



วิทยานิพนธ์

การปรับปรุงเส้นขนมจีนเพื่อพัฒนาเป็นขนมจีนหมัก
พร้อมบริโภคแช่เยือกแข็ง

IMPROVEMENT OF FERMENTED KANOMJEEN NOODLE
FOR DEVELOPED FROZEN READY-TO-EAT
FERMENTED KANOMJEEN PRODUCT

นายมนต์ราม อินทศิริ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การอาหาร)

ปริญญญา

วิทยาศาสตร์การอาหาร

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง

การปรับปรุงเส้นขนมจีนเพื่อพัฒนาเป็นขนมจีนหมักพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็ง

Improvement of Fermented Kanomjeen Noodle for Developed Frozen

Ready-To-Eat Fermented Kanomjeen Product

นามผู้วิจัย นายมนต์รามา อินทศิริ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์อรอนงค์ นัยวิกุล, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์สงวนศรี เจริญเหรียญ, Ph.D.)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนุวัตร แจ่มชัด, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนบูลย์ สัจจานันตกุล, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

()

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การปรับปรุงเส้นขนมจีนเพื่อพัฒนาเป็นขนมจีนหมัก
พร้อมบริโภคแช่เยือกแข็ง

Improvement of Fermented Kanomjeen Noodle for Developed Frozen Ready-To-Eat
Fermented Kanomjeen Product

โดย

นายมนต์ราม อินทศิริ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการอาหาร)
พ.ศ. 2550

มนต์ราม อินทศิริ 2550: การปรับปรุงเส้นขนมเงินเพื่อพัฒนาเป็นขนมเงินหมักพร้อมบริโภคน้ำแข็ง
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การอาหาร) สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร
ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ภาควิชาการที่ปรึกษา:
ศาสตราจารย์อรอนงค์ นววิกุล, Ph. D. 281 หน้า

การเกิดรีโทรเกรดในอาหารที่มีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลักทำให้อาหารมีความกระด้าง เปราะ และแตกหักหลังคืนรูปจากเยือกแข็ง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแปรแป้งข้าวเจ้าพันธุ์ชัยนาท 1 หมัก ด้วยวิธีอบผานเนื้อ และตรวจสอบสมบัติของแป้งหมักผสมกับ เพื่อนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ขนมเงินแกงเขียวหวานไก่พร้อมบริโภคน้ำแข็ง ผลการคัดแปรแป้งข้าวเจ้าหมักวิธีอบผานเนื้อด้วยอัตราส่วนระหว่างแป้งหมักแห้งต่อน้ำ 1:2 อุณหภูมิ 55 °ซ 24 และ 48 ชม ปรากฏว่า การอบผานเนื้อ 48 ชม ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติของสตาร์ชแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับแป้งหมักปกติ ดังนี้ ความเป็นผลึกเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 22.36 เป็น 25.39 อุณหภูมิการเกิดเจลที่ไนซ์ และค่าพลังงานสลายพันธะเพิ่มขึ้นจาก 74.58 °ซ และ 10.30 จูล/ก เป็น 76.53 °ซ และ 12.68 จูล/ก ตามลำดับ สมบัติความคงทนต่อการคืนรูปจากเยือกแข็งของเจลแป้ง รอบที่ 5 ค่าพลังงานการเกิดรีโทรเกรดลดลงจาก 4.18 เป็น 2.94 จูล/ก เจลแป้งสูญเสีย น้ำลดลงจากร้อยละ 66.40 เป็น 51.43 เมื่อผลิตขนมเงิน และทดสอบคืนรูปจากเยือกแข็ง ขนมเงินทดแทนแป้งหมักด้วยแป้งหมักอบผานเนื้อร้อยละ 10-50 ได้ผลว่าขนมเงินทดแทนแป้งหมักด้วยแป้งหมักอบผานเนื้อ 48 ชม ร้อยละ 40 แช่เยือกแข็งแบบโครโอเจนิคได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากกว่าขนมเงินแป้งหมักปกติ ส่วนการผสมกันในแป้งหมัก แป้งหมักผสมกับซีเอ็มซีมีสมบัติเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับแป้งหมักปกติดังนี้ สมบัติด้านความหนืด เมื่อปริมาณกัมเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 แป้งหมักผสมกับซีเอ็มซีมีความหนืดสูงสุด และเซตแบคเพิ่มขึ้นจากแป้งหมักปกติ ค่าพลังงานการเกิดเจลที่ไนซ์ 8.60 จูล/ก น้อยกว่าแป้งหมักปกติ (10.83 จูล/ก) ความคงทนต่อการคืนรูปจากเยือกแข็งของเจลแป้ง รอบการคืนรูปจากเยือกแข็งที่ 5 เจลแป้งหมักผสมกับซีเอ็มซีมีค่าพลังงานการเกิดรีโทรเกรด (0.030 จูล/ก) น้อยกว่าเจลแป้งหมักปกติ (0.892 จูล/ก) โดยเจลแป้งหมักผสมกับซีเอ็มซีร้อยละ 0.5 สูญเสียน้ำลดลงจากเจลแป้งหมักปกติ (56.76) เป็นร้อยละ 29.02 เมื่อผลิตขนมเงินแป้งหมักผสมกับ ขนมเงินแป้งหมักผสมกับซีเอ็มซีร้อยละ 0.3 เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ รอบการคืนรูปจากเยือกแข็งที่ 5 ขนมเงินแป้งหมักผสมกับซีเอ็มซีแช่เยือกแข็งแบบโครโอเจนิคได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากกว่าขนมเงินแป้งหมักปกติ เมื่อเก็บรักษาขนมเงินแกงเขียวหวานไก่พร้อมบริโภคน้ำแข็งผ่านการแช่เยือกแข็งวิธีโครโอเจนิคที่อุณหภูมิ 4 °ซ และ -18 °ซ ตรวจสอบทางประสาทสัมผัสขนมเงินแยกกับแกงเขียวหวานไก่ ขนมเงินทดแทนแป้งหมักด้วยแป้งหมักอบผานเนื้อมีอายุการเก็บไม่เกิน 8 วัน และมากกว่า 56 วันตามลำดับ ขนมเงินแป้งหมักผสมกับซีเอ็มซีมีอายุการเก็บไม่เกิน 10 วัน และมากกว่า 56 วัน ตามลำดับ ขณะที่ขนมเงินแป้งหมักปกติมีอายุการเก็บไม่เกิน 4 วัน และไม่เกิน 49 วัน ตามลำดับ ส่วนแกงเขียวหวานไก่มีอายุการเก็บไม่เกิน 12 วัน และมากกว่า 56 วัน ตามลำดับ โดยขนมเงินแกงเขียวหวานไก่พร้อมบริโภคน้ำแข็งยังคงมีจุลินทรีย์ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

