

การศึกษากระบวนการผลิตและลักษณะทางกายภาพ
ของแป้งชุบทอดผสมแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลลาติไนซ์

Study of Process and Physical Properties of Tempura Flour Mixed with
Pregelatinized Germinated Brown Rice Flour



T119393

ัชยธิกา

อ่อนนุ่ม

นิติกร

ศิรินัย

นิรชา

อติชาติ

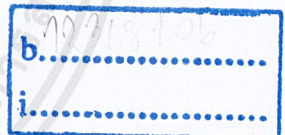
สมะ

ทองหล่อ

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน **119393**

วัน,เดือน,ปี..... - 7 S.ค. 2554



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Study of Process and Physical Properties of Tempura Flour Mixed
with Pregelatinized Germinated Brown Rice Flour**

Chuntika Onnom
Nitikon Sirinai
Niracha Atichart
Sama Thonglor

**THIS THESIS IS SUMMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHALOR OF ENGINEERING**

**KING MONGKUL'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2010**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การศึกษากระบวนการผลิตและลักษณะทางกายภาพ

ของแป้งชุบทอดผสมแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลลาติไนซ์

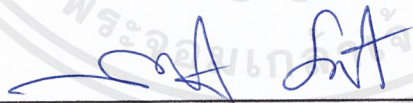
STUDY OF PROCESS AND PHYSICAL PROPERTIES

OF TEMPURA FLOUR MIXED WITH PREGELATINIZED

GERMINATED BROWN RICE FLOUR

ผู้จัดทำ

1.นางสาวชัญญิกา	อ่อนนุ่ม	รหัสนักศึกษา 50010338
2.นายนิติกร	ศิรินัย	รหัสนักศึกษา 50010819
3.นางสาวนริษา	อดิชาติ	รหัสนักศึกษา 50010828
4.นายศมะ	ทองหล่อ	รหัสนักศึกษา 49012429



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.กัณฑ์กนิษฐ ขวัญพฤกษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การศึกษากระบวนการผลิตและลักษณะทางกายภาพของแป้งชุบทอดผสมแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลาตินไนซ์	
นักศึกษา	ศมະ	ทองหล่อ
	ชญธิกา	อ่อนนุ่ม
	นิติกร	ศิรินัย
	นิรชา	อติชาติ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.กัณฑ์กนิษฐ์ ขวัญพุกฤษ์ ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงษ์	
ปริญญานิพนธ์	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2553	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการผลิตแป้งข้าวกล้องพรีเจลาตินไนซ์และแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลาตินไนซ์ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ โดยใช้ความเร็วลูกกลิ้ง 0.5 รอบต่อนาที และอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งที่ 130°C แป้งพรีเจลาตินไนซ์ทั้งสองแบบที่ได้จะใช้เป็นส่วนผสมสำหรับแป้งชุบทอดเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เป็นแป้งชุบทอด โดยใช้อัตราส่วนการผสมแป้งพรีเจลาตินไนซ์ต่อแป้งชุบทอดทางการค้าตราโกกิ 5: 95 โดยน้ำหนัก แป้งชุบทอดสูตร 1 คือแป้งชุบทอดโกกิที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวกล้องพรีเจลาตินไนซ์ แป้งชุบทอดสูตร 2 คือแป้งชุบทอดโกกิที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวกล้องพรีเจลาตินไนซ์ และแป้งชุบทอดสูตร 3 คือแป้งโกกิเพียงอย่างเดียว ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพด้านสี เนื้อสัมผัส ความหนืด และการรูดขีดของแป้งชุบทอดทั้งสามสูตร และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอดจากทั้งสามสูตรจากผลการทดลองพบว่า แป้งสูตร 2 หลังการชุบทอดมีสีที่คล้ำกว่าแป้งชุบทอดสูตรอื่นๆ แต่ค่าสีของแป้งทั้งสามสูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ผลการทดสอบเนื้อสัมผัสของแป้งสูตร 1 สูตร 2 และ 3 มีค่าความแข็งเฉลี่ย 0.16, 0.12, 0.34 กิโลกรัมต่อมิลลิเมตร ตามลำดับ ค่าแรงสูงสุดในระยะ 0-5 มิลลิเมตรเฉลี่ยของแป้งสูตร 1 สูตร 2 และสูตร 3 เท่ากับ 0.51, 0.41, 0.68 กิโลกรัม ตามลำดับ โดยแป้งสูตร 3 มีค่าแรงสูงสุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากทั้งสูตร 1 และสูตร 2 การวิเคราะห์ความหนืดของน้ำแป้งชุบทอดทั้ง 3 สูตร พบว่าแป้งชุบทอดสูตร 2 มีค่าความหนืดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 172.61 RVU ซึ่งมากกว่าสูตร 1 ที่มีค่าความหนืดสูงสุดเฉลี่ย 164.81 RVU แป้งชุบทอดทั้งสองสูตรมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับแป้งสูตร 3 ซึ่งมีค่าความหนืดเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 207.31 RVU ค่าการรูดขีดก่อนและหลังทอดของแป้งสูตร 1 สูตร 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ย 58.14%, 53.36%, 66.01% และ 43.33%, 39.99%, 57.49% ตามลำดับ การทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่ากลิ่น รสชาติและความชอบโดยรวมของแป้งทั้งสามชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

Report Title STUDY OF PROCESS AND PHYSICAL PROPERTIES OF TEMPURA FLOUR MIXED WITH PREGELATINIZED GERMINATED BROWN RICE FLOUR

Student Sama Thonglor
 Chantika Onnom
 Nitikon Sirinai
 Niracha Atichart

Asvisor Dr. Karnkanit Khwanpruk
 Assistant Professor Dr. Pimpen Pronchaluampong

Report for Bachelor Degree in Food Engineering
 Department of Food Engineering
 King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Abstract

The processes of pregelatinized brown rice and pregelatinized germinated brown rice flour production were studied in this research by using the double drum dryer with the speed of drum 0.5 rpm and the drum surface drying temperature of 130°C. To test the potential of use the pregelatinized brown rice flour as the tempura flour, both pregelatinized brown rice flour were mixed with the ratio of 5: 95 by weight of the commercial tempura flour named GOGI. Tempura formula 1 is the mixture of GOGI and pregelatinized brown rice, tempura formula 2 is the mixture of GOGI and pregelatinized germinated brown rice and tempura formula 3 is pure GOGI. Tempura flour 3 formula were studied the physical properties of colour, texture, pasting properties, batter pickup and sensory test of tempura product. The results showed that the colour of formula 2 tempura product was slightly dark than others but was not statistical significance difference ($P>0.05$). The average hardness of tempura products from 3 formulas are 0.16, 0.12 and 0.34 kg/mm, respectively. The average maximum max forces of range distance 0-5 mm from 3 formulas are 0.51, 0.41 and 0.68 kg, respectively. Formula 3 showed the highest hardness and statistical significance difference from the others. The pasting properties of 3 formulas showed that peak viscosity of tempura flour formula 1 is 172.61 RVU which is higher than from formula 2 of 164.81 RVU. The peak viscosities of formula 1 and 2 are differ from formulas 3 statistical significance which has the peak viscosity of 207.31 RVU. The average percentage of batter pickup before and after frying of 3 formulas are 58.14%, 53.36%, 66.01% and 43.33%, 39.99%, 57.49%, respectively. The sensory test showed that flavor, taste, texture and overall are not statistical significance difference ($P>0.05$).

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้เลยหากไม่ได้รับความช่วยเหลือ ความอนุเคราะห์ให้ความรู้ และช่วยแก้ปัญหาจากคณาจารย์และบุคลากรทุกฝ่าย ทางคณะผู้จัดทำโครงการนี้ขอขอบพระคุณ

ดร.กัณฑ์นิษฐ์ ขวัญพุกฤษ และผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ผศ.ดร.นวกัทร หนูนาค ดร.เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ ที่ให้คำปรึกษาที่มีประโยชน์ ตลอดจนติดตามผลงานด้วยความเอาใจใส่อย่างใกล้ชิดอีกทั้งให้แนวคิดและหลักการล้วนแล้วแต่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยและการดำเนินชีวิตตลอดระยะเวลาในการทำโครงการนี้

คณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมอาหารที่ช่วยกรุณาแก้ไขข้อบกพร่องและข้อข้องใจในปัญหาต่างๆ ให้ได้รับความกระจ่าง รวมทั้งช่วยให้คำแนะนำ ให้ความรู้และดูแลมาโดยตลอด

นายอำนาจ กุตะกุล ที่ให้ความช่วยเหลือในทุกๆ เรื่องที่คณะผู้ทำโครงการรบกวน และช่วยเหลือให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ตลอดเวลาระยะเวลาในการทำโครงการและระยะเวลา 4 ปีที่ศึกษาในภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

นางสาววารุภรณ์ มาไพศาลทรัพย์ ที่ให้คำปรึกษาที่ดีช่วยอำนวยความสะดวกในการยื่นอุปกรณ์ และให้คณะผู้จัดทำอยู่ในระเบียบอย่างเคร่งครัดมากขึ้น

เพื่อนๆ นักศึกษาในภาควิชาวิศวกรรมอาหารทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำและให้กำลังใจตลอดระยะเวลาในการทำโครงการ

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำต้องขอบพระคุณบิดา มารดาเป็นอย่างสูงยิ่ง ที่ให้กำเนิดและคอยสนับสนุนการศึกษาของคณะผู้ทำโครงการตลอดมา และทุกคนในครอบครัวที่ช่วยให้กำลังใจและให้คำปรึกษา แก้ปัญหาในการทำงานทุกๆ ด้าน

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูปภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับข้าว	4
2.1.1 ลักษณะที่สำคัญของข้าว	4
2.1.2 ลักษณะของข้าวที่สำคัญทางการเกษตร	5
2.1.3 ชนิดของข้าว	6
2.1.4 คุณสมบัติทางกายภาพของข้าว	8
2.2 ข้าวกล้องงอก	9
2.2.1 ข้าวกล้องงอก	9
2.2.2 คุณประโยชน์ของสารในข้าวกล้องงอก	11
2.2.3 GABA	12
2.2.4 ขั้นตอนการเตรียมข้าวกล้องงอก	13
2.3 การทำแห้ง	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า	
2.3.1	การทำแห้งด้วยแสงแดด	14
2.3.2	การทำแห้งแบบพ่นฝอย	14
2.3.3	การทำแห้งด้วยลมร้อน	14
2.3.4	การทำแห้งด้วยลูกกลิ้ง	15
2.3.5	การทำแห้งด้วยสุญญากาศ	15
2.3.6	การทำแห้งเยือกแข็ง	15
2.3.7	การลดสัดส่วนระหว่างปริมาณน้ำและของแข็งในอาหาร	15
2.3.8	การทำแห้งด้วยการรมควัน	15
2.4	เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง	16
2.4.1	เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่	16
2.4.2	ตัวแปรที่มีผลต่อการทำแห้งของเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง	17
2.5	การถ่ายเทมวลและความร้อน	18
2.6	แป้งชูบทอด	19
2.7	ทฤษฎีการทอด	19
2.7.1	ผลของการทอดต่ออาหาร	21
2.8	โครงสร้างและสมบัติโดยทั่วไปแป้ง	22
2.8.1	โครงสร้างของแป้ง	22
2.8.2	ค่าความหนืด	25
2.8.3	การพองตัวและการละลาย	26
2.8.4	การเกิดเจลลิตีไนซ์	27
2.9	แป้งพรีเจลลิตีไนซ์	28
2.9.1	การคืนตัวของงแป้งสุก	28
2.10	ไส้กรอกแบบต่างๆ	31

บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุ

33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า	
3.3.1	อุปกรณ์	33
3.3	ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ	34
3.3.1	กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกพรีเจสลาติไนซ์	34
3.3.2	กระบวนการผลิตแป้งข้าวกล้องพรีเจสลาติไนซ์	36
3.3.3	การเตรียมแป้งตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ	36
3.3.4	การเตรียมผลิตภัณฑ์	36
3.4	ขั้นตอนการทดลอง	37
3.5	การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์	37
3.5.1	ค่าความชื้น	37
3.5.2	วัดค่าสี	38
3.5.3	การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส	38
3.5.4	การวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติความหนืด	39
3.5.5	การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การชุกติดก่อนและหลังทอด	42
3.5.6	ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	42
บทที่ 4	สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1	สี	43
4.2	เนื้อสัมผัส	44
4.3	ความหนืดของแป้ง	46
4.4	เปอร์เซ็นต์การชุกติด	49
4.5	การทดสอบทางประสาทสัมผัส	50
บทที่ 5	สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1	สรุปผลการทดลอง	52
5.2	ข้อเสนอแนะ	53

บรรณานุกรม

54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก	การคำนวณความชื้นเริ่มต้นของแป้ง	56
ภาคผนวก ข	ใบประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส	57
ภาคผนวก ค	ตารางบันทึกผลเปอร์เซ็นต์การชุบติด	58
ภาคผนวก ง	รูปภาพเกี่ยวกับโครงการ	67



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 สมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน	23
ตารางที่ 2.2 ปริมาณของอะไมโลสในแป้งชนิดต่างๆ	24
ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของอะไมโลสและ ลึขของสารประกอบเชิงซ้อนของอะไมโลสกับไอโอดีน	24
ตารางที่ 4.1 ค่าลึขของแป้งทั้งสามสูตรหลังผ่านการชุปทอด	43
ตารางที่ 4.2 ค่าเนื้อสัมผัสของแป้งทั้งสามสูตรหลังผ่านการชุปทอด	44
ตารางที่ 4.3 ค่าความหนืดของน้ำแป้งชุปทอดทั้งสามสูตร	46
ตารางที่ 4.4 ค่าเปอร์เซ็นต์การชุบติด	49
ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แป้งชุปทอดทั้งสามสูตร	50
ก.1 บันทึกน้ำหนักเพื่อหาความชื้น	56
ค.1 น้ำหนักแป้งก่อนชุบเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การชุบติดก่อนทอดของแป้งสูตร 1	58
ค.2 น้ำหนักแป้งก่อนชุบเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การชุบติดก่อนทอดของแป้งสูตร 2	59
ค.3 น้ำหนักแป้งก่อนชุบเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การชุบติดก่อนทอดของแป้งสูตร 3	61
ค.4 น้ำหนักแป้งหลังชุบทอดเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การชุบติดหลังทอดของแป้งสูตร 1	62
ค.5 น้ำหนักแป้งหลังชุบทอดเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การชุบติดหลังทอดของแป้งสูตร 2	64
ค.6 น้ำหนักแป้งหลังชุบทอดเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การชุบติดหลังทอดของแป้งสูตร 3	65
ง.1 ขั้นตอนการผลิตข้าวกล็องกล็องฟรีเจลลาติไนซ์	67

