

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็ง

นางสาวปรินทิพย์ จิรหุทัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-14-1916-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



4 5 7 2 3 7 0 6 2 3

DEVELOPMENT OF FROZEN RICE NOODLE PRODUCT

Miss Parintip Jiraharuethai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

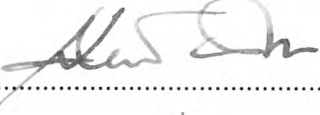
Academic Year 2005

ISBN 974-14-1916-3

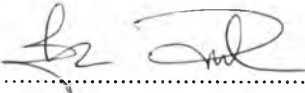
481559

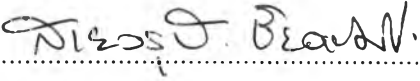
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็ง
โดย นางสาวปริญทิพย์ จิรนุททัย
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. สายวรุฬห์ ชัยวานิชศิริ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา เลานสงคราม

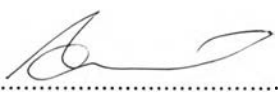
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

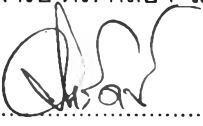

.....คนบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ดันตระเจียร)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. สายวรุฬห์ ชัยวานิชศิริ)


.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา เลานสงคราม)


.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. จิรวรณัฏ ทัตติยกุล)

ปริญทิพย์ จิรทฤทัย : การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็ง. (DEVELOPMENT OF FROZEN RICE NOODLE PRODUCT) อ. ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ, อ. ที่ปรึกษา
ร่วม : รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา เลานสงคราม 121 หน้า. ISBN 974-14-1916-3.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตก๋วยเตี๋ยว และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็งและก๋วยเตี๋ยวหลอดไส้กึ่งแช่เยือกแข็งที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของแป้งวัตถุดิบ ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า(R) แป้งมันสำปะหลัง(T) และแป้งมันสำปะหลังตัดแปร National 7[®](Mna) National Frigex[®](Mnaf) และ Purity 90[®](Mpu) โดยเปรียบเทียบระหว่างวัตถุดิบแต่ละชนิดพบว่า แป้งข้าวเจ้ามีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด แต่มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และอะไมโลสสูงที่สุด มีค่า peak viscosity และ breakdown ต่ำที่สุด แต่ค่า pasting temperature, setback/trough viscosity และ %การเกิดรีโทรเกรเดชันสูงที่สุด และไม่มี ความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็ง แป้งมันสำปะหลังมีปริมาณความชื้นต่ำที่สุดและไม่มี ความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งเช่นเดียวกับแป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลังตัดแปรทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณโปรตีนและไขมันต่ำที่สุดโดยมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แป้ง Mna มีค่า setback/trough viscosity และ % การเกิดรีโทรเกรเดชันต่ำที่สุด และมีความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งสูงที่สุด แป้ง Mnaf มีค่า peak viscosity สูงที่สุด แต่มีค่า pasting temperature และ %การเกิดรีโทรเกรเดชันต่ำที่สุด จากการนำแป้งวัตถุดิบมาผสมกันโดยควบคุมปริมาณแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังในแต่ละสูตรคงที่ในอัตราส่วน 4: 1 และแปรปริมาณแป้งมันสำปะหลังตัดแปรแต่ละชนิดเป็น 3 ระดับ ในช่วง 0-30% โดยน้ำหนักแป้งผสม และวัดสมบัติทางกายภาพเปรียบเทียบกับแป้งข้าวเจ้าล้วนพบว่า แป้งผสมมีค่า breakdown, pasting temperature และ setback/trough viscosity ลดลง มีค่า peak viscosity สูงขึ้น ยกเว้นแป้งผสม R+T+Mna (30%) ซึ่งมีค่า peak viscosity ลดลง และแป้งผสมทุกสูตรมี %การเกิดรีโทรเกรเดชันลดลงและความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งสูงขึ้น จากการนำแป้งผสมทุกสัดส่วนมาเตรียมเป็นน้ำแป้งที่ความเข้มข้นต่างๆ 3 ระดับ ในช่วง 30-40% โดยน้ำหนัก เพื่อผลิตก๋วยเตี๋ยวพบว่า ส่วนประกอบของวัตถุดิบที่เหมาะสมคือ ปริมาณแป้งมันสำปะหลังตัดแปร 19.4% โดยน้ำหนักแป้งผสม และความเข้มข้นน้ำแป้ง 32.9% โดยน้ำหนัก เมื่อนำผลิตภัณฑ์แผ่นก๋วยเตี๋ยวและก๋วยเตี๋ยวหลอดไส้กึ่งไปแช่เยือกแข็งด้วยวิธีแบบลมพ่นที่อุณหภูมิ -35°C และศึกษาผลของการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งซ้ำพบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้งสองมีการสูญเสียน้ำหนักมากในรอบการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งที่ 0 และ 1 และลดลงไม่พบการสูญเสียเลยในรอบที่ 4 โดยค่า tensile strength และ extensibility ของทั้งสองผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง แต่ผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับผลิตภัณฑ์แผ่นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็งและก๋วยเตี๋ยวหลอดไส้กึ่งแช่เยือกแข็งทุกสูตรที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง-ละลายน้ำแข็ง 4 และ 3 รอบตามลำดับ

ภาควิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่อนิสิต..... ปริญทิพย์ จิรทฤทัย
สาขาวิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... ศาสตราจารย์ ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ
ปีการศึกษา.....2548..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4572370623 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORDS : RICE NOODLE / FROZEN / FREEZE-THAW STABILITY

PARINTIP JIRAHARUETHAI : DEVELOPMENT OF FROZEN RICE NOODLE PRODUCT.

THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SAIWARUN CHAIWANICH SIRI, Ph.D.,

THESIS COADVISOR : ASSOC. PROF. KALAYA LAOHASONGKRAM, Ph.D., 121 pp.

ISBN 974-14-1916-3.

The purpose of this research was to study a suitable flour mix for frozen rice noodle sheet and frozen shrimp-stuffed noodle roll. Firstly, the chemical and physical properties of ingredients, i.e. rice flour (R), tapioca starch (T) and modified tapioca starches [National 7[®] (Mna), National Frigex[®] (Mnaf) and Purity 90[®] (Mpu)] were determined. Rice flour was found to have the lowest moisture content but the highest protein, fat and amylose contents. It also had the lowest peak viscosity, breakdown and freeze-thaw stability, although, its pasting temperature, setback/trough viscosity and %retrogradation were found to be the highest. Tapioca starch had the lowest moisture content and low freeze-thaw stability similar to the rice flour. All three modified starches contained the lowest protein and fat contents, which were not significantly different from one another ($p > 0.05$). The Mna starch had the lowest setback/trough viscosity and %retrogradation, and the highest freeze-thaw stability. The Mnaf starch had the highest peak viscosity, but the lowest pasting temperature and %retrogradation. Secondly, the modified starches were mixed with R and T (fixed ratio of R and T at 4:1) at 3 different levels (0-30% of mixed flour weight) to form formula mixes, and their physical properties were measured and compared to those of R. The results showed that the breakdown, pasting temperature, setback/trough viscosity, and %retrogradation of the mixes were lower, while the peak viscosity and freeze-thaw stability were higher than those of the R, except the R+T+Mna (30%) that had lower peak viscosity. From preparing the mix solutions at 3 different concentrations (30-40% by weight) in order to produce noodle, it was found that the optimum formula consisted of 19.4% modified starch (by mixed flour weight) and had 32.9% starch concentration (by starch solution weight). Finally the rice noodle sheet and shrimp-stuffed noodle roll were made and frozen by air-blast freezer at -35°C . The freeze-thaw stability of the products were studied up to 4 cycles. The results showed that the rate of thawing loss of both products was high during the 0th and 1st freeze-thaw cycle and decrease to null at the 4th cycle. The tensile strength and extensibility of both products showed a declined trend, however, the panelists still accepted the frozen rice noodle sheet and frozen shrimp-stuffed noodle roll up to the 4th and 3rd freeze-thaw cycle, respectively.

Department.....Food Technology..... Student's signature..... Parintip Jiraharuethai

Field of study.....Food Technology..... Advisor's signature..... Saisam

Academic year.....2005..... Co-advisor's signature..... Kalaya Laohasongkram

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ และ รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา เลานสงคราม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้ คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ และเป็นกำลังให้ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาการทำวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งได้อบรมสั่งสอนให้มีความรอบคอบ รับผิดชอบต่อหน้าที่ และตั้งใจปฏิบัติงาน ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเธียร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร. จิรวรัตน์ รัตติยกุล ที่กรุณาสละเวลามาร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณและขอบคุณผู้ให้ความอนุเคราะห์และให้การสนับสนุนด้านต่างๆ ของงานวิจัยนี้

- ทุนอุดหนุนการวิจัยร่วมภาครัฐและเอกชนเชิงพาณิชย์ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
- วัตถุประสงค์แบ่งและกึ่งโศคักจาก บริษัท สุรพลฟู๊ดส์ จำกัด (มหาชน)