Monrarm Intarasiri 2007: Improvement of Fermented Kanomjeen Noodle for Developed Frozen Ready-To-Eat Fermented Kanomjeen Product. Master of Science (Food Science), Major Field: Food Science, Department of Food Science and Technology. Thesis Advisor: Professor Onanong Naivikul, Ph.D. 281 pages.

The retrogradation in food which contained mainly starch causes the increase in hardness and brittleness and the decrease in adhesiveness after a freeze-thaw treatment. This research aimed to modify fermented rice flour by an annealing treatment and to select an additive hydrocolloid in order to reduce the retrogradation and increase shelf life of frozen ready-to-eat Kanomjeen with chicken green curry. The 1:2 flour to water (w/w) fermented Chai Nat 1 rice flour (FRF) was subjected to annealing treatment at 55 °C for 24 h (ANF24) and 48 h (ANF48). The crystallinity, gelatinization and retrogradation properties and freeze-thaw stability of annealed flour were investigated. When compared to FRF, the crystallinity of ANF48 was significantly ($p \leq 0.05$) increased from 22.36 to 25.39%. The gelatinization temperature and enthalpy of ANF48 was significantly ($p \leq 0.05$) increased from 74.58 °C and 10.30 J/g to 76.53 °C and 12.68 J/g, respectively. At the fifth freeze-thaw cycle, the retrogradation enthalpy of ANF48 gel was significantly ($p \leq 0.05$) decreased from 2.94 to 4.18 J/g. The syneresis percentage of ANF48 gel (51.43%) was lower than FRF gel (66.40%). Judged by panelists, Kanomjeen which was made from 40% ANF48 in FRF, was more favorable than the original Kanomjeen. The pasting property, gelatinization enthalpy, retrogradation enthalpy and freeze-thaw stability was investigated after the addition of CMC in the FRF. It was found that the peak viscosity and the setback was significantly ($p \leq 0.05$) increased when the hydrocolloid concentration was increased. At the fifth freeze-thaw cycle, the gelatinization enthalpy and gel retrogradation of the CMC-added FRF significantly ($p \leq 0.05$) decreased from 10.83 and 0.892 J/g to 8.60 and 0.030 J/g, respectively. The syneresis percentage of the CMC-added FRF gel (29.02%) was lower than FRF gel (56.76%). After a freeze-thaw process, the panelists preferred the Kanomjeen with 0.3% CMC over the original Kanomjeen. When the shelf life of Kanomjeen and chicken green curry was separately investigate, the shelf life of the original Kanomjeen was less than 5 days when stored at 4 °C and less than 49 days when stored at -18 °C, respectively. For 40% ANF48 in Kanomjeen, it could be stored less than 8 days at 4 °C and more than 56 days at -18 °C. For the Kanomjeen with 0.3% CMC, it could be stored less than 10 days at 4 °C and more than 56 days at -18 °C. All frozen sample stored at 4 and -18 °C did not significantly change texture ($p > 0.05$) during storage. The chicken green curry was still accepted by panelist when stored less than 12 at 4 °C and more than 56 days at -18 °C. The microbiological property of ready-to-eat frozen Kanomjeen, stored at 4 and -18 °C for 12 and 56 days, met the requirement of the standard regulation for safety.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ศ. ดร. อรอนงค์ นัยวิกุล ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำข้อคิดเห็น แนวทางการแก้ปัญหา ตลอดจนการจัดหาทุนสำหรับการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง