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1	10
รูปที่ 2.2	11
รูปที่ 2.3	16
รูปที่ 2.4	17
รูปที่ 2.5	23
รูปที่ 2.6	25
รูปที่ 2.7	26
รูปที่ 2.8	27
รูปที่ 2.9	29
รูปที่ 2.10	31
รูปที่ 3.1	35
รูปที่ 3.2	39
รูปที่ 3.3	41
รูปที่ 4.1	45
รูปที่ 4.2	47
รูปที่ 4.3	51
รูปที่ ง.1	71
รูปที่ ง.2	71
รูปที่ ง.3	72
รูปที่ ง.4	72
รูปที่ ง.5	73
รูปที่ ง.6	74
รูปที่ ง.7	74

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล ที่มาของปัญหา

ข้าวเป็นแหล่งอาหารและพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยมาช้านาน ขณะที่การส่งออกผลิตภัณฑ์จากข้าวและการค้าข้าวมีความผันผวนและมีปริมาณเพียงเล็กน้อย โดยส่วนใหญ่เป็นการส่งออกข้าวประมาณ 728,119 ตันข้าวสาร จากที่เคยส่งออกได้ปีละ 6,140,000 ตันข้าวสาร อย่างไรก็ตามเมื่อคำนวณเป็นราคาต่อตันผลิตภัณฑ์ที่มีการแปรรูปจากข้าวมีราคาที่สูง ดังนั้นหากสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวให้แพร่หลายจะเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับข้าว ในปัจจุบันประชาชนนิยมหันมาสนใจเกี่ยวกับเรื่องสุขภาพและใส่ใจกับอาหารที่บริโภคมากขึ้น ข้าวกล้องจึงเป็นที่นิยมในการบริโภคมากขึ้น

ข้าวกล้อง คือเมล็ดข้าวที่ไม่ผ่านการขัดสีหรือผ่านการขัดสีแค่บางส่วน จึงยังคงมีจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว ติดอยู่ สีของเมล็ดข้าวมีสีน้ำตาลปนแดง จมูกข้าวและเยื่อหุ้มในข้าวกล้องมีส่วนประกอบที่เป็น โปรตีน ไขมัน ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย วิตามินแร่ธาตุและข้าวกล้องยังมีอาหารมากกว่าใยขัดสี ดังนั้นข้าวกล้องจะมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าข้าวขัดสีจนขาว ผู้ที่ได้รับประทานข้าวกล้องจะอึดนานกว่าผู้ที่รับประทานข้าวขาว ข้าวกล้องจะมีความหยาบ ไม่นุ่มนวลเท่าข้าวขัดสีและใช้เวลาหุงต้มนาน คนไทยจึงยังไม่ค่อยนิยมบริโภค คุณค่าทางอาหาร ข้าวกล้อง 100 กรัม จะมีโปรตีน 7.2 กรัม ไขมัน 3.4 กรัม ใยอาหาร 3.4 กรัม นอกจากนั้นจะประกอบไปด้วยเกลือแร่และวิตามิน ได้แก่ โซเดียม โปรแตสเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี ทองแดง วิตามินบี 1 บี 2 และไนอาซิน โดยเฉพาะฟอสฟอรัสและแมกนีเซียม ซึ่งเป็นส่วนสำคัญต่อการสร้างกระดูกที่สูงกว่า ในปัจจุบันมีการศึกษาการเพาะข้าวกล้องงอกทำดังเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย

ข้าวกล้องงอก หรือ GABA-rice ถือเป็นนวัตกรรมหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ข้าวกล้องงอก (germinated brown rice) เป็นการนำข้าวกล้องมาผ่านกระบวนการงอก ซึ่งโดยปกติแล้ว ในตัวข้าวกล้องเองประกอบด้วยสารอาหารจำนวนมาก เมื่อนำข้าวกล้องมาแช่น้ำเพื่อทำให้งอก จะทำให้ข้าวกล้องมีสารอาหาร โดยเฉพาะ GABA เพิ่มขึ้น ซึ่งนอกจากจะได้ประโยชน์จากการที่มีปริมาณสารอาหารที่สูงขึ้นแล้ว ยังทำให้ข้าวกล้องงอกที่หุงสุกมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มรับประทานได้ง่ายกว่าข้าวกล้องธรรมดาอีกด้วย จึงง่ายแก่การหุงรับประทานได้โดยไม่ต้องผสมกับข้าวขาวตามความนิยมของผู้บริโภค (ชุตินิพนธ์, 2552)

จากผลงานวิจัยพบว่า ในคัพพะข้าวเจ้า มี GABA สูงสุดในข้าวขาวดอกมะลิ 105 (37.2 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ส่วนข้าวเหนียวพบ GABA สูงสุดในพันธุ์ R258 (72.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ข้าวกล้องงอกจากพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะให้ปริมาณ GABA สูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น ซึ่งจากการศึกษาประโยชน์ของข้าวกล้องเพื่อการบริโภคที่ได้ประโยชน์สูงสุดทำให้ทราบว่า “ข้าวกล้อง” ซึ่งประกอบด้วยจมูกข้าว มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายจำนวนมาก อาทิ โยอาอาหาร กรดไฟติก (Phytic acid) กรดเฟรุติก (Ferulic acid) วิตามินบีและอี และ GABA (กรดแกมมา แอมีโนบิวทิริก) ซึ่งช่วยป้องกันโรคต่าง ๆ ได้ เช่น โรคมะเร็ง เบาหวาน และช่วยในการควบคุมน้ำหนักตัว

พรีเจลลาติไนซ์สตาร์ช คือสตาร์ชที่ผ่านการดัดแปรคุณสมบัติด้วยวิธีทางกายภาพโดยการใช้ความร้อน เช่น การใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) การใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer) การใช้กระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน (Extrusion) เป็นต้น โดยแป้งที่ได้จากการเจลลาติไนซ์ ถือได้ว่าเป็นแป้งสุกซึ่งโครงสร้างของเม็ดสตาร์ชจะถูกทำให้แตกออก การทำแห้งแบบลูกกลิ้งเป็นกระบวนการทางอุตสาหกรรมที่ทำให้เม็ดสตาร์ชแตกออกดังกล่าวเป็นผลทำให้การดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น และการละลายน้ำดีขึ้น เกิดสารละลายขึ้นเหนียวได้ทันทีโดยไม่ต้องอาศัยความร้อน ทั้งนี้กระบวนการที่แตกต่างกันมีผลต่อคุณสมบัติของแป้งข้าวกล้องพรีเจลลาติไนซ์ได้ (ภานุมาศ, 2541)

ปัจจุบันประชากรนิยมบริโภคอาหาร จำพวกซุบทอดมากขึ้น เนื่องจากอาหารประเภทนี้ใช้เวลาในการทำไม่มาก วิธีการทำไม่ยุ่งยาก รสชาติอร่อยหาซื้อได้ง่าย ซึ่งแป้งที่ใช้ซุบทอดโดยทั่วไปในท้องตลาดมีอยู่หลายยี่ห้อซึ่งมีความคล้ายคลึงกัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตแป้งข้าวกล้องพรีเจลลาติไนซ์และแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลลาติไนซ์เพื่อใช้เป็นส่วนผสมของแป้งซุบทอด และศึกษาลักษณะทางกายภาพของแป้งซุบทอดผสมแป้งข้าวกล้องพรีเจลลาติไนซ์ดังกล่าว เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษากระบวนการผลิตแป้งข้าวกล้องพรีเจลลาติไนซ์และแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลลาติไนซ์ด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

1.2.2 ศึกษาสมบัติทางกายภาพแป้งซุบทอดที่ผสมแป้งข้าวกล้องพรีเจลลาติไนซ์และแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลลาติไนซ์เจลลาติไนซ์ก่อนและหลังการซุบทอด

1.2.3 ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแป้งซุบทอดที่ผสมแป้งข้าวกล้องพรีเจลลาติไนซ์และแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลลาติไนซ์เจลลาติไนซ์หลังผ่านการซุบทอด

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ได้กระบวนการและสภาวะในการผลิตแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลลาติไนซ์จากเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่
- 1.3.2 ได้แป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลลาติไนซ์ไปใช้แทนที่ผงชูรสทอดทางการค้า
- 1.3.3 ส่งเสริมให้มีการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าว ทำให้อาหารมีมูลค่าเพิ่มขึ้น

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

วัตถุดิบที่ใช้คือ ข้าวกล้องงอก ทำการเตรียมวัตถุดิบข้าวกล้องงอกโดย แช่ข้าวกล้องในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1% เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปล้างน้ำให้สะอาด หลังจากนั้นนำข้าวกล้องที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วมาแช่น้ำ โดยมีอัตราส่วนระหว่างข้าวต่อน้ำ เป็น 1:4 (โดยปริมาตร) นำเข้าสู่บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากได้ข้าวกล้องที่ผ่านการบ่มมาล้างน้ำให้สะอาดและผึ่งลมเป็นเวลา 8 ชั่วโมง เมื่อข้าวแห้งหมดนำมาเข้าสู่อบลมร้อนควบคุมอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 13 ชั่วโมง นำข้าวกล้องงอกที่ได้ไปบด ทำการทดลองด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน นำแป้งข้าวกล้องพรีเจลลาติไนซ์และแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลลาติไนซ์มาผสมกับแป้งชูรสทอดตราโกกิ(แป้งควบคุม) เป็นสามสูตรคือแป้งสูตร 1 แป้งชูรสทอดตราโกกิผสมแป้งข้าวกล้องพรีเจลลาติไนซ์ 5 เปอร์เซ็นต์ แป้งสูตร 2 คือ แป้งชูรสทอดตราโกกิผสมแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลลาติไนซ์ 5 เปอร์เซ็นต์ และแป้งสูตรที่ 3 คือ แป้งชูรสทอดตราโกกิ (แป้งควบคุม) นำใส่กรอกมาชุบทอดโดยควบคุมเวลา และวัดสมบัติทางกายภาพของแป้งที่ผ่านการชุบทอดแล้ว วิเคราะห์ผล แสดงค่าเป็นตารางและกราฟ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับข้าว (ณฐชา และคณะ, 2546)

2.1.1 ลักษณะที่สำคัญของข้าว

ลักษณะที่สำคัญของข้าวแบ่งออกได้เป็นลักษณะที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโต และลักษณะที่เกี่ยวกับการขยายพันธุ์ดังนี้

1) ลักษณะที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโต

ลักษณะที่มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของต้นข้าว ได้แก่ ราก ลำต้น และใบ

- ราก เป็นส่วนที่อยู่ใต้ผิวดิน ใช้ยึดลำต้นกับดินเพื่อไม่ให้ต้นล้ม แต่บางครั้งก็มีรากพิเศษเกิดขึ้นที่ข้อซึ่งอยู่เหนือพื้นดินด้วย ต้นข้าวไม่มีรากแก้ว แต่มีรากฝอยแตกแขนงกระจายแตกแขนงอยู่ใต้ผิวดิน

- ลำต้น มีลักษณะเป็นโพรงตรงกลาง และแบ่งออกเป็นปล้องๆ โดยมีข้อกั้นระหว่างปล้อง ความยาวของปล้องนั้นแตกต่างกัน จำนวนปล้องจะเท่ากับจำนวนใบของต้นข้าว ปกติมีประมาณ 20- 25 ปล้อง

- ต้นข้าว มีใบไว้สำหรับสังเคราะห์แสง เพื่อเปลี่ยนแร่ธาตุ อาหาร น้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นแป้งเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และสร้างเมล็ดของต้นข้าว ใบประกอบด้วย กาบใบ และแผ่นใบ

2) ลักษณะที่เกี่ยวกับการขยายพันธุ์

ต้นข้าวมีการขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดซึ่งเกิดจากการผสมระหว่างเกสรตัวผู้ และเกสรตัวเมีย เพราะฉะนั้นลักษณะที่สำคัญเกี่ยวกับการขยายพันธุ์ได้แก่ รวง ดอกข้าว และเมล็ดข้าว

- รวงข้าว (Panicle) หมายถึงช่อดอกของข้าว (Inflorescence) ซึ่งเกิดขึ้นที่ข้อของปล้องอันสุดท้ายของต้นข้าว ระยะระหว่างข้ออันบนของปล้องอันสุดท้ายกับข้อต่อของใบธงเรียกว่า คอรวง

- ดอกข้าวหมายถึง ส่วนที่เกสรตัวผู้ และเกสรตัวเมียสำหรับผสมพันธุ์ ดอกข้าวประกอบด้วยเปลือกนอกใหญ่สองแผ่นประสานกันเพื่อห่อหุ้มส่วนที่อยู่ภายในไว้ เปลือกนอกใหญ่แผ่นนอกเรียกว่า เลมมา (Lemma) ส่วนเปลือกนอกใหญ่แผ่นในเรียกว่า พาเลีย (Palea) ทั้งสองเปลือกนี้ภายนอกของมันอาจมีขน หรือไม่มีขนก็ได้

- เมล็ดข้าวหมายถึง ส่วนที่เป็นแป้งที่เรียกว่า เอ็นโดสเปิร์ม (Endosperm) และส่วนที่เป็นคัพภะ ซึ่งห่อหุ้มไว้โดยเปลือกนอกใหญ่สองแผ่น เอ็นโดสเปิร์มเป็นแป้งที่เรอบริโกล คัพภะเป็นส่วนที่มีชีวิต และงอกออกมาเป็นต้นข้าวเมื่อเอาไปเพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ลักษณะของข้าวที่สำคัญทางการเกษตร

เป็นลักษณะที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตสูงของต้นข้าวในท้องที่ที่ปลูก การทนต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงเสมอๆ ตลอดถึงคุณภาพของเมล็ดข้าว ฉะนั้นพันธุ์ข้าวที่ดีจะต้องมีลักษณะเหล่านี้ดี และเป็นที่ต้องการของชาวนา และตลาด ลักษณะที่สำคัญๆ มีดังนี้

1) ระยะเวลาพักตัวของเมล็ด (Seed dormancy)

เมล็ดที่เก็บเกี่ยวมาจากต้นใหม่ๆ เมื่อเอาไปเพาะมักจะไม่งอกทันที มันจะต้องใช้เวลาสำหรับพักตัวอยู่ระยะหนึ่ง ประมาณ 15-30 วัน จึงจะมีความงอกถึง 80 หรือ 100 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาหลังจากเก็บเกี่ยวที่เมล็ดไม่งอกนี้เรียกว่า ระยะเวลาพักตัวของเมล็ด ข้าวพวกอินดิคาแทบทุกพันธุ์มีระยะเวลาพักตัวของเมล็ด แต่ข้าวพวกจาปอนิกานั้น ไม่มีระยะเวลาพักตัว ระยะเวลาพักตัวมีประโยชน์มาก โดยเฉพาะเป็นประโยชน์สำหรับชาวนาในเขตร้อน ซึ่งมีฝนตกและมีความชื้นของอากาศสูงในฤดูเก็บเกี่ยว เพราะข้าวที่ไม่มีระยะเวลาพักตัวของเมล็ดจะงอกทันทีเมื่อได้รับความชื้น หรือเมล็ดเปียกน้ำฝน ส่วนข้าวที่มีระยะเวลาพักตัวมันจะไม่งอกในสภาพดังกล่าว ซึ่งชาวนาจะได้รับผลผลิตเต็มที่ตามที่เก็บเกี่ยวได้

