มีการเติมไฮโดรคอลลอยด์ และ xanthan gum ที่ความเข้มข้น 0.3% สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำได้มากกว่า guar gum ส่วนการยับยั้งการเกิดการคืนตัวของแป้ง (retrogradation) พบว่า การเติม alginate ให้ผลการยับยั้งได้ดีกว่า xanthan gum และ guar gum

Sandhu *et al.* (2010) ได้ศึกษาคุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพ ความหนืด และลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งมันฝรั่งและแป้งข้าวเจ้า พบว่า ปริมาณอะไมโลส การพองตัว และการละลายของแป้งมันฝรั่งสูงกว่าแป้งข้าวเจ้า สำหรับความหนืด (pasting properties) พบว่า ค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ความหนืดสุดท้าย (final viscosity) และการคืนตัวของแป้ง (setback) ของแป้งมันฝรั่งมีค่ามากกว่าแป้งข้าวเจ้า รวมทั้งลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งมันฝรั่งมีค่าความแข็ง (hardness) การยึดเกาะกัน (cohesiveness) และความเหนียว (chewiness) สูงกว่าแป้งข้าวเจ้า นอกจากนั้นการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งมันฝรั่งมากกว่าแป้งข้าวเจ้า แต่มีการสูญเสียน้ำหนักหลังการต้มสุกมากกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งข้าวเจ้า เมื่อทำการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งผสมระหว่างแป้งมันฝรั่งและแป้งข้าวเจ้าที่อัตราส่วน 1:1 พบว่า คุณภาพของเส้นดีขึ้น โดยทำให้ลดระยะเวลาการต้มเส้นให้สุกลง น้ำหนักเส้นหลังการต้มสุกเพิ่มขึ้น เส้นที่ได้มีความใสและลื่น รวมทั้งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

อรอนงค์ และคณะ (2535) จากการทดลองทำขนมจีนอบแห้งแบบกึ่งสำเร็จรูปที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ผสมกับแป้งข้าวเจ้าและน้ำในอัตราส่วน 15:85:140 โดยใช้วิธีการทำแห้ง 2 แบบคือ แบบแรกเป็นการอบแห้งในตู้อบแบบถาดและแบบที่สองการใช้วิธีแช่แข็งและคืนรูปแล้วงจึงอบแห้งในตู้อบแบบถาด ผลการศึกษาพบว่าขนมจีนที่อบแห้งแบบแรกเส้นค่อนข้างแข็ง ในขณะที่แบบที่สองเส้นขนมจีนจะค่อนข้างเปราะส่วนลักษณะสีของเส้นขนมจีนพบว่าแบบแรกสีออกเหลืองนวลและแบบที่สองสีออกขาวขุ่น ในการคืนรูปของขนมจีนอบแห้งพบว่าขนมจีนแบบแรกใช้เวลาในการคืนรูป 10 นาที และแบบที่สองใช้เวลา 7 นาที และการดูดซึมน้ำกลับคืนพบว่าแบบแรกมีการดูดซึมน้ำกลับร้อยละ 91.47 ซึ่งน้อยกว่าแบบที่สองที่มีค่า 107.02 เมื่อนำขนมจีนที่คืนรูปแล้วทั้งสองมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ผู้ชิมพบว่าขนมจีนทั้งสองแบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญและแสดงความเห็นว่าไม่ชอบเล็กน้อยในลักษณะเนื้อสัมผัสในขณะที่รู้สึกเฉยๆกับลักษณะปรากฏ สี และกลิ่นรส

กมลทิพย์ และวันเพ็ญ (2544) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำบะหมี่แห้งกึ่งสำเร็จรูปผสมเห็ดโดยใช้แป้งสาลีอเนกประสงค์ผสมเห็ดผง 4 ชนิด พบว่าปริมาณเห็ดผงที่เหมาะสมที่ให้ค่าความแข็งแรงของโด (dough strength) สูงสุดของเห็ดแต่ละชนิด คือ ใช้เห็ดหูหนู 30% เห็ดฟาง 15% เห็ดนางฟ้า 20% หรือเห็ดนางรม 20% โดยได้โดที่มีค่า dough strength 80.48, 93.45, 131.26 และ 133.17 กรัม-แรง ตามลำดับ นำก้อนโดที่ได้มารีดตัดเป็นเส้นและนึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือดเป็นเวลาต่างๆ พบว่าเวลาที่ให้ค่าแรงดึงสูงสุด (tensile strength) ของเส้นบะหมี่คือ 10 นาที จากนั้น นามาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจนได้ความชื้นสุดท้ายประมาณ 12% เป็นบะหมี่แห้งกึ่งสำเร็จรูปผสมเห็ด บะหมี่ทุกตัวอย่างใช้เวลาคืนรูปไม่เกิน 5 นาที มีการดูดน้ำร้อยละ 152.71-161.34 มีการสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 0.65-0.89 มีค่าแรงดึงสูงสุดหลัง คืนรูป 10.57-13.97 กรัม-แรง โดยพบว่าค่าแรงดึงสูงสูดหลังคืนรูปมีแนวโน้มสัมพันธ์กับค่าความแข็งแรงของโด ค่าแรงดึงสูงสุดหรือความเหนียวของบะหมี่แห้งกึ่งสำเร็จรูปหลังคืนรูปมีค่าลดลงกว่าก่อนอบแห้ง บะหมี่แห้งกึ่งสำเร็จรูปผสมเห็ดมีสีเหลืองจนถึงสีเหลืองแกมน้ำตาลอ่อน การประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสีแบบ descriptive ของบะหมี่แห้งกึ่งสำเร็จรูปผสมเห็ดหลังคืนรูปให้ผลที่สอดคล้องกับค่าสี L* และ h* บะหมี่แห้ง กึ่งสำเร็จรูปผสมเห็ดมีกลิ่นรสเห็ดในระดับน้อยถึงปานกลาง เส้นมีความนุ่มเหนียว และได้รับการยอมรับในด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัสโดยการทดสอบแบบ hedonic ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก โดยบะหมี่แห้งกึ่งสำเร็จรูปผสมเห็ดหูหนูร้อยละ 30 และเห็ดนางรมร้อยละ 20 ได้รับการยอมรับในด้านสีในระดับชอบมากถึงชอบมากที่สุด

***<u>แป้ง</u>***

แป้งเป็นโพลีเมอร์ที่มีสายยาวและมีน้ำหนักโมเลกุลสูง เมื่อละลายหรือกระจายตัวอยู่ในน้ำจะช่วยทำให้มีความหนืดเพิ่มขึ้นหรือมีลักษณะเป็นเจล ซึ่งมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร เมื่อนำไปผสมลงในผลิตภัณฑ์อาหารจึงสามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่าง เช่น ทำให้ความข้นหนืดเปลี่ยนไป (thickeners) ทำให้ความคงตัวของอาหารเปลี่ยนไป (stabilizers) เกิดลักษณะเป็นเจล (gelling agents) และทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีรูปร่างและลักษณะเนื้อสัมผัสผันแปรแตกต่างกัน (texture modifiers) เป็นต้น (Whistler and Bemiller, 1993) แป้งทางการค้า จะได้มาจากทั้งเมล็ด (seeds) เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวเจ้า เป็นต้น และจากพืชหัว (tubers and roots) เช่น มันฝรั่ง มันสำปะหลัง เป็นต้น (Freitas *et al.,* 2004) แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาวิจัยแป้งชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน ซึ่งสัมพันธ์ต่อการ

ปรับปรุงคุณภาพและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ยังคงความสนใจในการนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ รวมทั้งปัจจุบันผู้บริโภคสนใจในผลิตภัณฑ์อาหารจากธรรมชาติมากขึ้น

*สมบัติเชิงหน้าที่ของแป้ง* (Functional properties of flours)

สมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งในอาหารขึ้นอยู่กับสมบัติทางด้านกายภาพเคมีของเม็ดแป้ง สมบัติทางกายภาพ คือ ขนาด การกระจายตัว รูปร่าง และพื้นผิวของเม็ดแป้ง มีความสำคัญและจำเพาะในการใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ลักษณะรูปร่างและพื้นผิวของแป้งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการทำงานของแป้งเมื่อนำแป้งไปใช้ในผลิตภัณฑ์ ส่วนสมบัติทางเคมีที่สำคัญ คือ อัตราส่วนอะไมโลสต่ออะไมโลเพกตินที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้าง มีผลต่อการทำงานของแป้งแต่ละชนิด เช่น ความหนืด การพองตัว การต้านต่อแรงเฉือน การละลาย การเกิดเจลาติไนซ์ เนื้อสัมผัส ความคงตัวของเจล การเกิดรีโทรเกรเดชัน การละลาย การดูดซับน้ำ การสูญเสียน้ำ พฤติกรรมทางด้านรีโอโลจีในเพสและเจล เป็นต้น การใช้แป้งในผลิตภัณฑ์อาหารได้แก่ อาหารกระป๋อง อาหารแช่แข็ง อาหารเช้า ขนมขบเคี้ยว ขนมอบ ลูกกวาด น้ำสลัด ซุป ซอส ผลิตภัณฑ์เนื้อ ผลิตภัณฑ์นม เป็นต้น ส่วนการใช้แป้งในผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่อาหาร เช่น อุตสาหกรรมกาว โลหะ ยา เครื่องสำอาง กระดาษ ก่อสร้าง และสิ่งทอ เป็นต้น จะเห็นว่าแป้งมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลากหลาย การใช้แป้งจะขึ้นอยู่กับสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้ง ซึ่งสมบัติต่างๆ ของแป้งได้รับอิทธิพลจากรูปร่าง โครงสร้าง น้ำหนักโมเลกุล ขนาด องค์ประกอบ อะไมโลส อะไมโลเพกติน และแหล่งทางพฤกษศาสตร์ของแป้งที่ต่างกัน (Tziotis et al., 2005; Satin, n.d.) แป้งมีความเป็นไปได้สูงในการแปรรูปทางอุตสาหกรรม ช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงหน้าที่ในผลิตภัณฑ์อาหารและเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตสายสั้นหรือโอลิโก- แซ็กคาไรด์ (Oligosaccharides) อย่างไรก็ตามการใช้แป้งยังมีข้อจำกัดและมีข้อด้อย เช่น ละลายน้ำต่ำ เกิดรีโทรเกรเดชัน เป็นต้น ขึ้นอยู่กับการใช้ (Whistler et al., 1984; Aspinal, 1985)

1. สมบัติการการพองตัว การละลาย (Swelling and Solubility)

เม็ดแป้งเกิดการดูดซึมน้ำเมื่อเติมน้ำลงในแป้งและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ ห้องภายใต้สภาวะบรรยากาศของห้อง จนเกิดสมดุลระหว่างความชื้นภายในเม็ดแป้งกับน้ำที่เติมและความชื้นในบรรยากาศ ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซึมขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ แป้งส่วนใหญ่เมื่อเกิดสมดุลภายใต้บรรยากาศปกติจะมีความชื้นร้อยละ 10-17 แป้งที่มีความชื้นร้อยละ 8-10 สามารถจับกับน้ำได้แน่นกว่าแป้งที่มีความชื้นสูงกว่า เนื่องจากการจับกันของน้ำกับหมู่ไฮดรอกซิล ของกลูโคสแต่ละหน่วยของแป้ง น้ำหรือของเหลวชนิดอื่นสามารถแพร่เข้าไปในร่างแหของไมเซลล์ (Micelles) ในเม็ดแป้งได้อย่างอิสระ แป้งดิบจะไม่ละลายน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาติไนซ์ เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนซึ่งเกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งที่อยู่ใกล้ๆ กันเชื่อมต่อกันอยู่ แต่เมื่ออุณหภูมิของสารผสมน้ำแป้งเพิ่มสูงกว่าช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ พันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย โมเลกุลน้ำจะมาจับกับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระเม็ดแป้งเกิดการพองตัว ทำให้การละลาย ความหนืด และความใสเพิ่มขึ้น ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวและการละลายคือ ชนิดแป้ง ความแข็งแรงและร่างแหภายในเม็ดแป้ง ปริมาณน้ำในสารละลายแป้ง สิ่งเจือปนภายในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต และการดัดแปรแป้งทางเคมี (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) เมื่อลดสัดส่วนอะไมโลสในแป้งลงจะทำให้กำลังการพองตัวสูงขึ้นแต่การละลายลดลงเมื่อผ่านความร้อนในน้ำที่มากพอ โครงสร้างโมเลกุลที่เป็นผลึกของแป้งเกิดการแตกตัวและโมเลกุลน้ำจะไปจับกับหมู่ไฮดรอกซิลอิสระของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินด้วยพันธะไฮโดรเจน ส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับน้ำและการละลายเพิ่มขึ้น (Singh et al., 2003) กำลังการพองตัวและการละลายของแป้งขึ้นอยู่กับการจับกันระหว่างโมเลกุลน้ำและสายของแป้งในส่วนที่เป็นอสัณฐานและผลึก (Ratnayake et al., 2002 )

กำลังการพองตัวเกิดจากความแตกต่างของอัตราส่วนอะไมโลสต่ออะไมโลเพกติน น้ำหนักโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน ระดับของการแตกกิ่ง ความยาวของสาย และรูปร่างของโมเลกุล (Ratnayake et al., 2002) เมื่อถึงอุณหภูมิเจลาติไนซ์เกิดการสูญเสียไฮโดรเจนในเม็ดแป้งอย่างรวดเร็วจากการดูดน้ำทำให้เม็ดแป้งพองตัว (Aboubakar et al., 2008) เมื่อเป็ดแป้งเกิดการพองตัวจะเกิดการสูญเสียไบรีฟริงเจนส์ และเกิดการละลาย (Singh et al., 2004) ความสามารถในการพองตัวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เนื่องจากแรงจับกันภายในโมเลกุลของเม็ดแป้งมีค่าอ่อนลง ทำให้แป้งที่ผ่านการดัดแปรมีข้อจำกัดในการพองตัวต่ำ การละลายเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิ เนื่องจากเม็ดแป้งเกิดการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น ทำให้โมเลกุลเกิดการกระจายตัวได้ง่ายในน้ำ (Adebowale et al., 2005) การทดสอบการพองตัวเป็นการวิเคราะห์ที่ง่าย ใช้วัดการดูดน้ำระหว่างการเกิดเจลาติไนซ์ของแป้ง อะไมโลเพกตินมีผลต่อการดูดซับน้ำ การพองตัว และการเกิดเพสของเม็ดแป้ง ในขณะที่อะไมโลสมีแนวโน้มชะลอกระบวนการดังกล่าว (Tester and Morrison, 1990) เช่นเดียวกับเม็ดแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำจะเกิดการเรียงตัวกันแน่นได้น้อยกว่าแป้งที่มีปริมาณอะโลสสูง และสามารถเกิดการพองตัวได้อย่างอิสระเมื่อผ่านความร้อน แป้งที่มีอะไมโลส สูงช่วยเพิ่มการเรียงตัวกันแน่นขึ้นทำให้การพองตัวเกิดขึ้นต่ำ (Rani and Bhattacharaya, 1989) กำลังการพองตัวและการละลายสามารถใช้อธิบายการเกิดการจับกันระหว่างสายแป้งภายในส่วน อสัณฐานและผลึกของเม็ดแป้งได้ (Ratnayake et al., 2002) ความแตกต่างของการจับกับน้ำที่ต่างกันของแป้งเกิดจากความแตกต่างของแป้งต่างชนิดกัน แป้งที่มีการละลายต่ำเกิดจากโครงสร้างที่เป็นกึ่งผลึกของเม็ดแป้งและพันธะไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลแป้ง พบว่าแป้งจากธัญพืชมีการละลายต่ำเนื่องจากมีโครงสร้างที่แน่นมากกว่าและมีผลึกที่แตกต่างจากพืชหัว การละลายของของเม็ดแป้งเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เนื่องจากเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิมากกว่าช่วงการเกิดเจลาติไนเซชัน พันธะไฮโดรเจนถูกทำลายมาจับกับโมเลกุลน้ำทำให้หมู่ไฮดรอกซิลถูกปล่อยออกมา ส่งผลให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวอย่างต่อเนื่อง (Mishra and Rai, 2006) ลักษณะการพองตัวของเม็ดแป้งเมื่อได้รับความร้อน

การศึกษาการพองตัวและการละลายของแป้งข้าวโพด 9 สายพันธุ์ ที่มี อะไมโลสอยู่ร้อยละ 16.9-21.3 พบว่าแป้งข้าวโพดแต่ละสายพันธุ์มีค่าการพองตัวและการละลายแตกต่างกันโดยที่การละลายจะมีค่าร้อยละ 9.7-15 และความสามารถในการจับกับน้ำมีความแตกต่างกันคือมีค่าร้อยละ 82.1-97.7 การพองตัวและการละลายสามารถใช้อธิบายถึงการจับกัน (Interaction) ระหว่างสายแป้งโครงสร้างภายในที่เป็นแบบอสัณฐาน (Amorphous) และผลึก (Crystalline) ของเม็ดแป้งได้ (Sandhu and Singh, 2007) ระหว่างการให้ความร้อนกับเม็ดแป้งน้ำจะซึมเข้าในส่วนของ อสัณฐานของเม็ดแป้งได้มาก ทำให้เกิดการดูดน้ำและการพองตัวเต็มที่ เมื่อถึงอุณหภูมิในการเกิด เจลาติไนซ์ การพองตัวส่วนอสัณฐานจะเกิดขึ้นเร็ว และส่วนของผลึกจะเกิดการแตกออก แป้งที่มีกำลังการพองตัวสูงจะมีการดูดน้ำที่รวดเร็วโดยส่วนอสัณฐานของแป้งสามารถเพิ่มดัชนีการละลายของแป้งได้ดี (Huijbrechts et al., 2008) ส่วนแป้งข้าวฟ่างสายพันธุ์สีขาวและสีแดงพบว่าดัชนีการละลายและกำลังการพองตัวเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ (Boudries et al., 2009) กำลังการพองตัวของแป้งเมล็ดบัวและรากบัวหลวง พบว่าแป้งเมล็ดบัวมีปริมาณอะไมโลสสูงกว่าแป้งจากรากบัวส่งผลให้แป้งจากเมล็ดพองตัวต่ำกว่า (Man et al., 2012) ส่วนกำลังการพองตัวและการละลายของแป้ง ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ สิ่งแวดล้อม และอายุของพืช แป้งที่มีกำลังการพองตัวน้อยเกิดจากมีปริมาณ อะไมโลสและอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์สูง การรวมตัวของหมู่อัลคิลไกลซิดิล (Alkyl glycidly groups) จะไปลดการจับกันระหว่างโมเลกุลของแป้ง ทำให้เพิ่มการ

กระตุ้นการจับกับน้ำของแป้ง เช่น การรวมตัวกันของโพลิเมอร์และสารละลายทำให้อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ต่ำและกำลังการพองตัวสูงขึ้น (Huijbrechts et al., 2008)

2.สมบัติด้านความหนืด (Viscosity properties)

สมบัติการเกิดเพส (Pasting properties) บ่งบอกถึงการเป็นสารให้ความข้นหนืดที่คงตัวในการทำสุก อย่างไรก็ตามหากความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อลดอุณหภูมิ แสดงว่าไม่มีความคงตัวเมื่อมีการลดอุณหภูมิ ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งสำคัญต่อการนำแป้งไปใช้ในผลิตภัณฑ์ (Torruco-Uco, 2007) สมบัติการเกิดเพสได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย ได้แก่ ขนาดเม็ดแป้ง อัตราส่วนอะไมโลสต่ออะไมโลเพกติน ลักษณะโมเลกุลแป้ง การให้ความร้อนเพื่อเกิดเจลาติไนเซชัน (Zhou et al., 1998) เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งจะทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวและมีความหนืดมากขึ้นแตกต่างกันตามชนิดและสายพันธุ์ของแป้ง เมื่อเม็ดแป้งซึ่งแขวนลอยในน้ำได้รับความร้อนจนถึงระดับหนึ่งจะทำให้เกิดพองตัวได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิที่ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้ เรียกว่า Pasting temperature ความหนืดจะเพิ่มขึ้นจนถึงความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) จากนั้นอาจลดลงหรือคงที่ขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง การที่แป้งมีความหนืดสูงสุดเนื่องจากเมื่อเม็ดแป้งมีการพองตัวมากขึ้นและมีชิ้นส่วนของเม็ดแป้งหรือโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน บางส่วนที่แตกสลายออกมาอยู่ในสารละลาย เมื่อส่วนที่แตกสลายและละลายออกมามีมากกว่าการพองตัวที่เพิ่มขึ้นความหนืดจะเริ่มลดลง ดังนั้นค่าความหนืดของน้ำแป้งสุกมาจากการพองตัวของเม็ดแป้งและการแตกหักของเม็ดแป้งร่วมกับการละลายออกมาของโมเลกุลแป้ง (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546; ดุษฎี และน้องนุช, 2548)

ค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) แสดงถึงความสามารถของแป้งเมื่อเกิดการพองตัวก่อนที่แป้งจะเกิดการแตกสลาย (Chinma et al., 2009) ค่า Breakdown ใช้วัดการสลายตัวของแป้งเมื่อผ่านการทำสุก ค่า Breakdown ต่ำแสดงว่าเพสมีความคงตัวเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยแป้งมีการต้านต่อแรงเฉือนระหว่างให้ความร้อน (Adebowale et al., 2006) หรืออาจกล่าวได้ว่าความสามารถของแป้งในการต้านต่อการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงและแรงเฉือน (Marco and Rosell, 2008) ส่วนค่าความหนืดสุดท้าย (Final viscosity) บ่งบอกความสามารถของแป้งต่อค่าความหนืดของเพส และค่า Setback ใช้วัดการเกิดการสูญเสียน้ำ (Synerasis) ของแป้งภายใต้การลดอุณหภูมิของเพสแป้งที่ผ่านการทำสุก การเกิดเพสที่แตกต่างกันของแป้งที่เห็นได้อย่างชัดเจน เกิดจากชนิดของแป้งที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าการเกิดเจลและค่า Setback ขึ้นอยู่กับโพลิเมอร์ โดยเฉพาะส่วนของอะไมโลสสายตรงในโมเลกุลแป้ง เม็ดแป้งเกิดการพองเมื่อผ่านความร้อนในน้ำและแรงอ่อนตัวลง ส่งผลให้ไม่มีความคงตัวระหว่างให้ความร้อน ในทางกลับกันแป้งที่มีปริมาณ อะไมโลสสูงและมีการพองตัวจำกัด เนื่องจากโมเลกุลเส้นตรงมีความแข็งแรงมาก เม็ดแป้งของแป้งเหล่านี้จะไม่เกิดการบวมมากพอเมื่อเพสมีความหนืดหลังจากให้ความร้อนในน้ำภายใต้สภาวะปกติ (Mishra and Rai, 2006; Sandhu and Singh, 2007) การเพิ่มขึ้นของความหนืดเมื่อเม็ดแป้งผ่านความร้อนในน้ำที่มากพอทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวระหว่างการเกิดเจลาติไนซ์ รวมถึงการแพร่กระจายของน้ำเข้าไปในเม็ดแป้ง เกิดการดูดน้ำและการพองตัวเมื่อได้รับความร้อน ทำให้เกิดการสูญเสีย ไบรีฟริงเจนส์และผลึกอะไมโลสเกิดการละลายออกมา สมบัติการเกิดเพสจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของเม็ดแป้ง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความสามารถในการพองตัวของเม็ดแป้ง (Henshaw, 2002)

จากการศึกษาสมบัติการเกิดเพสในแป้งมันฝรั่งต่างชนิดกัน 7 สายพันธุ์ พบว่าแป้งมันฝรั่งมีอุณหภูมิการเกิดเพสเมื่อให้ความร้อนที่ 64.4-68.7 องศาเซลเซียส ความหนืดเพิ่ม ขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ และค่าความหนืดสูงสุดมีค่า 4305-6800 cP ส่วนค่าความหนืดเมื่อให้ความร้อน (Hot-paste viscosity)