ขอกราบขอบพระคุณ รศ. ดร. สงวนศรี เจริญเหรียญ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก ผศ. ดร. อนุวัตร แจ่มชัด กรรมการที่ปรึกษาวิชารอง ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และให้ข้อคิดเห็นในการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีเสมอมา ตลอดจน ผศ. ดร. วิรัตน์ วาณิชศรีรัตน ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ซึ่งกรุณาตรวจสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนบางส่วนสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณบริษัทบางกอกอินดัสเทรียลแก๊สจำกัด ที่สนับสนุนในโตรเจนเหลวสำหรับการแช่เยือกแข็ง ขอขอบคุณกลุ่มแม่บ้านบ้านประโดกที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการหมักแป้งข้าว ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร และศูนย์เครื่องมือกลางทุกท่านที่แนะนำ และช่วยเหลือในการใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ ดร.น้ำฝน ศิระจิตต์ คุณอโนชา สุขสมบูรณ์ คุณพัลลภ ไพพงษ์ คุณกรกช หล่อโลหการ คุณกิตติญาณ์ เชี่ยวเชิงคำ คุณไพลาภา นิมสังข์ คุณโสภิดา สืบวงษา รวมทั้งพี่ เพื่อน และน้อง ๆ ร่วมสถาบันทุกท่านที่ได้เอ่ยนามในที่นี้ ซึ่งให้ความช่วยเหลือตลอดการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี

สุดท้ายขอกราบขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ คุณลุงนิคม และคุณป้าลัดดา ศรีสุวรรณที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน ส่งเสริมและให้โอกาสด้านการศึกษาด้วยดีเสมอมา ตลอดจนพี่ชาย และน้องชายซึ่งเป็นกำลังใจที่สำคัญในการทำวิทยานิพนธ์

มนต์ราม อินทศิริ

เมษายน 2550

สารบัญ

หน้า

สารบัญ.....	(1)
สารบัญตาราง.....	(2)
สารบัญภาพ.....	(9)
คำนำ.....	1
วัตถุประสงค์.....	2
การตรวจเอกสาร.....	3
อุปกรณ์และวิธีการ.....	39
อุปกรณ์.....	39
วิธีการทดลอง.....	42
ผลและวิจารณ์.....	65
สรุปและข้อเสนอแนะ.....	207
สรุป.....	207
ข้อเสนอแนะ.....	216
เอกสารและสิ่งอ้างอิง.....	217
ภาคผนวก.....	226
ภาคผนวก ก.....	227
ภาคผนวก ข.....	229
ภาคผนวก ค.....	240
ภาคผนวก ง.....	244