2) ความไวต่อช่วงแสง (Sensitivity to photoperiod)

ระยะเวลายาวของกลางวันมีอิทธิพลต่อการออกดอกของต้นข้าว ดังนั้นพันธุ์ข้าวจึงแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด โดยถือเอาความไวต่อช่วงแสง หรือระยะเวลายาวของกลางวันเป็นหลัก คือข้าวที่ไวต่อช่วงแสง และข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ข้าวที่ไวต่อช่วงแสงข้าวพวกนี้ออกดอกเฉพาะในเดือนที่มีกลางวันสั้น ข้าวที่ไม่ไวต่อแสงการออกดอกของข้าวพวกนี้ไม่ขึ้นอยู่กับความยาวของกลางวัน

3) ความสามารถในการขึ้นน้ำและการทนน้ำลึก (Floationg ability and Tolerance to deep water)

ข้าวที่ปลูกในประเทศไทยชนิดข้าวไร่ และข้าวนาสวน ไม่จำเป็นต้องมีความสามารถในการขึ้นน้ำ หรือการทนน้ำลึก เพราะพื้นที่ปลูกนั้นไม่มีน้ำลึก แต่พันธุ์ข้าวที่ปลูกเป็นข้าวนาเมืองนั้นจำเป็นต้องมีความสามารถในการขึ้นน้ำ และต้องทนน้ำลึกด้วย เพราะระดับน้ำในนาเมืองในระยะต้นข้าวกำลังเจริญเติบโตทางลำต้น และออกรวง มีความชื้นประมาณ 80-300 เซนติเมตร โดยเฉพาะในระหว่างเดือนกันยายน และต้นเดือนธันวาคม ปกติชาวนาที่ปลูกข้าวนาเมือง จะต้องลงมือไถนาเตรียมดิน และหว่านเมล็ดพันธุ์ในเดือนเมษายน หรือพฤษภาคม เพราะในระยะนี้ดินแห้ง น้ำไม่ขังในนา ซึ่งเหมาะสำหรับการเตรียมดิน และหว่านเมล็ดพันธุ์ เมื่อฝนตกลงมาหลังจากที่ได้หว่านเมล็ดแล้ว เมล็ดข้าวที่หว่านลงไปจะงอกเป็นต้นกล้า และเจริญเติบโตในดินที่ไม่มีน้ำขังนั้น จนถึงเดือนกรกฎาคม หรือสิงหาคม ฉะนั้น ข้าวพวกนี้จึงมีสภาพคล้ายข้าวไร่ในระยะแรกๆ ต่อมาในเดือนสิงหาคม ฝนจะเริ่มตกหนักขึ้นๆ และระดับน้ำในนาก็จะสูงขึ้นๆ จนมีความลึกประมาณ 80-300 เซนติเมตร ในเดือนกันยายน แล้วระดับน้ำลึกนี้ก็จะมีอยู่ในนาอย่างนี้ไปจนถึงกลางเดือนธันวาคม หลังจากนั้นระดับน้ำก็จะเริ่มลดลงกระทั่งแห้งในเดือนมกราคม ด้วยเหตุนี้ต้นข้าวจะต้อง

เจริญเติบโตทางความสูงในระยะที่ระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้น เพื่อให้มีส่วนของลำต้น และใบจำนวนหนึ่ง อยู่เหนือระดับน้ำ ความสามารถของต้นข้าวในการเจริญเติบโตให้มีต้นสูงเพื่อหนีระดับน้ำที่เพิ่มขึ้นนี้ เรียกว่า ความสามารถในการขึ้นน้ำของต้นข้าว เนื่องจากต้นข้าวจะต้องอยู่ในน้ำที่มีความลึกมาก อย่างเป็นเวลา 2-3 เดือน ก่อนที่ต้นข้าวจะออกรวงจนแก่เก็บเกี่ยวได้ในต้น หรือกลางเดือน มกราคม ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ระดับน้ำในนาได้ลดลงเกือบแห้ง ฉะนั้นความสามารถของต้นข้าวที่เจริญเติบโตอยู่ในน้ำลึกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวนี้ จึงเรียกว่า การทนน้ำลึก ดังนั้นการขึ้นน้ำ และการทนน้ำลึก จึงเป็นลักษณะที่จำเป็นยิ่งของพันธุ์ข้าวนาเมือง หรือข้าวขึ้นน้ำ

4) คุณภาพของเมล็ด (Grain quality)

คุณภาพของเมล็ดแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทประกอบด้วยกัน คือคุณภาพเมล็ดทางกายภาพ ซึ่งหมายถึง ลักษณะรูปร่าง และขนาดของเมล็ดที่มองเห็นได้ และคุณภาพเมล็ดทางเคมี ซึ่งหมายถึง องค์ประกอบทางเคมีที่รวมกันเป็นเม็ดแป้งของข้าวที่หุงต้มเพื่อบริโภค

5) ลักษณะรูปต้น (Plant type)

นักวิชาการเรื่องข้าวได้ศึกษาพบว่า ต้นข้าว จะให้ผลิตผลสูง หรือต่ำนั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะรูปต้นของข้าว เพราะรูปต้นของข้าวมีความสัมพันธ์กับการใช้ปุ๋ย หรือที่เรียกว่า การตอบสนองต่อปุ๋ย และการเปลี่ยนแร่ธาตุอาหารจากปุ๋ยให้เป็นแป้ง ซึ่งใช้ในการสร้างส่วนต่างๆ ของต้น และเมล็ด ข้าวพันธุ์ข้าวที่ให้ผลิตผลสูง จะต้องมีลักษณะรูปต้นที่สำคัญๆ ดังนี้

- ใบมีสีเขียวแก่ ตรง ไม่โค้งงอ แผ่นใบไม่กว้าง และไม่ยาวจนเกินไป
- ความสูงของต้นประมาณ 100-130 เซนติเมตร ความสูงของต้นเป็นระยะตั้งแต่พื้นดินถึงปลายของรวงที่สูงที่สุด ลำต้นแข็ง ไม่ล้มง่าย แตกกอมาก และให้รวงมาก

6) ความต้านทานต่อโรคและแมลงศัตรูข้าว (Resistance to diseases and insects)

พันธุ์ข้าวที่มีลักษณะรูปต้นดีตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยสูง ก็ไม่สามารถที่จะให้ผลิตผลสูงได้ ถ้าพันธุ์นั้นไม่มีความต้านทานต่อโรค และแมลงศัตรูที่ระบาดในขณะนั้น ด้วยเหตุนี้ลักษณะต้านทานต่อโรค และแมลงจึงเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่ง ความต้านทานต่อโรคและแมลงศัตรูของต้นข้าวนั้น เป็นผลที่เกิดจากปฏิกิริยาทางพันธุศาสตร์ ระหว่างพันธุกรรมของต้นข้าว และเชื้อโรค หรือแมลง ซึ่งเป็นวิชาการอีกแขนงหนึ่งที่แตก

2.1.3 ชนิดของข้าว

การแบ่งชนิดของข้าวทำได้หลายแบบ ขึ้นอยู่กับสิ่งที่ใช้เป็นมาตรการในการแบ่ง เช่น

- 1) แบ่งตามประเภทของเนื้อแข็งในเมล็ดข้าวสารก็จะได้เป็นข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ซึ่งมีต้น และลักษณะอย่างอื่นเหมือนกันทุกอย่าง แต่ต่างกันที่ประเภทของเนื้อแข็งในเมล็ด
- 2) แบ่งตามสภาพพื้นที่ปลูก

ข้าวขึ้นน้ำข้าวไร่ (Upland rice) เป็นข้าวที่ปลูกได้ทั้งบนที่ราบและที่ลาดชัน ไม่ต้องทำคัน

นาเก็บกักน้ำ นิยมปลูกกันมากในบริเวณที่ราบสูงตามไหล่เขาทางภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ คิดเป็นเนื้อที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 10 ของเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศ

ข้าวนาสวนหรือนาดำ (Lowland rice) เป็นข้าวที่ปลูกในที่ลุ่มทั่วไป ในสภาพที่มีน้ำหล่อเลี้ยงต้นข้าวตั้งแต่ปลูกเนื้อที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 80 ของเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศจนกระทั่งก่อนเก็บเกี่ยว โดยที่สามารถรักษาระดับน้ำได้และระดับน้ำต้องไม่สูงเกิน 1 เมตร ข้าวนาสวนนิยมปลูกกันมากแทบทุกภาคของประเทศคิดเป็นเนื้อที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 80 ของเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศ

ข้าวขึ้นน้ำหรือข้าวนาเมือง (Floating rice) เป็นข้าวที่ปลูกในแหล่งที่ไม่สามารถรักษาระดับน้ำได้ บางครั้งระดับน้ำในบริเวณที่ปลูกอาจสูงกว่า 1 เมตร ต้องใช้ข้าวพันธุ์พิเศษที่เรียกว่า ข้าวลอยหรือข้าวฟ้างลอยปลูก ส่วนมากปลูกแถบจังหวัดพระนครศรีอยุธยา สุพรรณบุรี ลพบุรี พิจิตร อ่างทอง ชัยนาทและสิงห์บุรี คิดเป็นเนื้อที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 10 ของเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศ

3) แบ่งตามอายุการเก็บเกี่ยว

แบ่งเป็นข้าวเบา ข้าวกลาง และข้าวหนัก ข้าวเบา มีอายุการเก็บเกี่ยว 90-100 วัน ข้าวกลาง 100-120 วัน และข้าวหนัก ตั้งแต่ 120 วันขึ้นไป อายุการเก็บเกี่ยวนับแต่เพาะกล้าหรือหว่านข้าวในนาจนเก็บเกี่ยว

4) แบ่งตามลักษณะความไวต่อแสง

ก็จะได้ข้าวที่ไวและไม่ไวต่อแสง ข้าวที่ไวต่อแสงจะมีอายุการเก็บเกี่ยวที่ไม่แน่นอน เพราะจะออกดอกในช่วงเดือนที่มีความยาวของกลางวันสั้นกว่ากลางวัน ในประเทศไทยช่วงดังกล่าวเริ่มเดือนตุลาคม ฉะนั้นข้าวพวกนี้ต้องปลูกในฤดูนาปี (ฤดูฝน) เท่านั้น ส่วนข้าวที่ไม่ไวต่อแสงจะสามารถปลูกได้ทุกฤดูกาล

5) แบ่งตามรูปร่างของเมล็ดข้าวสาร

ข้าวเมล็ดสั้น (Short grain) ความยาวของเมล็ดไม่เกิน 5.50 มิลลิเมตร

ข้าวเมล็ดยาวปานกลาง (Medium-long grain) ความยาวของเมล็ดตั้งแต่ 5.51-6.60

มิลลิเมตร

ข้าวเมล็ดยาว (Long grain) ความยาวของเมล็ดตั้งแต่ 6.61-7.50 มิลลิเมตร

ข้าวเมล็ดยาวมาก (Extra-long grain) ความยาวของเมล็ดตั้งแต่ 7.51 มิลลิเมตร ขึ้นไป

6) แบ่งตามฤดูปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวนาปีหรือข้าวหน้าน้ำฝน คือข้าวที่ปลูกในฤดูการทำนาปกติ เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึง ตุลาคมและจะเก็บเกี่ยวเสร็จจึ้นล่าสุด ไม่เกินเดือนกุมภาพันธ์

ข้าวนาปรัง คือข้าวที่ปลูกนอกฤดูการทำนาปกติ เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคมในบางท้องที่ และจะเก็บเกี่ยวอย่างช้าที่สุดไม่เกินเดือนเมษายน นิยมปลูกในท้องที่ที่มีการชลประทานดี

2.1.4 คุณสมบัติทางกายภาพของข้าว

ปริมาณอะไมโลส โดยทั่วไปมักนิยมแบ่งประเภทข้าวโดยใช้อะไมโลสเป็นหลัก ในแป้งข้าวเจ้าจะมีอะไมโลสปนอยู่ประมาณ 10-34 % ปริมาณอะไมโลสเป็นสาเหตุทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลงหรือร่วนมากขึ้น และทำให้ข้าวนุ่มน้อยลงด้วยทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติการคืนตัวของอะไมโลสที่สุกแล้ว มีการจัดแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลสได้ ดังนี้

ข้าวที่มีอะไมโลสสูงจะดูดน้ำได้มากในระหว่างการหุงต้ม ดังนั้น ปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้มข้าวอะไมโลสสูงต้องการน้ำมากและเมื่อสุกแล้วจะได้ข้าวร่วนฟูไม่เหนียวติดกัน จึงทำให้ข้าวสุกขยายปริมาตรมากหรือข้าวขึ้นหม้อดี ในขณะที่ข้าวอะไมโลสต่ำเป็นข้าวเหนียวเกาะติดกันเป็นก้อนจึงไม่ขึ้นหม้อ

ความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency) เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งสุกมีอัตราการคืนตัวไม่เท่ากัน ทำให้แป้งสุกมีความแข็งและอ่อนแตกต่างกัน ดังนั้นการพิจารณาค่าความคงตัวของแป้งสุกจะต้องคำนึงถึงปริมาณอะไมโลสด้วย

การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (Elongation ratio during cooking) ในระหว่างการหุงต้ม เมล็ดข้าวมีการขยายตัวทุกด้าน โดยเฉพาะด้านยาวคุณลักษณะนี้เป็นคุณสมบัติพิเศษของข้าว ซึ่งจะช่วยให้เสริมเมล็ดข้าวสุกขยายขนาดเพิ่มขึ้น และหากข้าวสุกเป็นข้าวที่ไม่เหนียวติดกัน การขยายขนาดเมล็ดข้าวสุกจะช่วยให้ข้าวหอมขึ้นหม้อดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้นเพราะการขยายตัวทำให้เมล็ดข้าวโปร่งไม่อัดแน่น

ปริมาณโปรตีน (Protein content) ข้าวโปรตีนสูงยังทำให้เมล็ดแกร่งขึ้นทำให้ขัดสีออกได้ยากจึงอาจมีระดับการสีต่ำกว่า (มีรำเหลืออยู่มาก) และทำให้ข้าวสุกนั้นเหนียวน้อยลงและมีสีคล้ำ อย่างไรก็ตามหากทำการสีข้าวให้มีระดับการสีมากขึ้นแล้ว ข้าวโปรตีนสูงอาจมีสีไม่คล้ำกว่าข้าวโปรตีนต่ำ

1) ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

เป็นข้าวไม่ไวแสง มีความสูงของต้นข้าวเฉลี่ย 113 เซนติเมตร ลักษณะเป็นทรงกอตั้งตรง ฟางแข็งคอรวงสั้น รวงยาวแน่น ไร่แห้งดี ใช้เวลาฟักตัว 56 วัน อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 120 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถต้านทานเพลี้ยกระโดดหลังขาว ต้านทานโรคใบหงิกโรคใบไหม้ ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน (N) สูง มีปริมาณอะไมโลสอยู่ระหว่าง 26-27 % เมล็ดข้าวยาวประมาณ 7.7 มิลลิเมตร

2) ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

เป็นข้าวหอม ไร่ไวต่อแสง มีความสูงเฉลี่ยอยู่ที่ 104-133 เซนติเมตร ลักษณะของต้นเป็นทรงกอตั้งตรง ใบเขียววกใบมีขนปล้องเขียว รวงได้ใบธง รวงยาวแน่นระเง่ก่อนข้างถึง เมล็ดสีฟาง มีขน มีหาง คุณภาพข้าวสุกมีลักษณะนุ่มค่อนข้างเหนียวมีกลิ่นหอม ใช้เวลาปักดำ 3-4 สัปดาห์อายุการเก็บเกี่ยวอยู่ที่ 104-126 วัน มีลักษณะเด่น คือคุณภาพเมล็ดคล้ายข้าวหอมมะลิสามารถต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาว ต้านทานโรคใบไหม้ โรคขอบใบแห้ง และยังคงตอบสนองต่อปุ๋ยได้ดี ทำให้ผลผลิตสูง มีปริมาณอะไมโลสอยู่ระหว่าง 15-16% เมล็ดข้าวยาวประมาณ 7.6 มิลลิเมตร

3) ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6

เป็นข้าวที่สามารถทนแล้งได้ดีพอสมควรทำให้ได้ผลดีพอสมควร ทำให้ได้ผลผลิตไม่ลดในฤดูการทำนาที่ฝนทิ้งช่วง คุณภาพการขัดสีดี และคุณภาพการหุงต้มดีมากได้ข้าวสุกที่อ่อนนุ่มมีกลิ่นหอมลำต้นแข็ง ไม่ล้มง่ายปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม ได้ดีลักษณะต้นสูงเหมาะกับสภาพนาถุ่ม การแตกกออยู่ในเกณฑ์ดีรวงยาว ลักษณะเมล็ดยาวให้ผลผลิตสูงทนโรคใบจุดสีน้ำตาล เก็บเกี่ยวง่าย นวดง่าย มีปริมาณอะไมโลส 1-3 %

2.2 ข้าวกล้องงอก

2.2.1 ข้าวกล้องงอก

ข้าวกล้องงอก คือข้าวที่ไม่มีการขัดสี เป็นข้าวที่ผ่านการกะเทาะเอาเปลือกออกเท่านั้นภายในเมล็ดยังคงมีส่วนของจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดอยู่ เมื่อนำมาแช่น้ำที่อุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22-24 ชั่วโมง จนกระทั่งส่วนของจมูกข้าวซึ่งเป็นส่วนที่เกิดการงอก (Germ) ยาวออกมา 0.5-1.0 มิลลิเมตร

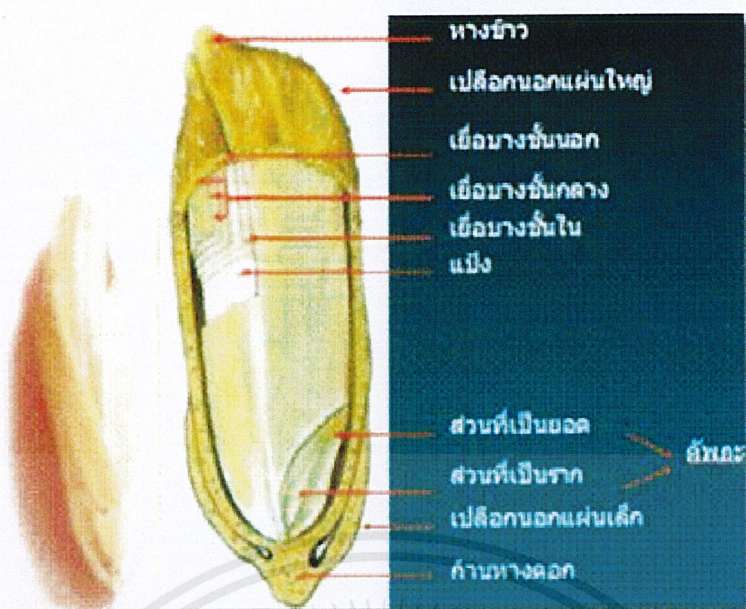


รูปที่ 2.1 ข้าวกล้องงอก

ข้าวกล้องงอก (Germinated brown rice หรือ “GABA-rice”) ถือเป็นนวัตกรรมที่กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากข้าวกล้องงอก (Germinated brown rice) เป็นการนำข้าวกล้องมาผ่านการงอก ซึ่งโดยปกติแล้วในตัวข้าวกล้องงอกประกอบด้วยสารอาหารจำนวนมาก เช่น โยอาหาร กรดไฟติก (Phytic acid) ซึ่งช่วยป้องกันโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง เบาหวาน

เมื่อนำข้าวกล้องมาแช่น้ำเพื่อทำให้งอก(รูปที่ 2.1) จะทำให้ข้าวกล้องมีสารอาหาร โดยเฉพาะ GABA เพิ่มขึ้น ซึ่งนอกจากจะได้ประโยชน์จากที่มีปริมาณสารอาหารสูงขึ้นแล้ว ยังทำให้ข้าวกล้องงอกหุงสุกมีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่ม รับประทานได้ง่ายกว่าข้าวกล้องธรรมดาอีกด้วย จึงง่ายแก่การหุงรับประทานได้โดยไม่ต้องผสมกับข้าวขาวตามความนิยมของผู้บริโภค

จากการศึกษาทั้งทางกายภาพและชีวเคมีพบว่า “เมล็ดข้าว” ประกอบด้วย เปลือกหุ้มเมล็ด หรือกลีบ (Hull หรือ Husk) ซึ่งจะหุ้มข้าวกล้องในเมล็ดข้าวประกอบด้วย จมูกข้าวหรือคัพพะ (Germ หรือ Embryo) รำข้าว (เยื่อหุ้มเมล็ด) และเมล็ดข้าวขาวหรือเมล็ดข้าวสาร (Endosperm) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 สารอาหารในเมล็ดข้าวประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบหลัก โดยมี โปรตีน วิตามินอี วิตามินบี แลแร่ธาตุที่แยกไปอยู่ส่วนต่างๆของเมล็ดข้าว ยังพบสารอาหารประเภทไขมันซึ่งพบในรำข้าวเป็นส่วนใหญ่



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของข้าวกล้องงอก

ข้าวเมื่ออยู่ในสภาวะการเจริญเติบโตจะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี การเปลี่ยนแปลงจะเริ่มขึ้นเมื่อน้ำได้แทรกเข้าไปในเมล็ดข้าว โดยจะกระตุ้นเอนไซม์ภายในเมล็ดข้าวให้เกิดการทำงาน เมื่อเมล็ดข้าวเริ่มงอก (Malting) สารอาหารที่ถูกเก็บไว้ในเมล็ดข้าวก็จะถูกย่อยสลายไปตามกระบวนการทางชีวเคมีจนเกิดเป็นสารคาร์โบไฮเดรตที่โมเลกุลเล็ก (Oligosaccharide) และน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) นอกจากนี้โปรตีนในเมล็ดข้าวก็จะถูกย่อยเป็นกรดอะมิโน และเปปไทด์ รวมทั้งยังพบการสะสมสารเคมีสำคัญต่างๆ เช่น แกมมาออริซานอล (gamma-ocazynol) โทโคฟีรอล (Tocopherol) โทโคไตรอีนอล (Tocotrienol) และโดยเฉพาะสารแกมมาอะมิโนบิวทิริกแอซิด (gamma-aminobutyric acid) หรือที่รู้จักกันว่า “สารกาบา” (GABA)

2.2.2 คุณประโยชน์ของสารในข้าวกล้องงอก

1) GABA ช่วยลดความดันโลหิต เพิ่มระดับเมตาโบลิซึมในสมองป้องกันการปวดศีรษะ และลดความเครียด ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดสภาวะผนังเส้นเลือดแดงหนา และระบบการหมุนเวียนโลหิตไม่ปกติ อาจทำให้เกิดสภาวะเส้นเลือดในสมองแตก ป้องกันการนอนไม่หลับ และกระวนกระวายใจ ทำให้การทำงานของไตเป็นปกติและป้องกันโรคอัลไซเมอร์

2) โยอาหาร ช่วยให้ระบบขับถ่ายเป็นไปด้วยดี ป้องกันการเกิดมะเร็งลำไส้รักษาระดับน้ำตาลในเลือดให้เป็นปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3) Inositols ช่วยเร่งการเผาผลาญของไขมัน ป้องกันการเกิดไขมันสะสมในตับและไขมันอุดตันในเส้นเลือด
- 4) Ferulic acid เป็นแหล่งของสารที่มีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระ
- 5) Phytic acid ป้องกันอนุมูลอิสระ ป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน ป้องกันการเกาะตัวของเลือด
- 6) Tocotrienols ป้องกันอนุมูลอิสระ ป้องกันผิวแห้งจากแสงอุลตราไวโอเลต ลดคอเลสเตอรอล และยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง
- 7) Magnesium ป้องกันการเกิดโรคหัวใจ
- 8) Potassium ลดความดันโลหิต
- 9) Zinc ป้องกันการแข็งตัวของหลอดเลือดแดงเล็ก
- 10) Gamma oryzanol ต่อด้านอนุมูลอิสระ ป้องกันการเกิดริ้วรอยจากวัยบนผิวหนัง ปรับระดับคอเลสเตอรอล
- 11) Prolylendopeptidase inhibitor ป้องกันโรคอัลไซเมอร์

2.2.3 GABA (Gamma aminobutyric)

สารกาบา (GABA) หรือ Gamma aminobutyric ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) ในระบบประสาทส่วนกลางและเป็นสารสื่อประสาทประเภทสารยับยั้ง (Inhibitor) โดยจะทำหน้าที่รักษาสมดุลในสมองที่ได้รับการกระตุ้นซึ่งช่วยทำให้เกิด การผ่อนคลายและนอนหลับสบาย อีกทั้งยังช่วยกระตุ้นต่อมไร้ท่อ (Anterior pituitary) ซึ่งทำหน้าที่ช่วยในการเจริญเติบโต ทำให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อทำให้กล้ามเนื้อเกิดการกระชับ และเกิดสารป้องกันไขมันที่ชื่อ ไลโปโทรปีค (Lipotropic) ช่วยให้อ้วนเนื้อกระชับและช่วยป้องกันการเกิดริ้วรอย ในวงการแพทย์มีการนำสาร GABA มาใช้ในการรักษาโรคเกี่ยวกับระบบประสาทต่างๆหลายโรค เช่น โรควิตกกังวล โรคนอนไม่หลับ โรคลมชัก เป็นต้น สาร GABA ยังมีผลกระตุ้นฮอร์โมนทำให้ระดับฮอร์โมนมีสม่ำเสมอ ช่วยชะลอความแก่และขับเอนไซม์ขจัดสารพิษออกจากร่างกาย ควบคุมระดับน้ำตาล และพลาสมาคอเลสเตอรอลในกระแสเลือด ทำให้เลือดไหลหมุนเวียนดี และลดความดันเลือดลง กระตุ้นการขับถ่ายน้ำดีสู่ลำไส้เพื่อสลายไขมัน ป้องกันโรคมะเร็งลำไส้

GABA ยังมีประโยชน์ในการป้องกันการเกิดโรคอัลไซเมอร์ ซึ่งเป็นโรคที่เกิดกับคนวัยชราเป็นส่วนใหญ่ โดยผู้ป่วยจะสูญเสียความทรงจำ เนื่องจากมีเปปไทด์ชนิด beta-amyloid peptide ในสมองทำให้สมองทำงานไม่ปกติ โดยทำให้สมองด้านความทรงจำได้ลดลง จากการศึกษาโดยให้หนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองกินข้าวกล้องที่แช่น้ำซึ่งมีปริมาณ GABA สูงกว่าข้าวปกติถึง 15 เท่า พบว่าภายในสมองของหนูทดลองจะเกิดการป้องกันการทำลายสมองจาก beta-amyloid peptide นอกจากนี้ยังพบว่า การบริโภคอาหารด้วย GABA ช่วยเพิ่มความสามารถในการปล่อยกลูตาเมต (Glutamate) ซึ่งกระตุ้นให้เกิดความสามารถในการเรียนรู้และการจดจำที่ดี และยังมีรายงานว่า GABA ช่วยลดการเกิดมะเร็งในหนูได้

2.2.4 ขั้นตอนเตรียมข้าวกล้องงอก

1) การเลือกข้าว

เลือกข้าวกล้องใหม่ที่เพิ่งสีภายใน 2 สัปดาห์ หรือที่มีเชื้อหุ้มข้าว จมูกข้าวสมบูรณ์ บรรจุขายในถุงธรรมดา ไม่ควรซื้อแบบในถุงสุญญากาศ และไม่ควรมีอายุเกิน 1 ปี

2) ขั้นตอนการเพาะ

- ล้างเมล็ดข้าวกล้องตามจำนวนที่ต้องการ
- แช่ข้าวในน้ำนาน 6-8 ชั่วโมง หรือข้ามคืนควรเปลี่ยนน้ำทุกๆ 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาล้างน้ำสะอาดอีก 1 ครั้ง
- ห่อคลุมเมล็ดข้าวด้วยผ้าสะอาดพรมน้ำพอชุ่มทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง คอยพรมน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอ หลังจากนั้นเมื่อเปิดห่อผ้าออกจะเห็นจมูกข้าวเริ่มงอกออกมา ก็สามารถนำไปหุงได้ หรือจะห่อไว้อีกหนึ่งวันก่อนนำมาหุงได้แต่ไม่ควรเกินสองวันเพราะสารต่างๆ ที่มีประโยชน์จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตของต้นข้าว หากหุงไม่หมดให้ใส่กล่องเก็บในตู้เย็นได้ไม่เกิน 5 วัน แต่แบบสดใหม่จะรสชาติดีกว่า

2.3 การทำแห้ง

การทำแห้ง คือการลดปริมาณน้ำในอาหาร ซึ่งจะมีผลทำให้กระบวนการเมทาบอลิซึมลดลง และน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ดำรงชีวิตมีไม่พอเพียงต่อกิจกรรมภายในเซลล์ จึงช่วยชะลอกิจกรรมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการเจริญเติบโต การแบ่งเซลล์ของจุลินทรีย์ เป็นการเพิ่มอายุการเก็บรักษา ทั้งยังเป็นการลดอัตราเร็วของปฏิกิริยาการหืนของไขมันเนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) รวมทั้งลดกิจกรรมเอนไซม์ การทำแห้ง แบ่งได้เป็น 2 ประเภท