ซึ่งเป็นค่าความหนืดสุดท้ายที่ 95 องศาเซลเซียส มีค่า 2295-3012 cP และความหนืดเมื่อลดอุณหภูมิ (Cold-paste viscosity) ซึ่งเป็นค่าความหนืดสุดท้ายที่ 50 องศาเซลเซียส มีค่า 2615-3393 cP พบว่าเม็ดแป้งจะเกิดการแตกตัวและเกิดการพองตัว แป้งที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำจะเกิดการพองตัวได้มากกว่าแป้งที่มีอะไมโลสสูง เมื่ออุณหภูมิสูงเม็ดแป้งเกิดการพองตัวและไวต่อแรงเฉือนมากขึ้น แต่เมื่อลดอุณหภูมิค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นซึ่งเกิดจากการเกาะตัวกันของโมเลกุล อะไมโลส สมบัติด้านความหนืดของแป้งขึ้นอยู่กับปริมาณอะไมโลส อะไมโลเพกติน และไขมัน โดยที่อะไมโลเพกตินทำให้แป้งเกิดการพองตัวและเกิดแป้งเปียก ส่วนอะไมโลสและไขมันยับยั้งการพองตัวของแป้ง (Singh et al., 2008) เช่นเดียวกับสมบัติการเกิดแป้งเปียกของแป้งข้าวโพด 9 สายพันธุ์ พบว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ แป้งข้าวโพดทั้ง 9 สายพันธุ์ มีความหนืดสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ ค่าความหนืดสูงสุดของแป้งแต่ละสายพันธุ์มีค่า 804-1252 cP ค่าความหนืดสุดท้ายมีค่า 824-1388 cP การเพิ่มขึ้นของค่าความหนืดสุดท้ายเกิดจากการรวมตัวกันของโมเลกุล อะไมโลส สมบัติการเกิดเพสขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเม็ดแป้งซึ่งจะส่งผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง ส่วนอุณหภูมิการเกิดเพสที่ 75.9-83.3 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิในการเกิดเพสสูงแสดงว่าแป้งมีการต้านต่อการพองตัวมากขึ้น (Sandhu and Singh, 2007) สมบัติการเกิดเพสที่แตกต่างกันของแป้งโม่เปียกและแป้งโม่แห้งเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีในแป้งที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะปริมาณไขมันเนื่อง จากไขมันสามารถจับกับอะไมโลสและไปยับยั้งการพองตัวและการละลายของเม็ดแป้ง ทำให้ความหนืดของแป้งที่ผ่านการโม่แห้งที่มีไขมันสูงกว่ามีค่าความหนืดต่ำกว่าแป้งโม่เปียก (Mukprasirt and Sajjaanantakkul, 2004) จากงานวิจัยในแป้งถั่วสายพันธุ์แตกต่างกันพบว่า สมบัติการเกิดเจลที่แตกต่างเกิดจากอัตราส่วนของส่วนประกอบที่แตกต่างกัน เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ซึ่งการจับกันในแต่ละองค์ประกอบอาจมีผลต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้ง (Kaur et al., 2007)

3.การเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization)

เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนเกิดการคลายตัว เม็ดแป้งดูดน้ำและเกิดการพองตัว ส่วนผสมน้ำแป้งมีความหนืดและใสมากขึ้น เนื่องจากโมเลกุลน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเกิดการเคลื่อนที่ได้น้อยลงทำให้เกิดความหนืด เรียกปรากฏการณ์นี้ว่าการเกิดเจลาติไนเซชัน อุณหภูมิที่สารละลายเริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืดเรียกว่า อุณหภูมิเริ่มเจลาติไนซ์ ซึ่งแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด แป้งจากพืชหัว เช่น แป้งสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง พบว่ามีอุณหภูมิเริ่มเจลาติไนซ์ต่ำกว่าอุณหภูมิจากแป้งธัญพืช

การเกิดเจลาติไนเซชันเป็นกระบวนการที่เกิดจากโครงสร้างภายในเม็ดแป้งเกิดการแตกสลายเนื่องจากการปลดปล่อยโพลีแซคคาไรด์พร้อมกับความหลากหลายของประจุ เมื่อเม็ดแป้งผ่านการให้ความร้อนในน้ำที่มากพอที่อุณหภูมิวิกฤต เม็ดแป้งจะมีการดูดซับน้ำในปริมาณมากและเกิดการบวมหลายครั้ง เมื่ออุณหภูมิมากเกินไปเม็ดแป้งอยู่ภายใต้กระบวนการที่ ไม่สามารถย้อนกลับได้ ผลึกหลอมละลายสูญเสียไบรีฟริงเจนส์ และแป้งเกิดการละลาย (Singh et al., 2005) เมื่อแป้งแห้งละลายน้ำ แป้งเกิดการพองตัวอย่างจำกัดและสามารถย้อนกลับได้ แต่เมื่อให้อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส การพองตัวของเม็ดแป้งไม่สามารถย้อนกลับได้ ทำให้แป้งเกิดการสูญเสียไบรีฟริงเจนส์ ซึ่งจะมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด การเกิดเจลาติไนซ์ของแป้งเมื่อน้ำแพร่กระจายเข้าไปในเม็ดแป้งพร้อมกับการพองตัวอย่างจำกัด ทำให้ผลึกในเม็ดแป้งเกิดการสูญเสียและโครงสร้างถูกทำลายซึ่งสังเกตได้จากไบรีฟริงเจนส์หายไปเมื่อส่องผ่านด้วยแสงโพลาไรซ์จากการหักเหของรังสีเอกเรย์ (X-ray diffraction) (Sandhu et al., 2004; Aspinal, 1985) อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ที่สูงของแป้งอาจเกิดจากขนาดของเม็ดแป้ง ความแข็งแรง

ของพันธะในโครงสร้างตาข่ายไมเซลล์ของเม็ดแป้ง และองค์ประกอบอื่นๆ ภายในแป้ง องค์ประกอบเหล่านี้ คือ ไขมัน เยื่อใย และน้ำตาล จะไปขัดขวางการจับกับน้ำของเม็ดแป้งและไปลดการเกิดเจลาติไนซ์ เมื่อเทียบกับแป้งบริสุทธิ์ เมื่อแป้งมีความคงตัวสูงจะต้องใช้อุณหภูมิที่สูงมากเพื่อให้เกิดการแตกสลาย (Aryee et al., 2006) อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ เกิดจากโครงสร้างโมเลกุลของส่วนที่เป็นผลึกซึ่งสอดคล้องกับการกระจายตัวของอะไมโลเพกตินสายสั้น (Wang et al., 2010)

สมบัติทางด้านความร้อนหรืออุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์และพลังงานในการเกิดเจลาติไนซ์ของแป้ง ขึ้นอยู่กับโครงสร้างจุลภาคและระดับของผลึกภายใน ขนาดเม็ดแป้ง อัตราส่วนอะไมโลสต่ออะไมโลเพกติน องค์ประกอบของแป้ง โครงสร้างของอะไมโลเพกติน (หน่วยของสายยาว ปริมาณสายกิ่ง น้ำหนักโมเลกุล การจับกันของสายโมเลกุล และพอลิดิสเพอร์ซิตี (Polydispersity) องค์ประกอบของแป้งและโครงสร้างของเม็ดแป้ง (ส่วนที่เป็นผลึกต่อส่วนที่เป็น อสัณฐาน) และลักษณะเม็ดแป้ง ค่าพลังงาน (Enthalpy) เป็นลักษณะการแตกสลายของเกลียวคู่มากกว่าการแตกสลายสายยาวของส่วนที่เป็นผลึก และเป็นความร้อนแฝงที่ถูกดูดซับโดยการหลอมละลายของผลึกในเม็ดแป้งขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ผลึก การเกิดพันธะระหว่างโมเลกุล อัตราการให้ความร้อนของสารละลายแป้ง และองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ความหลากหลายของค่าพลังงานในแป้งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของโครง สร้างทั้งโครงสร้างโมเลกุล (โครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน) และส่วนประกอบ (อัตราส่วนอะไมโลสต่ออะไมโลเพกติน) (Huijbrechts et al., 2008; Wang et al., 2010)

จากสมบัติการเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งข้าวโพด 9 สายพันธุ์ พบว่าค่า Onset gelatinization temperature ($T_o$), Peak temperature ($T_p$) และ Conclusion temperature ($T_c$) อยู่ในช่วง 66.6-71.4, 72.1-76.9 และ 77.8-82.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์แป้งดิบสูงกว่าสตาร์ช เนื่องจากแป้งดิบมีปริมาณโปรตีนและเยื่อใยสูงกว่า ซึ่งจะมีผลต่อการเพิ่มการดูดซับน้ำของแป้งดิบ (Sandhu et al., 2007) และสมบัติทางความร้อนของแป้งมันฝรั่ง 7 สายพันธุ์ พบว่า $T_o$, $T_p$ และ $T_c$ อยู่ในช่วง 55.4-59.6, 58.8-62.4 และ 65.2-68.1 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แป้งที่มีความเป็นผลึกสูงทำให้การส่งผ่านอุณหภูมิและพลังงานการเกิดเจลาติไนซ์สูงด้วย เนื่องจากแป้งมีความเป็นผลึกมากโครงสร้างแป้งจะมีความคงตัวสูง ทำให้แป้งมีการต้านต่อการเกิดเจลาติไนซ์มากขึ้น (Singh et al., 2008) ความแตกต่างของอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ที่แตกต่างกันของแป้งเนื่องจาก ขนาด รูปร่าง การกระจายตัวและการจัดเรียงตัวภายในเม็ดแป้ง (Kaur and Singh, 2005)

4. การเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retrogradation) และซินเนอเรซิส (Syneresis)

เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนเซชันแล้วให้ความร้อนต่อเม็ดแป้งจะเกิดการพองตัวเต็มที่และแตกออก โมเลกุลของอะไมโลสที่มีขนาดเล็กเกิดการกระจายออกทำให้ความหนืดลดลง เมื่อปล่อยให้เย็นตัวโมเลกุลของอะไมโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนเกิดเป็นร่างแหสามมิติ ซึ่งจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำและมีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเป็นเจลเหนียว เรียกว่า เกิดรีโทรเกรเดชันหรือการคืนตัว (Setback) โดยค่า Setback ใช้วัดการเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้งโดยที่หมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl) และหมู่คาร์บอนิล (Carbonyl) จะเกิดออกซิเดชัน และหมู่อะซิติล (Acetyl) จะเกิดอะซิติลเลชัน (Acetylation) การเกิดรีโทรเกรเดชันเกิดขึ้นอย่างจำกัด เมื่ออุณหภูมิต่ำลงการเรียงตัวของโครงสร้าง จะแน่นมากขึ้น โมเลกุลน้ำอิสระที่อยู่ภายในถูกบีบออกมานอกเจล เรียกว่า Syneresis การคืนตัวจะทำให้สารละลายแป้งมีความหนืดมากขึ้น มีลักษณะขุ่นและทึบแสงเกิดการตกตะกอนของอนุภาคแป้งที่ไม่ละลายทำให้เกิดเจลและน้ำถูกบีบออกมานอกเจล การคืนตัวของแป้ง

เมื่อเกิดขึ้นอย่างช้าๆ และเกิดการตกตะกอน แต่ถ้าเกิดอย่างรวดเร็วจะทำให้เจลขุ่น ปัจจัยที่มีผลต่อการคืนตัวของแป้ง คือ ชนิดแป้ง ความเข้มข้นของแป้ง การให้ความร้อน อุณหภูมิ ระยะเวลา ความเป็นกรดด่างของสารละลาย ปริมาณและขนาดของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน รวมถึงองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ของแป้ง (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546; Adebowale et al., 2005) ความคงตัวระหว่างการเก็บของแป้งในอาหารหรือความคงตัวต่อการละลายและแช่แข็ง (Freeze thaw stability) เป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับผู้ผลิต โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ต้องเก็บในสภาวะแช่เย็นและแช่แข็ง ระหว่างการเก็บจะทำให้เกิดรีโทรเกรเดชัน การเปลี่ยนแปลงที่เกิด ขึ้นสามารถวัดได้จากแสงสะท้อนของเพส (Paste reflectance) ระหว่างการเก็บ เมื่อความคงตัวต่ำส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำออกจากอาหารโดยค่อยๆ ออกมา ทำให้ผู้บริโภคคิดว่าอาหารเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ การสูญเสียน้ำของแป้งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการในการนำแป้งไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและไม่ใช่อาหาร แป้งที่มีการคืนตัวต่ำไม่เหมาะในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความคงตัวที่อุณหภูมิต่ำได้ เช่น สารเกาะยึด สารเคลือบ และผลิตภัณฑ์ที่ต้องแช่เย็น (Aryee et al., 2006; Wang et al., 2010; Pomeranz, 1985) แป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูงเมื่อผ่านการแปรรูปจะมีอิทธิพลต่อสมบัติการเกิดเจลาติไนซ์และการเกิดรีโทรเกรเดชัน แป้งที่มีการสูญเสียน้ำต่ำแสดงว่ามีปริมาณอะไมโลสต่ำ การรวมตัวกันของผลึกพบว่าอะไมโลสจะเกิดขึ้นตั้งแต่ชั่วโมงแรกในการเก็บ ส่วนอะไมโลเพกตินเกิดขึ้นที่หลัง (Singh et al., 2006; Rondan-Sanabria and Finardi-Filho, 2009)

5. สมบัติด้านอิมัลชัน (Emulsion properties)

สมบัติด้านอิมัลชัน ได้แก่ ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (Emulsion capacity) คือ ปริมาณไขมันมากที่สุดที่ถูกอิมัลซิไฟด์ (Emulsified) โดยโปรตีน และความคงตัวของอิมัลชัน (Emulsion stability) คือ ความสามารถของอิมัลชันภายในองค์ประกอบที่ไม่เกิดการเปลี่ยน แปลง (Enujiugha et al., 2003) ความคงตัวของอิมัลชันสูงขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโปรตีน เนื่อง จากโปรตีนไปเพิ่มความแข็งแรงให้กับโครงสร้างเม็ดไขมันในอิมัลชันสามารถคงตัวอยู่ได้โดยฟิล์มโปรตีนที่อยู่ระหว่างผิว โปรตีนสามารถอิมัลซิไฟด์ (Emusify) และให้ความคงตัวต่อระบบอิมัลชันโดยไปลดแรงตึงผิวและกำจัดไฟฟ้าสถิตของเม็ดไขมัน ความสามารถในการละลายของโปรตีนรวม ถึงองค์ประกอบอื่นๆ เช่น โพลีแซกคาไรด์บางชนิด สามารถเพิ่มความหนืดและทำให้ระบบอิมัลชันคงตัวได้ (Jitngarmkusol et al., 2008) ประสิทธิภาพของการเกิดอิมัลชันของแป้งที่ต่างกันขึ้นอยู่กับ ชนิด ความเข้มข้น การละลายของโปรตีน การรวมกันของโปรตีน ผิวส่วนที่ชอบน้ำ ลักษณะของประจุ ความเป็นกรดด่าง การละลาย ความเข้มข้นของแป้ง การแปรรูป (Akubor et al., 2000; Abu et al., 2005)

จากงานวิจัยสมบัติด้านอิมัลชันของแป้งแมคคาดาเมีย (Macadamia) 3 สายพันธุ์ คือ PY 741, DS 344 และ DS 800 โดยแบ่งออกเป็นแป้งที่มีการกำจัดไขมันออกหมด มีปริมาณไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 0.58-1.03, 33.12-36.45 และ 52.23-57.09 ตาม ลำดับ และแป้งที่มีการกำจัดไขมันออกบางส่วนมีปริมาณไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 12-15, 30.40-31.92 และ 49.29-49.94 ตามลำดับ พบว่าแป้งทั้งสองมีสมบัติการเกิดอิมัลชันและมีความคงตัวของอิมัลชันไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (Jitngarmkusol et al., 2008) และพบว่าโปรตีนมีผลต่อความสามารถในการจับกับน้ำส่งผลต่อการเกิดอิมัลชัน ความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันมีความสำคัญในการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เช่น เพสตรี กาแฟ ขนมหวาน ผลิตภัณฑ์เนื้อ เป็นต้น (Fasasi et al., 2007; Bhat and Sridhar, 2008)

6. สมบัติการเกิดโฟม (Foaming properties)

โฟมเป็นคอลลอยด์ฟองอากาศขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่ในของเหลวหรือของแข็งโดยมีฟิล์มบางๆ ล้อมรอบฟองอากาศไว้ การผลิตโฟม คือ การตีอากาศเข้าไปในของเหลวให้ได้มากและเร็วที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ (Jitngarmkusol et al., 2008) แป้งสามารถเกิดโฟมได้ เนื่อง จากโปรตีนในแป้งเกิดการละลายน้ำแล้วช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างฟองอากาศและของเหลว สามารถป้องกันการรวมตัวกันของฟองอากาศได้ โมเลกุลของโปรตีนสามารถเกิดการคลายตัวและจับกับ ผิวของฟอง อากาศตัวอื่นทำให้เพิ่มชั้นฟิล์มโปรตีนและเพิ่มความยืดหยุ่นบริเวณรอยต่อของอากาศ และบริเวณของเหลวทำให้ฟองอากาศที่เกิดขึ้นถูกทำลายได้ยาก โฟมที่ได้มีความเสถียรมากขึ้น (Adebowale and Lawal, 2003) แป้งที่มีความสามารถในการเกิดโฟมสูงจะมีขนาดของฟองอากาศใหญ่ ฟิล์มโปรตีนมีความยืดหยุ่นต่ำเนื่องจากรอบๆ ฟองอากาศจะบางทำให้ฟองอากาศรวมตัวกันง่ายและทำให้ความคงตัวของโฟมต่ำ นอกจากนี้สมบัติการเกิดโฟมในแป้งที่ต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีน การละลายของโปรตีน องค์ประกอบของโมเลกุลโปรตีน โปรตีนที่มีความยืดหยุ่นจะมีความ สามารถในการเกิดโฟมที่ดี สามารถไปลดแรงตึงผิว แต่หากมีโปรตีนก้อนกลม (Globular protein) สูงการเกิดโฟมจะต่ำ เนื่องจากผิวถูกทำลายได้ยาก ปริมาณไขมันมีอิทธิพลต่อการลดความสามารถในการเกิดโฟม เนื่องจากไขมันมีผิวที่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้มากกว่าโปรตีน สามารถในการดูดซับระหว่างผิวของน้ำและไขมันยับยั้งการดูดซับของโปรตีนระหว่างการเกิดโฟม ดังนั้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโปรตีนสามารถเพิ่มการจับกันระหว่างโปรตีนและโปรตีนได้ เพิ่มความหนืดและฟิล์มมีความเหนียวและหนามากขึ้น เนื่องจากฟิล์มไขมันจะสูญเสียสมบัติด้านความเหนียวและความยืดหยุ่นของฟองโฟม เกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็วและเกิดการแตกขึ้นใช้อธิบายเกี่ยวกับความคงตัวของโฟมลดลงเมื่อแป้งมีไขมันเพิ่มขึ้น ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟม ได้แก่ ค่า pH เกลือ น้ำตาล ไขมัน และความเข้มข้นของโปรตีน (นิธิยา, 2545; Jitngarmkusol et al., 2008; Lawal et al., 2005)

จากงานวิจัยการเกิดโฟมของแป้งเมล็ดบัวที่ผ่านการฉายและไม่ฉายรังสีพบว่าความสามารถในการเกิดโฟมเพิ่มขึ้นเมื่อมีการฉายรังสีและการเพิ่มโดสในการฉายรังสี ส่วนความคงตัวของโฟมพบว่าการฉายรังสีจะทำให้ความคงตัวของโฟมลดลงแต่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งการเกิดโฟมที่ไม่คงตัวเกิดจากโปรตีนเสียสภาพและเกิดการแยกตัวของโปรตีน สมบัติการเกิดโฟมของแป้งเมล็ดบัวสามารถปรับปรุงได้โดยการเติมโซเดียมคลอไรด์ไปช่วยเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าของน้ำและช่วยให้โปรตีนเกิดการละลาย (Bhat and Sridhar, 2008) ความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟมในแป้งถั่วชิกพี (Chickpea flours) 5 สายพันธุ์ ระดับความเข้มข้นสารละลายแป้งร้อยละ 2, 4, 5, 7 และ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร พบว่าแป้งถั่วชิกพีทั้งหมดมีความสามารถในการเกิดโฟมต่ำ การเกิดโฟมเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารละลายแป้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากเพิ่มการจับกันระหว่างโปรตีนกับโปรตีนเพิ่มขึ้น สามารถเพิ่มความหนืดและความหนาของผิวชั้นฟิล์ม ซึ่งทำให้ต้านการรวมกันของฟองอากาศที่เกิดขึ้นได้ ส่วนค่าความคงตัวของโฟมที่เกิดขึ้นสูงมาก (มากกว่าร้อยละ 90) แสดงให้เห็นว่าความคงตัวของโฟมที่สูง เนื่องจากโปรตีนในแป้งถั่วชิกพีเป็นโปรตีนที่ละลายได้ดีในน้ำและสามารถลดแรงตึงผิวได้ดี (Kaur and Singh, 2005) ความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟมสามารถนำไปใช้ในอาหาร เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสและลักษณะของการทำให้ขึ้นฟู เช่น ไอศกรีม ทอปปิ้ง ขนมหวาน และเบเกอรี่ เป็นต้น (Akubor et al., 2000; Eltayab et al., 2011)

7. ความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมัน (Water and Oil absorbtion capacity)

องค์ประกอบทางเคมีของแป้งที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำ คือ โปรตีนและคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้มีส่วนที่ชอบน้ำ คาร์โบไฮเดรตและโปรตีนมีความเป็นขั้วและประจุอยู่ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดอะมิโนชนิดไม่มีขั้วและคาร์โบไฮเดรตชนิดชอบน้ำ และ

ส่วนประกอบไขมันมีความสามารถในการดูดซับน้ำต่ำ เนื่องจากมีความเป็นขั้วน้อย ความสามารถจับกับน้ำขึ้นอยู่กับกรดอะมิโน รูปร่างของโปรตีน ความเข้มข้นของโปรตีนในสารละลาย pH และอุณหภูมิ (Jitngarmkusol et al., 2008; Adebowale and Lawal, 2004) กลไกการดูดซับไขมันเกิดจากการกักเก็บทางกายภาพของไขมันที่เกี่ยวข้องกับสายส่วนที่ไม่มีขั้วของโปรตีน ทั้งปริมาณและชนิดโปรตีนต่อสมบัติการเก็บรักษาไขมันของอาหาร (Ravi and Sushelamma, 2005) ความสามารถจับกับน้ำที่ต่างกันเกิดจากสายส่วนที่ไม่มีขั้วจะไปจับสายของหมู่ไฮโดรคาร์บอนของไขมันในแป้ง (Adebowale and Lawal, 2004) การกักเก็บของของเหลวในเม็ดแป้งเป็นดัชนีบ่งบอกความสามารถของโปรตีนต่อการดูดซับและยึดเกาะกับน้ำหรือไขมันที่มีผลต่อเนื้อสัมผัส รสชาติความรู้สึกในปาก ความสามารถรักษากลิ่นรส การเกิดกลิ่นหืน ความชื้นของผลิตภัณฑ์ การเกิดรีโทเกรเดชันของแป้ง และการเกิด Staling ในผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์เนื้อและเบเกอรี่ (Baljeet et al., 2010; Bhat and Sridhar, 2008; Siddiq et al., 2010)