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติที่แตกต่างกันของเอมิไลส และเอมิไลเพกทิน.....	5
2	สภาวะการอบผานเนื้อสัตว์แต่ละชนิด.....	24
3	สมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของสสารผสมกัม.....	34
4	ข้อกำหนดทางจุลชีววิทยาของอาหารปรุงสุกแล้วแช่เย็น หรือแช่เยือกแข็ง.....	37
5	สัดส่วนระหว่างแป้งหมักปกติ และแป้งหมักอบผานเนื้อ.....	50
6	เปรียบเทียบขนาดของเม็ดสสารในแป้งข้าวเจ้าพันธุ์ชยันนาท 1 ลักษณะต่างกัน 4 ตัวอย่าง.....	66
7	เปรียบเทียบสีแป้งข้าวเจ้าพันธุ์ชยันนาท 1 ลักษณะต่างกัน 4 ตัวอย่าง.....	70
8	เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเจ้าพันธุ์ชยันนาท 1 ลักษณะต่างกัน 4 ตัวอย่าง.....	72
9	เปรียบเทียบสมบัติด้านความหนืดของแป้งข้าวเจ้าพันธุ์ชยันนาท 1 ลักษณะต่างกัน 4 ตัวอย่าง.....	74
10	เปรียบเทียบกำลังการพองตัวของแป้งข้าวเจ้าพันธุ์ชยันนาท 1 ลักษณะต่างกัน 4 ตัวอย่าง.....	78
11	เปรียบเทียบการละลายของแป้งข้าวเจ้าพันธุ์ชยันนาท 1 ลักษณะต่างกัน 4 ตัวอย่าง	81
12	เปรียบเทียบสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของแป้งข้าวเจ้าพันธุ์ชยันนาท 1 ลักษณะต่างกัน 3 ตัวอย่าง.....	85
13	เปรียบเทียบสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของเจลแป้งข้าวเจ้าพันธุ์ชยันนาท 1 ลักษณะต่างกัน 3 ตัวอย่าง.....	88
14	เปรียบเทียบการสูญเสียไอน้ำก่อน และหลังการคืนรูปจากเยือกแข็งแบบอากาศเย็นจัดของเจลแป้งข้าวเจ้าพันธุ์ชยันนาท 1 ลักษณะต่างกัน 3 ตัวอย่าง.....	91
15	เปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อ (กรัม) และค่าความยืดหยุ่นก่อน และหลังการคืนรูปจากเยือกแข็งแบบอากาศเย็นจัดของเจลแป้งข้าวเจ้าพันธุ์ชยันนาท 1 ลักษณะต่างกัน 3 ตัวอย่าง.....	94

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
16	เปรียบเทียบสมบัติด้านความหนืดของแป้งหมักปกติ และแป้งทดแทนแป้งหมักด้วยแป้งหมักอบผสานเนื้อร้อยละ 10, 20 , 30, 40 และ 50.....	102
17	เปรียบเทียบปริมาณจับของขนมจีนลักษณะแตกต่างกัน 6 สูตร.....	105
18	เปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อขนมจีนลักษณะแตกต่างกัน 6 สูตร แซ่เอี๊ยกแห้งแบบโคร โอเจนิค และแบบสั้มผัสด่วนโลหะเย็นจัด.....	107
19	เปรียบเทียบค่าความยืดหยุ่นขนมจีนลักษณะแตกต่างกัน 6 สูตร แซ่เอี๊ยกแห้งแบบโคร โอเจนิค และแบบสั้มผัสด่วนโลหะเย็นจัด.....	112
20	เปรียบเทียบคะแนนความเข้มทางประสาทสัมผัสขนมจีนลักษณะแตกต่างกัน 6 สูตร ก่อนการแซ่เอี๊ยกแห้ง.....	116
21	เปรียบเทียบคะแนนความเข้มทางประสาทสัมผัสขนมจีนลักษณะแตกต่างกัน 6 สูตร แซ่เอี๊ยกแห้งแบบโคร โอเจนิค และแบบสั้มผัสด่วนโลหะเย็นจัด รอบการคืนรูปจากเอี๊ยกแห้งที่ 1, 3 และ 5.....	119
22	เปรียบเทียบจำนวนผู้ทดสอบที่ให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสขนมจีนลักษณะต่างกัน 6 สูตรแซ่เอี๊ยกแห้งแบบโคร โอเจนิค และแบบสั้มผัสด่วนโลหะเย็นจัด รอบการคืนรูปจากเอี๊ยกแห้งที่ 1 และ 5.....	126
23	เปรียบเทียบสมบัติด้านความหนืดของแป้งหมักปกติ และแป้งหมักผสมกัมร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5.....	133
24	เปรียบเทียบการสูญเสียน้ำก่อน และหลังจากคืนรูปจากเอี๊ยกแห้งของเจลแป้งหมักปกติ และแป้งหมักปกติผสมกัมร้อยละ 0.5.....	142
25	เปรียบเทียบสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของแป้งหมักปกติ แป้งหมักผสมกัมร้อยละ 0.5 เจลแป้งหมักปกติ และเจลแป้งหมักผสมกัมร้อยละ 0.5 หลังคืนรูปจากเอี๊ยกแห้งรอบที่ 5.....	144
26	เปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นเจลแป้งหมักปกติ และเจลแป้งหมักผสมกัมร้อยละ 0.5 แซ่เอี๊ยกแห้งแบบอากาศเย็นจัด และคืนรูปจากเอี๊ยกแห้งรอบที่ 1, 3 และ 5.....	147