ขอขอบพระคุณนางสาวหยาดฝน คำนิ่งเนตร ผู้จัดการฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริษัท สุรพลฟู๊ดส์ จำกัด (มหาชน) และเจ้าหน้าที่บริษัท สุรพลฟู๊ดส์ จำกัด (มหาชน) ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์ และอำนวยความสะดวกตลอดการทำวิจัย

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ปริญญาโทและปริญญาเอกภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกคน รวมทั้งเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และให้กำลังใจกันมาตลอดการวิจัย

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ญาติ พี่ น้อง ที่ได้สนับสนุน ด้านการศึกษาและให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน ตลอดจนให้กำลังใจอันมีค่ายิ่งเสมอมาจนผู้วิจัย สำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญรูป	ฐ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	3
2.1 กว๋ยเตี๋ยว	3
2.2 การผลิตกว๋ยเตี๋ยว	4
2.3 การแช่เยือกแข็ง	13
2.4 การเก็บรักษาในสภาพแช่เยือกแข็ง	17
2.5 การละลายผลึกน้ำแข็ง	18
2.6 ความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งการละลายน้ำแข็ง	20
3. วิธีการทดลอง	22
4. ผลการทดลองและวิจารณ์	29
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตุดิบ.....	29
4.2 สมบัติทางกายภาพของวัตุดิบ.....	31
4.3 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตกว๋ยเตี๋ยว.....	45
4.4 การศึกษาภาวะที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์แผ่นกว๋ยเตี๋ยวและกว๋ยเตี๋ยว หลอดไส้กึ่งโดยใช้เครื่องแช่เยือกแข็งแบบลมพ่น (Air-Blast-Freezer).....	58
4.5 การศึกษาผลของการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งซ้ำต่อการ เปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นกว๋ยเตี๋ยวและกว๋ยเตี๋ยว หลอดไส้กึ่งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบลมพ่น	60
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	71
รายการอ้างอิง	74

	หน้า
ภาคผนวก.....	83
ภาคผนวก ก.....	84
ภาคผนวก ข.....	95
ภาคผนวก ค.....	98
ภาคผนวก ง.....	120
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	121

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ช่วงอุณหภูมิการเกิดเจลลาติโนเซชันของแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง เมื่อวัดด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ Kofler (Kofler hot stage microscope).....8
2.2	ช่วงอุณหภูมิการเกิดเจลลาติโนเซชันของแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง ที่มีจำหน่ายในประเทศไทย9
2.3	ช่วงอุณหภูมิการเกิดเจลลาติโนเซชันของแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง เมื่อวัดด้วย DSC.....10
2.4	ช่วงอุณหภูมิการเกิดเจลลาติโนเซชันของแป้งชนิดต่างๆและแป้งผสมเมื่อวัดด้วย DSC....10
2.5	อัตราเร็วในการแช่เยือกแข็งจากวิธีการแช่เยือกแข็งที่ต่างกัน โดยใช้หลักการวัด ความเร็วของการเกิดผิวน้ำแข็ง..... 15
3.1	รหัสตัวแปรและช่วงของตัวแปรที่ศึกษาในการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมในการผลิต ก๋วยเตี๋ยว24
4.1	องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบแป้ง30
4.2	สมบัติทางด้านความหนืดของแป้งที่ความเข้มข้น 9%w/w เมื่อวัดด้วยเครื่อง Rapid-Visco Analyser (RVA)33-34
4.3	สมบัติด้านความร้อนของแป้งที่ความเข้มข้น 35%w/w เมื่อวัดด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimetry (DSC)37
4.4	การเกิดรีโทรเกรดชันของแป้งวัตถุดิบ (%) เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน และวัดด้วย DSC38
4.5	ปริมาณน้ำที่แยกออกจากเจลของแป้งที่ความเข้มข้น 6 %w/w39
4.6	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมของก๋วยเตี๋ยว เมื่อใช้ แป้งมันสำปะหลังตัดแปรต่างชนิดกัน.....46
4.7	ค่า Tensile strength ของก๋วยเตี๋ยวจากแป้งมันสำปะหลังตัดแปรต่างชนิดกัน เมื่อวัดด้วยเครื่อง Texture Analyzer TA-XT253
4.8	ค่า Extensibility ของก๋วยเตี๋ยวจากแป้งมันสำปะหลังตัดแปรต่างชนิดกัน เมื่อวัดด้วยเครื่อง Texture Analyzer TA-XT254
4.9	เวลาและอัตราเร็วที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์แผ่นก๋วยเตี๋ยวและก๋วยเตี๋ยวหลอด ไส้กึ่งจาก 20 องศาเซลเซียส จนถึง -18 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีแบบลมพ่น59