การศึกษาการดูดซับน้ำและน้ำมันในแป้งแมคคาดาเมีย 3 สายพันธุ์ คือ PY 741, DS 344 และ DS 800 โดยแบ่งเป็นแป้งที่มีการเอาไขมันออกทั้งหมด และแป้งที่มีการเอาไขมันออกบางส่วน พบว่าแป้งที่เอาไขมันออกบางส่วนมีความสามารถในการดูดซับน้ำและไขมันต่ำกว่าแป้งที่เอาไขมันออกทั้งหมด โดยเฉพาะโปรตีนในส่วนประกอบของแป้งมีความสำคัญ เนื่อง จากโปรตีนมีส่วนที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำ ส่วนที่ไม่มีขั้วของโปรตีนไปจับกับสายไฮโดรคาร์บอน ของไขมัน ดังนั้นแป้งที่มีโปรตีนมากกว่าจะทำให้เกิดการจับกัน (Interaction) ของส่วนที่ไม่ชอบน้ำระหว่างโปรตีนและไขมันในแป้งได้มากกว่า (Jitngarmkusol et al., 2008) ความสามารถในการ อุ้มน้ำในแป้งกล้วยพบว่ามีความสามารถในการดูดซับน้ำที่ดี สามารถใช้เป็นสารให้ความข้นหนืด ในอาหารเหลวและอาหารกึ่งเหลว นำไปใช้ประโยชน์ในการเตรียมอาหารที่มีการผสมไขมัน เช่น ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ที่ไขมันถือว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ (Abbas et al., 2009) และพบว่าความ สามารถในการดูดซับน้ำของแป้งเผือก (Taro flour) สูงกว่าสตาร์ชเผือก (Taro starch) ซึ่งเกิดจากองค์ประกอบอื่นๆ ที่ไม่ใช่แป้ง เช่น เมือก (Mucilage) ทำให้แป้งดูดน้ำสูงขึ้น(Aboubakar et al., 2008)

***<u>แก่นตะวัน</u>***

แก่นตะวัน หรือ ทานตะวันหัว (Sunchoke หรือ Jerusalem artichoke) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Helianthus tuberosus* เป็นพืชหัวใต้ดินคล้ายมันฝรั่งที่มีแคลอรี่ต่ำ และมีปริมาณของอินูลิน,วิตามิน ,และแร่ธาตุที่สูง (Somda, McLaurin, & Kays, 1999) มีถิ่นกำเนิดในเขตหนาวของประเทศสหรัฐอเมริกา แต่สามารถเพาะปลูก และปรับตัวได้ดีในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย แก่นตะวันเป็นพืชตระกูลเดียวกับทานตะวัน มีดอกสีเหลืองคล้ายดอกบัวตอง แต่มีขนาดเล็ก มีหัว (tuber) รูปร่างคล้ายขิงอวบเปลือกมีสีน้ำตาลอ่อน เนื้อในสีขาว (ภาพที่ 1) และมีอินนูลินในหัวแก่นตะวันประมาณร้อยละ 7-30 ของน้ำหนักสดหรือประมาณร้อยละ 50 ของน้ำหนักแห้ง หัวสดแก่นตะวันประกอบด้วยน้ำ 70-80% คาร์โบไฮเดรตประมาณ 15-20% โปรตีนประมาณ 1-2% แร่ธาตุ เกลือแร่ และวิตามิน สำหรับไขมันมีน้อยมาก คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ในหัวแก่นตะวันอยู่ในรูปสารโพลีเมอร์ที่เรียกว่า อินนูลิน (Inulin) และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Fructooligosaccharide)

อินูลินมีคุณสมบัติกระตุ้นการหลั่งของน้ำดี ขับปัสสาวะ และเป็นสารอาหารที่ให้ความหวาน ไม่ถูกย่อยในกระเพาะ และลำไส้เล็ก โดยอยู่ในระบบทางเดินอาหารเป็นเวลานาน ทำให้ไม่รู้สึกหิว กินอาหารได้

น้อย ช่วยในการลดความอ้วน ป้องกันโรคเบาหวาน และลดความดันในเลือดได้ดี (นิมิต และสนั่น, 2549) ซึ่งอินูลินนั้นเป็นพวกใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ซึ่งร่างกายไม่สามารถย่อยได้ในระบบทางเดินอาหารและไม่ให้พลังงาน แต่ถูกย่อยได้ด้วยแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ มีสมบัติเป็นพรีไบโอติก (prebiotic) ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ

พรีไบโอติกเป็นสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ถูกย่อยและไม่ถูกดูดซึมในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก แต่แบคทีเรียบางกลุ่มที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่สามารถหมักสารอาหารเหล่านั้น เพื่อการเจริญเติบโตและมีผลต่อการส่งเสริมสุขภาพให้ดีขึ้น เช่น จุลินทรีย์กลุ่ม *Bifidobacterium, Lactobacillus* และ Eubacterium (Cumming and Englyst, 1995) และบางชนิดมีตำแหน่งจำเพาะสำหรับจุลินทรีย์ที่ก่อเกิดโรค (Pathongenic bacteria) เช่น *Samonella* และ *E.coli* ซึ่งต่อมาจะถูกกำจัดออกจากระบบทางเดินอาหารไปกับอุจจาระ อาหารที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก ได้แก่ ธัญญาพืช ผัก ผลไม้ ตัวอย่างของพรีไบโอติกที่มนุษย์ควรได้รับเป็นประจำจากอาหารจำพวกอาหารที่บริโภค คือ เส้นใยอาหาร (Dietary fiber) ซึ่งเป็นคำที่ใช้เรียกกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากพืช สารอาหารที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก ต้องสามารถทนต่อการย่อยของกรดและเอนไซม์ในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก สามารถเคลื่อนที่ไปจนถึงลำไส้ใหญ่ได้โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงและไม่ถูกดูดซึมในลำไส้เล็ก เพื่อใช้เป็นอาหารให้กับจุลินทรีย์ประจำถิ่น (Microflora) ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่ ซึ่งสามารถใช้สารเหล่านี้ในการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวน (Manning, 2004) และส่งผลให้สุขภาพของมนุษย์ดีขึ้น

สารที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกไม่ได้ไปมีผลต่อสุขภาพแต่จะใช้เป็นซับสเตรทในกระบวนการหมักในลำไส้ใหญ่ โดยไปเสริมการเจริญของจุลินทรีย์พรีไบโอติกซึ่งแต่ละสายพันธุ์มีความสามารถใช้พรีไบโอติกและผลิตเมตาบอไลท์ได้แตกต่างกัน สารประกอบที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้นจากการย่อยและหมักพรีไบโอติก ได้แก่ กรดไขมันสายสั้น (Short-chain fatty acid, sCFA) สารยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อโรค โดยเฉพาะ sCFA ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จากการหมักสารอาหารกลุ่มคาร์โบไฮเดรตโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ จะมีปริมาณ 40-60% (กรัม sCFA/100 กรัมสัพเสรต) ในแต่ละวันจะผลิตออกมาประมาณ 300-500 มิลลิโมล ประกอบด้วย อะซิเตท โพรพิโอเนท และบิวเทอเรท (Cumming and Englyst, 1995)

Abou-Arab *et al*. (2011) ได้ทำศึกษาสมบัติเคมีกายภาพของอินูลินที่ผลิตได้จากแก่นตะวัน อินูลินมีลักษณะเป็นผงสีเทาอ่อน ไม่มีรสชาติ pH ประมาณ 6 สามารถละลายในน้ำได้และมีความหนืดต่ำ มีค่า Water oil absorbtion index สูงบ่งบอกถึงการดูดซับน้ำมันได้เป็นอย่างดี มีความสามารถในการเกิดโฟมและการคงตัวของโฟม รวมทั้งมีความสามารถในการเกิดอิมัลชันได้ดี อินูลินจากแก่นตะวันมีส่วนประกอบของน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 4.90 -5.21 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 94.27-96.18 และปริมาณอินูลินร้อยละ 89.47-90.97 นอกจากนั้นยังมีแร่ธาตุเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ สังกะสี เหล็ก แมงกานีส โพแทสเซียม แคลเซียม โซเดียม และฟอสฟอรัส

Panchev *et al.* (2010) ได้ทำการศึกษาลักษณะทางเคมีกายภาพ (Thermal stability, glass transition temperature and degree of crystallinity) ของอินูลินจากแก่นตะวัน 4 สายพันธุ์ ที่ปลูกในประเทศบัลแกเลีย พบว่าอินูลินมีน้ำหนักมวลโมเลกุลอยู่ในช่วง 4,882-5,600 ดาลตัน จากการศึกษาสมบัติทางความร้อนด้วยวิธี differential scanning calorimetry พบว่าอินูลินมีค่า glass transition temperature 51-55 องศาเซลเซียส และจากการวิเคราะห์ด้วย X-ray diffraction พบว่า degree of crystallinity ของอินูลินมีค่าต่ำ

Saengthongpinit and Sajjaanantakul (2005) ได้ทำการศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวและอุณหภูมิในการเก็บต่อปริมาณอินูลินในแก่นตะวันด้วยวิธี High-performance anion exchange chromatography with pulsed ampermetric detectior (HPAEC-PAD) โดยทำการเก็บเกี่ยวหัวแก่นตะวันในสัปดาห์ที่ 16,18 และ 20 และนำมาทำการเก็บที่อุณหภูมิ -18 , 2 และ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 สัปดาห์ นำมาวิเคราะห์อินูลิน พบว่าเมื่อเก็บเกี่ยวในสัปดาห์ที่ 20 จะทำให้ปริมาณน้ำตาลฟรุคโตสและซูโครสเพิ่มขึ้น ระยะเก็บเกี่ยวที่ต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณอินูลินที่ DP ต่างๆ (DP3-10 และ DP มากกว่า 30)

**ภาพที่ 1** หัวแก่นตะวัน

# วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การผลิต สมบัติเชิงหน้าที่ และค่าแอคติวิตี้ของสารพรีไบโอติกแป้งแก่นตะวัน

นำหัวแก่นตะวันมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก และนำไปหั่นให้เป็นแผ่นขนาดประมาณ 0.5 เซนติเมตร แช่ในสารละลาย ascorbic acid (0.1% w/w) เพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล จากนั้นนำไปอบเพื่อลดปริมาณความชื้นด้วยเครื่องอบลมร้อน (hot air oven) โดยหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบเพื่อทำให้ได้ความชื้นไม่เกินร้อยละ 13 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑอุตสาหกรรมแป้งสาลี มอก. 638-2529 ทิ้งให้เย็น นำไปบดด้วยเครื่องบดเพื่อลดขนาด นำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 mesh จะได้แป้งแก่นตะวัน จากนั้นบรรจุในถุงสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-10°C จนกว่าจะมีการวิเคราะห์ (Takeuchi and Nagashima, 2011)

นำแป้งแก่นตะวันที่ได้มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบ ดังนี้ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ AOAC (2000) และปริมาณอะไมโลส (Amylose) ตามวิธีของ Juliano (1971)

นำแป้งแก่นตะวันที่ได้มาทำการวิเคราะห์สมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งแก่นตะวัน ดังนี้

-ความสามารถในการอุ้มน้ำและไขมัน (Water and oil absorption capacity) ตามวิธีของ Henriguez et al. (2008)

-ความสามรถในการพองตัว (Swelling capacity) ตามวิธีของ Henriguez et al. (2008)

-ความสามารถในการละลาย (Solubility index: SI) ตามวิธีของ Henriguez et al. (2008)

-ค่าความหนืดของแป้ง (Pasting properties) โดยใช้เครื่อง Rapid Visco Analyser (RVA) รุ่น NEWPORT SCIENTIFIC

-Emulsion และ Foaming properties ตามวิธีของ Bhat and Sridhar (2008)

นำแป้งแก่นตะวันที่ได้มาทำการวิเคราะห์ค่าแอคติวิตีของสารพรีไบโอติก ดัดแปลงจากวิธีของ Huebner และคณะ (2007) ดังนี้

*<u>การเตรียมเชื้อแบคทีเรีย</u>*

1. *Lactobacillus acidophilus*

นำเชื้อ *L. acidophilus* มา streak บน MRS agar และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง บ่มที่ภาวะบรรยากาศ จากนั้นถ่ายเชื้อจำนวน 1 โคโลนี ลงใน MRS broth ปริมาตร 10 มิลลิลิตรและนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บ่มที่ภาวะบรรยากาศ

2. *E.coli* ATCC 2992

นำเชื้อ *E.coli* มา streak บน Tryptic Soy Agar (TSA) และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง บ่มที่ภาวะบรรยากาศ จากนั้นถ่ายเชื้อจำนวน 1 โคโลนี ลงใน Tryptic Soy Broth (TSB) ปริมาตร 10 มิลลิลิตรและนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บ่มที่ภาวะบรรยากาศ และถ่ายเชื้อ *E.coli* จาก TSB ปริมาณ 1% (v/v) ลงใน Minimal Medium Broth ปริมาตร 10 มิลลิลิตรและนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บ่มที่ภาวะบรรยากาศ

*วิธีวิเคราะห์*

1. ถ่ายเชื้อ *L. acidophilus* ที่เตรียมได้ปริมาณ 1% (v/v) แป้งแก่นตะวัน 1% (w/v) ลงในอาหารเหลว MRS ที่มีกลูโคส 1% (w/v) และ *E.coli* ที่เตรียมได้ปริมาณ 1%(v/v) แป้งแก่นตะวัน 1%(w/v) ลงใน Minimal Medium Broth ที่มีกลูโคส 1%(w/v)

2. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

3. หลังจากการบ่มนาน 0 และ 24 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีบน MRS agar สำหรับเชื้อ *L. acidophilus* และบน TSA สำหรับเชื้อ *E.coli* และหาค่าแอกทิวิตีของสารพรีไบโอติกในตัวอย่างที่นำมาตรวจสอบโดยคำนวณจากสมการค่าแอกทิวิตีของสารพรีไบโอติก

$$= \frac{\text{ค่าความแตกต่างระหว่างจำนวนโคโลนี log cfu ml}^{-1}\text{ ของพรีไบโอติกที่ 0 และ 24 ชั่วโมง ในพรีไบโอติก}}{\text{ค่าความแตกต่างระหว่างจำนวนโคโลนี log cfu ml}^{-1}\text{ ของพรีไบโอติกที่ 0 และ 24 ชั่วโมง ในกลูโคส}}$$

$$- \frac{\text{ค่าความแตกต่างระหว่างจำนวนโคโลนี log cfu ml}^{-1}\text{ ของ } E.coli \text{ ที่ 0 และ 24 ชั่วโมง ในพรีไบโอติก}}{\text{ค่าความแตกต่างระหว่างจำนวนโคโลนี log cfu ml}^{-1}\text{ ของ } E.coli \text{ ที่ 0 และ 24 ชั่วโมง ในกลูโคส}}$$

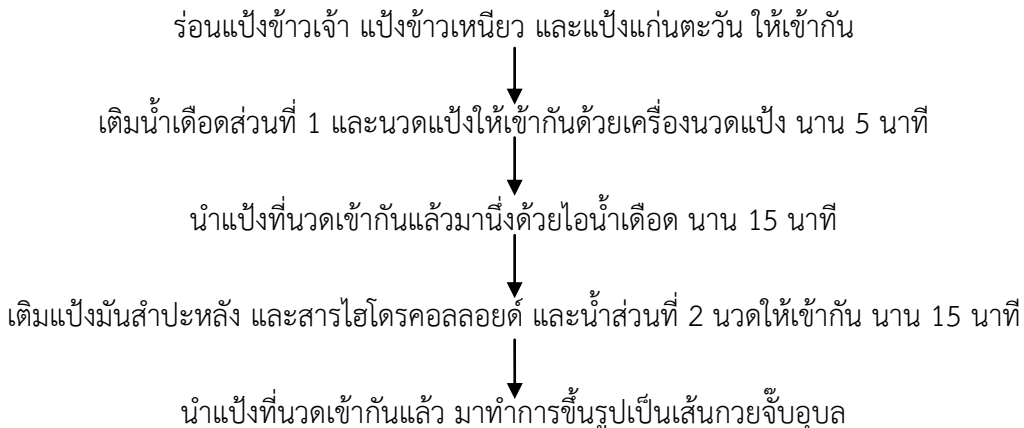
2. ศึกษาผลของแป้งแก่นตะวันและสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อการปรับปรุงคุณภาพของเส้นกวยจั๊บอุบล

โดยใช้อัตราส่วนของแป้งแก่นตะวัน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 คิดเป็นร้อยละของปริมาณแป้งทั้งหมด ปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ร้อยละ 0 และ 0.75 และตัวอย่างควบคุมรวมจำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด 11 สิ่งทดลอง ดังตารางที่ 1 นำมาผลิตเป็นเส้นกวยจั๊บอุบล ดังภาพที่ 2

**ตารางที่ 1** สูตรการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลเพื่อสุขภาพจากแป้งแก่นตะวัน

| สิ่งทดลอง | WF:RF:TF | แป้งแก่นตะวัน | สารไฮโดรคอลลอยด์ |
|---|---|---|---|
| 1 (Control) | 10:45:45 | 0 | 0 |
| 2 | 10:40:40 | 10 | 0 |
| 3 | 10:40:40 | 10 | 0.75 |
| 4 | 10:35:35 | 20 | 0 |
| 5 | 10:35:35 | 20 | 0.75 |
| 6 | 10:30:30 | 30 | 0 |
| 7 | 10:30:30 | 30 | 0.75 |
| 8 | 10:25:25 | 40 | 0 |
| 9 | 10:25:25 | 40 | 0.75 |
| 10 | 10:20:20 | 50 | 0 |
| 11 | 10:20:20 | 50 | 0.75 |

WF:RF:TF คือ อัตราส่วน แป้งข้าวเหนียว:แป้งข้าวเจ้า: แป้งมันสำปะหลัง




**ภาพที่ 2** วิธีการทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (เส้นกวยจั๊บอุบล)

จากนั้นนำผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

- การวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี (Chroma meter) ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Flex 45/0
- การวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัส (ความเหนียว) ด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น LLOYD model LRSK series
- คุณภาพการต้มสุก Cooking quality (ดัดแปลงจากวิธีการของ AACC, 1976)
    - ผลผลิตการต้มสุก (% Cooking yield) ตามวิธี AACC (1976)
    - ร้อยละของการดูดซึมน้ำ (%Absorption) ตามวิธี AACC (1976)
    - การสูญเสียระหว่างการหุงต้ม (%Cooking loss) ตามวิธี AACC (1976)
- คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยการทดสอบชิม ด้วยวิธีทดสอบความชอบ (Hedonic scale) ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ให้คะแนนในช่วง 1 - 9 โดยคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 40 คน

3. ศึกษากระบวนการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป

จากการทดลองที่ 2 ทำให้ทราบถึงสูตรเส้นกวยจั๊บอุบลเพื่อสุขภาพจากแป้งแก่นตะวันที่เหมาะสม จากนั้นนำเส้นกวยจั๊บที่ได้มาต้มในน้ำเดือดเป็นระยะเวลาสองเท่าของระยะเวลาการทำสุก ในอัตราส่วนน้ำ : เส้นกวยจั๊บ คือ 10 : 1 โดยน้ำหนัก เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำเส้นที่ได้ลงแช่ในน้ำเย็นเป็นเวลา 5 นาที ตักขึ้นให้สะเด็ดน้ำก่อนที่จะนำมาเรียงใส่ถาด นำเส้นไปแช่แข็งค้างคืน จากนั้นนำเส้นมาตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จัดเรียงเส้นใส่ถาดเพื่อนำไปอบแห้งต่อไป โดยอุณหภูมิที่ใช้คือ 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาในการอบ 3, 2.5, 1.5 และ 1 ชั่วโมง ตามลำดับ กระบวนการผลิตดังภาพที่ 3 ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

3.1 ปริมาณความชื้น (moisture content) ตามวิธีของ AOAC (1995)

3.2 สี วัดด้วยเครื่องวัดสี (Chroma meter) ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Flex 45/0

3.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความเหนียว) วัดด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น LLOYD model LRSK series

3.4 คุณภาพการต้มสุก Cooking quality ดัดแปลงจากวิธีการของ AACC (1976)

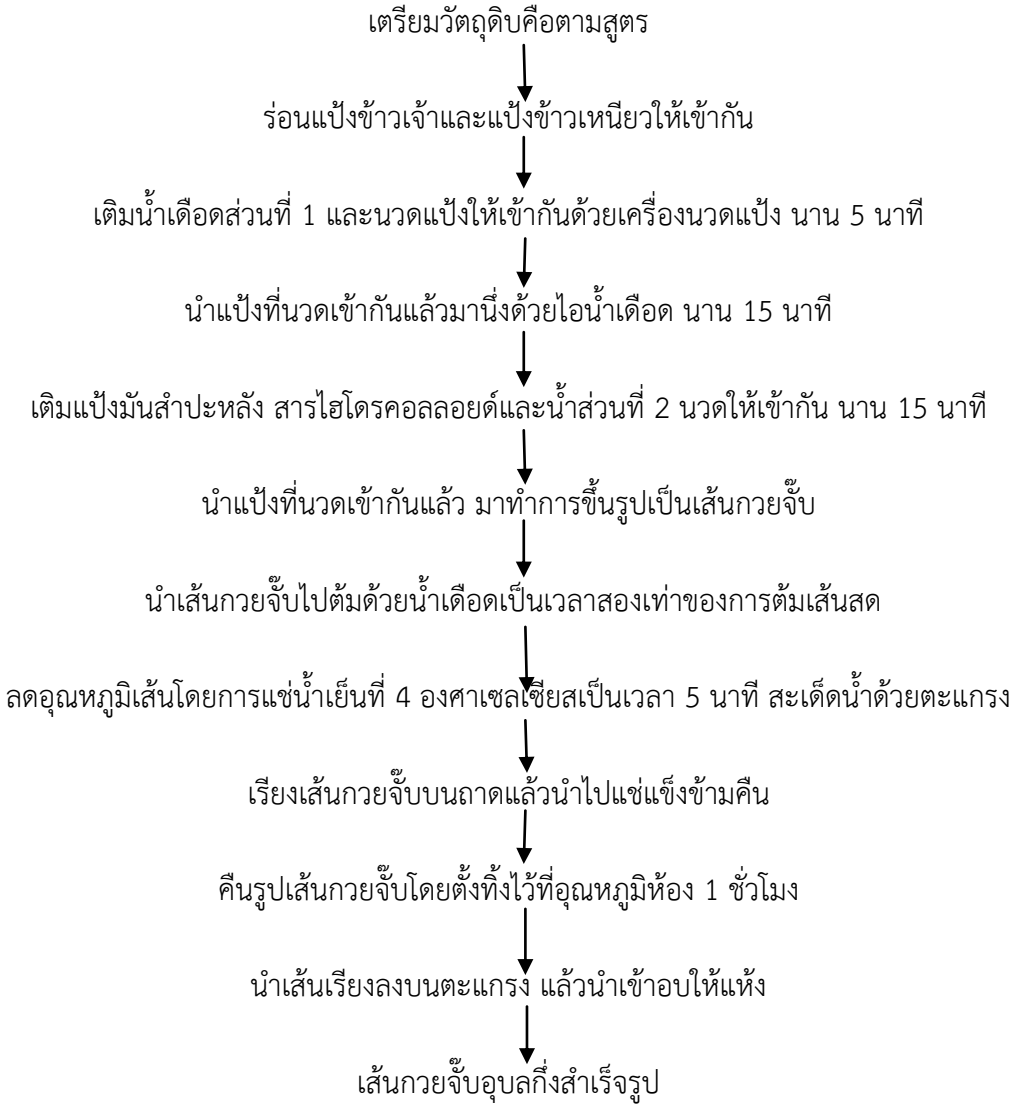
3.4.4.1 ระยะเวลาในการต้มสุก (Cooking time)

3.4.4.2 ผลผลิตการต้มสุก (% Cooking yield)

3.4.4.3 ร้อยละของการดูดซึมน้ำ (%Absorption)

3.4.4.4 การสูญเสียระหว่างการหุงต้ม (%Cooking loss)

3.5 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิม ด้วยวิธีทดสอบความชอบ (Hedonic scale) ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ให้คะแนนในช่วง 1 - 9 โดยคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึงไม่ชอบมาก




**ภาพที่ 3** กระบวนการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป

4. การศึกษาการคืนตัวของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป

จากการทดลองที่ 3 ทำให้ทราบถึงอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งเส้นกวยจั๊บอุบล จากนั้นนำเส้นกวยจั๊บแห้งที่ได้มาทำการคืนตัว 2 วิธี คือ แช่น้ำร้อนระยะเวลา 4, 6 และ 8 นาที และ

ไมโครเวฟด้วยระดับกำลังไฟสูงที่สุด (800 วัตต์) ที่ระยะเวลา 5, 7 และ 9 นาที ในสัดส่วนเส้นต่อน้ำ คือ 15 กรัมเส้นต่อน้ำ 250 มิลลิลิตร แล้วนำเส้นที่ผ่านการคืนตัวทั้ง 2 วิธีมาศึกษาคุณภาพดังนี้