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
27	เปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นขนมจีนลักษณะแตกต่างกัน 15 สูตร ร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5.....	153
28	เปรียบเทียบจำนวนผู้ทดสอบที่ให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส ขนมจีนลักษณะต่างกัน 6 สูตร.....	155
29	เปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อขนมจีนลักษณะต่างกัน 4 สูตร แซ่เอี๊ยกแข็งแบบ ไคร้โอเจนิค และแบบสัมผัสแผ่นโลหะเย็นจัด.....	158
30	เปรียบเทียบค่าความยืดหยุ่นขนมจีนลักษณะต่างกัน 4 สูตร แซ่เอี๊ยกแข็งแบบ ไคร้โอเจนิค และแบบสัมผัสแผ่นโลหะเย็นจัด.....	162
31	เปรียบเทียบคะแนนความเข้มทางประสาทสัมผัสขนมจีนลักษณะแตกต่างกัน 4 สูตร ก่อนการแซ่เอี๊ยกแข็ง.....	166
32	เปรียบเทียบคะแนนความเข้มประสาทสัมผัสขนมจีนลักษณะแตกต่างกัน 4 สูตร แซ่เอี๊ยกแข็งแบบไคร้โอเจนิค และแบบสัมผัสแผ่นโลหะเย็นจัด รอบการคืนรูป จากเอี๊ยกแข็งที่ 1, 3 และ 5	168
33	เปรียบเทียบจำนวนผู้ทดสอบที่ให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส ขนมจีนลักษณะแตกต่างกัน 4 สูตร แซ่เอี๊ยกแข็งแบบไคร้โอเจนิค และแบบ สัมผัสแผ่นโลหะเย็นจัด รอบการคืนรูปจากเอี๊ยกแข็งที่ 1 และ 5.....	174
34	เปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นขนมจีนแตกต่างกัน 3 สูตร แซ่เอี๊ยกแข็งแบบไคร้โอเจนิค ระหว่างการเก็บรักษาอุณหภูมิ 4 °ซ วัน เริ่มต้น, วันที่ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12.....	182
35	เปรียบเทียบคะแนนความเข้มทางประสาทสัมผัสขนมจีนแตกต่างกัน 3 สูตร แซ่เอี๊ยกแข็งแบบไคร้โอเจนิค ระหว่างการเก็บรักษาอุณหภูมิ 4 °ซ วันเริ่มต้น, วันที่ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12.....	184
36	เปรียบเทียบการยอมรับทางประสาทสัมผัสขนมจีนลักษณะแตกต่างกัน 3 สูตร ระหว่างการเก็บรักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วันเริ่มต้น, วันที่ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ¹	189

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
37	เปรียบเทียบการยอมรับทางประสาทสัมผัสแรงแจ้วหวานไ้ระหว่างการเก็บรักษา 4 องศาเซลเซียสวันเริ่มต้น, วันที่ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12	190
38	เปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นขนมจีนลักษณะแตกต่างกัน 3 สูตร แซ่เอ๊อกแข็งแบบโคร โอเจนิค ระหว่างการเก็บรักษาอุณหภูมิ-18 °ซ วันเริ่มต้น, วันที่ 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 และ 56.....	194
39	เปรียบเทียบคะแนนความเข้มทางประสาทสัมผัสขนมจีนลักษณะแตกต่างกัน 3 สูตร แซ่เอ๊อกแข็งแบบโคร โอเจนิค ระหว่างการเก็บรักษาอุณหภูมิ -18 °ซ วันเริ่มต้น,วันที่ 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 และ 56.....	196
40	เปรียบเทียบการยอมรับทางประสาทสัมผัสขนมจีนลักษณะแตกต่างกัน 3 สูตร ระหว่าง การเก็บรักษาอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส วันเริ่มต้น วันที่ 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 และ 56.....	201
41	เปรียบเทียบการยอมรับทางประสาทสัมผัสแรงแจ้วหวานไ้ระหว่างเก็บรักษา-18 องศาเซลเซียส.....	202
42	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขนมจีนแซ่เอ๊อกแข็งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นเวลา 14 วัน และ -18 °ซ เป็นเวลา 63 วัน	204
43	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ขนมจีนพร้อมบริโภคแซ่เอ๊อกแข็งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นเวลา 14 วัน และ -18 °ซ เป็นเวลา 63 วัน.....	206