1) การทำให้อาหารแห้งโดยอาศัยธรรมชาติ หรืออาศัยการผึ่งลม เป็นวิธีที่นิยมใช้กันแพร่หลายในประเทศที่กำลังพัฒนาและมีแสงแดดเพียงพอ เช่นประเทศในแถบร้อนศูนย์สูตรเพราะต้นทุนต่ำทำได้ง่ายโดยไม่มีเทคนิค และหลักทางวิชาการเข้าไปเกี่ยวข้อง แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคุณภาพต่ำเนื่องจากไม่สามารถควบคุมอัตราเร็วในการทำแห้งได้ คือจะทำได้ดีต่อเมื่อมีแสงแดดเท่านั้น ดังนั้นอาจทำให้อาหารแห้งไม่ต่อเนื่อง เป็นผลทำให้อาหารเน่าเสียระหว่างการรอดตากแดดครั้งต่อไป นอกจากนี้แล้วการตากแดดยังทำให้คุณค่าทางอาหารสูญเสียไปอย่างมากและได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ค่อยสะอาดด้วย

2) การทำให้อาหารแห้งโดยอาศัยวิธีการเข้าช่วย วิธีนี้เป็นการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์และเครื่องมือเครื่องใช้ ตลอดจนเทคโนโลยีเข้าช่วย โดยอาศัยการส่งความร้อนเข้าไปภายในเนื้ออาหารเพื่อทำให้น้ำ หรือความชื้นกลายเป็นไอระเหยออกไปจากผิวหนังของอาหาร ความร้อนที่ส่งเข้าไปในอาหารนั้นอาจโดยการนำความร้อน การพาความร้อน หรือการแผ่รังสีก็ได้ แต่เครื่องทำแห้งส่วนใหญ่จะใช้หลักการส่งผ่านความร้อนด้วยการนำหรือการพาความร้อน การทำให้อาหารแห้งโดยวิธีนี้สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมในการทำแห้งได้ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น การหมุนเวียนของอากาศ พื้นที่ และใช้เวลาในการทำแห้งได้น้อยกว่าการทำแห้งโดยวิธีธรรมชาติ อีกทั้งยังได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอหลักการในการทำแห้ง

2.3.1 การทำแห้งด้วยแสงแดด (Sun drying)

วิธีนี้ยังคงใช้กับผลไม้หลายชนิด เช่น พุทรา ลูกเกด กลิ้ว เป็นต้น พวกเมล็ดธัญพืชและถั่วสำหรับผลไม้อาจทำการรมควันกำมะถันเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาล แล้วจึงนำไปยังลานตากเพื่อให้ได้รับแสงแดด 1-10 วัน ขึ้นอยู่กับสภาวะดินฟ้าอากาศ แต่ข้อเสียของการรมควันกำมะถัน คือถ้าได้รับกำมะถันมากเกินไปในรูปของอนินทรีย์จะเป็นพิษต่อร่างกาย ด้วยผลไม้ต่างชนิดกันใช้เวลาตากแห้งต่างกัน วิธีนี้ค่อนข้างช้าและคุณภาพของอาหารแห้งที่ได้ค่อนข้างต่ำและไม่สม่ำเสมอ

2.3.2 การทำแห้งแบบพ่นละอองฝอย (Spray dryer)

ใช้กับอาหารเหลว เช่น นม กาแฟ โดยที่ของเหลวจะถูกฉีดพ่นเป็นฝอยละเอียดเข้าไปสัมผัสกับลมร้อน น้ำในอาหารเหลวจะระเหยไปอย่างรวดเร็ว อาหารจะแห้งแล้วถูกแยกออกจากลมร้อนอีกทีหนึ่ง

2.3.3 การทำแห้งด้วยลมร้อน (Hot air Drying)

เป็นวิธีทำอาหารแห้งโดยใช้ลมร้อนเป็นตัวทำให้เกิดการระเหยน้ำออกจากอาหาร โดยตัดอาหารเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วเกลี่ยบนถาด ลมร้อนทำให้เกิดการระเหยน้ำจากอาหาร หรืออาจทำแห้งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้อุโมงค์ ซึ่งอาหารที่วางบนถาดเรียงซ้อนบนรถเข็นเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกันหรือสวนทางกับกระแสลมร้อน วิธีนี้ใช้ทำผัก-ผลไม้แห้ง

2.3.4 การทำแห้งด้วยลูกกลิ้ง (Drum Drying)

อาจทำที่ความดันบรรยากาศหรือสุญญากาศก็ได้ สำหรับการทำให้แห้งที่ความดันบรรยากาศอาหารจะถูกป้อนไปบนลูกกลิ้งกลวงซึ่งมีไอน้ำร้อนผ่านเข้าออก เมื่อลูกกลิ้งหมุนไป อาหารจะค่อยๆ แห้งลง อาหารที่แห้งแล้วจะถูกขูดออกด้วยใบมีด

2.3.5 การทำแห้งด้วยสุญญากาศ (Vacuum Drying)

เครื่องทำแห้งด้วยสุญญากาศอาจเป็นแบบลูกกลิ้ง (Drum Drier) สายพาน (Belt Drier) อุโมงค์ (Tunnel Drier) โดยลดความดันภายในเครื่องให้ต่ำกว่าความดัน วิธีนี้สามารถใช้ทำอาหารแห้งที่ไม่ทนต่อความร้อนได้ แต่จะใช้ค่าใช้จ่ายสูงกว่า

2.3.6 การทำแห้งเยือกแข็ง (Freeze-Drying)

เป็นวิธีที่พัฒนามาจากการทำแห้งด้วยสุญญากาศ (Vacuum Drying) อาหารจะถูกแช่แข็งก่อน แล้วความชื้นจะถูกขจัดออกโดยการระเหิด (Sublimation) ภายใต้สุญญากาศ ซึ่งใช้ความร้อนไม่มากนัก อาหารที่ได้จึงยังคงรูปร่างเดิมไว้ได้ และมีความโปร่งอันทำให้การคืนรูป (Rehydration) เป็นไปอย่างรวดเร็วและสมบูรณ์กว่าการทำอาหารแห้งวิธีทั่วไป นอกจากนี้ยังอาจลดปริมาณความชื้นของอาหารให้ได้ต่ำลงถึง 2% ซึ่งถ้าใช้วิธีทำแห้งแบบอื่นจะสามารถลดความชื้นในอาหารได้ต่ำสุดเพียง 5% เท่านั้น ปัจจุบันนิยมใช้วิธีนี้กับอาหารมากมายหลายชนิด เช่น น้ำซุ๊ป พืชผัก เนื้อไก่ อาหารทะเล เป็นต้น วิธีนี้ค่าใช้จ่ายค่อนข้างแพง

2.3.7 การลดสัดส่วนระหว่างปริมาณน้ำและของแข็งที่มีในอาหาร

ทำได้โดยการเติมของแข็ง เช่น น้ำตาลและเกลือลงในอาหาร การแช่แข็งโดยใช้น้ำตาลความเข้มข้นสูงหรือการดองเค็ม (Salt stock) ซึ่งเป็นการเก็บรักษาหรือถนอมอาหารโดยใช้เกลือความเข้มข้นสูงประมาณ 16% (โดยน้ำหนัก) ทำให้น้ำอิสระลดลงอาหารจึงเก็บได้นาน ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการดองเค็มแบบนี้ต้องนำมาล้างเพื่อลดความเค็มและปรุงแต่งรสชาติก่อนนำมาบริโภค

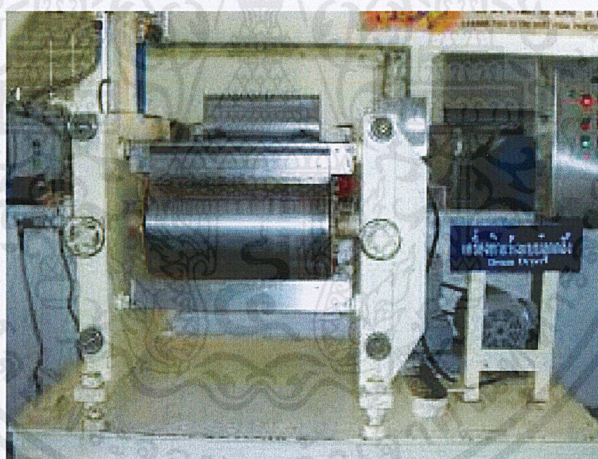
2.3.8 การทำแห้งด้วยการรมควัน (Smoking)

ควันร้อนทำให้น้ำที่ผิวของอาหารระเหยไป และแห้งก่อนส่วนอื่นๆ นอกจากนี้ควันยังประกอบด้วยสารเคมีพวก cresols, phenols และ aldehyde ซึ่งช่วยถนอมอาหาร

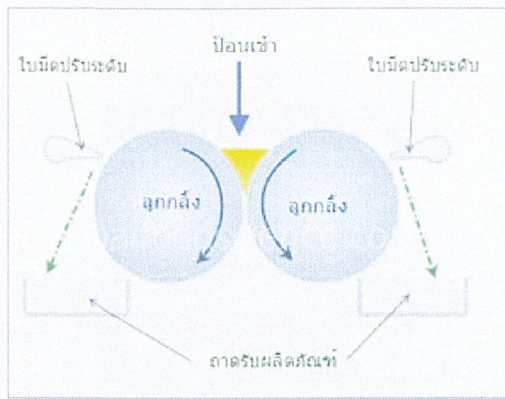
2.4 เครื่องทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (มาริสา และคณะ, 2551)

2.4.1 เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่

เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ส่วนใหญ่เป็นการทำงานที่ความดันบรรยากาศ ประกอบด้วย ลูกกลิ้งที่ได้รับความร้อนสองชุดหมุนเข้าหากัน ป้อนของเหลวตรงช่องระหว่างลูกกลิ้งทั้งสอง ซึ่งสามารถปรับให้ชิดห่างกันได้ภายในเครื่องประกอบด้วยลูกกลิ้งสองลูกหมุนสวนทางกัน โดยป้อนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำแห้งลงตรงกลางระหว่างลูกกลิ้งทั้งสอง ลูกกลิ้งทั้งสองหมุนทางกันพื้นผิวลูกกลิ้งกับผลิตภัณฑ์สัมผัสกันเกิดการถ่ายเทความร้อน น้ำจึงระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ทำให้ความชื้นต่ำลงเกิดเป็นผลิตภัณฑ์แห้ง รูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.4 แสดงเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ในห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมอาหาร และ ลักษณะการทำงานภายในของเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ตามลำดับ



รูปที่ 2.3 เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ในห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมอาหาร



รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบภายในเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่

2.4.2 ตัวแปรที่มีผลต่อการทำแห้งของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่

1) ปริมาณความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อน

ปริมาณความร้อนที่มีผลต่ออุณหภูมิผลลูกกลิ้งเมื่อลูกกลิ้งได้รับความร้อนในปริมาณมากเกินไปทำให้อุณหภูมิสูงซึ่งมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ใหม่ในทางตรงข้ามถ้าได้รับในปริมาณความร้อนที่น้อยผลิตภัณฑ์จะไม่แห้ง

2) ความเร็วของลูกกลิ้ง

เป็นตัวกำหนดระยะเวลาทำแห้ง (Drying Time) โดยกำหนดเป็นระยะเวลาที่ใช้ในการหมุนครบ 1 รอบ หรือจำนวนรอบต่อนาที (rpm) ในการทำแห้งถ้าเพิ่มความเร็วเพิ่มขึ้นระยะเวลาที่ของเหลวจะได้รับความร้อนจะลดลง ความชื้นของผลิตภัณฑ์จะมากขึ้นแต่ลดความเร็วลงของเหลวที่ได้รับความร้อนเป็นเวลานานอาจไหม้ได้

3) ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง

ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งเป็นตัวกำหนดความหนาของฟิล์ม เพราะถ้าฟิล์มหนาเกินไปการระเหยของน้ำจากภายในขึ้นไปยังผิวบนอกทำไม่ได้ยาก ถ้าบางเกินไปย่อมเกิดความสูญเสียความร้อนกับไอน้ำมากเกินไป

4) อุณหภูมิเริ่มต้นของของเหลวก่อนเข้าเครื่อง

ระหว่างอุณหภูมิที่ผิวของลูกกลิ้งกับอุณหภูมิของของเหลวที่จะทำแห้ง ถ้าของเหลวมีอุณหภูมิเริ่มต้นสูง อัตราการระเหยน้ำจะเกิดความเร็วขึ้น ทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์แห้งต่ำแต่ถ้ามีอุณหภูมิเริ่มต้นเกินไป อัตราการระเหยน้ำจะเกิดช้าลง เพราะต้องใช้ความร้อนส่วนหนึ่งไปทำให้ของเหลวมีอุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นในผลิตภัณฑ์แห้งจึงสูง

5) ปริมาณของแข็งในของเหลว

เป็นตัวแสดงความเข้มข้นของของเหลว พบว่าเมื่อใช้ความเร็วของลูกกลิ้งเท่ากันของเหลวที่มีปริมาณของแข็งสูงจะมีอัตราการผลิตสูงด้วยแต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความชื้นสูงกว่าพวกที่ปริมาณของแข็งน้อย

6) อัตราส่วนความชื้นในของเหลว

มีผลต่อแรงดึงดูดต่อลูกกลิ้ง ของลูกควรมีความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 78-80 เป็นช่วงที่ดีที่สุดถ้าของเหลวมีความชื้นร้อยละ 45 หรือต่ำกว่านี้จะเกิดความเสียหายแก่เซลล์ของผลิตภัณฑ์

2.5 การถ่ายเทความร้อนและมวล

การถ่ายเทความร้อนมี 3 แบบ คือ

2.5.1 การนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนจากโมเลกุลหนึ่งไปยังโมเลกุลหนึ่งที่อยู่ข้างเคียงสภาพนำความร้อน เป็นคุณสมบัติของสารที่ประกอบกันขึ้นเพื่อเป็นวัตถุซึ่งจะมีค่าแตกต่างกัน สภาพนำความร้อนขึ้นกับอุณหภูมิและความร้อน ค่าสภาพนำความร้อนของน้ำจะมีค่ามากกว่าค่าของวัตถุแห้งที่เป็นอาหาร ซึ่งจะเกิดกับอาหารที่มีลักษณะที่เป็นของแข็ง

2.5.2 การพาความร้อน จะเกิดกับอาหารที่เป็นของเหลวโดยกระแสความร้อนจะถูกพาผ่านช่องว่างที่เป็นอากาศจากของเหลวชนิดหนึ่งไปยังของเหลวอีกชนิดหนึ่ง

2.5.3 การแผ่รังสี เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อน ไปยังอาหารซึ่งเกิดขึ้นในกรณีอาหารสุญญากาศ และการแห้งแบบเยือกแข็ง