4.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความเหนียว) วัดด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น LLOYD model LRSK series

4.2 คุณภาพการต้มสุก Cooking quality ดัดแปลงจากวิธีการของ AACC (1976)

4.2.1 ระยะเวลาในการต้มสุก (Cooking time)

4.2.2 ผลผลิตการต้มสุก (% Cooking yield)

4.2.3 ร้อยละของการดูดซึมน้ำ (%Absorption)

4.2.4 การสูญเสียระหว่างการหุงต้ม (%Cooking loss)

4.3 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิม ด้วยวิธีทดสอบความชอบ (Hedonic scale) ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ให้คะแนนในช่วง 1-9 โดยคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึงไม่ชอบมาก

5. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป

นำผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี โดยวิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC (2000)

6. ลักษณะทางโครงสร้างของผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บกึ่งสำเร็จรูปมาศึกษาลักษณะทางโครงสร้างโดยวิธี Scanning electron microscopy (SEM) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-5410L ประเทศญี่ปุ่น

## ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล

### 1. การเตรียมแป้งแก่นตะวัน

แก่นตะวันมีลักษณะหัวเป็นตะปุ่มตะป่ำ ผิวไม่เรียบมีลักษณะคล้ายขิงและข่าอวบ เปลือกเป็นสีน้ำตาลอ่อน จากนั้นปอกเปลือก แช่แก่นตะวันที่ปอกเปลือกแล้วในสารละลายกรดแอสคอบิกความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (w/w) เป็นเวลา 3 นาที เพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล นำแก่นตะวันมาสไลด์เป็นแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร แล้วนำมาแช่สารละลายกรดแอสคอบิกความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (w/w) เป็นเวลา 3 นาทีอีกครั้ง จากนั้นนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมินี้สามารถยับยั้งเอนไซม์อินูเลสที่จะไปทำลายสารอินูลิน (Takeuchi และ Nagashima, 2011) อบเป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพื่อให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 13 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งข้าวเจ้า (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 638-2529) จากนั้นทำการบดด้วยเครื่องบดอาหารและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 mesh ได้แป้งแก่นตะวันคิดเป็นร้อยละ 16.27 ของแก่นตะวันทั้งหมด แล้วนำไปบรรจุสุญญากาศเพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

### 2. การศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งแก่นตะวัน

**องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของแป้งแก่นตะวัน**

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate Analysis) ของแป้งแก่นตะวัน ผลแสดงดังตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ของแป้งแก่นตะวันคือ คาร์โบไฮเดรตคิดเป็นร้อยละ 82.36±0.25 และมีความชื้นร้อยละ 7.52±0.34 โปรตีนร้อยละ 4.10±0.07 เถ้าร้อยละ 3.40±0.05 ไขมันร้อยละ 2.51±0.07 เยื่อใยร้อยละ 3.10±0.00 ส่วนการวิเคราะห์อะไมโลส พบว่าปริมาณอะไมโลสพบน้อยมากคิดเป็นร้อยละ 0.04±0.00 ซึ่งตรงกันข้ามกับงานวิจัยของ Freitas *et al*. (2004) ได้ทำการศึกษาปริมาณอะไมโลส และองค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศและแป้งมันสำปะหลัง พบว่าแป้งมันเทศ มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 36 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 88 ปริมาณไขมัน 1.1 ปริมาณโปรตีน 0.1และแป้งมันสำปะหลัง มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 23 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 87.40 ปริมาณไขมัน 1.2 ปริมาณโปรตีน 0.1 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งแก่นตะวัน พบว่าแป้งมันเทศและมันสำปะหลังมีปริมาณอะไมโลสและปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง แต่มีปริมาณไขมันและโปรตีนต่ำกว่าแป้งแก่นตะวัน ส่วนใยอาหารของแป้งแก่นตะวัน ผลแสดงดังตารางที่ 2 พบว่าแป้งแก่นตะวันมีปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 40.07±0.08 มีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้ 13.04±0.51 และมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 53.11±0.59 ซึ่งในหัวแก่นตะวันมีอินูลิน ซึ่งอินูลินจัดเป็นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ จะเห็นได้ว่าในแป้งแก่นตะวันมีปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมากกว่าปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ เนื่องจากในแป้งแก่นตะวันมีองค์ประกอบอื่นๆนอกจากอินูลิน

**ตารางที่ 2** องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของแป้งแก่นตะวัน

| องค์ประกอบ | แป้งแก่นตะวัน (ร้อยละ) |
|---|---|
| ความชื้น | 7.52±0.34 |
| เถ้า | 3.40±0.05 |
| โปรตีน | 4.10±0.07 |
| ไขมัน | 2.51±0.07 |
| เยื่อใย | 3.10±0.00 |
| *คาร์โบไฮเดรต | 82.36±0.25 |
| อะไมโลส | 0.04±0.00 |
| ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ | 40.07±0.08 |
| ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ | 13.04±0.51 |
| ปริมาณใยอาหารทั้งหมด | 53.11±0.59 |

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

*(คาร์โบไฮเดรต= 100-ความชื้น-ไขมัน-โปรตีน-เถ้า-เยื่อใย)

**ค่าสีของแป้งแก่นตะวัน**

สมบัติทางกายภาพของแป้งแก่นตะวันจะทำด้วยการวัดค่าสีซึ่งประกอบด้วยค่า L* แสดงถึงค่าความขาวหรือความสว่าง (+) และสีดำหรือความมืด (-) ของผลิตภัณฑ์ ค่า a* แสดงถึงค่าสีแดง (+) และสีเขียว (-) และค่า b* แสดงถึงค่าสีเหลือง (+) และสีน้ำเงิน (-) จากการวัดค่าสีแป้งแก่นตะวันเปรียบเทียบกับแป้งขนมปัง แป้งอเนกประสงค์ แป้งเค้ก และแป้งมันสำปะหลัง โดยทำการวัด 5 ซ้ำ พบว่าค่า b* ของแป้งแก่นตะวันมีค่ามากกว่าแป้งชนิดอื่นๆ ลักษณะสีของแป้งแก่นตะวันจะมีสีเหลือง ดังภาพที่ 4 และค่า L* ต่ำกว่าแป้งชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ผลแสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งโดยปกติแล้วสีที่วัดได้จะเกิดจากลักษณะของสีของใยอาหาร ซึ่งจะมีค่าความสว่างน้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ (Almeida *et al.,* 2013) และอาจเกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ (Aboubakar *et al.*, 2008) ซึ่งปฏิกิริยาเมลลาร์ด เป็นปฏิกิริยาระหว่างหมู่คาร์บอนิลจากโมเลกุลของน้ำตาลรีดิวซิงกับหมู่อะมิโนในโมเลกุลของแอมโมเนีย กรดอะมิโน และโปรตีน ได้เป็นไกลโคซิลเอมีน (N-substituted glycosylamine) และจะเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาล (นิธิยา, 2545) ซึ่งกระบวนการผลิตแป้งแต่ละชนิดแตกต่างกันจึงส่งผลทำให้ค่าสีมีความแตกต่างกัน ในงานวิจัยของ Wang *et al*. (2014) พบว่าเมื่อทำการวัดสีของแป้งสาลีโฮลวีท (Whole wheat flour) ที่เติมลงไปในผลิตภัณฑ์ Sachima sticks ร้อยละ 100 ส่งผลให้มีค่า L* ลดลง มีค่า 56.53 ซึ่งน้อยกว่าแป้งสาลีที่ไม่เติมแป้งสาลีโฮลวีท เนื่องมาจากองค์ประกอบต่างๆเช่น น้ำตาลรีดิวซิง ปริมาณโปรตีน และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ของกระบวนการผลิตจนไปถึงปฏิกิริยาเมลลาร์ดและปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทำให้เกิดสีและกลิ่นรส

**ตารางที่ 3** ค่าสีของแป้งแก่นตะวันและของแป้งชนิดต่างๆ

| ตัวอย่าง | L* | a* | b* |
|---|---|---|---|
| แป้งแก่นตะวัน | 90.95±0.01$^{e}$ | -0.31±0.02$^{a}$ | 8.94±0.02$^{a}$ |
| แป้งเอนกประสงค์ | 92.84±0.01$^{c}$ | 0.00±0.02$^{d}$ | 6.65±0.04$^{c}$ |
| แป้งขนมปัง | 91.83±0.06$^{d}$ | 0.15±0.04$^{c}$ | 7.89±0.07$^{b}$ |
| แป้งเค้ก | 94.54±0.02$^{b}$ | -0.23±0.02$^{b}$ | 5.30±0.03$^{d}$ |
| แป้งมันสำปะหลัง | 95.25±0.02$^{a}$ | 0.16±0.02$^{c}$ | 3.25±0.01$^{e}$ |

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=5)

$^{a, b, c, d, e}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P≤0.05)

**ภาพที่ 4** แป้งแก่นตะวัน

**ดัชนีการละลายและกำลังการพองตัว**

เมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายน้ำแป้ง เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัวและอะไมโลสบางส่วนของแป้งจะละลายออกมามากที่สุดเมื่อเม็ดแป้งพองตัวได้อย่างอิสระในน้ำ ส่วนความสามารถในการละลายจะแสดงเป็นน้ำหนักของแข็งทั้งหมดในสาระลายที่สามารถละลายได้ กำลังการพองตัวของแป้งจะเป็นปริมาตรหรือน้ำหนักของเม็ดแป้งที่เพิ่มขึ้น ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัว และความสามารถในการละลายคือ ชนิดของแป้ง ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง สิ่งเจือปนภายในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต ปริมาณน้ำในสารละลายแป้ง และการดัดแปรแป้งทางเคมี รูปแบบในการพองตัว และการละลายของเม็ดแป้งแต่ละชนิดจะมีรูปแบบที่แตกต่างกันไป (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) จากการศึกษาดัชนีการละลายและกำลังการพองตัวผลดังตารางที่ 4 พบว่าแป้งแก่นตะวันมีค่าดัชนีการละลายและกำลังการพองตัวสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งทั้ง 4 ชนิดซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) เพราะแป้งแก่นตะวันมีองค์ประกอบของอินูลินซึ่งโครงสร้างอินูลินมีหมู่ไฮดรอกซิล เกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำและเกิดการอุ้มน้ำ (วิภาวี, 2551) จึงทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวได้สูง การพองตัวของแป้งจะขึ้นอยู่กับการจัดเรียงโครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน (Aboubakar *et al*., 2008) แป้งจากธัญพืชมีปริมาณอะไมโลสสูง อะไมโลสจะทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น ทำให้พองตัวได้ต่ำ ซึ่งแตกต่างจากแป้งแก่นตะวันมีปริมาณอะไมโลสต่ำจึงสามารถละลายน้ำได้มากกว่า เช่นเดียวกับแป้งมันสำปะหลัง มีกำลังการพองตัวและการละลายมีค่าสูงกว่าแป้งจากธัญพืช เนื่องจากมีจำนวนพันธะน้อยกว่า

(กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) กำลังการพองตัวของแป้งจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการจับกับน้ำของโมเลกุลแป้งโดยพันธะไฮโดรเจน ปริมาณโปรตีนในแป้ง ซึ่งปริมาณโปรตีนในแป้งต่ำจะทำให้กำลังการพองตัวสูง (Aprianita *et al.,* 2009) นอกจากนั้นยังมีปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลต่อดัชนีการละลายและกำลังการพองตัวของแป้ง เช่น สายพันธุ์ ปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม อายุการเก็บเกี่ยวของพืช เป็นต้น (Aryee *et al.,* 2006)

**ตารางที่ 4** ดัชนีการละลายและกำลังการพองตัวของแป้งชนิดต่างๆ

| ตัวอย่าง | กำลังการพองตัว (ร้อยละ) | ดัชนีการละลาย (ร้อยละ) |
|---|---|---|
| แป้งแก่นตะวัน | 24.63±0.62$^{a}$ | 46.67±1.15$^{a}$ |
| แป้งเอนกประสงค์ | 11.56±1.10$^{c}$ | 16.00±0.00$^{d}$ |
| แป้งขนมปัง | 11.57±0.18$^{c}$ | 12.00±0.00$^{e}$ |
| แป้งเค้ก | 13.33±0.68$^{b}$ | 18.00±0.00$^{c}$ |
| แป้งมันสำปะหลัง | 12.81±0.26$^{bc}$ | 38.00±0.00$^{b}$ |

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

$^{a, b, c, d, e}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

**ดัชนีการดูดซับน้ำและน้ำมัน**

การดูดซับน้ำและดูดซับน้ำมันของแป้งแก่นตะวันเปรียบเทียบกับแป้งสาลีทั้ง 3 ชนิดและแป้งมันสำปะหลัง โดยวิเคราะห์สารละลายแป้ง ณ อุณหภูมิห้อง (26±2 องศาเซลเซียส) จะเห็นได้ว่าแป้งแก่นตะวันมีค่าการดูดซับน้ำมากที่สุด (ตารางที่ 5) เนื่องจากแป้งแก่นตะวันเป็นพืชหัวมีการจัดเรียงตัวกันอย่างหลวมๆในโมเลกุลของเม็ดแป้ง จึงทำให้โมเลกุลของน้ำจับกับเม็ดแป้งได้ทั้งรอบนอกและภายในโมเลกุลของเม็ดแป้งจึงสามารถดูดซับน้ำได้ดี (กล้าณรงค์ และคณะ, 2556) เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังซึ่งเป็นพืชหัวเช่นเดียวกัน พบว่ามีการดูดซับน้ำได้น้อยกว่าเป็นเพราะแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าแป้งแก่นตะวัน ซึ่งการดูดซับน้ำยังขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีนของแป้งและปริมาณความชื้นของชนิดแป้งต่างๆอีกด้วย ในทางอุตสาหกรรมอาหารความสามารถในการดูดซับน้ำที่ดีจะป้องกันการขับน้ำ (syneresis) การลดลงของปริมาตร และเพิ่มผลผลิตที่ได้สำหรับขนมขบเคี้ยวและอาหารแช่แข็ง (Takeuchi และ Nagashima, 2011) ในแก่นตะวันยังมีเส้นใย จึงมีส่วนทำให้แป้งแก่นตะวันดูดซับน้ำได้ดี การดูดซับน้ำเป็นตัวชี้วัดระบบของโดในขนมปัง ซึ่งปริมาณเส้นใยส่งผลต่อการจับกับน้ำของกลูเตน และทำให้โดมีความคงตัวน้อยลงในระหว่างการผสม (Ktenioudaki และ Gallagher, 2012) แต่ส่วนการดูดซับน้ำมันพบว่าแป้งแก่นตะวันมีค่าการดูดซับน้ำมันน้อยกว่าตัวอย่างของแป้งสาลีทั้ง 3 ชนิดและแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งกลไกการดูดซับน้ำมันเกิดจากการกักเก็บทางกายภาพของน้ำมันเกี่ยวข้องกับสายส่วนที่ไม่มีขั้วของโปรตีน ทั้งปริมาณและชนิดโปรตีนต่อสมบัติการกักเก็บน้ำมันของอาหาร (Ravi และ Sushelamma, 2005) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤติกา และสุนทรี (2556) ได้ศึกษาผลของการลวกและการใช้กรดต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแก่นตะวัน โดยพบว่าความสามารถในการอุ้มน้ำของผงแก่นตะวันสูงกว่าการดูดซับน้ำมัน ซึ่งอุณหภูมิมีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมันในผงแก่น

ตะวัน โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำสูงขึ้น แต่ความสามารถในการอุ้มน้ำมันลดลง การดูดซับน้ำหรือน้ำมันมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส และช่วยเพิ่มความรู้สึกขณะเคี้ยว ลดการสูญเสียความชื้นและไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อและผลิตภัณฑ์ขนมอบ และสามารถบ่งบอกได้ว่าในแป้งมีใยอาหาร (Bhat และ Sridhar, 2008) ซึ่งแก่นตะวันนั้นมีใยอาหารจึงทำให้สามารถดูดซับน้ำได้เป็นอย่างดีเมื่อเทียบกับแป้งสาลีทั้ง 3 ชนิดและแป้งมันสำปะหลัง

**ตารางที่ 5** การดูดซับน้ำและน้ำมันของแป้งชนิดต่างๆ

| ตัวอย่าง | การดูดซับน้ำ (มิลลิลิตรน้ำ/กรัมแป้ง) | การดูดซับน้ำมัน (มิลลิลิตรน้ำมัน/กรัมแป้ง) |
|---|---|---|
| แป้งแก่นตะวัน | 3.80±0.00[a] | 1.42±0.03[d] |
| แป้งเอนกประสงค์ | 0.73±0.06[c] | 1.80±0.00[b] |
| แป้งขนมปัง | 0.90±0.00[b] | 1.62±0.03[c] |
| แป้งเค้ก | 1.00±0.00[b] | 1.60±0.00[c] |
| แป้งมันสำปะหลัง | 0.73±0.12[c] | 2.00±0.00[a] |

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

[a, b, c, d] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

**ความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟม**

โฟมเป็นระบบคอลลอยด์ที่มีอนุภาคคอลลอยด์เป็นก๊าซ และมีตัวกลางเป็นของเหลว มีความสำคัญกับอาหารที่ต้องการลักษณะเนื้อที่ฟูและเบา (นิธิยา, 2545) จากการศึกษาสมบัติความสามารถในการเกิดโฟม เมื่อเปรียบเทียบแป้งแก่นตะวันกับแป้งสาลีและแป้งมันสำปะหลังพบว่า แป้งขนมปังมีความสามารถในการเกิดโฟมมากที่สุด รองลงมาคือ แป้งอเนกประสงค์ แป้งเค้ก แป้งแก่นตะวัน และแป้งมันสำปะหลัง ผลดังตารางที่ 6 โดยที่แป้งอเนกประสงค์ แป้งเค้ก แป้งแก่นตะวัน และแป้งมันสำปะหลัง มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 10, 7, 4 และ 0.1 ตามลำดับ พบว่าเมื่อเทียบความสามารถในการเกิดโฟมของแป้งขนมปังกับแป้งอเนกประสงค์พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งแป้งขนมปังมีองค์ประกอบของโปรตีนร้อยละ 14 ( Angioloni และ Collar, 2009) มีความสามารถในการเกิดโฟมสูง จะมีขนาดของฟองอากาศใหญ่ ฟิล์มโปรตีนมีความยืดหยุ่นต่ำเนื่องจากรอบๆ ฟองอากาศจะบางส่วนความคงตัวของโฟมพบว่าแป้งขนมปังมีความคงตัวมากที่สุด รองลงมาคือ แป้งอเนกประสงค์ แป้งเค้ก แป้งแก่นตะวัน และแป้งมันสำปะหลังตามลำดับ ผลดังภาพที่ 5 การที่แป้งขนมปังสามารถเกิดโฟมได้มากและมีความคงตัวมากกว่าแป้งอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากแป้งขนมปังมีองค์ประกอบของโปรตีนร้อยละ 13-14 จึงสามารถเกิดโฟมที่มีความคงตัวสามารถเก็บก๊าซหรือฟองอากาศได้ดี โดยโปรตีนในแป้งที่ละลายได้จะทำหน้าที่เป็นสารลดแรงตึงผิวระหว่างฟองอากาศกับของเหลวที่ล้อมรอบฟองอากาศ ซึ่งเป็นการขัดขวางการรวมตัวของฟองอากาศทำให้โฟมมีความคงตัวมากขึ้น ความคงตัวของโฟมที่ดีของแป้งชี้ให้เห็นว่าโปรตีนในธรรมชาติที่ละลายในส่วนของน้ำจะทำหน้าที่เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการสัมผัสแป้ง (Kaushal *et al.,* 2012) เมื่อเปรียบเทียบแป้งขนมปังกับแป้งแก่นตะวัน พบว่าแป้งแก่นตะวันมีความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟมต่ำกว่าแป้งขนมปังปริมาณเนื่องจากมีโปรตีนเพียงร้อยละ 4 (Masri *et al.,* 2012) แต่เมื่อ

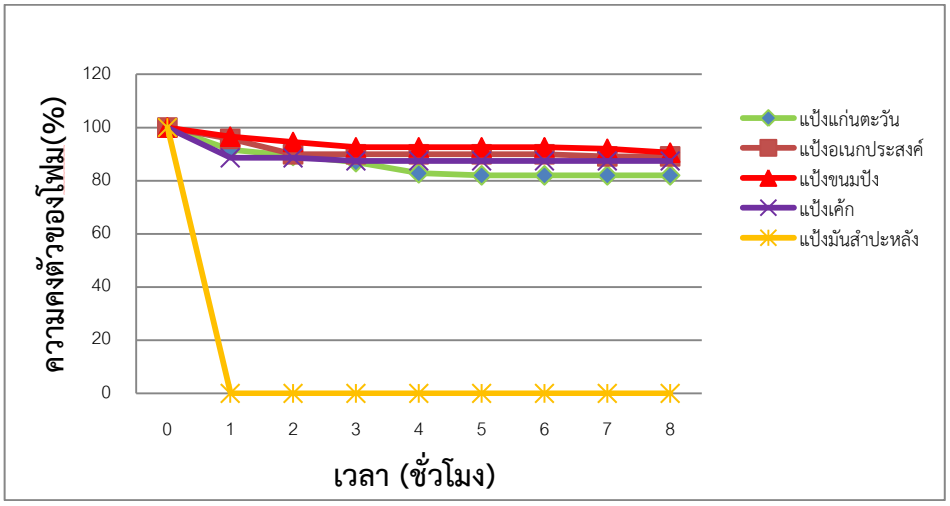
เปรียบเทียบแป้งแก่นตะวันกับแป้งเค้ก พบว่าความสามารถในการเกิดโฟมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

**ตารางที่ 6** ความสามารถในการเกิดโฟม

| ตัวอย่าง | Foam capacity (ร้อยละ) |
|---|---|
| แป้งแก่นตะวัน | 18.00±2.10[b] |
| แป้งเอนกประสงค์ | 28.00±3.00[a] |
| แป้งขนมปัง | 29.00±2.34[a] |
| แป้งเค้ก | 20.00±2.00[b] |
| แป้งมันสำปะหลัง | 6.00±1.00[c] |

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

[a, b, c] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P≤0.05)



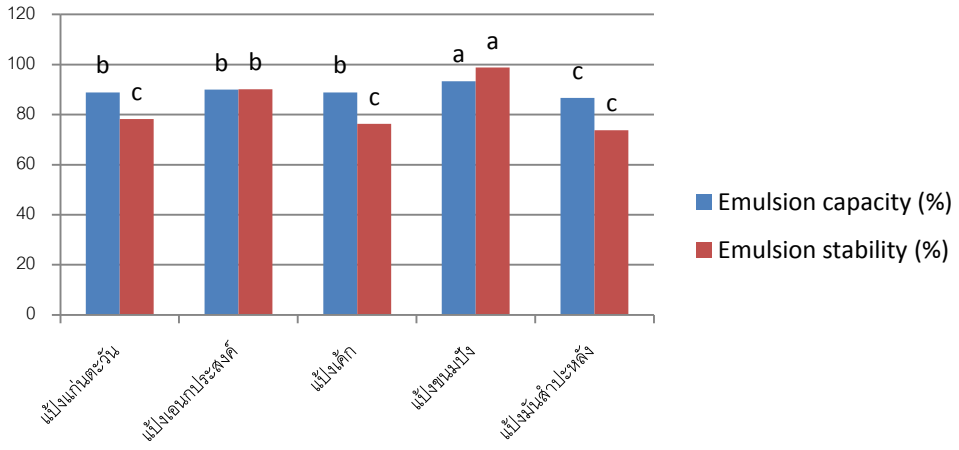

**ภาพที่ 5** ความคงตัวของโฟมของแป้งแก่นตะวัน แป้งสาลีทั้ง 3 ชนิดและแป้งมันสำปะหลัง

**ความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชัน**

อิมัลชันเป็นคอลลอยด์ที่มีอนุภาคคอยลอยด์เป็นของเหลว และมีตัวกลางเป็นของเหลว (Liquid in liquid) มีความสำคัญและจำเป็นต่อการทำผลิตภัณฑ์หลายชนิดโดยเฉพาะอาหารจำพวกผลิตภัณฑ์นมและผลิตภัณฑ์ขนมอบ กลไกการเกิดอิมัลชันจะเกิดเมื่อมีการนำของเหลว 2 ชนิด ที่ไม่ผสมกันเขย่ารวมกันเพื่อให้เกิดอิมัลชัน (นิธิยา, 2545) จากการศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ด้านการเกิดอิมัลชันของแป้งแก่นตะวันเปรียบกับแป้งสาลีชนิดต่างๆและแป้งมันสำปะหลัง ในการศึกษาจะมีการเติมน้ำและน้ำมันลงไปในแป้งแล้วนำมาปั่นผสมเพื่อให้น้ำมันกระจายตัวแขวนลอยอยู่ในน้ำ จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงและสังเกตเห็นการเกิดอิมัลชันบริเวณส่วนกลางระหว่างผิวของน้ำมันกับน้ำ และเมื่อนำไปให้ความร้อนจะทำให้ทราบความคงตัวของการเกิดอิมัลชัน ดังภาพที่ 6