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ข1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานเอมิโลส.....	233
ง1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนขนาดของเม็ดสตาโรซในแป้ง.....	245
ง2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสีแป้งปกติ แป้งหมัก แป้งหมักอบผสานเนื้อ 24 และ 48 ชม.....	245
ง3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของสตาร์ช.....	245
ง4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของเจลแป้งหมักคั้น รูปจากแซ่เยือกแข็งรอบที่ 1, 3 และ 5.....	246
ง5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสมบัติด้านความหนืดของแป้งปกติ แป้งหมัก และ แป้งอบผสานเนื้อ.....	248
ง6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนกำลังการพองตัวแป้งปกติ แป้งหมักปกติ และ แป้งหมักอบผสานเนื้อ.....	248
ง7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร้อยละการละลายแป้งปกติ แป้งหมักปกติ และ แป้งหมักอบผสานเนื้อ.....	249
ง8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบทางเคมีของแป้งปกติ แป้งหมัก และแป้งอบผสานเนื้อ.....	249
ง9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร้อยละการสูญเสียน้ำหลังการคั้นรูปจากเยือก แข็งของเจลแป้ง.....	250
ง10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแน่นเนื้อของเจลจากแป้งผ่านการคั้นรูป จากเยือกแข็งแบบอากาศเย็นจัด.....	251
ง11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความยืดหยุ่นของเจลแป้งผ่านการคั้นรูปจาก เยือกแข็งแบบอากาศเย็นจัด.....	251
ง12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสมบัติด้านความหนืดของแป้งหมักทดแทนด้วย แป้งหมักอบผสานเนื้อ.....	252
ง13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแน่นเนื้อขนมจีนแซ่เยือกแข็งแบบ ไครโอเจนิค.....	252

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ง14	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความยืดหยุ่นขนมจีนแช่เยือกแข็งแบบ ไครโอเจนิค.....	253
ง15	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความเข้มทางประสาทสัมผัส ขนมจีนแช่ เยือกแข็งแบบ ไครโอเจนิค.....	253
ง16	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าแน่นเนื้อขนมจีนแช่เยือกแข็งแบบสัมผัสแผ่น โลหะเย็นจัด.....	256
ง17	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่ายืดหยุ่นขนมจีนแช่เยือกแข็งแบบสัมผัสแผ่น โลหะเย็นจัด.....	256
ง18	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความเข้มทางประสาทสัมผัสขนมจีนแช่ เยือกแข็งแบบสัมผัสแผ่นโลหะเย็นจัด.....	257
ง19	การวิเคราะห์ความแปรปรวนสมบัติด้านความหนืดของแป้งหมักผสมกัม 7 ชนิดร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5.....	260
ง20	การวิเคราะห์ความแปรปรวนการสูญเสีย น้ำหลังจากคืนรูปจากเยือกแข็งของเจล แป้งหมักปกติผสมกัม.....	264
ง21	การวิเคราะห์ความแปรปรวนสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของแป้งหมัก ผสมกัม และเจลแป้งหมักผสมกัมก่อนแช่ เยือกแข็ง และหลังคืนรูปจากเยือก แข็งรอบที่ 5.....	264
ง22	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความแน่นเนื้อเจลแป้งหมักหลังจากคืนรูปจาก เยือกแข็ง.....	265
ง23	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยืดหยุ่นเจลแป้งหมักหลังจากคืนรูปจาก เยือกแข็ง.....	266
ง24	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นขนมจีน ผสมกัมแซนแทน, ซีเอ็มซี และกัวร์ ร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5.....	267

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ง25	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแน่นเนื้อขนมจีนผสมกัมแซ่เยือกแข็งแบบโคร โอเจนิค.....	267
ง26	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความยืดหยุ่นขนมจีนผสมกัมแซ่เยือกแข็งแบบโคร โอเจนิค.....	268
ง27	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความเข้มทางประสาทสัมผัสขนมจีนผสมกัมแซ่เยือกแข็งแบบโคร โอเจนิค.....	269
ง28	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแน่นเนื้อขนมจีนผสมกัมแซ่เยือกแข็งวิธีสัมผัสแผ่น โลหะเย็นจัด.....	271
ง29	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความยืดหยุ่นขนมจีนผสมกัมแซ่เยือกแข็งแบบโคร โอเจนิค.....	272
ง30	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความเข้มทางประสาทสัมผัสขนมจีนผสมกัมแซ่เยือกแข็งแบบสัมผัสแผ่น โลหะเย็นจัด.....	272
ง31	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นขนมจีนแป้งหมักแซ่เยือกแข็ง ระหว่างเก็บรักษา อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วันเริ่มต้น, วันที่ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12.....	275
ง32	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความเข้มทางประสาทสัมผัสขนมจีนแป้งหมักแซ่เยือกแข็ง ระหว่างเก็บรักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วันเริ่มต้น, วันที่ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12.....	276
ง33	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นขนมจีนแป้งหมักแซ่เยือกแข็ง ระหว่างเก็บรักษาอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส วันเริ่มต้น, วันที่ 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 และ 56.....	278
ง34	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความเข้มทางประสาทสัมผัสขนมจีนแป้งหมักแซ่เยือกแข็ง ระหว่างเก็บรักษาอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส วันเริ่มต้น, วันที่ 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 และ 56.....	278