ในทางปฏิบัติ การถ่ายเทความร้อนในการอบแห้งอาจเกิดขึ้นพร้อมกันทั้ง 2 และ 3 แบบก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของอาหารที่นำไปอบแห้ง ในกระบวนการอบแห้งสิ่งที่สำคัญ คือการได้ความชื้นออกโดยวิธีการระเหยซึ่งอาศัยความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งเป็นเครื่องมืออบแห้งที่อาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนจากผิวลูกกลิ้งไปสู่ผิวของอาหารเหลวซึ่งเกาะติดที่ผิวลูกกลิ้ง โดยไอน้ำหรือไฟฟ้าเป็นตัวนำความร้อน

2.6 แป้งชูบทอด

แป้งชูบทอดเป็นแป้งที่ผสมกับส่วนประกอบอื่น และใช้ชุบอาหารก่อนนำไปทอดเพื่อให้กรอบส่วนประกอบหลักของแป้งชูบทอด ได้แก่ แป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง ส่วนประกอบอื่นที่อาจมี ได้แก่ เกลือ ผงฟู คุณลักษณะที่ต้องการ ของแป้งชูบทอด คือแห้ง ไม่จับตัว เป็นก้อน ขาวนวล ปราศจากสิ่งแปลกปลอม มีความชื้นไม่เกิน 14% มีเถ้าที่ละลายในกรดไม่เกิน 0.7%

2.7 ทฤษฎีการทอด

การทอดอาหารเป็นหน่วยปฏิบัติการหนึ่งที่ใช้เปลี่ยนแปลงคุณภาพการบริโภคของอาหาร ความร้อนจากการทอดอาหารจะทำลายจุลินทรีย์และเอนไซม์ในอาหาร และลด a_w ที่ผิวนอกของอาหารและหากชั้นอาหารมีลักษณะบางอาจลด a_w ทั้งหมดซึ่งอาหารก็ได้อายุการเก็บรักษาหรืออายุการวางจำหน่ายของอาหารทอดจะพิจารณาจากปริมาณความชื้นภายในชั้นอาหารภายหลังการทอดแล้ว อาหารที่ยังมีปริมาณน้ำเหลืออยู่ในชั้นอาหารมาก เช่น ชั้นปลาทอด ไข่ทอด หรือโดนัท จะมีอายุการเก็บรักษาสั้นเนื่องจากการเคลื่อนที่ของน้ำ และน้ำมันเกิดขึ้นภายในชั้นอาหารระหว่างการเก็บรักษา หากต้องการเก็บรักษาจะต้องแช่เย็น ซึ่งจะเก็บรักษาได้เพียง 2-3 วันเท่านั้น การทอดอาหารจนกรอบทั้งชิ้น เช่น ชั้นมันฝรั่งทอด จะมีความชื้นเหลืออยู่น้อยมาก สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 12 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งระยะเวลาการเก็บรักษาจะผันแปรขึ้นอยู่กับภาชนะบรรจุและภาวะที่ใช้ในการเก็บรักษาด้วย

การทอด หมายถึงการนำชั้นอาหารใส่ลงในน้ำมันขณะร้อน ผิวนอกของอาหารจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำที่เป็นส่วนประกอบหลักในอาหารระเหยกลายเป็นไอ ผิวนอกของอาหารจะแห้ง ซึ่งมีลักษณะคล้ายกรอบหรือการย่าง การระเหยของน้ำจะค่อยๆ เคลื่อนที่เข้าไปด้านในของชั้นอาหาร ทำให้ผิวนอกมีลักษณะเป็นเปลือกแห้งแข็งหุ้มชั้นอาหารไว้ผิวนอกของอาหารจะมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจนเท่ากับน้ำมัน และอุณหภูมิภายในชั้นอาหารก็เพิ่มขึ้นถึง 100 องศาเซลเซียส อัตราการถ่ายเทความร้อนจะถูกควบคุมโดยความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำมันและอุณหภูมิของอาหารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวอัตราการแทรกซึมของ

ความร้อนที่จะเข้าไปในชิ้นอาหารจะถูกควบคุมด้วยความสามารถในการนำความร้อนของอาหาร ซึ่งอาหารแต่ละชนิดจะมีการนำความร้อนแตกต่างกัน

ผิวนอกของอาหารที่แห้งแข็งจะมีโครงสร้างเป็นรูพรุนขนาดต่างๆ ในระหว่างการทอดอาหาร น้ำ และไอน้ำจะออกมาทางรูที่มีขนาดใหญ่ก่อน หลังจากนั้นในรูพรุนจะถูกแทนที่ด้วยน้ำมันร้อน ความชื้นจะเคลื่อนที่จากผิวนอกของอาหารผ่าน boundary film ของน้ำมันความหนาของชั้น boundary film จะเป็นตัวควบคุมอัตราการถ่ายเทความร้อนและมวลสารซึ่งหาได้จากความหนืดและความเร็วของน้ำมัน ความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่างความชื้นภายในอาหาร และน้ำมันที่แห้งจะเป็นแรงขับ (Driving force) ให้เกิดการสูญเสียไอน้ำหรือความชื้น เช่นเดียวกับการใช้ลมร้อนในการอบแห้ง ระยะเวลาที่ใช้ทอดอาหารจะขึ้นอยู่กับ

- 1) ชนิดของอาหาร
- 2) อุณหภูมิของน้ำมัน
- 3) วิธีการทอด ใช้ไขมันน้อยหรือไขมันมาก
- 4) ความหนาของชิ้นอาหาร
- 5) คุณภาพการบริโภคของอาหารทอดที่ต้องการ

อาหารทอดที่ยังคงมีความชื้นเหลืออยู่ในชิ้นอาหาร และอาหารจะต้องถูกทอดจนภายในได้รับความร้อนเพียงพอที่จะทำให้ลายจุลินทรีย์ และเปลี่ยนแปลงสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของอาหาร โดยเฉพาะอาหารประเภทเนื้อหรือผลิตภัณฑ์เนื้อ ซึ่งอาจมีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคเจริญได้ในภายหลัง

การทอดที่ใช้อุณหภูมิสูงจะทอดอาหารได้ปริมาณมาก และใช้ระยะเวลาทอดน้อยลง แต่อุณหภูมิสูงจะเร่งให้น้ำมันที่ใช้ทอดเสื่อมคุณภาพเร็ว เช่น เกิดกรดไขมันอิสระ มีความหนืดเพิ่มขึ้น น้ำมันมีกลิ่น และสีเปลี่ยนไป ทำให้ต้องเปลี่ยนน้ำมันบ่อยและเป็นการสิ้นเปลือง นอกจากนั้นน้ำมันยังสลายตัวได้เป็นอะครีลีน (Acrolein) ที่อุณหภูมิสูง ทำให้เกิดกลุ่มควันสีน้ำตาลเงินขึ้นบริเวณเหนือผิวหน้าน้ำมันขณะทอด และทำให้เกิดมลภาวะของอากาศได้

อุณหภูมิที่ใช้ทอดยังผันแปรตามชนิดของอาหารด้วย อาหารที่ต้องการให้ผิวนอกกรอบและภายในยังมีความชื้นสูงต้องใช้อุณหภูมิสูง ผิวนอกที่กรอบจะช่วยป้องกันไม่ให้ความชื้นจากภายในออกมาและควบคุมการถ่ายเทความร้อนเข้าไปในชิ้นอาหาร หากต้องการทอดให้อาหารแห้งทั่วทั้งชิ้นจะต้องใช้อุณหภูมิต่ำลง เพื่อให้ไอน้ำภายในระเหยออกมาก่อนที่จะผิวนอกจะมีลักษณะกรอบ

แข็งเป็นเปลือกหุ้มไว้ อาหารทอดควรจะแข็งก่อนที่ผิวนอกจะเปลี่ยนสีมากเกินไปหรือมีกลิ่น และรสชาติผิดปกติเกิดขึ้น

2.7.1 ผลของการทอดต่ออาหาร

น้ำมันที่ใช้ทอดอาหารทำหน้าที่เป็นตัวกลางถ่ายเทความร้อน ผลกระทบของการทอดต่ออาหารขึ้นอยู่กับชนิด และสมบัติของน้ำมันที่ใช้ คุณภาพของอาหาร และผลของความร้อนต่ออาหารที่ทอดผลของความร้อนต่อน้ำมัน น้ำมันที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานขณะทำการทอดมีน้ำและออกซิเจนปล่อยออกมาจากอาหาร จะทำให้น้ำมันเกิดออกซิเดชัน เกิดสารประกอบที่ระเหยได้ เช่น สารคาร์บอนิล กรดไฮดรอกซี กรดคีโต และกรดอิมพอกซี ทำให้อาหารมีกลิ่นผิดปกติ และน้ำมันมีสีคล้ำ การเกิดฟิล์มอโรเซชันของโมเลกุลน้ำมัน ในภาวะที่ไม่มีออกซิเจนจะทำให้เกิดสารประกอบที่มีวงแหวน (cyclic compounds) และพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง จะทำให้น้ำมันมีความหนืดเพิ่มขึ้น ลดสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวระหว่างทอด และเพิ่มปริมาณน้ำมันให้เหลืออยู่ในอาหารที่ทอดมากขึ้น สารประกอบที่เกิดจากการสลายตัวของน้ำมัน อาจเป็นพิษต่อร่างกาย และทำให้น้ำมันมีคุณค่าทางโภชนาการลดลง เกิดออกซิเดชันของวิตามินที่ละลายได้ในไขมันทั้งวิตามินเอ แคลโรทีนอยด์ และวิตามินอี วิตามินยังถูกทำลายได้ด้วยความร้อน และปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่วนกรดไขมันจำเป็น เช่น กรดลิโนเลอิกก็จะสูญเสียพันธะคู่เช่นเดียวกัน ทำให้อัตราส่วนของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวและกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเปลี่ยนไป

- 1) ชนิดของน้ำมันที่ใช้ทอด
- 2) อายุและความทนต่อความร้อนของน้ำมัน
- 3) อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ทอด
- 4) ขนาดและลักษณะผิวของอาหาร
- 5) การจัดการภายหลังการทอด (Post-frying treatment)

ปัจจัยต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นยังมีผลต่อน้ำมันที่เหลือค้างอยู่ในอาหารด้วย

ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตที่เป็นพอลิเมอร์ เช่นเดียวกับการอบ หากน้ำมันร้อนจัดจะเกิดการแข็งตัวของผิวนอก (Crust formation) อย่างรวดเร็วปิดผิวของอาหาร ลดการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นภายในชิ้นอาหาร ทำให้มีสารอาหารเหลืออยู่มาก เช่น ไลซีน จะสูญเสีย 7% ในปลาทอด และเพิ่มเป็น 25% หากทอดในน้ำมันที่ผ่านการใช้มาแล้ว การทอดในน้ำมันน้อย วิตามินบีหนึ่งจะสูญเสีย 15% และวิตามินซีในน้ำมันฝรั่งสูญเสียน้อยกว่าการต้ม การทอดทำให้อาหารมีปริมาณน้ำลดน้อยลง ยืดอายุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บรักษาได้นานขึ้น และจะสูญเสียสารอาหารระหว่างการเก็บรักษาด้วย โดยเฉพาะวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน เช่นวิตามินอีที่ถูกดูดซับจะถูกออกซิไดส์ระหว่างเก็บรักษา เช่นเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 8 สัปดาห์มีการสูญเสียประมาณ 77% ส่วนการสูญเสียโปรตีนจะเกิดขึ้นเมื่อผิวนอกกรอบและเกิดปฏิกิริยา Maillard browning ระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาล และมีปริมาณไขมันในอาหารเพิ่มมากขึ้นจากการดูดซับน้ำมันที่ใช้ทอดไว้ในอาหาร

2.8 โครงสร้างและสมบัติโดยทั่วไปของแป้ง (คุษฎี และน้องนุช, 2543)

2.8.1 โครงสร้างของแป้ง

แป้ง (Starch) เป็นโพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharide) ที่สำคัญที่สุดในธรรมชาติ เกิดจากโมโนแซคคาไรด์ (Monosaccharide) หลายๆหน่วย มาต่อกัน สูตรทั่วไปคือ $(CH_2O)_n$ โดยปกติแป้งจะมีอยู่ในเมล็ด ราก และลำต้นของพืช ลักษณะของแป้งจะเป็นเม็ดเล็ก มีรูปร่างแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช แป้งมีส่วนประกอบสำคัญคือ

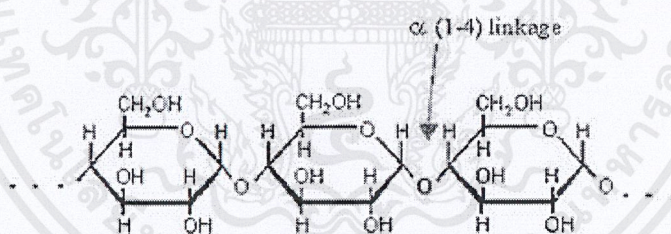
1) อัลฟา-อะไมโลส (Alpha-Amylose) ประกอบไปด้วยหน่วยของกลูโคส D (+) ประมาณ 500-2,000 มาเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะ Alpha,1-4 glycosidic linkage น้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกันไปตั้งแต่ 2,000-500,000 โดยทั่วไปอะไมโลสจะไม่ละลายน้ำ แต่สามารถกระจายตัวอยู่ในน้ำเป็นไมเซลล์ และเมื่อรวมกับไอโอดีนจะให้สีน้ำเงินมีอยู่ประมาณ 20-25% ของแป้งทั้งหมด

2) อะไมโลเพกติน (Amylopectin) เป็นแป้งที่มีโครงสร้างแตกแขนง โดยแต่ละแขนงจะประกอบไปด้วยหน่วยกลูโคสประมาณ 12 หน่วย แขนงของอะไมโลเพกตินจะยึดกันด้วยพันธะ Alpha,1-4 glycosidic linkage แต่ละจุดที่มีการแตกแขนงจะยึดกันด้วยพันธะ Alpha, 1-6 glycosidic linkage โดยทั่วไปปรกติอะไมโลเพกตินจะเป็นส่วนที่ไม่ละลายน้ำ เมื่อรวมตัวกับไอโอดีนจะให้สีม่วงแดง มีอยู่ประมาณ 75-80% ของแป้งทั้งหมด คุณสมบัติของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน

อะไมโลส	อะไมโลเพคติน
1. ประกอบด้วย โมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะ α -1,4	1. โมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันด้วยพันธะ α -1,4 และมี การแตกกิ่งด้วยพันธะ α -1,6
2. ประกอบด้วยกลูโคส 200-6000 หน่วย	2. แต่ละกิ่งมีกลูโคส 20-25 หน่วย
3. ละลายน้ำได้น้อยยกเว้น	3. ละลายน้ำได้ดีกว่า
4. เมื่อต้มในน้ำจะมีความข้นหนืดน้อย	4. ข้นหนืดมากและใส
5. ให้สีน้ำเงินกับสารละลายไอโอดีน	5. ให้สีม่วงแดงหรือสีน้ำตาลแดงกับสารละลาย ไอโอดีน
6. ต้มแล้วทิ้งไว้จะจับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็งได้	6. ไม่จับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็ง