จากการศึกษาพบว่าแป้งขนมปังมีความสามารถในการเกิดอิมัลชันมากที่สุด รองลงมาคือ แป้งเค้ก แป้งเอนกประสงค์ แป้งแก่นตะวัน ซึ่งทั้ง 3 แป้งนี้ไม่มีความแตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และแป้งมันสำปะหลังตามลำดับ ส่วนความคงตัวของอิมัลชัน พบว่าแป้งขนมปังเกิดความคงตัวของอิมัลชันมากที่สุด เนื่องจากแป้งขนมปังมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 13-14 ซึ่งโปรตีนทำหน้าที่รักษาความคงตัวของอิมัลชันโดยใช้กลไกการเพิ่มประจุบนพื้นผิวของไขมัน กลไกการขัดขวางที่พื้นผิวของเม็ดไขมันโดยใช้โมเลกุลหรืออนุภาคที่ผิวร่วมระหว่างน้ำมันกับน้ำ ซึ่งโปรตีนบางชนิดทำหน้าที่เพิ่มความหนืดของวัฏภาคของน้ำ ช่วยชะลอการเคลื่อนที่ของเม็ดไขมันเข้าหากัน ทำให้ระบบอิมัลชันคงตัวอยู่ได้ (ปาริฉัตร, 2545) การเกิดอิมัลชันขึ้นอยู่กับความแตกต่างของโปรตีนเกี่ยวข้องกับการละลายและการคงตัวของโครงสร้าง (Kaushal *et al*., 2012) และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเกิดอิมัลชันระหว่างแป้งแก่นตะวันและแป้งมันสำปะหลัง พบว่าแป้งแก่นตะวันมีความสามารถในการเกิดอิมัลชันได้มากกว่าแป้งมันสำปะหลัง และมีความสามารถในการคงตัวของอิมัลชันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากแป้งแก่นตะวันมีองค์ประกอบของอินูลิน อินูลินเป็นโพลีแซ็กคาร์ไรด์ ซึ่งโพลีแซคคาร์ไรด์สามารถเพิ่มหรือลดความคงตัวของอิมัลชันได้โดยการเพิ่มความหนืดจะช่วยลดการเคลื่อนที่และการชนกันของเม็ดไขมัน เป็นการเพิ่มความคงตัวของอิมัลชัน (ปาริฉัตร, 2545) ความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันยังขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีน ลักษณะของโปรตีนส่วนที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำ ปริมาณโพลีแซคคาร์ไรด์อีกด้วย (Jitngarmkusol *et al*., 2008)

จากการศึกษาสมบัติเชิงหน้าของแป้งแก่นตะวัน พบว่าแป้งแก่นตะวันมีค่าการละลาย การพองตัวและการดูดซับน้ำสูง ส่วนความสามารถในการเกิดโฟม ความคงตัวของโฟม ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน และความคงตัวของอิมัลชัน พบว่าแป้งแก่นตะวันมีความสามารถในการเกิดโฟม ความคงตัวของโฟม ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน และความคงตัวของอิมัลชันได้น้อยกว่าแป้งขนมปัง เนื่องจากมีแป้งแก่นตะวันมีปริมาณโปรตีนเพียงร้อยละ 4 ซึ่งน้อยกว่าแป้งขนมปังที่มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 14




**ภาพที่ 6** ความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชัน

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

a, b, c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

**3. การวิเคราะห์ค่าแอคติวิตี้สารพรีไบโอติก (prebiotic activity) ของแก่นตะวัน**

จากการศึกษาการวิเคราะห์ค่าแอคติวิตี้สารพรีไบโอติกของแก่นตะวันโดยทดสอบการเจริญของเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar ที่ผสม 0.1% แก่นตะวันและ 0.1% กลูโคส เปรียบเทียบกับการเจริญของ เชื้อ *E. coli* ในอาหาร Minimal medium broth ที่ผสม 0.1% แก่นตะวันและ 0.1% กลูโคส พบว่าการเจริญของเชื้อ *L. acidophilus* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมแก่นตะวันมีปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้น 2.96 log CFU/ml หลังจากบ่ม 24 ชั่วโมง และอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีกลูโคสมีเชื้อเพิ่มขึ้นเพียง 2.35 log CFU/ml เมื่อเปรียบเทียบการเจริญของเชื้อ *E.coli* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมแก่นตะวันและ *E.coli* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมกลูโคส ปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้น 0.73 และ 0.31 log CFU/ml แสดงผลดังตารางที่ 7 และภาพที่ 7

**ตารางที่ 7** การเจริญของเชื้อ *L. acidophilus* และ *E.coli* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมแก่นตะวันและกลูโคส หลังจากบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 และ 24 ชั่วโมง

| ชุดการทดลอง | ระยะเวลาการบ่ม (ชั่วโมง) | ปริมาณเชื้อ log (CFU/ml) |
|---|---|---|
| *L. acidophilus* ใน | 0 | 7.41 |
| MRS agar + 0.1% แก่นตะวัน | 24 | 10.37 |
| *L. acidophilus* ใน | 0 | 7.07 |
| MRS agar + 0.1% กลูโคส | 24 | 9.42 |
| *E. coli* ใน Minimal medium | 0 | 8.65 |
| broth + 0.1% แก่นตะวัน | 24 | 9.38 |
| *E.coli* ใน Minimal medium | 0 | 8.42 |
| broth + 0.1% กลูโคส | 24 | 8.73 |

Values (Means ± SD) N=3

นำค่าที่ได้จากตาราง มาหาค่าแอคติวิตี้ของสารพรีไบโอติก (Prebiotic activity) โดยคำนวณจากสมการ

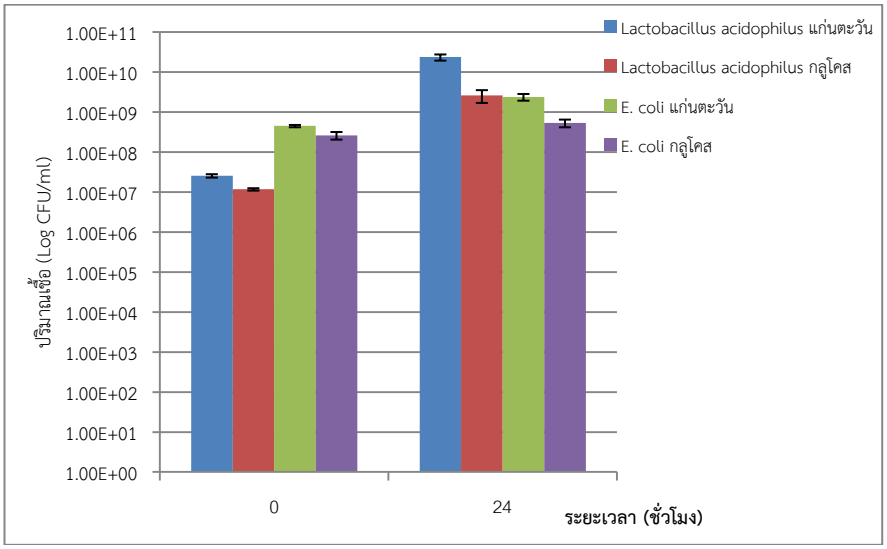
$$\text{Prebiotic activity} = \frac{\text{ค่าความแตกต่างระหว่างจำนวนโคโลนี } \log \text{CFU/ ml} \text{ ของ } \mathbf{L.\ acidophilus} \text{ ที่ } 24 \text{ และ } 0 \text{ ชั่วโมง ในแก่นตะวัน}}{\text{ค่าความแตกต่างระหว่างจำนวนโคโลนี } \log \text{CFU/ ml} \text{ ของ } \mathbf{L.acidophilus} \text{ ที่ } 24 \text{ และ } 0 \text{ ชั่วโมง ในกลูโคส}} - \frac{\text{ค่าความแตกต่างระหว่างจำนวนโคโลนี } \log \text{CFU/ ml} \text{ ของ } \mathbf{E\ .coli} \text{ ที่ } 24 \text{ และ } 0 \text{ ชั่วโมง ในแก่นตะวัน}}{\text{ค่าความแตกต่างระหว่างจำนวนโคโลนี } \log \text{CFU/ ml} \text{ ของ } \mathbf{E\ .coli} \text{ ที่ } 24 \text{ และ } 0 \text{ ชั่วโมง ในกลูโคส}}$$

แทนค่า

$$= \frac{10.37 \log \text{CFU/ ml} - 7.41 \log \text{CFU/ ml}}{9.42 \log \text{CFU/ ml} - 7.07 \log \text{CFU/ ml}} - \frac{9.38 \log \text{CFU/ ml} - 8.65 \log \text{CFU/ ml}}{8.73 \log \text{CFU/ ml} - 8.42 \log \text{CFU/ ml}}$$

$$= 1.88 \log \text{CFU/ ml}$$

ค่า Prebiotic activity ที่คำนวณได้เท่ากับ 1.88 log CFU/ ml แสดงให้เห็นว่าสารประกอบในแก่นตะวันเป็นสารพรีไบโอติก (Prebiotic) สามารถช่วยสนับสนุนการเจริญของเชื้อ *L. acidophilus* ซึ่งปริมาณของเชื้อเพิ่มขึ้นหลังการบ่ม 24 ชั่วโมง




**ภาพที่ 7** การเจริญของเชื้อ *L. acidophilus* และ *E.coli* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสม 0.1% แก่นตะวัน และ 0.1% กลูโคส หลังจากบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 และ 24 ชั่วโมง

## 4. ผลของแป้งแก่นตะวันต่อคุณภาพเส้นกวยจั๊บอุบล

การศึกษาผลของแป้งแก่นตะวันและสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อการปรับปรุงคุณภาพของเส้นกวยจั๊บอุบล โดยใช้อัตราส่วนของแป้งแก่นตะวัน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 คิดเป็นร้อยละของปริมาณแป้งทั้งหมด ปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ร้อยละ 0 และ 0.75 และตัวอย่างควบคุม จากนั้นนำผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพด้านสี ความเหนียว คุณภาพการต้มสุก และการยอมรับของผู้บริโภค

### Pasting properties

จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี และสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งแก่นตะวัน ได้นำแป้งแก่นตะวันมาทำการวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) พบว่า แป้งแก่นตะวันไม่สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงความหนืดได้ จึงได้ทำการผสมแป้งแก่นตะวันที่อัตราส่วนร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 เช่นเดียวกับการเติมแป้งแก่นตะวันลงในเส้นกวยจั๊บอุบล โดยไปทดแทนส่วนข้าวแป้งข้าวเจ้า (RF) และแป้งมันสำปะหลัง (TF) ส่วนแป้งข้าวเหนียว (WF) คงที่ที่ร้อยละ 10 พบว่า การวัดความหนืดของแป้งโดยใช้อัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า แป้งมัน และแป้งแก่นตะวัน (10:45:45:0, 10:40:40:10, 10:35:35:20, 10:30:30:30, 10:25:25:40 และ 10:20:20:50) มีค่าการวิเคราะห์ความหนืดที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 8 ในตัวอย่างควบคุม (10:45:45:0) พบว่ามีค่า Peak Viscosity, Breakdown, Final Viscosity และ Setback มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับตัวอย่าง

อื่นๆเนื่องจากสัดส่วนของปริมาณอะไมโลเพคตินในอัตราส่วนของตัวอย่างควบคุมมีค่ามากที่สุด โดยที่แป้งข้าวเหนียวที่มีอะไมโลเพคตินมากจะมีความสามารถในการพองตัวสูงโดยที่ค่า peak viscosity เป็นความหนืด ณ จุดที่เม็ดแป้งพองตัวเต็มที่ ค่าความหนืดสูงสุดสามารถใช้บ่งชี้ถึงความสามารถของส่วนผสมในการดูดซับน้ำซึ่งสัมพันธ์กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย (กล้าณรงค์ และคณะ, 2544) ค่า final viscosity ซึ่งเป็นความหนืดสุดท้ายที่เกิดขึ้นหลังจากที่เม็ดแป้งได้รับความร้อนจนเม็ดแป้งแตกและทำให้เย็นจนเกิดเจล สำหรับค่า setback หรือค่าการคืนตัวจะเกี่ยวของกับกระบวนการ retrogradation ซึ่งจะเกิดหลังจากแป้งเกิดกระบวนการ gelatinization ซึ่งกระบวนการนี้จะทำให้โมเลกุลของอะไมโลสหลุดออกจากเม็ดแป้ง เมื่ออุณหภูมิลดลงอะไมโลสที่อยู่ใกล้กันจะยึดเกาะกันเป็นโครงสร้างที่เป็นเจล การที่ setback สูง คือเจลจะมีโครงสร้างแข็งแรง (อลิษา และคณะ, 2556) จึงสามารถบอกได้ว่าตัวอย่างควบคุมมีโครงสร้างของเจลที่แข็งแรงมากที่สุด เนื่องจากมีการจัดเรียงตัวกันใหม่ของอะไมโลสมากกว่าตัวอย่างอื่นๆ ส่วนค่า Breakdown คือความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) แต่พบว่าตัวอย่างควบคุมมีค่า Pasting Temp และค่า peak time น้อยที่สุด เนื่องจากความสามารถในการเกิดเจลของตัวอย่างควบคุมมีมากกว่าตัวอย่างอื่นๆ และเมื่อทำการเพิ่มอัตราส่วนของแป้งแก่นตะวันในระดับร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 พบว่าค่า peak viscosity, Breakdown, final viscosity และ Setback ลดลงตามลำดับในอัตราส่วนการเติมแป้งแก่นตะวันที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากแป้งแก่นตะวันจะลดความสามารถในการเกิดเจล ทำให้มีความหนืดที่ต่ำ และเกิดการเปลี่ยนแปลงความหนืดลดลงความคงตัวของเจลแป้งต่ำ และการที่ ค่า setback ลดลงเป็นผลมากจากปริมาณของแป้งแก่นตะวันที่เพิ่มขึ้นมีส่วนทำให้ปริมาณอะไมโลสในแป้งผสมลดลง เมื่ออุณหภูมิเย็นลง อะไมโลสจะมีการจัดเรียงตัวกันน้อย ในทางตรงกันข้ามค่า Pasting Temp และค่า peak time จะเพิ่มขึ้นตามลำดับมีเพิ่มปริมาณแป้งแก่นตะวันลงไป ดังนั้นการเพิ่มสัดส่วนของแป้งแก่นตะวันลงในแป้งผสม จะทำให้แป้งมีความหนืดลดลง แป้งจะเกาะตัวกันได้น้อยลง มีผลต่อลักษณะทางกายภาพเมื่อนำไปทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น เส้นก๋วยจั๊บ เมื่อเติมแป้งแก่นตะวันในอัตราส่วนที่มากขึ้น เส้นก๋วยจั๊บจะเกาะตัวกันได้ไม่ดี และมีความหยืดหยุ่นน้อยลง เป็นต้น

**การศึกษาลักษณะทางกายภาพของเส้นกวยจั๊บสด**

การศึกษาการทดแทนแป้งแก่นตะวันในผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งในผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บใช้แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลัง และทดแทนแป้งแก่นตะวันในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 9 และเปรียบเทียบการเติมสารไฮโดคอลลอยด์ ซึ่งในการทดลองนี้ใช้ กัวกัม ซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์(Polysaccharide) ประเภทเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ (heteropolysaccharide) เป็นพอลิเมอร์ของกาแล็กโทแมนแนน(galactomannan) ซึ่งประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลแมนโนส (mannose) ต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) ที่ตำแหน่ง เบตา-1,4 และมีกิ่งแขนงของน้ำตาลกาแล็กโทส (galactose) ซึ่งต่อกันด้วยพันธะ ไกลโคไซด์ที่ตำแหน่งแอลฟา-1,6 โดยกัวกัม มีคุณสมบัติช่วยให้อาหารข้นหนืด และเป็นสารที่ทำให้อีมัลชั้นคงตัว (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, ม.ป.ป.) ในการทดลองนี้มีการศึกษาผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บสดและเส้นกวยจั๊บแห้งกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งจากการศึกษาเส้นกวยจั๊บสดที่ใช้อัตราส่วนของแป้งแตกต่างกันซึ่งมีทั้งหมด 11 สิ่งทดลอง พบว่าทั้งหมดมีความชื้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในขั้นตอนการผลิตเส้นสดมีการกำหนดอัตราส่วนของน้ำที่เท่ากันที่เติมลงไปในขั้นตอนการผลิตเส้นทำให้ทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

**ตารางที่ 8** การวิเคราะห์ความหนืดของแป้งแก่นตะวันที่ระดับแตกต่างกัน

| แป้งแก่นตะวัน (%) | Peak viscosity | Trough | Breakdown | Final viscosity | Setback | Peak Time | Pasting Temp |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 (control) | 3400.5±37.48[a] | 2494.0±45.25[a] | 906.5±7.78[a] | 3706.0±26.87[a] | 1212.0±18.38[a] | 5.73±0[f] | 73.53±0.11[c] |
| 10 | 2771.5±26.16[b] | 2269.5±10.61[b] | 502.0±36.77[b] | 3210.0±72.12[b] | 940.5±61.52[b] | 6.1±0.04[d] | 74.72±0.53[c] |
| 20 | 2145.0±11.31[c] | 1954.0±32.53[c] | 191..0±21.21[c] | 2659.5±45.96[c] | 705.5±13.44[c] | 6.73±0.09[c] | 76.30±0.50[b] |
| 30 | 1601.0±24.04[d] | 1467.0±24.04[d] | 134.0±0[d] | 2040.5±28.99[d] | 573.5±4.95[d] | 6.87±0[b] | 77.10±0.57[b] |
| 40 | 1139.5±26.16[e] | 1006.0±29.70[e] | 133.5±3.54[d] | 1529.5±47.38[e] | 523.5±17.68[df] | 6.96±0.05[ab] | 77.45±1.06[b] |
| 50 | 763.5±10.61[f] | 665..0±8.49[f] | 98.5±2.12[d] | 1119.5±20.50[f] | 454.5±12.02[f] | 7.0±0[a] | 84.35±0.71[a] |

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

[a, b, c, d, e, f] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

**ตารางที่ 9** ความชื้นของเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีอัตราส่วนของแป้งแก่นตะวันแตกต่างกัน

| สิ่งทดลอง | อัตราส่วนที่ใช้ WF:RF:TF | แป้งแก่นตะวัน | สารไฮโดรคอลลอยด์ | ความชื้น (%) |
|---|---|---|---|---|
| Control | 10:45:45 | 0 | 0 | 35.2416±0.4869 [a] |
| 1 | 10:40:40 | 10 | 0 | 34.8157±0.4772 [a] |
| 2 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 36.7438±0.2675 [a] |
| 3 | 10:35:35 | 20 | 0 | 35.7476±0.4758 [a] |
| 4 | 10:35:35 | 20 | 0.75 | 35.9490±0.6445 [a] |
| 5 | 10:30:30 | 30 | 0 | 36.0744±1.1056 [a] |
| 6 | 10:30:30 | 30 | 0.75 | 35.1880±0.6461 [a] |
| 7 | 10:25:25 | 40 | 0 | 35.1900±0.3062 [a] |
| 8 | 10:25:25 | 40 | 0.75 | 35.1858±0.8584 [a] |
| 9 | 10:20:20 | 50 | 0 | 35.8329±0.3965 [a] |
| 10 | 10:20:20 | 50 | 0.75 | 35.7298±0.6158 [a] |

[a] หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$); N=5

สำหรับค่าสีของเส้นกวยจั๊บอุบลที่ผ่านการต้มจนเส้นสุก แสดงดังตารางที่ 10พบว่าเส้นกวยจั๊บอุบลสูตรควบคุมมีค่าความสว่าง (L*) มากที่สุดคือ 62.24±0.42 ซึ่งแตกต่างจากสูตรที่ 1-10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และพบว่าสูตรที่ 1 และ 2 ซึ่งใช้แป้งแก่นตะวันในอัตราส่วนที่เท่ากันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีค่า ความสว่าง เท่ากับ 53.82±0.45 - 54.18±0.35 ในขณะที่เส้นกวยจั๊บอุบลที่มีแป้งแก่นตะวันตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไปจะมีค่าความสว่างลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นสีเหลือง (b*)

เพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งแก่นตะวันจะมีลักษณะเป็นสีเหลืองอ่อน เมื่อผสมกับแป้งอื่นๆตามสูตรแล้วจึงทำให้ความเป็นสีเหลืองสูงขึ้นตามอัตราส่วนแป้งแก่นตะวันที่เติมลงไป สอดคล้องกับงานวิจัยของ นฤมล และคณะ (2554) ที่ใช้ผักโขมผงเติมลงในผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ที่ส่งผลต่อค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ที่ลดลง เนื่องจากใบผักโขมผงมีค่าความสว่างต่ำกว่า (55.71) เมื่อเทียบกับแป้งสาลี (90.37) ที่ใช้ในกระบวนการผลิตเส้นบะหมี่

**ตารางที่ 10** ค่าสีระบบ L*a*b* ของเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีอัตราส่วนแป้งแก่นตะวันแตกต่างกัน

| สิ่งทดลอง | อัตราส่วนที่ใช้ WF:RF:TF | แป้งแก่นตะวัน | สารไฮโดรคอลลอยด์ | ค่าสีระบบ L*a*b* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | L* | a* | b* |
| Control | 10:45:45 | 0 | 0 | 62.24±0.42 [a] | -2.08±0.65 [a] | 2.28±0.04 [c] |
| 1 | 10:40:40 | 10 | 0 | 53.82±0.45 [b] | -1.22±0.14 [a] | 8.35±0.23 [b] |
| 2 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 54.18±0.35 [b] | -1.49±0.13 [a] | 8.59±0.06 [b] |
| 3 | 10:35:35 | 20 | 0 | 51.71±0.19 [c] | -0.78±0.06 [b] | 10.39±0.27 [a] |
| 4 | 10:35:35 | 20 | 0.75 | 52.35±0.24 [bc] | -0.66±0.12 [b] | 10.10±0.41 [a] |
| 5 | 10:30:30 | 30 | 0 | 49.77±0.18 [c] | 0.27±0.08 [c] | 10.67±0.51 [a] |
| 6 | 10:30:30 | 30 | 0.75 | 49.06±0.41 [c] | 0.31±0.10 [c] | 10.61±0.53 [a] |
| 7 | 10:25:25 | 40 | 0 | 48.88±0.79 [c] | 0.28±0.04 [c] | 11.98±0.69 [a] |
| 8 | 10:25:25 | 40 | 0.75 | 48.30±0.38 [c] | 0.26±0.07 [c] | 11.86±0.53 [a] |
| 9 | 10:20:20 | 50 | 0 | 47.34±0.26 [c] | 0.34±0.08 [c] | 12.23±0.52 [a] |
| 10 | 10:20:20 | 50 | 0.75 | 48.00±0.31 [c] | 0.28±0.08 [c] | 11.93±0.39 [a] |