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โมเลกุลของแอมิโลส และแอมิโลเพกทิน.....	4
2	กระบวนการผลิตขนมจีน	8
3	เครื่องแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นจัดชนิดต่าง ๆ.....	14
4	เครื่องแช่เยือกแข็งแบบสัมผัสแผ่นโลหะเย็นจัด.....	15
5	เครื่องแช่เยือกแข็งแบบจุ่มในของเหลวเย็นจัด.....	16
6	แบบจำลองการแช่เยือกแข็งแบบไครโอเจนิก.....	17
7	กลไกการคั้รูปของเจลแป้ง.....	19
8	การจับกันของโมเลกุลสตาร์ชภายหลังการเกิดรีโทรเกรด.....	20
9	เจลแป้งผ่านการคั้รูปจากเยือกแข็ง รอบที่ 5.....	22
10	สภาวะการคั้แปรสตาร์ชทางเคมีเชิงฟิสิกส์ด้วยความร้อน.....	23
11	สมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ และความเป็นผลึกของสตาร์ชข้าว.....	27
12	เม็ดสตาร์ชข้าวฟ่างเกอร์ มิลเลตสองด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 3,000 เท่า.....	27
13	ผลของการอบผานเนื้อต่อการจัดเรียงตัวของแอมิโลเพกทินในเม็ดสตาร์ช.....	29
14	การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งสาลี และแป้งข้าวโพดผสมกัน.....	33
15	ค่าร้อยละการสูญเสีย น้ำของเจลจากสตาร์ชที่ผสมกับร้อยละ 0.3 และ 0.6.....	34
16	กระบวนการผลิตแป้งหมักปกติ และแป้งหมักฟรีเจลาทีนซ์.....	43
17	กระบวนการผลิตแป้งหมักอบผานเนื้อ.....	44
18	ลักษณะหลอดที่ใช้ในการหาค่าการสูญเสีย น้ำของเจลแป้งก่อน และหลังห้วยงแยกน้ำ	48
19	กระบวนการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตขนมจีนทดแทนแป้งหมัก ด้วยแป้งอบผานเนื้อ และขนมจีนผสมกับแช่เยือกแข็งแบบไครโอเจนิก และ แบบสัมผัสแผ่นโลหะเย็นจัด.....	57
20	กระบวนการทดลองรวมทั้งหมด.....	63
21	ขนาดเม็ดสตาร์ชแป้งปกติ (NRF) แป้งหมักปกติ (FRF) และแป้งหมักอบผานเนื้อ 24 (ANF24) และ 48 ชม (ANF48) ผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบแสงส่องผ่านกำลังขยาย 1,000 เท่า.....	66

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
22	ขนาด และรูปร่างเมื่อดูดซับแก๊ส (NRF) แก๊สหนักปกติ (FRF) และแก๊สหนัก อบผสมเนื้อ 24 (ANF24) และ 48 ซม. (ANF48) ผ่านกล่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบส่องกราดกำลังขยาย 1,500, 5,000 และ 10,000 เท่า.....	68
23	สมบัติด้านความเหนียวของแก๊สปกติ (NRF), แก๊สหนักปกติ (FRF) และแก๊สหนักอบ ผสมเนื้อ 24 (ANF24) และ 48 ซม. (ANF48) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ความเหนียว อย่างรวดเร็ว.....	75
24	ระดับความเป็นผลึกของแก๊สปกติ แก๊สหนัก และแก๊สหนักอบผสมเนื้อ 24 และ 48 ซม.....	83
25	การเปลี่ยนแปลงค่าเอนโดเทอร์มของแก๊สหนักปกติ (FRF) และแก๊สหนักอบผสม เนื้อ 24 (ANF24) และ 48 (ANF48) ซม.....	85
26	โครงสร้างของเจลแก๊สหนักปกติ (FRF) และเจลแก๊สหนักอบผสมเนื้อ 24 (ANF24) และ 48 ซม (ANF48) ก่อนการแช่เยือกแข็ง และรอบการคืนรูปจากเยือกแข็งแบบ อากาศเย็นจัดที่ 5 กำลังขยาย 50 เท่า.....	99
27	โครงสร้างขมจีนแก๊สหนักปกติ (สูตรที่ 1) และขมจีนทดแทนแก๊สหนักปกติ ด้วยแก๊สหนักอบผสมเนื้อร้อยละ 20 (สูตรที่ 3) และ 40 (สูตรที่ 5) กำลังขยาย 50 เท่า ก่อนการแช่เยือกแข็ง และรอบการคืนรูปจากเยือกแข็งที่ 5.....	130
28	โครงสร้างเจลแก๊สหนักปกติ (FRF) ความเข้มข้นร้อยละ 8 เจลแก๊สหนักผสมกับ แซนแทน (XANF) กัมซีเอ็มซี (CMCF) และกัมกัวร์ (GUAF) ร้อยละ 0.5 ก่อน การแช่เยือกแข็ง กำลังขยาย 500 เท่า หลังคืนรูปจากเยือกแข็งรอบที่ 5 กำลังขยาย 100 และ 500 เท่า.....	150
29	โครงสร้างขมจีนแก๊สหนักปกติ (สูตรที่ 1) และขมจีนแก๊สหนักผสมกัมร้อยละ 0.3 คือ กัมแซนแทน (สูตรที่ 8) และกัมซีเอ็มซี (สูตรที่ 11) และกัมกัวร์ (สูตรที่ 14) กำลังขยาย 50 เท่า ก่อนการแช่เยือกแข็ง และการคืนรูปจากเยือกแข็งแบบ อากาศเย็นจัดรอบที่ 5.....	178