อะไมโลส อะไมโลสเป็นโพลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 1,000-6,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1, 4 glycosidic linkage ดังรูปที่ 2.5 อาจพบกิ่งก้านสาขาในโมเลกุลของอะไมโลสได้บ้างในปริมาณเล็กน้อย



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของอะไมโลส

โดยทั่วไปแป้งจากธัญพืช เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี แป้งข้าวฟ่าง มีปริมาณอะไมโลสสูงประมาณ 22-30% ส่วนแป้งจากราก และหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง แป้งสาकुจะมีปริมาณอะไมโลสต่ำกว่า คืออยู่ในช่วง 18-24% น้ำหนักโมเลกุลอะไมโลสอยู่ในช่วง 105-106 คาลตัน โดยอะไมโลสในแป้งแต่ละชนิดจะมีน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันไป เนื่องจากแป้งแต่ละชนิดมี degree of polymerization (DP) ของอะไมโลสแตกต่างกัน แป้งมันฝรั่ง และแป้งมันสำปะหลังมี DP ของ อะไมโลส อยู่ในช่วง 1,000-6,000 สูงกว่าแป้งข้าวโพดและแป้งสาลีซึ่งมี DP ของอะไมโลส ในช่วง 200-1,200 แป้งที่มีสายของอะไมโลส ยาวมากจะมีแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรดชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(retrogradation) ลดลง ปริมาณ และสมบัติของอะไมโลสในแป้งแต่ละชนิดแสดงดังตารางที่ 2.2 และ 2.3

ตารางที่ 2.2 ปริมาณของอะไมโลสในแป้งชนิดต่างๆ (คุยฎี และน้องนุช, 2543)

แป้ง	ปริมาณอะไมโลส (% น.น. แห่ง)	ปริมาณอะไมโลส (% น.น. แห่ง)
	Apparent	Absolute
ข้าวสาลี	28.8	25.8
ข้าวโพด	29.4	22.5
ข้าวเจ้า	25.0	20.5
ข้าวบาร์เลย์	25.5	23.6
มันฝรั่ง	36.0	16.9
มันสำปะหลัง	23.5	17.8
พุทธรักษา	43.2	22.7
ถั่วเขียว	37.9	30.7

อะไมโลสสามารถรวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีน และสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ เช่น butanol, fatty acid, surfactant, phenol และ hydrocarbon สารประกอบเชิงซ้อนเหล่านี้จะไม่ละลายในน้ำ โดยอะไมโลสจะพันเป็นเกลียวล้อมรอบสารประกอบอินทรีย์ อะไมโลสที่มีความยาวสายโซ่มากกว่า 45 หน่วยกลูโคสเมื่อรวมตัวกับไอโอดีนจะให้สีน้ำเงินม่วง (ตารางที่ 2.3) ซึ่งใช้เป็นลักษณะเฉพาะที่บ่งบอกถึงแป้งที่มีอะไมโลสเป็นองค์ประกอบ และใช้ในการตรวจสอบปริมาณอะไมโลสในแป้ง

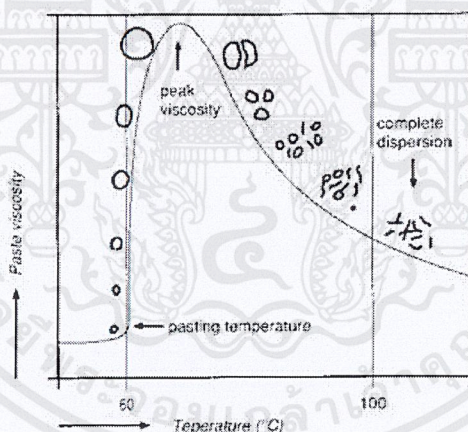
ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของอะไมโลสและสีของสารประกอบเชิงซ้อนของอะไมโลสกับไอโอดีน (คุยฎี และน้องนุช, 2543)

Chain length (glucose unit)	Number of helix turns	color
12	2	None
12-15>	2	Brown
20-30	3-5	Red
35-40	6-7	Purple
>45	9	Blue

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 ค่าความหนืด (Viscosity)

ความหนืดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญและที่เป็นประโยชน์มากที่สุดของแป้ง เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้ง ทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวและมีความหนืดมากขึ้น พฤติกรรมความหนืดเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวและแตกต่างกันไปตามชนิด และสายพันธุ์ของแป้ง เมื่อเม็ดแป้งซึ่งแขวนลอยในน้ำได้รับความร้อนจนถึงระดับหนึ่งจะพองตัวได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นเร็วมาก อุณหภูมิที่มีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้เรียกว่า pasting temperature ความหนืดจะเพิ่มขึ้นจนถึงความหนืดสูงสุด (peak viscosity) จากนั้นอาจลดลงหรือคงที่ขึ้นกับชนิดของแป้ง การที่แป้งมีความหนืดสูงสุดเนื่องจาก เม็ดแป้งมีการพองตัวมากขึ้นมีขึ้นความหนืดของน้ำแป้ง หรือโมเลกุลของอะไมโลส และอะไมโลเพกตินบางส่วนที่แตกสลายออกมาอยู่ในสารละลาย เมื่อส่วนที่แตกสลาย และละลายออกมามีมากกว่าการพองตัวที่เพิ่มความหนืดเริ่มลดลง ซึ่งจะเห็นได้ชัดเมื่ออยู่ในช่วงการหุงต้มที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ดังนั้นค่าความหนืดของน้ำแป้งสุกจะเป็นผลมาจากการพองตัวของเม็ดแป้ง และการแตกหักของเม็ดแป้งร่วมกับการละลายออกมาของโมเลกุลแป้ง



รูปที่ 2.6 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมื่อให้ความร้อน

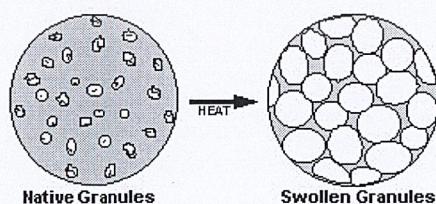
เมื่อลดอุณหภูมิลง โมเลกุลอิสระที่กระจายออกมา (โดยเฉพาะส่วนของอะไมโลส) ถ้ามีขนาดโมเลกุลที่เหมาะสมคือไม่สั้นไม่ยาวเกินไปก็สามารถเคลื่อนที่เข้ามาจับกัน และกักน้ำไว้ได้ ทำให้ความหนืดสูงสุดขึ้นมาอีกนี้เรียกว่า setback และปรากฏการณ์นี้ก็คือการคืนตัวของแป้ง (retrogradation) ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดได้แก่ชนิดของแป้ง ขนาดอนุภาคสัดส่วนอะไมโลสต่ออะไมโลเพกติน อุณหภูมิ shear rate แต่ที่มีผลมากที่สุดได้แก่ชนิดของแป้ง การวิเคราะห์ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนืดของน้ำแป้งสุก (paste) มีหลายวิธีขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ในที่นี้เราศึกษาวิธีการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง rapid visco analyser (RVA) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ได้รับการพัฒนามาเพื่อติดตามพฤติกรรมความหนืดของแป้งอีกแบบหนึ่ง คุณสมบัติพิเศษของเครื่องนี้คือ สามารถเปลี่ยนระดับอุณหภูมิทั้งการทำให้ร้อนและเย็นได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว ควบคุมกันไปกับความสามารถในการรักษาอุณหภูมิให้คงที่ ทำให้สามารถหา pasting curve ได้ภายใน 13 นาที เนื่องจากมีกลไกในการส่งผ่านความร้อนได้ดี และยังใช้ตัวอย่างน้อยกว่าด้วย

2.8.3 การพองตัวและการละลาย (Swelling and solubility)

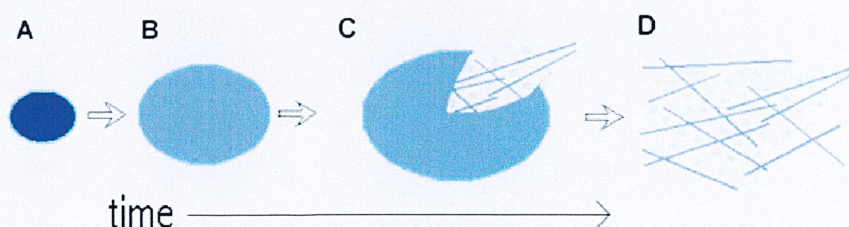
โดยปกติเมื่อแป้งผสมอยู่ในน้ำแป้งจะแตกตัวเป็นเม็ดเล็ก ๆ กระจายอยู่ในน้ำ แต่แป้งจะไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะดูดซึมน้ำไว้ได้ประมาณ 25-30% และพองตัวน้อยมากจนไม่สังเกตเห็นได้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดเรียงตัวกันระหว่างโมเลกุลของอะไมโลส และอะไมโลเพกติน (Intermixed) ภายในเม็ดแป้ง ในส่วน crystallite โมเลกุลอยู่กันอย่างหนาแน่นและเป็นระเบียบ ช่วยป้องกันการกระจายตัวและทำให้ไม่ละลายในน้ำเย็น ส่วนของ amorphous ซึ่งเป็นส่วนที่เกาะเกี่ยวกันอย่างหลวม ๆ ไม่เป็นระเบียบและมีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระมาก สามารถเกิดปฏิกิริยาการรับน้ำ (Hydration) ได้บ้างแม้ในน้ำเย็น เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 60 °C ขึ้นไป ส่วน amorphous จับกับน้ำได้มากขึ้นและการจับกันของโมเลกุลในส่วน crystallite เริ่มคลายความหนาแน่นลง โมเลกุลส่วนที่เริ่มคลายตัวออกจากกันจับกับน้ำทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้น (รูปที่ 2.7) โมเลกุลในส่วน crystallite ที่เหลืออยู่เกิดสภาพคล้ายร่างแหเรียกว่า micelle network ซึ่งยึดเหนี่ยวกันไว้ทำให้เม็ดแป้งยังคงสภาพอยู่ได้ แต่อาจมีโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินซึ่งมีขนาดเล็กและอิสระกระจายตัวออกจากเม็ดแป้ง เมื่อทำให้อุณหภูมิน้ำแป้งสูงขึ้นไปอีก ส่วน crystallite ที่เหลืออยู่นี้จะคลายตัวออกทำให้เม็ดแป้งพองมากขึ้นและโมเลกุลแป้งอยู่ในสภาพสารละลายมากขึ้น



รูปที่ 2.7 การพองตัวของเม็ดแป้ง

2.8.4 การเกิดเจลาตินในเซชัน (Gelatinization)

เมื่อนำแป้งใส่ในน้ำเย็น เม็ดแป้งดูดซับน้ำได้ในปริมาณจำกัดปริมาณหนึ่ง แต่จะยังไม่พองตัวหรือพองตัวได้จำกัดมาก และสังเกตได้ยาก สังเกตการพองตัวของเม็ดแป้งสาธิตในน้ำที่อุณหภูมิห้องพบว่าแป้งที่พองตัวมีเส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มขึ้น 10% และปรากฏการณ์นี้สามารถผันกลับได้ (Reversible) โดยเมื่อนำไปอบแห้งก็จะได้แป้งที่มีลักษณะ และคุณสมบัติดั้งเดิม ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลอะไมโลส และอะไมโลเพกตินในส่วนที่เป็น crystallite จับตัวกันอย่างหนาแน่น แข็งแรงจึงไม่ละลายในน้ำเย็น แต่น้ำอาจจะซึมเข้าไปในส่วนของเม็ดแป้งซึ่งไม่เป็นระเบียบและมีกลุ่มไฮดรอกซิลอิสระได้บ้าง แต่เมื่อให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิหนึ่งประมาณ 60-75 °ซ หรือใช้สารเคมี เช่น ให้ความร้อน 60 °ซ แก่แป้งสาธิตจะมีผลทำให้การจับยึดกันระหว่างโมเลกุลของแป้งในส่วน crystallite ลดลง เกิดปฏิกิริยาการรับน้ำและการพองตัวของเม็ดแป้งซึ่งไม่สามารถผันกลับได้ (Irreversible) และทำให้สารละลายแป้งมีความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น กระบวนการนี้เรียกว่า “เจลาตินในเซชัน” ซึ่งเมื่อตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่สำคัญขึ้นคือ มีการพองตัวของเม็ดแป้งและเครื่องหมายกากบาท (Maltese cross) ภายในเม็ดแป้งหายไป อุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของแป้ง เนื่องจากแป้งแต่ละชนิดมีโครงสร้างส่วน Crystallite ที่แตกต่างกัน ทั้งระดับการจับกัน (Degree of association) และความสม่ำเสมอของการเกิดเจลาตินในเซชันไม่พร้อมกันทุกเม็ด แม้แต่ในแป้งชนิดเดียวกันจากแหล่งเดียวกันก็ตาม อาจมีช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลาตินในเซชันที่ห่างกันถึง 8-10 °ซ โดยทั่วไปเม็ดแป้งขนาดใหญ่จะเกิดเจลาตินในเซชันได้ก่อนขนาดเล็ก แต่เมื่อใช้ SEM ส่องดูโครงสร้างของเม็ดแป้งข้าวบาร์เลย์ซึ่งมีเม็ดแป้งขนาดเล็กอยู่ประมาณ 30% พบว่าการสูญเสียเครื่องหมายกากบาทจะเกิดขึ้นได้พร้อมๆ กัน แป้งอาจเกิดการเจลาตินในเซชันได้ที่อุณหภูมิ 25 °ซ โดยการละลายในตัวทำละลาย เช่น alkali, liquid ammonia, DMSO, aq. CaCl₂



รูปที่ 2.8 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งขณะให้ความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับการเปลี่ยนแปลงเป็นดังนี้

- 1) เริ่มมีการพองตัวในส่วนที่เป็นระเบียบน้อยที่สุดคือในส่วน Amorphous
- 2) การพองตัวจะทำให้เกิด tension ต่อ crystallites ที่อยู่ข้างเคียงทำให้โครงสร้างเสียหาย
- 3) การให้ความร้อนต่อไปจะเกิด Uncoiling หรือการแตกตัวของ double helical region เกิด break up ของโครงสร้างผลึก side chain ของอะไมโลเพคตินที่แยกตัวออกมาจะถูก hydrate และมีการพองตัวไปในแนวรอบๆ ดังนั้นจะเกิด stress ต่อโครงสร้างผลึกที่ยังเหลืออยู่
- 4) การเกิด Hydration ต่อไปจะเพิ่ม mobility ของโมเลกุลทำให้เกิดการกระจายตัวของโมเลกุล
- 5) โมเลกุลของอะไมโลสซึ่งมีขนาดเล็กจะแพร่ออกมาจาก Swollen granule
- 6) การให้ความร้อนต่อไปจะทำให้ Granule แยกออกมากขึ้นจนในที่สุดได้เป็นสารละลาย