[a, b, c] หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$); N=5

จากการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการวัดค่าแรงดึงจนขาดของเส้นกวยจั๊บอุบลที่อัตราส่วนของแป้งแก่นตะวันแตกต่างกัน พบว่าปริมาณของแป้งแก่นตะวันที่ทดแทนในผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลมีผลต่อค่าแรงดึงของเส้นกวยจั๊บ แสดงดังตารางที่ 11 จากการศึกษาพบว่าสิ่งทดลองที่ 1 และ2 ที่มีอัตราส่วนของแป้งแก่นตะวันร้อยละ 10 ไม่มีความแตกต่างกับ control ที่ไม่ได้เติมแป้งแก่นตะวันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบสิ่งทดลองที่มีอัตราส่วนของแป้งแก่นตะวันตั้งแต่ร้อยละ 20-40 มีผลทำให้เส้นกวยจั๊บขาดง่าย จึงมีค่าแรงดึงที่ต่ำ ในขณะที่สิ่งทดลองที่มีแป้งแก่นตะวันร้อยละ 50 ไม่สามารถวัดค่าแรงดึงของเส้นได้ นอกจากนั้นยังพบว่าเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ส่งผลทำให้เส้นมีความเหนียวมากขึ้นเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองที่ไม่ได้เติมกัวร์กัม เนื่องจากเมื่อเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีอัตราส่วนของแป้งแก่นตะวันมากเมื่อนำไปต้มสุกเส้นจะเละและขาดง่ายเป็นเพราะว่าแป้งแก่นตะวันไม่มีส่วนประกอบของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินหรือมีอยู่ในปริมาณน้อยโดยส่วนใหญ่ส่วนประกอบของแป้งแก่นตะวันจะเป็นใยอาหาร ทำให้เส้นไม่มีความเหนียวและขาดได้ง่าย

**ตารางที่ 11** ค่าแรงดึงจนเส้นขาด (pull to break) หรือความเหนียวของเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีอัตราส่วนแป้งแก่นตะวันแตกต่างกัน

| สิ่งทดลอง | อัตราส่วนที่ใช้ WF:RF:TF | แป้งแก่นตะวัน | สารไฮโดรคอลลอยด์ | Maximun load (N) |
|---|---|---|---|---|
| control | 10:45:45 | 0 | 0 | 0.0409±0.0029 [a] |
| 1 | 10:40:40 | 10 | 0 | 0.0394±0.0039 [a] |
| 2 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 0.0402±0.0035 [a] |
| 3 | 10:35:35 | 20 | 0 | 0.0283±0.0048 [b] |
| 4 | 10:35:35 | 20 | 0.75 | 0.0298±0.0043 [b] |
| 5 | 10:30:30 | 30 | 0 | 0.0151±0.0030 [c] |
| 6 | 10:30:30 | 30 | 0.75 | 0.0165±0.0047 [c] |
| 7 | 10:25:25 | 40 | 0 | 0.0059±0.0011 [d] |
| 8 | 10:25:25 | 40 | 0.75 | 0.0093±0.0007 [d] |
| 9 | 10:20:20 | 50 | 0 | ND |
| 10 | 10:20:20 | 50 | 0.75 | ND |

[a,b,c,d] หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$); N=5

ส่วนการศึกษาคุณภาพของเส้นกวยจั๊บอุบลหลังการทำสุก โดยยศึกษาเวลาในการต้มสุก (cooking time) ร้อยละของผลผลิตที่ได้ (cooking yield) ร้อยละของการสูญเสีย (cooking loss) และร้อยละของการดูดซับน้ำ (Absorption) พบว่าเส้นกวยจั๊บอุบลที่เติมแป้งแก่นตะวันร้อยละ 10 และ 20 ใช้เวลาในการต้มให้สุกอยู่ระหว่าง 5.16 – 5.30 นาที ซึ่งไม่แตกต่างกับเส้นกวยจั๊บอุบลสูตรควบคุมที่ใช้เวลาในการต้ม 5.26 นาที แต่จากการศึกษาพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแป้งแก่นตะวันตั้งแต่ร้อยละ 30 – 50 มีผลต่อเวลาในการต้มสุกทำให้เส้นกวยจั๊บสุกเร็วขึ้น โดยใช้เวลาประมาณ 3.21-4.00 นาที และพบว่าสูตรที่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์จะสุกเร็วขึ้นเนื่องจากสามารถดูดซับน้ำได้ดี ทำให้น้ำร้อนซึมเข้าไปภายในเส้นกวยจั๊บได้เร็วขึ้นจึงสุกเร็วขึ้น โดยเมื่อพิจารณาจากการศึกษาค่าอื่นๆ พบว่าร้อยละของผลผลิตที่ได้จะแปรผกผันกันกับร้อยละของการสูญเสียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าเส้นกวยจั๊บอุบลที่เติมแป้งแก่นตะวันร้อยละ 10 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับเส้นกวยจั๊บอุบลที่ไม่ได้เติมแป้งแก่นตะวัน (control) ในขณะที่เส้นกวยจั๊บอุบลที่มีอัตราส่วนของแป้งแก่นตะวันเพิ่มขึ้นจะมีร้อยละของผลผลิตที่ต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจะแปรผกผันกับร้อยละการสูญเสีย ซึ่งพบว่าเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีการเติมแป้งแก่นตะวันในปริมาณที่มากขึ้นทำให้มีการสูญเสียในขณะต้มมากขึ้น เนื่องจากในแป้งแก่นตะวันมีองค์ประกอบของสารอินนูลินซึ่งสามารถละลายน้ำได้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับค่าร้อยละการดูดซับน้ำที่เป็นไปในทำนองเดียวกันกับค่าร้อยละของผลผลิตที่ได้ คือเมื่อเส้นกวยจั๊บมีการดูดน้ำมากขึ้นส่งผลให้เส้นมีน้ำหนักมากขึ้น (ตารางที่ 12)

**ตารางที่ 12** คุณภาพหลังทำสุกของเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีอัตราส่วนแป้งแก่นตะวันแตกต่างกัน

| สิ่งทดลอง | อัตราส่วนที่ใช้ WF:RF:TF | แป้งแก่นตะวัน | สารไฮโดรคอลลอยด์ | Cooking Time | %Cooking Yield | %Cooking Loss | %Adsorption |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| control | 10:45:45 | 0 | 0 | 5.26±0.18 [a] | 190.53±3.95 [a] | 4.79±0.73 [c] | 90.53±3.95 [a] |
| 1 | 10:40:40 | 10 | 0 | 5.30±0.00 [a] | 188.30±8.21 [a] | 4.75±0.40 [c] | 88.30±8.21 [a] |
| 2 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 5.30±0.00 [a] | 191.69±5.42 [a] | 4.71±0.62 [c] | 91.69±5.42 [a] |
| 3 | 10:35:35 | 20 | 0 | 5.24±0.06 [a] | 180.58±5.11 [b] | 5.47±0.53 [c] | 80.58±5.11 [b] |
| 4 | 10:35:35 | 20 | 0.75 | 5.16±0.10 [a] | 181.33±4.52 [b] | 5.71±0.80 [c] | 81.33±4.52 [b] |
| 5 | 10:30:30 | 30 | 0 | 4.00±0.00 [b] | 177.71±6.23 [b] | 7.63±0.95 [b] | 77.71±6.23 [b] |
| 6 | 10:30:30 | 30 | 0.75 | 3.70±0.04 [bc] | 176.27±3.89 [b] | 7.91±0.68 [b] | 76.27±3.89 [b] |
| 7 | 10:25:25 | 40 | 0 | 3.30±0.00 [c] | 137.90±2.62 [c] | 11.98±0.80 [a] | 37.90±2.62 [c] |
| 8 | 10:25:25 | 40 | 0.75 | 3.26±0.06 [c] | 135.35±5.09 [c] | 12.22±0.54 [a] | 35.35±5.09 [c] |
| 9 | 10:20:20 | 50 | 0 | 3.30±0.01 [c] | 108.51±3.73 [d] | 12.90±0.56 [a] | 8.51±3.73 [d] |
| 10 | 10:20:20 | 50 | 0.75 | 3.21±0.01 [c] | 104.68±1.96 [d] | 13.06±0.68 [a] | 4.68±1.96 [d] |

[a,b,c,d] หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$); N=5

ผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบการให้คะแนน 9-point Hedonic Scale ของเส้นกวยจั๊บอุบลที่เติมแป้งแก่นตะวันและสารไฮโดรคอลลอยด์ แสดงดังตารางที่ 13 พบว่าเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีอัตราส่วนของแป้งแก่นตะวันเพิ่มขึ้นมีผลต่อความชอบด้านสีที่ลดลงตามลำดับ เนื่องจากเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีการเติมแป้งแก่นตะวันในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เส้นกวยจั๊บมีสีที่เข้มขึ้น ส่วนค่าคะแนนความชอบด้านกลิ่นและด้านรสชาติมีค่าคะแนนความชอบลดลง เนื่องจากแป้งแก่นตะวันมีกลิ่นเฉพาะตัวมีรสชาติหวานเล็กน้อย ทำให้เส้นกวยจั๊บอุบลที่เติมแป้งแก่นตะวันมีกลิ่นและรสชาติที่เปลี่ยนไปจากสูตรควบคุม ยิ่งถ้ามีอัตราส่วนของแป้งแก่นตะวันมากจะยิ่งมีคะแนนความชอบน้อยลง เช่นเดียวกับค่าคะแนนด้านเนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม) มีแนวโน้มลดต่ำลงเนื่องจากเส้นกวยจั๊บอุบลที่เติมแป้งแก่นตะวันในอัตราส่วนที่สูงจะส่งผลให้เนื้อสัมผัสของเส้นกวยจั๊บอุบลมีลักษณะเละและเปื่อยยุ่ย โดยเฉพาะเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีการเติมแป้งแก่นตะวันในอัตราส่วนร้อยละ 40-50 จึงส่งผลให้ค่าคะแนนความชอบโดยรวมของเส้นกวยจั๊บอุบลที่เติมแป้งแก่นตะวันมีแนวโน้มลดลง จากผลการทดลองพบว่าสารไฮโดรคอลลอยด์ไม่มีผลต่อการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส

**ตารางที่ 13** การประเมินทางประสาทสัมผัสของเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีอัตราส่วนแป้งแก่นตะวันแตกต่างกัน

| สิ่งทดลอง | WF:RF:TF | แป้งแก่นตะวัน | สารไฮโดรคอลลอยด์ | สี | กลิ่น | รสชาติ | เนื้อสัมผัส | ความชอบโดยรวม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1(control) | 10:45:45 | 0 | 0 | 7.75±0.937$^{a}$ | 7.67±0.899$^{a}$ | 7.76±0.867$^{a}$ | 7.86±0.990$^{a}$ | 7.87±1.231$^{a}$ |
| 2 | 10:40:40 | 10 | 0 | 7.44±0.877$^{a}$ | 6.94±1.393$^{b}$ | 7.17±1.056$^{a}$ | 7.33±1.095$^{a}$ | 7.33±1.095$^{a}$ |
| 3 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 7.39±1.358$^{a}$ | 6.89±1.450$^{b}$ | 7.28±1.301$^{a}$ | 7.08±1.402$^{a}$ | 7.17±1.298$^{a}$ |
| 4 | 10:35:35 | 20 | 0 | 6.17±1.595$^{b}$ | 5.64±1.496$^{c}$ | 5.97±1.732$^{b}$ | 5.47±2.021$^{b}$ | 6.71±1.612$^{b}$ |
| 5 | 10:35:35 | 20 | 0.75 | 6.14±1.570$^{b}$ | 5.75±1.779$^{c}$ | 5.83±1.665$^{b}$ | 5.61±1.745$^{b}$ | 6.11±1.526$^{b}$ |
| 6 | 10:30:30 | 30 | 0 | 5.14±1.775$^{c}$ | 5.17±1.502$^{cd}$ | 5.41±1.477$^{c}$ | 4.97±1.715$^{c}$ | 5.42±1.574$^{c}$ |
| 7 | 10:30:30 | 30 | 0.75 | 4.94±1.638$^{cd}$ | 5.00±1.604$^{de}$ | 4.92±1.962$^{c}$ | 4.61±1.626$^{cd}$ | 4.92±1.682$^{cd}$ |
| 8 | 10:25:25 | 40 | 0 | 4.81±1.687$^{cde}$ | 4.83±1.859$^{def}$ | 4.50±1.715$^{cd}$ | 4.22±2.016$^{de}$ | 4.75±1.873$^{de}$ |
| 9 | 10:25:25 | 40 | 0.75 | 4.39±1.728$^{de}$ | 4.61±1.931$^{def}$ | 4.50±2.184$^{cd}$ | 4.00±1.852$^{def}$ | 4.47±1.797$^{d}$ |
| 10 | 10:20:20 | 50 | 0 | 4.22±1.758$^{e}$ | 4.22±1.709$^{f}$ | 3.86±1.659$^{d}$ | 3.42±1.730$^{f}$ | 4.31±1.687$^{e}$ |
| 11 | 10:20:20 | 50 | 0.75 | 4.36±1.588$^{de}$ | 4.39±1.745$^{ef}$ | 4.19±1.880$^{d}$ | 3.75±1.842$^{ef}$ | 4.42±1.811$^{de}$ |

$^{a,b,c,d,e,f}$ หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$); N=5

การศึกษาผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลที่มีอัตราส่วนของแป้งแก่นตะวันที่แตกต่างกันร่วมกับการเติมและไม่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ พบว่าเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีการเติมแป้งแก่นตะวันในอัตราส่วนร้อยละ 10 ทั้งแบบเติมและไม่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์มีค่าทางกายภาพทั้งค่าสี ความเหนียวนุ่ม คุณภาพหลังการต้มสุก รวมทั้งผลการประเมินทางประสาทสัมผัสไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเส้นกวยจั๊บอุบลสูตรควบคุมที่ไม่ได้เติมแป้งแก่นตะวัน ดังนั้นจึงเลือกเส้นกวยจั๊บที่มีการเติมแป้งแก่นตะวันร้อยละ 10 ทั้งแบบเติมและไม่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ เพื่อศึกษาในกระบวนการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปต่อไป

## 5. การศึกษากระบวนผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป

การศึกษากระบวนการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปโดยใช้สภาวะในการอบเส้นกวยจั๊บอุบลที่แตกต่างกันคือ ใช้อุณหภูมิ 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3, 2.5, 1.5 และ 1 ชั่วโมง ตามลำดับ เพื่อศึกษากระบวนการผลิตที่เหมาะสมจากการศึกษาพบว่าเส้นกวยจั๊บที่ได้มีความชื้นไม่แตกต่างกัน ซึ่งมีค่าความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 10.58 -12.11 (ตารางที่ 14)

การศึกษาค่าสีในระบบ L*a*b* ของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่ใช้สภาวะในการอบแตกต่างกัน พบว่าเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีการเติมแป้งแก่นตะวันทั้งแบบเติมกัวร์กัมและไม่เติมมีค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างกับเส้นกวยจั๊บที่ไม่ได้เติมแป้งแก่นตะวัน แสดงดังตารางที่ 15 โดยพบว่าการเติมแป้งแก่นตะวันจะส่งผลให้ความสว่างของเส้นกวยจั๊บอุบลลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นเนื่องจากเป็นสีของแป้งแก่นตะวันที่มีสีเหลืองอ่อน

**ตารางที่ 14** ความชื้นของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่สภาวะการผลิตแตกต่างกัน

| สูตร | อุณหภูมิ (°C) | อัตราส่วนที่ใช้ WF:RF:TF | แป้งแก่นตะวัน | สารไฮโดรคอลลอยด์ | ความชื้น (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| control | 50 | 10:45:45 | 0 | 0 | 12.11±0.31 [a] |
| | 60 | 10:45:45 | 0 | 0 | 11.63±0.07 [a] |
| | 70 | 10:45:45 | 0 | 0 | 10.58±0.22 [a] |
| | 80 | 10:45:45 | 0 | 0 | 11.66±0.61 [a] |
| 1 | 50 | 10:40:40 | 10 | 0 | 11.68±0.09 [a] |
| | 60 | 10:40:40 | 10 | 0 | 11.47 ±0.11 [a] |
| | 70 | 10:40:40 | 10 | 0 | 10.83 ±0.14 [a] |
| | 80 | 10:40:40 | 10 | 0 | 12.03 ±0.04 [a] |
| 2 | 50 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 11.75 ±0.51 [a] |
| | 60 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 11.51 ±0.47 [a] |
| | 70 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 11.06 ±0.37 [a] |
| | 80 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 11.79 ±0.53 [a] |

[a] หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$); N=5

control=สูตรควบคุม; 1=แป้งแก่นตะวันร้อยละ10; 2=แป้งแก่นตะวันร้อยละ10 สารไฮโดรคอลลอยด์ร้อยละ0.75

**ตารางที่ 15** ค่าสีในระบบ L*a*b* ของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่สภาวะการผลิตแตกต่างกัน

| สูตร | อุณหภูมิ (°C) | อัตราส่วนที่ใช้ WF:RF:TF | แป้งแก่นตะวัน | สารไฮโดรคอลลอยด์ | ค่าสีระบบ Lab | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | L* | a* | b* |
| control | 50 | 10:45:45 | 0 | 0 | 64.21±0.84 [a] | -1.80±0.07 [a] | 1.89±1.78 [b] |
| | 60 | 10:45:45 | 0 | 0 | 65.45±0.43 [a] | -1.77±0.05 [a] | 1.77±0.87 [b] |
| | 70 | 10:45:45 | 0 | 0 | 65.80±0.53 [a] | -1.91±0.11 [a] | 1.84±0.76 [b] |
| | 80 | 10:45:45 | 0 | 0 | 65.69±0.53 [a] | -1.78±0.06 [a] | 1.91±1.14 [b] |
| 1 | 50 | 10:40:40 | 10 | 0 | 60.07±0.40 [b] | -1.85±0.12 [a] | 4.43±0.85 [a] |
| | 60 | 10:40:40 | 10 | 0 | 60.10±0.07 [b] | -1.94±0.11 [a] | 4.33±0.26 [a] |
| | 70 | 10:40:40 | 10 | 0 | 59.84±0.88 [b] | -1.85±0.06 [a] | 4.61±0.47 [a] |
| | 80 | 10:40:40 | 10 | 0 | 60.04±0.67 [b] | -1.95±0.05 [a] | 4.83±0.12 [a] |
| 2 | 50 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 58.57±0.70 [b] | -1.80±0.11 [a] | 4.78±0.55 [a] |
| | 60 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 60.65±0.17 [b] | -1.76±0.15 [a] | 4.93±0.26 [a] |
| | 70 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 60.83±0.78 [b] | -1.92±0.09 [a] | 4.72±0.47 [a] |
| | 80 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 59.04±0.68 [b] | -1.88±0.13 [a] | 5.11±0.12 [a] |

[a,b] หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$); N=5

control= สูตรควบคุม; 1= แป้งแก่นตะวันร้อยละ 10; 2= แป้งแก่นตะวันร้อยละ 10 สารไฮโดรคอลลอยด์ร้อยละ 0.75

สำหรับการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) โดยใช้เส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่มีการเติมแป้งแก่นตะวันทั้งแบบเติมและไม่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ซึ่งวิเคราะห์แรงดึงจนขาด (Pull to break)เปรียบเสมือนความมเหนียวของเส้น แสดงดังตารางที่ 16 พบว่าเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ มีค่าแรงดึงซึ่งแสดงถึงความเหนียวของเส้นกวยจั๊บอุบลไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม เนื่องจากเส้นกวยจั๊บอุบลที่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์มีผลต่อความเหนียวนุ่มของเส้นกวยจั๊บที่ผ่านกระบวนการผลิตเป็นเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป จึงส่งผลให้เส้นกวยจั๊บทที่ได้มีค่าแรงดึงมากกว่าเส้นกวยจั๊บอุบลที่ไม่ได้เติมสารไฮโดรคอลลอยด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**ตารางที่ 16** ความเหนียวของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่สภาวะการผลิตแตกต่างกัน

| สูตร | อุณหภูมิ (°C) | อัตราส่วนที่ใช้ WF:RF:TF | แป้งแก่นตะวัน | สารไฮโดรคอลลอยด์ | Maximun load (N) |
|---|---|---|---|---|---|
| control | 50 | 10:45:45 | 0 | 0 | 0.1762±0.0029 [a] |
| | 60 | 10:45:45 | 0 | 0 | 0.1844±0.0039 [a] |
| | 70 | 10:45:45 | 0 | 0 | 0.1805±0.0035 [a] |
| | 80 | 10:45:45 | 0 | 0 | 0.1786±0.0048 [a] |
| 1 | 50 | 10:40:40 | 10 | 0 | 0.0816±0.0043 [b] |
| | 60 | 10:40:40 | 10 | 0 | 0.0834±0.0030 [b] |
| | 70 | 10:40:40 | 10 | 0 | 0.0822±0.0047 [b] |
| | 80 | 10:40:40 | 10 | 0 | 0.0798±0.0011 [b] |
| 2 | 50 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 0.1654±0.0007 [a] |
| | 60 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 0.1696±0.0047 [a] |
| | 70 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 0.1622±0.0011 [a] |
| | 80 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 0.1503±0.0007 [a] |

[a,b] หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$); N=5

control= สูตรควบคุม; 1= แป้งแก่นตะวันร้อยละ 10; 2= แป้งแก่นตะวันร้อยละ 10 สารไฮโดรคอลลอยด์ร้อยละ 0.75

ส่วนคุณภาพหลังการทำสุกของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่ใช้อุณหภูมิและเวลาแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 17 พบว่าเวลาในการต้มสุก (cooking time) ร้อยละของผลผลิตที่ได้ (cooking yield) ร้อยละของการสูญเสีย (cooking loss) และร้อยละของการดูดซับน้ำ (Absorption) ของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปทั้ง 3 สูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางทางสถิติ โดยมีค่าเวลาในการต้มสุก 5.05 – 5.30 นาที ที่ทำให้เส้นคืนรูปกลับได้ในน้ำร้อน ค่าร้อยละของผลผลิตที่ได้ มีค่าร้อยละ 246.75 - 269.50 ส่วนร้อยละของการสูญเสีย มีค่าอยู่ระหว่าง 4.02 -4.81 รวมทั้งร้อยละของการดูดซับน้ำก็มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน เนื่องจากเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปผ่านการให้ความร้อนจนเส้นสุกและมีความชื้นที่ไม่แตกต่าง

กัน จึงทำให้คุณภาพหลังการต้มสุกของผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปไม่แตกต่างกัน แสดงว่าสภาวะการผลิตที่แตกต่างกันของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปไม่มีผลต่อคุณภาพหลังการทำสุก

**ตารางที่ 17** คุณภาพหลังการทำสุกของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่สภาวะการผลิตแตกต่างกัน

| สูตร | อุณหภูมิ (°C) | อัตราส่วนที่ใช้ WF:RF:TF | แป้งแก่นตะวัน | สารไฮโดรคอลลอยด์ | Cooking Time | %Cooking Yield | %Cooking Loss | %Adsorbtion |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| control | 50 | 10:45:45 | 0 | 0 | 5.05±0.00 [a] | 246.75±8.53 [a] | 4.13±0.45 [a] | 154.75±0.95 [a] |
| | 60 | 10:45:45 | 0 | 0 | 5.30±0.00 [a] | 256.84±9.65 [a] | 4.04±0.52 [a] | 155.41±0.77 [a] |
| | 70 | 10:45:45 | 0 | 0 | 5.30±0.00 [a] | 250.04±6.68 [a] | 4.81±0.33 [a] | 158.46±0.65 [a] |
| | 80 | 10:45:45 | 0 | 0 | 5.30±0.00 [a] | 249.54±11.05 [a] | 4.13±0.51 [a] | 153.19±0.43 [a] |
| 1 | 50 | 10:40:40 | 10 | 0 | 5.20±0.00 [a] | 262.67±6.65 [a] | 4.06±0.92 [a] | 164.31±0.16 [a] |
| | 60 | 10:40:40 | 10 | 0 | 5.05±0.00 [a] | 266.58±7.04 [a] | 4.01±0.08 [a] | 166.18±0.40 [a] |
| | 70 | 10:40:40 | 10 | 0 | 5.30±0.00 [a] | 267.19±9.58 [a] | 4.45±0.42 [a] | 166.34±0.17 [a] |
| | 80 | 10:40:40 | 10 | 0 | 5.20±0.00 [a] | 265.44±6.59 [a] | 4.56±0.37 [a] | 163.11±0.50 [a] |
| 2 | 50 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 5.20±0.00 [a] | 268.27±11.52 [a] | 4.50±0.18 [a] | 168.35±0.97 [a] |
| | 60 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 5.20±0.00 [a] | 269.50±10.07 [a] | 4.02±0.34 [a] | 169.72±0.62 [a] |
| | 70 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 5.00±0.00 [a] | 266.45±9.93 [a] | 4.21±0.59 [a] | 166.42±0.55 [a] |
| | 80 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 5.00±0.00 [a] | 268.10±8.59 [a] | 4.16±0.69 [a] | 167.83±0.73 [a] |