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ก1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขนมเงินระหว่างการแช่เยือกแข็งแบบไครโอเจนิค.....	228
ก2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขนมเงินระหว่างการแช่เยือกแข็งแบบสัมผัสแผ่น โลหะเย็นจัด.....	228
ข1 กราฟมาตรฐานแอมิโลส.....	233
ข2 ลักษณะเส้นความหนืดที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์ความหนืดแบบรวดเร็ว.....	236
ข3 ลักษณะเส้นเนื้อสัมผัสของเจล วัดด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส.....	234
ข4 ลักษณะเส้นเนื้อสัมผัสของเส้นขนมเงินวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส.....	239

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

NRF	=	แป้งปกติ
FRF	=	แป้งหมักปกติ
ANF24	=	แป้งหมักอบผานเนื้อ 24 ชม.
ANF48	=	แป้งหมักอบผานเนื้อ 48 ชม.
ANF10	=	แป้งทดแทนแป้งหมักด้วยแป้งหมักอบผานเนื้อ 48 ชม. ร้อยละ 10
ANF20	=	แป้งทดแทนแป้งหมักด้วยแป้งหมักอบผานเนื้อ 48 ชม. ร้อยละ 20
ANF30	=	แป้งทดแทนแป้งหมักด้วยแป้งหมักอบผานเนื้อ 48 ชม. ร้อยละ 30
ANF40	=	แป้งทดแทนแป้งหมักด้วยแป้งหมักอบผานเนื้อ 48 ชม. ร้อยละ 40
ANF50	=	แป้งทดแทนแป้งหมักด้วยแป้งหมักอบผานเนื้อ 48 ชม. ร้อยละ 50
XANF	=	แป้งหมักผสมกัมแซนแทน
CMCF	=	แป้งหมักผสมกัมซีเอ็มซี
GUAF	=	แป้งหมักผสมกัมกัวร์
สูตรที่ 1	=	ขนมจีนแป้งหมักปกติ
สูตรที่ 2	=	ขนมจีนทดแทนแป้งหมักด้วยแป้งหมักอบผานเนื้อ ร้อยละ 10
สูตรที่ 3	=	ขนมจีนทดแทนแป้งหมักด้วยแป้งหมักอบผานเนื้อ ร้อยละ 20
สูตรที่ 4	=	ขนมจีนทดแทนแป้งหมักด้วยแป้งหมักอบผานเนื้อ ร้อยละ 30
สูตรที่ 5	=	ขนมจีนทดแทนแป้งหมักด้วยแป้งหมักอบผานเนื้อ ร้อยละ 40
สูตรที่ 6	=	ขนมจีนทดแทนแป้งหมักด้วยแป้งหมักอบผานเนื้อ ร้อยละ 50
สูตรที่ 7	=	ขนมจีนแป้งหมักผสมกัมแซนแทน ร้อยละ 0.1
สูตรที่ 8	=	ขนมจีนแป้งหมักผสมกัมแซนแทน ร้อยละ 0.3
สูตรที่ 9	=	ขนมจีนแป้งหมักผสมกัมแซนแทน ร้อยละ 0.5
สูตรที่ 10	=	ขนมจีนแป้งหมักผสมกัมซีเอ็มซี ร้อยละ 0.1
สูตรที่ 11	=	ขนมจีนแป้งหมักผสมกัมซีเอ็มซี ร้อยละ 0.3
สูตรที่ 12	=	ขนมจีนแป้งหมักผสมกัมซีเอ็มซี ร้อยละ 0.5
สูตรที่ 13	=	ขนมจีนแป้งหมักผสมกัมกัวร์ ร้อยละ 0.1
สูตรที่ 14	=	ขนมจีนแป้งหมักผสมกัมกัวร์ ร้อยละ 0.3
สูตรที่ 15	=	ขนมจีนแป้งหมักผสมกัมกัวร์ ร้อยละ 0.5