ตารางที่	หน้า
4.10	ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์แผ่นก้วยเดี่ยวและก้วยเดี่ยวหลอดไส้กึ่งด้วยวิธีแบบลมพ่น60
4.11	ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งซ้ำของผลิตภัณฑ์แผ่นก้วยเดี่ยวที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีแบบลมพ่น เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรต่างชนิดกัน.....62
4.12	ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งซ้ำของผลิตภัณฑ์ก้วยเดี่ยวหลอดไส้กึ่งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีแบบลมพ่น เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรต่างชนิดกัน.....62
4.13	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แผ่นก้วยเดี่ยวแช่เยือกแข็งที่รอบการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งต่างๆ เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรต่างชนิดกัน.....65
4.14	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ก้วยเดี่ยวหลอดไส้กึ่งแช่เยือกแข็งที่รอบการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งต่างๆ เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรต่างชนิดกัน.....65
4.15	ค่า Tensile strength ของผลิตภัณฑ์แผ่นก้วยเดี่ยวแช่เยือกแข็งที่รอบการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งต่างๆ เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรต่างชนิดกัน.69
4.16	ค่า Tensile strength ของผลิตภัณฑ์ก้วยเดี่ยวหลอดไส้กึ่งแช่เยือกแข็งที่รอบการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งต่างๆ เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรต่างชนิดกัน.....69
4.17	ค่า Extensibility ของผลิตภัณฑ์แผ่นก้วยเดี่ยวแช่เยือกแข็งที่รอบการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งต่างๆ เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรต่างชนิดกัน.....70
4.18	ค่า Extensibility ของผลิตภัณฑ์ก้วยเดี่ยวหลอดไส้กึ่งแช่เยือกแข็งที่รอบการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งต่างๆ เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรต่างชนิดกัน.....70
ก.1	ปริมาณตัวอย่างแนะนำในการวัดสมบัติด้านความหนืดด้วยเครื่อง RVA90
ข.1	ความเป็นกรด-ด่างของน้ำแป้ง เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปร National 7 [®]95
ข.2	ความเป็นกรด-ด่างของน้ำแป้ง เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปร National Frigex [®]96
ข.3	ความเป็นกรด-ด่างของน้ำแป้ง เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปร Purity 90 [®]97
ค.1	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติขององค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ98
ค.2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสมบัติทางด้านความหนืดของแป้งที่ความเข้มข้น 9% ด้วยเครื่อง RVA99

ตารางที่	หน้า
ค.3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสมบัติทางด้านความร้อนของ แป้งที่ความเข้มข้น 35%w/w ด้วยเครื่อง DSC100
ค.4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า %syneresis ของเจลแป้ง ความเข้มข้น 6% ที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งซ้ำ.....101
ค.5	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคะแนนการยอมรับของก๋วยเตี๋ยว..... 102
ค.6	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า Tensile strength ของก๋วยเตี๋ยว104
ค.7	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า Extensibility ของก๋วยเตี๋ยว105
ค.8	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง ผลิตภัณฑ์แผ่นก๋วยเตี๋ยวและก๋วยเตี๋ยวหลอดไส้กึ่งด้วยวิธีแบบลมพ่น106
ค.9	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของอัตราเร็วที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง ผลิตภัณฑ์แผ่นก๋วยเตี๋ยวและก๋วยเตี๋ยวหลอดไส้กึ่งด้วยวิธีแบบลมพ่น106
ค.10	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจาก การแช่เยือกแข็งของผลิตภัณฑ์แผ่นก๋วยเตี๋ยวและก๋วยเตี๋ยวหลอดไส้กึ่งด้วย วิธีแบบลมพ่น.....107
ค.11	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจาก การละลายน้ำแข็งของผลิตภัณฑ์แผ่นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็งและก๋วยเตี๋ยวหลอด ไส้กึ่งแช่เยือกแข็งที่รอบการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งต่างกัน108
ค.12	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจาก การละลายน้ำแข็งของผลิตภัณฑ์แผ่นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็งและก๋วยเตี๋ยวหลอดไส้กึ่ง แช่เยือกแข็ง เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังตัดแปรต่างชนิดกัน.....109
ค.13	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์แผ่นก๋วยเตี๋ยว แช่เยือกแข็งและก๋วยเตี๋ยวหลอดไส้กึ่งแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง-การละลาย น้ำแข็งซ้ำที่รอบการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งต่างกัน เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ ที่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็ง111
ค.14	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์แผ่นก๋วยเตี๋ยว แช่เยือกแข็งและก๋วยเตี๋ยวหลอดไส้กึ่งแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง-การละลาย น้ำแข็งซ้ำ เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังตัดแปรต่างชนิดกัน112