[a]หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$); N=5

control= สูตรควบคุม; 1= แป้งแก่นตะวันร้อยละ 10; 2= แป้งแก่นตะวันร้อยละ 10 สารไฮโดรคอลลอยด์ร้อยละ 0.75

ส่วนผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบการให้คะแนน 9-point Hedonic Scale ของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่เติมแป้งแก่นตะวันร้อยละ 10 เปรียบเทียบการเติมและไม่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้สภาวะในการผลิตแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 18 พบว่าคะแนนความชอบด้านสีของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่เติมแป้งแก่นตะวันและสูตรควบคุมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่คะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่เติมแป้งแก่นตะวันร้อยละ 10 และมีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์และไม่เติม พบว่ามีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันแต่แตกต่างจากสูตรควบคุม ซึ่งคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมก็มีผลไปในทำนองเดียวกัน แต่จากผลการประเมินพบว่าเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่เติมแป้งแก่นตะวันและสารไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้สภาวะในการผลิตทที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบสูงกว่าสภาวะอื่นๆ (7.51) และไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (7.37)

**ตารางที่ 18** การยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่สภาวะการผลิตแตกต่างกัน

| สูตร | อุณหภูมิ (°C) | อัตราส่วนที่ใช้ WF:RF:TF | แป้งแก่นตะวัน | สารไฮโดรคอลลอยด์ | สี | กลิ่น | รสชาติ | เนื้อสัมผัส | ความชอบโดยรวม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| control | 50 | 10:45:45 | 0 | 0 | 7.51±0.96 $^{a}$ | 7.67±0.91$^{a}$ | 7.36±0.87$^{a}$ | 7.86±0.90 $^{a}$ | 7.37±1.21$^{a}$ |
| | 60 | 10:45:45 | 0 | 0 | 7.44±0.47 $^{a}$ | 7.94±1.54 $^{a}$ | 7.67±1.56$^{a}$ | 7.53±1.95$^{a}$ | 8.23±1.05 $^{a}$ |
| | 70 | 10:45:45 | 0 | 0 | 7.39±0.67 $^{a}$ | 7.89±1.60 $^{a}$ | 7.28±1.31$^{a}$ | 7.58±1.02 $^{a}$ | 7.67±1.28 $^{a}$ |
| | 80 | 10:45:45 | 0 | 0 | 7.67±0.81 $^{a}$ | 6.64±1.96 $^{ab}$ | 5.37±1.72 $^{b}$ | 5.47±2.21 $^{bc}$ | 6.11±1.12 $^{b}$ |
| 1 | 50 | 10:40:40 | 10 | 0 | 6.64±0.77 $^{a}$ | 5.75±1.49$^{b}$ | 5.83±1.65 $^{b}$ | 6.31±1.45 $^{b}$ | 6.11±1.26 $^{b}$ |
| | 60 | 10:40:40 | 10 | 0 | 7.14±0.39 $^{a}$ | 6.17±1.52 $^{b}$ | 5.41±1.77 $^{b}$ | 6.27±1.75 $^{b}$ | 6.42±1.54$^{b}$ |
| | 70 | 10:40:40 | 10 | 0 | 6.94±0.83 $^{a}$ | 6.00±1.24 $^{b}$ | 5.92±1.62 $^{b}$ | 6.11±1.26 $^{b}$ | 6.36±1.62$^{b}$ |
| | 80 | 10:40:40 | 10 | 0 | 6.81±1.67 $^{a}$ | 5.83±1.93 $^{b}$ | 5.50±1.15 $^{b}$ | 5.32±2.16$^{bc}$ | 5.75±1.73 $^{b}$ |
| 2 | 50 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 6.39±1.28 $^{a}$ | 5.61±1.71 $^{b}$ | 5.50±2.14 $^{b}$ | 6.00±1.52$^{b}$ | 5.47±1.77 $^{b}$ |
| | 60 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 6.92±1.58 $^{a}$ | 7.32±1.09 $^{a}$ | 7.46±1.59 $^{a}$ | 7.42±1.30 $^{a}$ | 7.51±1.67$^{a}$ |
| | 70 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 6.36±1.58 $^{a}$ | 6.89±1.45 $^{ab}$ | 6.19±1.80 $^{b}$ | 6.35±1.42$^{b}$ | 6.12±1.11 $^{b}$ |
| | 80 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 6.81±1.67 $^{a}$ | 5.83±1.59 $^{b}$ | 5.50±1.75 $^{b}$ | 4.62±2.16$^{c}$ | 5.35±1.73$^{b}$ |

$^{a-b}$หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$); N=5

control= สูตรควบคุม; 1= แป้งแก่นตะวันร้อยละ 10; 2= แป้งแก่นตะวันร้อยละ 10 สารไฮโดรคอลลอยด์ร้อยละ 0.75

จากการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป พบว่าผู้บริโภคให้การยอมเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป ที่มีแป้งแก่นตะวันร้อยละ 10 และมีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ร้อยละ 0.75 โดยใช้อุณหภูมิในการอบ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2ชั่วโมง 30 นาที โดยส่งผลให้เส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปมีค่าความชื้น ความเหนียวนุ่ม และคุณภาพหลังการทำสุกไม่แตกต่างจากเส้นกวยจั๊บสูตรควบคุม รวมทั้งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

**6. การศึกษาการคืนตัวของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป**

การศึกษาการคืนตัวของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปโดยมีวิธีการคืนรูป 2 วิธี คือ การเติมน้ำร้อนเป็นเวลา 3, 5 และ 7 นาที และการให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟเป็นเวลา 3, 5 และ 7 นาที เพื่อให้เหมาะต่อการคืนตัวของเส้นกวยจั๊บและเหมาะสำหรับทางการค้า จากการศึกษาพบว่าเมื่อนำเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปมาคืนตัวตามวิธีดังกล่าวแล้วนำไปวัดค่าสีในระบบ L*a*b* ผลแสดงดังตารางที่ 19 พบว่าเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่มีการเติมแป้งแก่นตะวันมีความสว่างน้อยกว่าเส้นกวยจั๊บอุบลที่ไม่ได้เติมแป้งแก่นตะวัน แต่จากการศึกษาพบว่าเส้นกวยจั๊บสูตรเดียวกันแต่ใช้วิธีการคืนตัวและเวลาในการคืนตัวแตกต่างกันไม่มีผลต่อค่าสีของเส้นกวยจั๊บอุบล ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a*) ของเส้นกวยจั๊บอุบลที่เติมแป้งแก่นตะวันและไม่เติมแป้งแก่นตะวันไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของเส้นกวยจั๊บอุบลที่เติมแป้งแก่นตะวันมีค่าสูงกว่าเส้นกวยจั๊บอุบลที่ไม่ได้เติมแป้งแก่นตะวัน เนื่องจากแป้งแก่นตะวันจะมีสีเหลืองอ่อน ดังนั้นเมื่อเติมลงไปทดแทนแป้งมันและแป้งข้าวเจ้าจึงทำให้มีความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น

**ตารางที่ 19** ค่าสีระบบ L*a*b* ของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยวิธีและเวลาที่แตกต่างกัน

| สิ่งทดลอง | วิธีการคืนตัว | เวลา (นาที) | อัตราส่วนที่ใช้ WF:RF:TF | แป้งแก่นตะวัน | สารไฮโดรคอลลอยด์ | ค่าสีระบบ L*a*b* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | L* | a* | b* |
| control | น้ำร้อน | 3 | 10:45:45 | 0 | 0 | 63.21±0.94 [a] | -1.88±0.27 [a] | 1.89±1.78 [b] |
| | | 5 | 10:45:45 | 0 | 0 | 64.45±0.23 [a] | -1.87±0.25 [a] | 1.77±0.87 [b] |
| | | 7 | 10:45:45 | 0 | 0 | 64.35±0.83 [a] | -1.81±0.18 [a] | 1.84±0.76 [b] |
| | ไมโครเวฟ | 3 | 10:45:45 | 0 | 0 | 64.19±0.63 [a] | -1.88±0.09 [a] | 1.91±1.14 [b] |
| | | 5 | 10:40:40 | 10 | 0 | 64.47±0.31 [a] | -1.85±0.12 [a] | 1.83±0.85 [b] |
| | | 7 | 10:40:40 | 10 | 0 | 64.80±0.77 [a] | -1.84±0.11 [a] | 1.93±0.26 [b] |
| 2 | น้ำร้อน | 3 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 58.84±0.88 [b] | -1.85±0.06 [a] | 4.81±0.47 [a] |
| | | 5 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 59.14±0.57 [b] | -1.95±0.26 [a] | 4.73±0.32 [a] |
| | | 7 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 59.57±0.63 [b] | -1.90±0.18 [a] | 4.88±0.35 [a] |
| | ไมโครเวฟ | 3 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 60.25±0.57 [b] | -1.96±0.15 [a] | 4.94±0.16 [a] |
| | | 5 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 60.13±0.98 [b] | -1.92±0.29 [a] | 4.72±0.47 [a] |
| | | 7 | 10:40:40 | 10 | 0,75 | 59.44±0.58 [b] | -1.94±0.23 [a] | 4.11±0.12 [a] |

[a,b]หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$); N=5

control= สูตรควบคุม; 2= แป้งแก่นตะวันร้อยละ 10 สารไฮโดรคอลลอยด์ร้อยละ 0.75

สำหรับการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปโดยมีวิธีการคืนตัว 2 วิธี คือ การเติมน้ำร้อนเป็นเวลา 3, 5 และ 7 นาที และการให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟเป็นเวลา 3, 5 และ 7 นาที แสดงดังตารางที่ 20 พบว่าเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยน้ำร้อน 3 นาทีมีค่าแรงดึงสูงที่สุด ซึ่งแสดงถึงความเหนียวของเส้นมีค่าสูงที่สุด มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1722-0.1762 N ซึ่งแตกต่างกันกับเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปทที่คืนตัวดเวยการให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟซึ่งมีค่าแรงดึงอยู่ระหว่าง 0.0896-0.0986 N และยังพบว่าเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยน้ำร้อนเป็นเวลา 5 และ 7 นาที ไม่มีความแตกต่างกันกับการให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟเวลา 3 และ 5 นาที ในขณะที่ค่าแรงดึงของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปทั้ง 2 สูตร ที่ให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟเวลา 7 นาที ส่งผลให้เส้นมีค่าแรงดึงที่ต่ำ เนื่องจากเส้นกวยจั๊บสุกเกินไปซึ่งเส้นจะดูดน้ำเข้าไปภายในมากทำให้มีลักษณะเปื่อยยุ่ยได้ง่าย และส่งผลให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่ดี

ส่วนการศึกษาคุณภาพหลังการต้มสุกของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปโดยมีวิธีการคืนตัว 2 วิธี คือ การเติมน้ำร้อนเป็นเวลา 3, 5 และ 7 นาที และการให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟเป็นเวลา 3, 5 และ 7 นาที แสดงดังตารางที่ 21 พบว่าเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่มีการเติมแป้งแก่นตะวันและไม่เติมแป้งแก่นตะวันมีคุณภาพหลังการต้มสุกที่ไม่แตกต่างกันทั้งร้อยละของผลผลิตที่ได้ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 254.19 – 266.45 และค่าร้อยละของการสูญเสีย อยู่ระหว่างร้อยละ 3.13 – 3.66 รวมทั้งค่าร้อยละของ

การดูดซับน้ำซึ่งมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 163.31 – 167.62 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีการในการคืนตัวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป

**ตารางที่ 20** ความเหนียวของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยวิธีและเวลาที่แตกต่างกัน

| สิ่งทดลอง | วิธีการคืนตัว | เวลา (นาที) | อัตราส่วนที่ใช้ WF:RF:TF | แป้งแก่นตะวัน | สารไฮโดรคอลลอยด์ | Maximun load (N) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| control | น้ำร้อน | 3 | 10:45:45 | 0 | 0 | 0.1762±0.0029 [a] |
| | | 5 | 10:45:45 | 0 | 0 | 0.0944±0.0049 [b] |
| | | 7 | 10:45:45 | 0 | 0 | 0.0905±0.0025 [b] |
| | ไมโครเวฟ | 3 | 10:45:45 | 0 | 0 | 0.0986±0.0038 [b] |
| | | 5 | 10:40:40 | 10 | 0 | 0.0816±0.0043 [b] |
| | | 7 | 10:40:40 | 10 | 0 | 0.0504±0.0030 [c] |
| 2 | น้ำร้อน | 3 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 0.1722±0.0037 [a] |
| | | 5 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 0.1098±0.0021 [b] |
| | | 7 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 0.0914±0.0027 [b] |
| | ไมโครเวฟ | 3 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 0.0896±0.0037 [b] |
| | | 5 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 0.0922±0.0012 [b] |
| | | 7 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 0.0463±0.0022 [c] |

[a,b,c] หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$); N=5

control= สูตรควบคุม; 2= แป้งแก่นตะวันร้อยละ 10 สารไฮโดรคอลลอยด์ร้อยละ 0.75

**ตารางที่ 21** คุณภาพหลังการทำสุกของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยวิธีและเวลาที่แตกต่างกัน

| สิ่งทดลอง | วิธีการคืนตัว | เวลา (นาที) | อัตราส่วนที่ใช้ WF:RF:TF | แป้งแก่นตะวัน | สารไฮโดรคอลลอยด์ | %Cooking Yield | %Cooking Loss | %Adsorbtion |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| control | น้ำร้อน | 3 | 10:45:45 | 0 | 0 | 258.75±8.33 [a] | 3.13±0.45 [a] | 166.45±0.96 [a] |
| | | 5 | 10:45:45 | 0 | 0 | 256.84±5.75 [a] | 3.44±0.52 [a] | 163.31±0.73 [a] |
| | | 7 | 10:45:45 | 0 | 0 | 257.04±6.68 [a] | 3.31±0.33 [a] | 165.66±0.64 [a] |
| | ไมโครเวฟ | 3 | 10:45:45 | 0 | 0 | 257.54±8.05 [a] | 3.53±0.51 [a] | 165.79±0.54 [a] |
| | | 5 | 10:40:40 | 10 | 0 | 259.67±5.65 [a] | 3.36±0.92 [a] | 166.51±0.54 [a] |
| | | 7 | 10:40:40 | 10 | 0 | 260.58±6.44 [a] | 3.61±0.08 [a] | 167.48±0.34 [a] |
| 2 | น้ำร้อน | 3 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 254.19±6.48 [a] | 3.65±0.42 [a] | 163.54±0.56 [a] |
| | | 5 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 258.44±5.79 [a] | 3.56±0.37 [a] | 164.81±0.50 [a] |
| | | 7 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 258.27±5.52 [a] | 3.40±0.18 [a] | 167.55±0.95 [a] |
| | ไมโครเวฟ | 3 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 262.50±6.07 [a] | 3.42±0.34 [a] | 169.72±0.63 [a] |
| | | 5 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 266.45±7.93 [a] | 3.21±0.59 [a] | 167.62±0.65 [a] |
| | | 7 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 265.10±6.79 [a] | 3.66±0.69 [a] | 167.53±0.77 [a] |

[a] หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$); N=5

control= สูตรควบคุม; 2= แป้งแก่นตะวันร้อยละ 10 สารไฮโดรคอลลอยด์ร้อยละ 0.75

การประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป แสดงดังตารางที่ 22 พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับด้านสีของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ค่าคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นพบว่าเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่เติมแป้งแก่นตะวันมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นที่ต่ำกว่าสูตรที่ไม่มีการเติมแป้งแก่นตะวัน เนื่องจากแป้งแก่นตะวันมีกลิ่นที่เฉพาะตัวอาจจะส่งผลให้ผู้บริโภคไม่คุ้นเคย สำหรับคะแนนความชอบด้านรสชาติและลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าเวลาในการให้ความร้อนและวิธีการให้ความร้อนมีผลต่อคุณภาพของเส้นกวยจั๊บอุบล เนื่องจากเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่ให้ความร้อนโดยใช้น้ำร้อน เป็นเวลา 3 นาที มีผลทำให้เส้นกวยจั๊บอุบลยังคืนตัวได้ไม่ดีส่งผลให้เส้นกวยจั๊บยังคงแข็งอยู่ทำให้มีคะแนนความชอบที่ต่ำถึงแม้จะมีค่าแรงดึงสูง ซึ่งแสดงถึงความเหนียวของเส้นกวยจั๊บที่สูงก็ตาม ในขณะเดียวกันการให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟที่เวลา 7 นาที ส่งผลให้มีคะแนนความชอบด้านรสชาติและลักษณะเนื้อสัมผัสที่ต่ำเช่นกัน เนื่องจากให้ความร้อนนานเกินไปส่งผลให้เส้นกวยจั๊บดูดน้ำเข้าไปภายในเส้นมากเกินไปจึงทำให้เส้นเปื่อยยุ่ย และเละได้ และยังพบว่าเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวโดยใช้น้ำร้อนเป็นเวลา 5 และ 7 นาที มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันกับการให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟเวลา 3 และ 5 นาที

**ตารางที่ 22** การยอมรับทางประสาทสัมผัสของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่คืนตัวด้วยวิธีและเวลาที่แตกต่างกัน

| สิ่งทดลอง | วิธีการคืนตัว | เวลา (นาที) | อัตราส่วนที่ใช้ WF:RF:TF | แป้งแก่นตะวัน | สารไฮโดรคอลลอยด์ | สี | กลิ่น | รสชาติ | ความเหนียวนุ่ม | ความชอบโดยรวม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| control | น้ำร้อน | 3 | 10:45:45 | 0 | 0 | 6.51±0.56 $^{a}$ | 6.97±0.91$^{a}$ | 5.36±0.47$^{b}$ | 5.16±1.90 $^{b}$ | 5.47±0.81$^{b}$ |
| | | 5 | 10:45:45 | 0 | 0 | 6.44±0.37 $^{a}$ | 7.04±0.54 $^{a}$ | 6.67±0.16$^{a}$ | 6.53±0.85$^{a}$ | 6.23±1.52 $^{a}$ |
| | | 7 | 10:45:45 | 0 | 0 | 7.19±0.67 $^{a}$ | 7.09±1.70 $^{a}$ | 6.58±0.71$^{a}$ | 6.48±1.02 $^{a}$ | 6.67±1.28 $^{a}$ |
| | ไมโครเวฟ | 3 | 10:45:45 | 0 | 0 | 6.87±0.11 $^{a}$ | 6.84±1.36 $^{ab}$ | 6.37±0.72 $^{a}$ | 6.47±1.01 $^{a}$ | 6.71±0.52 $^{a}$ |
| | | 5 | 10:40:40 | 10 | 0 | 6.64±0.07 $^{a}$ | 6.95±1.09 $^{a}$ | 6.83±0.85 $^{a}$ | 6.31±1.25 $^{a}$ | 6.51±0.46 $^{a}$ |
| | | 7 | 10:40:40 | 10 | 0 | 6.14±0.39 $^{a}$ | 6.17±0.52 $^{b}$ | 5.31±0.92$^{b}$ | 5.27±1.75$^{b}$ | 5.64±1.34$^{b}$ |
| 2 | น้ำร้อน | 3 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 6.94±0.83 $^{a}$ | 6.10±1.24 $^{b}$ | 5.52±1.20$^{b}$ | 5.24±0.86$^{b}$ | 5.26±1.22$^{b}$ |
| | | 5 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 6.81±1.67$^{a}$ | 5.83±1.93 $^{b}$ | 6.50±1.15 $^{a}$ | 6.32±1.56$^{a}$ | 6.75±0.73 $^{a}$ |
| | | 7 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 7.39±1.08 $^{a}$ | 5.61±1.71$^{b}$ | 6.68±1.04 $^{a}$ | 6.34±1.02$^{a}$ | 6.47±1.17 $^{a}$ |
| | ไมโครเวฟ | 3 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 6.92±1.56 $^{a}$ | 6.32±1.09$^{b}$ | 6.86±1.59 $^{a}$ | 6.42±1.30 $^{a}$ | 6.71±0.67$^{a}$ |
| | | 5 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 7.36±1.03 $^{a}$ | 6.49±0.55$^{b}$ | 6.75±1.30 $^{a}$ | 6.35±1.02$^{a}$ | 6.62±1.81 $^{a}$ |
| | | 7 | 10:40:40 | 10 | 0.75 | 6.81±0.67 $^{a}$ | 5.83±0.45$^{b}$ | 5.53±0.45$^{b}$ | 4.52±0.76$^{b}$ | 5.55±1.33$^{b}$ |

$^{a, b}$ หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$); N=5

control= สูตรควบคุม; 2= แป้งแก่นตะวันร้อยละ 10 สารไฮโดรคอลลอยด์ร้อยละ 0.75

**7. การศึกษาคุณภาพทางโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป**

จากการวิเคราะห์โครงสร้างภายนอกของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปเปรียบเทียบระหว่างเส้นกวยจั๊บสด ภาพที่ 8 (ก) และเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป ภาพที่ 8 (ข) จะเห็นได้ว่าขนาดของรูพรุนแตกต่างกันอย่างชัดเจน เส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นเส้นกึ่งสำเร็จรูปจะมีขนาดของรูพรุนใหญ่กว่าเส้นกวยจั๊บสด เนื่องจากมั้งกระบวนการต้มให้สุก แช่ในน้ำเย็น และแช่แข็งเพื่อให้แป้งเกิดรีโทรเกรชัน ก่อนนำไปอบแห้ง ส่งผลให้โครงสร้างของเส้นกวยจั๊บมีรูพรุนมาก เพื่อเพิ่ม

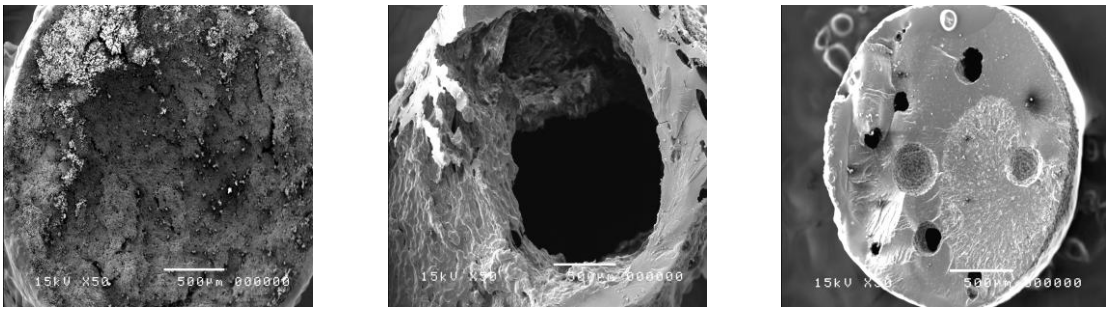
ความสามารถในการดูดซับน้ำและความสามารถในการคืนตัวของเส้นกวยจั๊บ การที่โครงสร้างมีรูพรุนมากจะทำให้ความสามารถในการดูดน้ำหรือคืนตัวมีมากขึ้น จะส่งผลต่อคุณภาพการทำสุกเส้นกวยจั๊บที่ทำให้ความสามารถในการดูดซับน้ำและร้อยละผลผลิตของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปมีค่า ส่วนเส้นแห้งทางการค้า ภาพที่ 8 (ค) พบว่าเส้นจะมีขนาดเล็กกว่าแต่โครงสร้างมีการเกาะตัวกันแน่นและมีรูอากาศที่เกิดจากกระบวนการผลิตอยู่บางส่วน ความเป็นรูพรุนของเส้นน้อยมาก ดังนั้นความสามารถในการดูดซับน้ำจึงต่ำด้วย ทำให้กระบวนการทำสุกของเส้นแห้งทางการค้า ต้องผ่านการแช่น้ำก่อนเป็นเวลา 20-30 นาที แล้วค่อยมาผ่านกระบวนการต้มสุกจึงสามารถรับประทานได้

สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของเส้นกวยจั๊บจากแป้งแก่นตะวันกึ่งสำเร็จรูป พบว่ามีปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 11.51 0.27 4.28 0.07 0.28 และ 95.42 ตามลำดับแสดงดังตารางที่ 23

**ตารางที่ 23** องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของเส้นกวยจั๊บอุบลจากแป้งแก่นตะวันกึ่งสำเร็จรูป

| องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (ร้อยละ) | เส้นกวยจั๊บอุบลจากแป้งแก่นตะวันกึ่งสำเร็จรูป |
|---|---|
| ความชื้น | 11.51±0.47[a] |
| เถ้า | 0.27±0.02[a] |
| โปรตีน | 4.28±0.02[a] |
| ไขมัน | 0.07±0.02[a] |
| เยื่อใย | 0.28±0.08[a] |
| คาร์โบไฮเดรต* | 95.42±0.00[a] |

หมายเหตุ : * ได้จากการคำนวณ



(ก) (ข) (ค)

**ภาพที่ 8** โครงสร้างภายนอกของเส้นกวยจั๊บอุบลที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM

(ก) คือ เส้นกวยจั๊บสด
(ข) คือ เส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป
(ค) คือ เส้นกวยจั๊บแห้งทางการค้า

# สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งแก่นตะวัน พบว่าแป้งแก่นตะวันมีส่วนประกอบหลักคือคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 82.36 โดยเป็นปริมาณใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 53.11 ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของอินนูลินซึ่งร่างกายไม่สามารถย่อยได้ในระบบทางเดินอาหารและไม่ให้พลังงาน แต่ถูกย่อยได้ด้วยแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ มีสมบัติเป็นพรีไบโอติกที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ จึงนำแป้งแก่นตะวันไปเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับเส้นกวยจั๊บอุบลเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ พบว่าปริมาณแป้งแก่นตะวันร้อยละ 10 ส่งผลให้เส้นกวยจั๊บอุบลมีคุณภาพสูงทั้งคุณภาพด้านสี ความเหนียวนุ่ม คุณภาพการทำสุก และการยอมรับของผู้บริโภค จากนั้นนำไปศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป พบว่าอุณหภูมิในการอบ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที ส่งผลให้เส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปมีคุณภาพดีและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ส่วนการศึกษาการคืนตัวของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูป พบว่ากระบวนการคืนตัวของเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปด้วยวิธีการใช้น้ำร้อนเป็นระยะเวลา 5-7 นาที และการคืนตัวด้วยวิธีการใช้ไมโครเวฟเป็นระยะเวลา 3-5 นาที ส่งผลให้คุณภาพของเส้นไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม รวมทั้งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากการศึกษาทั้งหมดสามารถนำไปประยุกต์ในใช้อุตสาหกรรมการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลเพื่อสุขภาพ ซึ่งจะส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค และเพิ่มมูลค่าให้กับเส้นกวยจั๊บอุบลได้ รวมทั้งขยายตลาดของเส้นกวยจั๊บได้อีกด้วย

## เอกสารอ้างอิง


กมลทิพย์ สัจจาอนันตกุล และวันเพ็ญ สีหวงษ์. 2544. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่แห้งกึ่งสำเร็จรูปจากเห็ดเศรษฐกิจในประเทศไทย**. โครงการวิจัยในเงินงบประมาณเพื่อการวิจัยประจำปี 2544. คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2546. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเส้นกวยจั๊บ มผช.141/2546**. สำนักงานมาตรฐาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. [http://app.tisi.go.th/otop/otop.html]. 30 สิงหาคม 2559.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2529. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แป้งข้าวเจ้า มอก. 638-25**29. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. [http://app.tisi.go.th/otop/otop.html]. 30 สิงหาคม 2559.

กมลวรรณ อิสราคาร. 2548. **ผลของการเติมสตาร์ชดัดแปรและไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็ง**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

การะเวก. 2551. **ใครชอบกวยจั๊บอุบล เชิญมาแวะจ้า**. [http://topicstock.pantip.com/food/topicstock/2008/01/D6289009/D6289009.html]. 5 กุมภาพันธุ์ 2556.

กล้าณรงค์ ศรีรอต, ปริตา ธนสุกาญจน และ รุ่งนภา พงศสวัสดิ์มานิต. 2544. สมบัติกายภาพของเจลผสมระหวางแปงมันสำปะหลังและแซนแทนกัม, น. 551-557. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร ครั้งที่ 39 (สาขาประมง และสาขาอุตสาหกรรมเกษตร).** กรุงเทพฯ.

กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. **เทคโนโลยีของแป้ง**. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

กฤติกา โพธิ์เย็น และ สุนทรี สุวรรณสิชณน์. 2556. ผลของการลวกและการใช้กรดต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแก่นตะวันผง, น. 178-185. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51 (สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์).** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิตรา สิงห์ทอง. 2555. **วิทยาศาสตร์บูรณาการกับภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อสุขภาพและชุมชนในการศึกษาด้านการพัฒนาเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปเสริมรำข้าว**. รายงานฉบับสมบูรณ์ สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

จิตรา สิงห์ทอง. 2556. ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อการปรับปรุงคุณภาพเส้นกวยจั๊บอุบล. รายงานฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

ซ้อเฮง, 2556. **ซ้อเฮง www.หมูยอ.net**. [http://www.mooyor.net]. 5 กุมภาพันธุ์ 2556.

ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์. 2553. แก่นตะวัน พืชสารพัดประโยชน์. อาหาร. 40(4): 274-276.

ดุษฎี อุตภาพ และน้องนุช เจริญกูล. 2548. **เคมีและสมบัติของแป้ง.** http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/ BCT611/contact.html. 30 สิงหาคม 2559.

**เอกสารอ้างอิง (ต่อ)**


นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. **เคมีอาหาร**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

นิมิต วรสูตร และสนั่น จอกลอย. 2549. *อินูลิน: สาระสำคัญสำหรับสุขภาพในแก่นตะวัน.* แก่นเกษตร. 34(2): 86-91.

นงนุช เจริญวาสนุตร์ ธงชัย สุวรรณสิชณน์ พรรณทิพา เจริญไทยกิจ และรองรัตน์ รัตนาธรรมวัฒน์ . 2545. **คุณสมบัติเนื้อสัมผัสทางกลของเส้นก๋วยเตี๋ยวไทยที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าผสมฟลาวร์มันสำปะหลัง.** เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 40 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาพืช สาขาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร สาขาอุตสาหกรรมเกษตร 4-7 กุมภาพันธ์ 2545. 487-494.

ปริศนา สุวรรณาภรณ์ และกมลพรรณ์ วิวัฒนวาณิชย์. 2546**. ผลของปริมาณแป้งข้าวเจ้าและน้ำต่อคุณภาพของบะหมี่สดที่ใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลี**. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ:100-107.

ปาริฉัตร หงสประภาส. 2545. **เคมีกายภาพของอาหาร คอลลอยด์ อิมัลชัน และเจล.** สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ. 121 หน้า.

พริมา อัครยุทธ. 2558. 5 เทรนด์อาหารและเครื่องดื่มที่กำลังมาแรงและน่าจับตามองในอนาคต. Economic Intelligence Center, SCB. https://www.scbeic.com/th/detail/product/1277. 13 กันยายน 2559.

พิมพ์เพ็ญ ถิรพร นฤดม บุญหลง งามชื่น คงเสรี และจินตนา อุปดิสสกุล. 2533. **ผลของการใช้แป้งมันสำปะหลังผสมแป้งข้าวเจ้าต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว.** เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 28 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์หมวดเกษตรศาสตร์ หมวดวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หมวดเศรษฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ หมวดทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม หมวดศึกษาศาสตร์และมนุษยศาสตร์ 29-31 มกราคม 2533. 307-317.

วิภาวี ศรีคำภา. 2551. **อินนูลินในแก่นตะวัน: การสกัด การวัดและผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเค้กไขมันต่ำ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 64 หน้า.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2558. *อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม (Food and Beverage).* www.kasikornbank.com/SME/.../IndustrySolution_FoodsAndBeverages_2015.pdf. 13 กันยายน 2559.

อรอนงค์ นัยวิกุล จิตธนา แจ่มเมฆ สินีนาถ จริยโชติเลิศ กนกพรรณ เกรียงไกรกฤษฎา และวีระ วงศ์ทรัพย์คณา. 2535. ผลิตภัณฑ์ขนมจีนกึ่งสำเร็จรูป. **วารสารเกษตรศาสตร์.** ปีที่ 26 ฉบับที่ 1. หน้า 39-43.

อลิษา ชุมภูพล้อย, เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม, ศันสนีย์ จำจด และ ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย. 2556. ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดของข้าวพันธุ์ต่างๆ. **แก่นเกษตร.** 41 (4): 411-418.

AACC. 1976. **American Association of Cereal Chemist.** Approved method of the American Association of Cereal Chemist. ST. Paul. MN.

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)


Abbas, F. M. A., Saifullah, R., and Azhar, M. E. 2009. Assessment of physical properties of ripe banana flour prepared from two varieties: Cavendish and Dream banana. **Journal of International Food Research.** 16: 183-189.

Abou-Arab, A.A., Talaat, H.A., and Abu-Salem, F.M. 2011. Physico-chemical properties of inulin produced from Jerusalem Artichoke tubers on bench and pilot plant scale. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences.** 5 (5): 1297-2011.

Aboubakar, Njintang. Y.N., Scher. J. and Mbofung. C.M.F. 2008. Physicochemical, thermal properties and microstructure of six varieties of taro (Colocasia esculenta L. Schott) flours and starches. **Journal of Food Engineering.** 86:294–305.

Abu, J. O. and et al. 2005. Functional properties of Cowpea (*Nigna unguiculatal.* Walp) flour and pastes as affected by γ.irradiation. **Food Chemistry.** 93: 103-111.

Adebowale, K. O., and Lawal, O. S. 2003. Foaming, gelation and electrophoretic characteristics of macuna bean (*Macuna pruriens*) protein concentrate. **Food Chemistry.** 83: 237-246.

Adebowale, K. O., and Lawal, O. S. 2004. Comparative study of the functional properties of bambara groundnut (*Voandzeia subterranean*), jack bean ( *Cana valiaen-siformis*) and mucuna bean (*Mucuna pruriens*) flour. **Journal of Food Research International.** 37: 355-365.

Adebowale, K. O. and et al. 2005. Functional properties of native, physically and chemically modified breadfruit (*Artocarpus artilis*) starch. **Journal of Industrial Crops and Products.** 21: 343-351.

Adebowale, K. O., Afolabi, T. A. and Olu-Owolabi, B. I. 2006. Functional, physicochemical and retrogradation properties of sword bean (*Canavalia gladiata*) acetylated and oxidized starches. **Carbohydrate Polymers.** 65: 93-101.

Akubor, P. I. and et al. 2000. Proximate composition and functional properties of African breadfruit kernel and flour blends. **Food Research International.** 33: 707-712.

Almeida, E.L., Chang, Y.K. and Steel, C.J. 2013. Dietary fibre sources in bread: Influence on technological quality. **Food science and Technology.** 50: 545-553.

Angioloni, A. and Collar, C. 2009. Gel, dough and fibre enriched fresh breads: Relationships between quality features and staling kinetics. **Journal of Food Engineering.** 91: 526–532.

Aprianita, A., Purwandari, U., Watson, B. and Vasiljevic, T. 2009. Physicochemical properties of flour and starches from selected commercial tuber available in Australia. **International Food Research Journal**. 16: 507-520.

**เอกสารอ้างอิง (ต่อ)**


Aryee, F. N. A. and et al. 2006. The physicochemical properties of flour samples from the roots of 31 varieties of cassava. **Food Control.** 17: 916-922.

Aspinal G. D. 1985. **The Polysaccharides.** Orlando. Academic press.

AOAC. 2000. *Official Method of analysis*. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Baljeet, S. Y., Ritika, B. Y. and Roshan, L. Y. 2010. Studies on functional properties and incorporation of buckwheat flourfor biscuit making. **International Food Research Journal.** 17: 1067-1076.

Bhat, R. and Sridhr, K.P. 2008. Nutritional quality evaluation of electron beam-irradiated lotus (*Nelumbo nucifera*) seeds. **Food Chemistry.** 107: 174-184.

Boudries, N. and et al. 2009. Physicochemical and functional properties of starches from sorghum cultivated in the Sahara of Algeria. **Carbohydrate Polymers.** 78: 475-480.

Cham, S. and Suwannaporn P. 2010. Effect of hydrothermal treatment of rice flour on various rice noodles quality. **Cereal Science**. 51:284–291.

Chinma, E. C., Adewuy, O. and Abu O. J. 2009. Effect of germination on the chemical, functional and pasting properties of flour from brown and yellow varieties of tigernut (*Cyperus esculentus*). **Food Research International.** 42:1004-1009.

Cumming and Englyst. 1995. อ้างถึงใน วีรพงษ์ พรสมิทธิกุล และคณะ. (2551***). การพัฒนากระบวนการสกัดพรีไบโอติกจากเปลือกด้านในขนุน.*** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Eltayeb, S. M. R. A., and et al. 2011. Chemical composition and functional properties of flour and protein isolate extracted from Bambara groundnut (*Vigna subterranean*). **African Journal of Food Science.** 5: 82-90.

Fasasi, O. S., Eleyinmi, A .F. and Oyarekua, M. A. 2007. Effect of some traditional processing operations on the functional properties of African breadfruit seed (*Treculia africana*) flour. **Journal of Food Science and Technology.** 40: 513-519.

Henshaw, F. O. 2002. Functional characterization of flour of selected cowpea (*Vigna unguiculata*) varieties: canonical discriminant analysis***. Food Chemistry.*** 79: 381-386.

Huang, M., Kennedy, J.F., Li, B., Xu, X. and Xie, B.J. 2007. Character of rice starch gel modified by gellan, carrageenan and glucomannan: A texture profile analysis study. **Carbohydrate Polymers.** 69: 411-418.

**เอกสารอ้างอิง (ต่อ)**


Huijbrechts, L. M. A., and et al. 2008. Physicochemical properties of etherified maize starches. **Carbohydrate Polymers.** 74: 170-184.

Jarnsuwan, S.and Thongngam, M. 2011. **Effects of Hydrocolloids on Microstructure and Textural Characteristic of Instant Noodles.** In proceeding in the Asean Food Conference 2011, 16 -18 June 2011. Bitec, Bangkok. 632-635.

Jitngarmkusol, S., Hongsuwankul, J., and Tananuwong, K. 2008. Chemical compositions, functional properties, and microstructure of defatted macadamia flours. **Food Chemistry.** 110: 23-30.

Juliano, B.O. 1971. A simpliflied assay milled-rice amylose. **Cereal Sciences Today**. 16: 334-338.

Kaur, M. and Singh,N. 2005. Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. **Food Chemistry.** 91: 403–411.

Kaur, M., Sandhu M. K. and Singh, N. 2007. Comparative study of the functional, thermal and pasting properties Of flours from different field pea (*Pisum sativum* L.) and pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) cultivars. **Food Chemistry.** 104 :259-267.

Kaushal, P., Kumarb, v. and Sharma, H.K. 2012. Comparative study of physicochemical, functional, antinutritional and pasting properties of taro (Colocasia esculenta), rice (Oryza sativa) flour, pigeonpea (Cajanus cajan) flour and their blends**. LWT - Food Science and Technology.** 48: 59-68.

Ktenioudaki, A. and Gallagher, E. 2012. Recent advances in the development of high-fibre baked products. **Trends in Food Science & Technology.** 28: 4-14.

Lawal, O. S. and et al. 2005. On the functional properties of globulin and albumin protein fractions and flours of African locust bean (*Parkia biglobossa*). **Food Chemistry.** 92: 681-691.

Lee, M.H., Baek, M.H., Cha, D.S., Park, H.J. and Lim S.T. 2002. Freeze-Thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gums. **Food Hydrocolloids.** 16: 345-352.

Man, J. and et al. 2012. Comparison of physicochemical properties of starches from seed and rhizome of lotus. **Carbohydrate Polymers.** 88: 676-683.

Marco, C. and Rosell, C. M. 2008. Functional and rheological properties of protein enriched gluten free composite flours. **Journal of Food Engineering.** 88: 94-103.

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)


Masri, N., Mamat, H., Shya, L.J., Shaarani, S.M., Baker, M.F.A., and Hani, N.M. 2012. Proximate composition, mineral content and functional properties of sabah tarap (*Artocarpus Odoratissimus*) flour, pp.161-626. **UMT 11th International Annual Symposium on Sustainability Science and Management**. 09 th-11th July 2012, Terengganu, Malaysia.

Mishra. S, and Rai, T. 2006. Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches. **Food Hydrocolloids**. 20: 557-566.

Muadklay, J. and Charoenrein, S. 2008. Effects of hydrocolloids and freezing rates on freeze-thaw stability of tapioca starch gels. **Food Hydrocolloids.** 22: 1268-1272.

Mukprasirt, A. and Sajjaanantakul, K. 2007. Functional properties of five varieties of taro flour, and relationship to creep recovery and sensory characteristics of achu (taro based paste). **Journal of Food Engineering.** 82: 114-120.

Panchev, I., Delchev, N., Kovacheva, D. and Slavov, A. 2011. Physicochemical characteristics of inulins obtained from Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). **European Food Research Technology.** 233: 889-896.

Pomeranz, Y. 1985. **Functional properties of food components.** New York. Academic Press.

Ratnayake, W. S., Hoover, R., and Warkentin, T. 2002. Pea starch: composition,structure and properties-a review. **Journal of Starch/Starke.** 54: 217-234.

Ravi, R. and Suselamma, N. S. 2005. Simultaneous optimization of a multi-response system by desirability function analysis of boondi making: A case study. **Journal of Food Science.** 70: 539-547.

Rondan-Sanabria, G. G. . and Finardi-Filho, F. 2009. Physical-chemical and functional properties of maca root starch (*Lepidium meyenii* Walpers). **Food Chemistry.** 114: 492-498.

Saengthongpinit, W. and Sajjaanantakul, T. 2005. Influence of harvest time and storage temperature on characteristics of inulin from Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.) tubers. **Postharvest Biology and Technology.** 37: 93–100.

Sandhu, K. S., Singh, N. and Kaur, M. 2004. Characteristic of the different corn types and their grain fractions: physicochemical, thermal, morphological and rheological properties of starches. **Food Engineering**. 64: 119-127.

Sandhu, K. S. and Singh, N. 2007. Some properties of corn starches II: Physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties. **Food Chemistry.** 101: 1499-1507.

**เอกสารอ้างอิง (ต่อ)**


Sandhu, K.S., Kaur, M. and Mukesh. 2010. Studied on noodle quality of potato and rice starches and their blends in relation to their physicochemical, pasting and gel textural properties. **LWT-Food Science and Technology.** 43: 1289-1293.

Satin, M. n.d. **Functional Properties of Starches.** http://www.fao.org/Ag/magazine/pdf/starches.pdf. February, 2013.

Shahidi, F. 1997. **Natural antioxidants Chemistry, Health effects and Applications.** United states of America: AOCS Press.

Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, N. S. and Gill, B.S. 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**. 81: 219-231.

Singh N., Sandhu, K. S. and Kaur, M. 2004. Characterization of starches separated from Indian chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. **Journal of Food Engineering.** 63: 441-449

Singh, N., Sandhu, K. S. and Kaur, M. 2005. Physicochemical properties including granular morphology, amylose content, swelling and solubility, thermal and pasting properties of starches from normal, waxy, high amylose and sugary corn. **Journal of Food Engineering.** 1: 44-54.

Singh, J., McCarthy, O. and Singh, H. 2006. Physico-chemical and morphological characteristics of New Zealand Taewa (Maori potato) starches. **Carbohydrate Polymers.** 64: 569-581.

Singh, N. and et al. 2008. Structural, thermal and viscoelastic properties of potato starches.**_Food Hydrocolloids.** 22: 979-988.

Somda, Z.C., McLaurin, W.J. and Kays, S.J. 1999. Jerusalem artichoke growth, development, and field storage, II. Carbon and nutrient element allocation and redistribution. *Journal of Plant Nutrition*. 22: 1315-1334.

Takeuchi, J. and Nagashima, T. 2011. Preparation of dried chips from Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus) tubers and analysis of their functional properties. **Food Chemistry.** 126: 922-926.

Techawipharat, J., Suphantharika, M. and BeMiller, J. 2008. Effects of cellulose derivatives and carrageenans on pasting, paste and gel properties of rice starches. **Carbohydrate Polymers.** 73: 417-426.

Torruco-Uco, T. J. and Ancona, B. D. 2007. Physicochemical and functional properties of makal (*Xanthosoma yucatanensis*) starch. **Food Chemistry.** 101: 1319-1326.

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)


Tziotisa, A., Seetharaman, K., Klucinec, J.D., Keeling, P. and White, P.J. 2005. Functional properties of starch from normal and mutant corn genotypes. **Carbohydrate Polymers**. 61: 238-247.

Wang, L. and et al. 2010. Physicochemical properties and structure of starches from Chinese rice cultivars. **Food Hydrocolloids.** 24: 208-216.

Wang, L., Deng L., Wang, Y,. Zhang, Y., Qian, H. Zhang H. and Qi. 2014. Effect of whole wheat flour on the quality of traditional Chinese sachima. **Food Chemistry**. 152: 184-189.

Whistler, L. R., Bemiller, J. N. and Paschall, E. F., 1984. **Starch : Chemistry and Technology.** Academic press, Orlando.

Whistler, R.L. and BeMiller, J.N. 1993. **Industrial Gums : Polysaccharides and Their Derivatives.** 3rd ed., Academic Press, San Diego, California.

Zhou, M. and et al. 1998. Structure and pasting properties of oat starch. **Cereal Chemistry.** 75: 273-281.

# ภาคผนวก

# อนุสิทธิบัตร

เลขที่อนุสิทธิบัตร 12428

อสป/200 – ข

# อนุสิทธิบัตร

อาศัยอำนาจตามความในพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522
และแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร ( ฉบับที่ 3 ) พ.ศ. 2542
อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญาออกอนุสิทธิบัตรฉบับนี้ให้แก่

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

สำหรับการประดิษฐ์ตามรายละเอียดการประดิษฐ์ ข้อถือสิทธิ และรูปเขียน (ถ้ามี)
ที่ปรากฏในอนุสิทธิบัตรนี้

เลขที่คำขอ 1503001428

วันขอรับอนุสิทธิบัตร 26 สิงหาคม 2558

ชื่อการประดิษฐ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิตรา สิงห์ทอง

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ สูตรส่วนผสมเส้นก๋วยจั๊บกึ่งสำเร็จรูปจากแก่นตะวัน

ให้ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรมีสิทธิและหน้าที่ตามกฎหมายว่าด้วยสิทธิบัตรทุกประการ

ออกให้ ณ วันที่ 19 เดือน มกราคม พ.ศ. 2560

หมดอายุ ณ วันที่ 25 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2564

(ลงชื่อ).....

(นางอรมน ทรัพย์ทวีธรรม)
รองอธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญา ปฏิบัติราชการแทน
อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญา
ผู้ออกอนุสิทธิบัตร

พนักงานเจ้าหน้าที่

หมายเหตุ
1. ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรต้องชำระค่าธรรมเนียมรายปีเริ่มแต่ปีที่ 5 ของอายุสิทธิบัตร มิฉะนั้น อนุสิทธิบัตรจะสิ้นอายุ
2. ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรจะขอชำระค่าธรรมเนียมรายปีล่วงหน้าโดยชำระทั้งหมดในคราวเดียวก็ได้
3. ภายใน 90 วันก่อนวันสิ้นอายุอนุสิทธิบัตร ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรมีสิทธิขอต่ออายุอนุสิทธิบัตรได้ 2 คราว มีกำหนดคราวละ 2 ปี โดยยื่นคำขอต่ออายุ ต่อพนักงานเจ้าหน้าที่