ตารางที่	หน้า
ค.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า tensile strength ของผลิตภัณฑ์แผ่น ก้วยเดี่ยวแช่เยือกแข็งและก้วยเดี่ยวหลอดไส้กึ่งแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง- การละลายน้ำแข็งซ้ำที่รอบการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งต่างกัน เปรียบเทียบ กับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็ง.....	114
ค.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า tensile strength ของผลิตภัณฑ์ แผ่นก้วยเดี่ยวแช่เยือกแข็งและก้วยเดี่ยวหลอดไส้กึ่งแช่เยือกแข็งที่ผ่านการ แช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งซ้ำ เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรต่างชนิดกัน.....	115
ค.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า extensibility ของผลิตภัณฑ์แผ่น ก้วยเดี่ยวแช่เยือกแข็งและก้วยเดี่ยวหลอดไส้กึ่งแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง- การละลายน้ำแข็งซ้ำ ที่รอบการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งต่างกัน เปรียบเทียบ กับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็ง.....	117
ค.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า extensibility ของผลิตภัณฑ์ แผ่นก้วยเดี่ยวแช่เยือกแข็งและก้วยเดี่ยวหลอดไส้กึ่งแช่เยือกแข็งที่ผ่านการ แช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งซ้ำ เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรต่างชนิดกัน.....	118

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	ชนิดของเส้นกัวยืดยวแบ่งตามปริมาณความชื้น4
2.2	%การเกิดเจลาตินในเซชันของเม็ดแป้งแต่ละชนิด8
2.3	กลไกการรีโทรเกรเดชันของแป้งเนื่องจากอะไมโลส12
2.4	กลไกการเกิดรีโทรเกรเดชันเนื่องจากอะไมโลเพกติน13
2.5	การเกิดผลึกน้ำแข็งในเซลล์เนื้อเยื่อเมื่ออัตราการแช่เยือกแข็ง เป็นแบบช้าและแบบเร็ว14
4.1	รูปขยายเจลาแบ่งความเข้มข้น 6% หลังการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็ง จำนวน 4 รอบ ด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 14 เท่า และ 20 เท่า43-44
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์ ปริมาณแป้ง มันสำปะหลังตัดแปร National 7 [®] และความเข้มข้นของน้ำแป้ง47
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์ ปริมาณแป้ง มันสำปะหลังตัดแปร National Frigex [®] และความเข้มข้นของน้ำแป้ง48
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์ ปริมาณแป้ง มันสำปะหลังตัดแปร Purity 90 [®] และความเข้มข้นของน้ำแป้ง48
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์ ปริมาณแป้ง มันสำปะหลังตัดแปรและความเข้มข้นของน้ำแป้ง50
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า tensile strength ค่า extensibility กับปริมาณ แป้งมันสำปะหลังตัดแปร National7 [®] และความเข้มข้นของน้ำแป้ง55
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า tensile strength ค่า extensibility กับปริมาณ แป้งมันสำปะหลังตัดแปร National Frigex [®] และความเข้มข้นของน้ำแป้ง55
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า tensile strength ค่า extensibility กับปริมาณ แป้งมันสำปะหลังตัดแปร Purity 90 [®] และความเข้มข้นของน้ำแป้ง56
4.9	การซ้อนกราฟระหว่างกราฟคะแนนการยอมรับกับกราฟค่า tensile strength และกราฟคะแนนการยอมรับกับกราฟค่า extensibility เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลัง ตัดแปร National 7 [®]56
4.10	การซ้อนกราฟระหว่างกราฟคะแนนการยอมรับกับกราฟค่า tensile strength และกราฟคะแนนการยอมรับกับกราฟค่า extensibility เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลัง ตัดแปร National Frigex [®]57

รูปที่	หน้า
4.11	การซ้อนกราฟระหว่างกราฟคะแนนการยอมรับกับกราฟค่า tensile strength และกราฟคะแนนการยอมรับกับกราฟค่า extensibility เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลัง ดัดแปร Purity 90 [®]57
4.12	ลักษณะทางเนื้อเยื่อของแผ่นกัวยเดี่ยวที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีลมพ่น และจำนวนรอบของการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งซ้ำต่างๆ เมื่อ ตัดแผ่นกัวยเดี่ยวตามขวาง66
ก.1	กราฟมาตรฐานอะไมโลสที่ใช้ในการทดลอง.....88