2.9 แป้งพรีเจลาติไนซ์ (Pregelatinized starch)

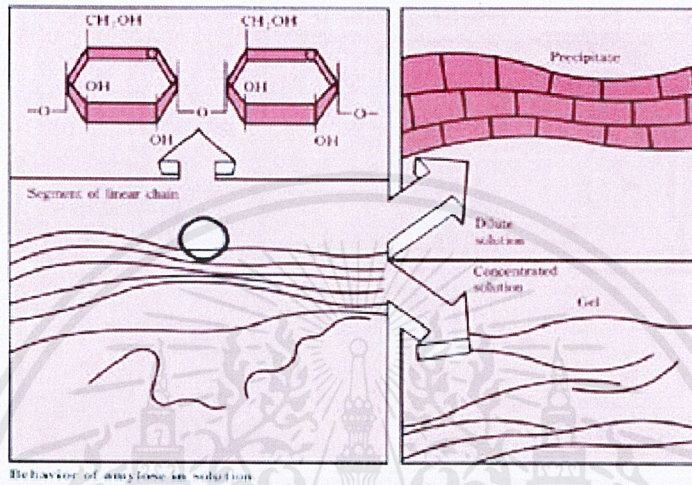
แป้งพรีเจลาติไนซ์ หรือแป้งพรีเจล ทางการค้าเรียกว่าอัลฟาสตาร์ช (Alpha starch) เป็นแป้งคัดแปรทางกายภาพที่ทำโดยให้ความร้อนแก่แป้ง ทำให้แป้งสุกหรือเกิดเจลาติไนซ์ ทำให้แห้งโดยเครื่องทำแห้ง เช่น ทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum Dryer) เครื่องทำแห้งแบบสเปรย์ (Spray Dryer) เครื่องเอ็กซ์ทรูดเดอร์ (Extruder) และบดให้ละเอียด ได้แป้งคัดแปรที่สามารถละลายกระจายตัวได้ในน้ำเย็นให้ความหนืดได้ทันที และไม่เกิดเจล เหมาะสำหรับใช้กับอาหารที่ไม่ต้องใช้ความร้อน เช่น ขนมพุดดิ้ง น้ำเกรวี่ ซอส ใส่กึ่งสำเร็จรูป ส่วนผสมของซูปผง (รุ่งฤดี, 2547)

แป้งพรีเจลาติไนซ์ หมายถึง แป้งที่นำมาผ่านกระบวนการต่างๆ เช่น กระบวนการทางเคมี กระบวนการทางกายภาพ และทางชีวภาพ เพื่อให้แป้งสุกเพียงกึ่งหนึ่ง ซึ่งคุณสมบัติของแป้งพรีเจลาติไนซ์นั้นสามารถให้ความหนืดได้เมื่อนำมาละลายกับน้ำเย็น โดยไม่จำเป็นต้อง ให้ความร้อนเพิ่มเข้าไปอีก จากการศึกษาค้นคว้าโครงสร้างของแป้งพรีเจลาติไนซ์เมื่อดูด้วยกล้อง scanning electron micrograph (SME) พบว่าเม็ดแป้งมีลักษณะเป็นเหลี่ยมไม่กลม (รุ่งฤดี, 2547)

2.9.1 การคืนตัวของแป้งสุก (Retrogradation)

การคืนตัวของแป้งสุกเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อน้ำแป้งสุกซึ่งร้อนมีอุณหภูมิลดต่ำลงขณะที่อุณหภูมิลง โมเลกุลอิสระของอะไมโลสซึ่งอยู่ใกล้กันจะเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กัน และจับตัวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (ดังรูปที่ 9) ทำให้เกิดสภาพการจัดเรียงตัวของโมเลกุลขึ้นใหม่ โดยเปลี่ยนจากลักษณะการกระจายตัวของโมเลกุลมาเป็นส่วนที่เป็น Crystallite ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดย

ใช้ X-ray diffraction ถ้าน้ำแป้งสุกมีความเข้มข้นต่ำ การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเหล่านี้จะทำให้เกิดลักษณะตะกอนขุ่นขาว แต่ถ้าน้ำแป้งสุกมีความเข้มข้นสูง เช่น แป้งข้าวโพดความเข้มข้น 7% โดยน้ำหนัก จำนวนโมเลกุลที่มการจัดเรียงตัวกันใหม่มีมากและระหว่างเคลื่อนที่เข้ามาจับกันจะสามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น และในที่สุดเกิดลักษณะเจลที่อ่อนนุ่ม



รูปที่ 2.9 โครงสร้างการคืนตัวของน้ำแป้ง

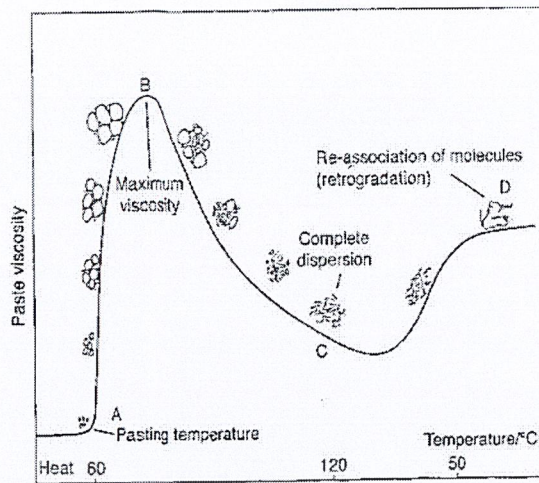
การคืนตัวของน้ำแป้งโดยทั่วไปจะเกิดได้ดีเมื่อน้ำแป้งมีความเข้มข้นสูง และทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิต่ำ แป้งแต่ละชนิดมีอัตราการคืนตัวของน้ำแป้งสุกแตกต่างกัน โดยทั่วไปแป้งจากรากหัวมีอัตราการคืนตัวช้ากว่าแป้งจากรั้วพืช ทั้งนี้เป็นเพราะแป้งจากราก/หัว เมื่อได้รับความร้อนจะพองตัวมากและเร็ว และเมื่อดแป้งแตกง่าย ทำให้โมเลกุลแป้งทั้งหมดกระจายอยู่ทั่วไปในน้ำแป้ง ยกที่โมเลกุลอะไมโลสจะมาจัดเรียงตัวกันได้ใหม่ แต่แป้งจากรั้วพืช เมื่อได้รับความร้อนจะพองตัวน้อยกว่า เมื่อดแป้งแตกน้อย โมเลกุลที่คลายตัวยังอยู่ใกล้ชิดกันจึงเคลื่อนที่จับกันใหม่ได้ง่าย ซึ่งอาจจับตัวกันระหว่างเม็ดแป้งที่พองตัวซึ่งอยู่ใกล้กัน หรือระหว่างชิ้นส่วนของเม็ดแป้งหรือโมเลกุลอะไมโลสอิสระที่หลุดออกมา ทำให้เกิดสภาพเป็น matrix ซึ่งยึดอยู่ด้วยกันด้วยพันธะไฮโดรเจน และสามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ การมีอะไมโลเพคตินอยู่ด้วยทำให้อัตราการคืนตัวของน้ำแป้งสุกช้าลง เนื่องจากโมเลกุลของอะไมโลเพคตินมีกิ่งก้านสาขาทำให้เกาะกักน้ำที่โมเลกุลจะเคลื่อนที่เข้ามาจับกันใหม่ได้ จึงพบว่าแป้งประเภท waxy มีอัตราการคืนตัวของน้ำแป้งสุกน้อยกว่าแป้งชนิดอื่น ขนาดโมเลกุลของอะไมโลสในแป้งแต่ละชนิดมีผลในการเกิดการคืนตัวของน้ำแป้งสุกด้วย โมเลกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อะไมโลสที่มีขนาดพอเหมาะในการเคลื่อนที่มาจับกัน คือ ในช่วง 100-200 หน่วยกลูโคส ถ้าโมเลกุลใหญ่ เช่น แป้งมันฝรั่งมีอะไมโลสขนาดใหญ่ประมาณ 1,000-6,000 หน่วยกลูโคส จะเคลื่อนที่เข้ามาจับกันได้ยาก และถ้าโมเลกุลสั้นเกินไปจะเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา (Brownian movement) ทำให้จับกันยากเช่นกัน

การเกิดรีโทรเกรดชันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ชนิดของสตาร์ช ความเข้มข้นของสตาร์ช กระบวนการให้ความร้อน กระบวนการให้ความเย็น อุณหภูมิ ระยะเวลา ความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย ปริมาณ และขนาดของอะมิโลสและอะมิโลเพกติน ตลอดจนองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ในสตาร์ช โดยในสภาวะที่ความเข้มข้นของเจลสตาร์ชสูง และเก็บที่อุณหภูมิต่ำ สตาร์ชจะสามารถเกิดรีโทรเกรดชันได้ดี และในช่วงความเป็นกรด-ด่าง 5-7 สตาร์ชสามารถเกิดรีโทรเกรดชันได้มากที่สุด นอกจากนี้ปริมาณ และขนาดของอะมิโลสก็มีความสำคัญต่อการเกิดรีโทรเกรดชันสำหรับสตาร์ชที่มีปริมาณ อะมิโลสสูงจะเกิดรีโทรเกรดชันได้เร็วกว่าสตาร์ชที่มีปริมาณอะมิโลเพกตินสูง เทคนิคที่ใช้ในการตรวจสอบการเกิดรีโทรเกรดชันของสตาร์ชมีอยู่ด้วยกันหลายเทคนิค เช่น enzymatic method, nuclear magnetic resonance (NMR), rheological method, fourier transform mid infra-red (FTIR) ร่วมกับ attenuated total reflectance (ATR), X-ray diffraction (XRD) และ differential scanning calorimetry (DSC) เป็นต้น

ปรากฏการณ์รีโทรเกรดชันเป็นที่ต้องการและไม่ต้องการในกระบวนการแปรรูปแป้ง และผลิตภัณฑ์อาหารประเภทแป้งต่างๆ ดังนั้นการศึกษาแนวโน้มการเกิดรีโทรเกรดชันของสตาร์ชชนิดต่างๆ จึงเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถนำไปใช้อธิบายหรือนำไปใช้ประโยชน์เกี่ยวกับกระบวนการแปรรูปแป้งและผลิตภัณฑ์อาหารที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ เพื่อให้ได้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเป็นที่ต้องการและยอมรับ



รูปที่ 2.10 การคืนตัวของเม็ดแป้ง

2.10 ไส้กรอก

ไส้กรอกมีหลายประเภท หลายรูปแบบ และหลายรสชาติ เป็นท่อนเล็กๆ แบบไม่มีเปลือกพลาสติกต้องลอกก่อน แบบรมควันเปลือกจะกรอบ สีเข้มหน่อย แบบแผ่น ความแตกต่างของไส้กรอกขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องเทศที่ใช้ สัดส่วนและชนิดของเนื้อ ไชมัน และวิธีการทำ ประเภทของไส้กรอกแบ่งตามลักษณะได้ 7 ชนิด

1) ไส้กรอกสด (fresh sausage) ทำจากเนื้อหมูหรือเนื้อวัวสด บดผสมเครื่องปรุงรสตามชอบ บรรจุในไส้มัดเป็นปล้องๆ ต้องเก็บในตู้เย็น เวลาจะรับประทานนำมาทำให้สุก ไส้กรอกสดมีหลายชนิดเช่น ไส้กรอกหมูสด ไส้กรอกหมูสดแบบชนบท บราทเวอร์สท บ็อกเวอร์สท (Bockwurst)

2) ไส้กรอกรมควัน (smoked sausage) เป็นไส้กรอกที่ทำมาจากเนื้อที่ผ่านการหมักแล้ว ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดต้องเก็บในตู้เย็น ไส้กรอกรมควันมีหลายชนิด เช่น ไส้กรอกรมควันโม ไส้กรอกรมควัน

3) ไส้กรอกสุก (cooked sausage) เป็นไส้กรอกที่ใช้ได้ทั้งเนื้อสดและเนื้อหมักบด ผสมเครื่องปรุงบรรจุในไส้ และทำให้สุกพร้อมที่จะรับประทานได้ทันทีโดยไม่ต้องรมควัน แต่บางชนิดจะรมควันภายหลังไส้กรอกสุกแล้วรับประทานได้ทันที

4) ไส้กรอกแห้ง (dry sausage) ซัมเมอร์ซอสเซส (Summer sausage) โฮลสไตเนอร์ (Holsteiner) คล้ายซัมเมอร์ซอสเซสแต่บรรจุไส้สดเป็นรูปวงแหวน ทูริงเจอร์ (Thuringer)

5) ไส้กรอกหมักแห้ง (fermented dry sausage) เป็นไส้กรอกที่ต้องผ่านขั้นตอนการหมักให้ มีรสเปรี้ยวก่อนทำให้แห้งเก็บได้ นานในสภาพที่เย็น อากาศแห้ง และมีความชื้นต่ำ แบ่งออกเป็น หลายชนิดได้แก่ ซาลามิ (Salami) ลีออนส์ (Leyons) มอทาเดลลา (Mortadella) แคปปริโคลา (Cappicola) เปปเปอโรนี (Popperoni) มัม (Mum)

6) กุนเชียง (Chinese sausage) เป็นไส้กรอกแห้งที่มาจากประเทศจีนใช้เนื้อหมูหรือเสฉวนเนื้อ หมูผสมมันแข็งหั่น ชิ้นสี่เหลี่ยมเล็กๆ ปิ้งรสด้วยเกลือน้ำตาล ซีอิ๊วขาว บรรจุในไส้หมูสดหรือตาก แห้งทำให้แห้งโดยใช้แสงแดดก่อนรับประทานต้องทำให้สุกก่อน

7) ไส้กรอกชนิดใหม่ (new condition sasuge) เป็นไส้กรอกประเภทกึ่งเปียกกึ่งแห้งต่างกับ ไส้กรอกแห้งตรงวิธีการทำ และทำให้สุกในตู้รมควัน ทำมาจากเนื้อหมูบดผสมเครื่องปรุง และหมัก ไว้ให้เปรี้ยวประมาณ 24 ชั่วโมง ก่อนทำให้สุก แบ่งออกเป็นหลายชนิด เช่น ซาลามิ-คอตโต (Salamicotto) โคเปอร์ซาลามิ (Kosher salami) เฮดชีส (Head Cheese) ซูมิ (Sause) มีทโลฟ (Meat Loaves)

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุ

1. ข้าวกล้อง
2. โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl)
3. แป้งชูบทอดตราโกกิ
4. ไม้จิ้มฟัน

3.2 อุปกรณ์

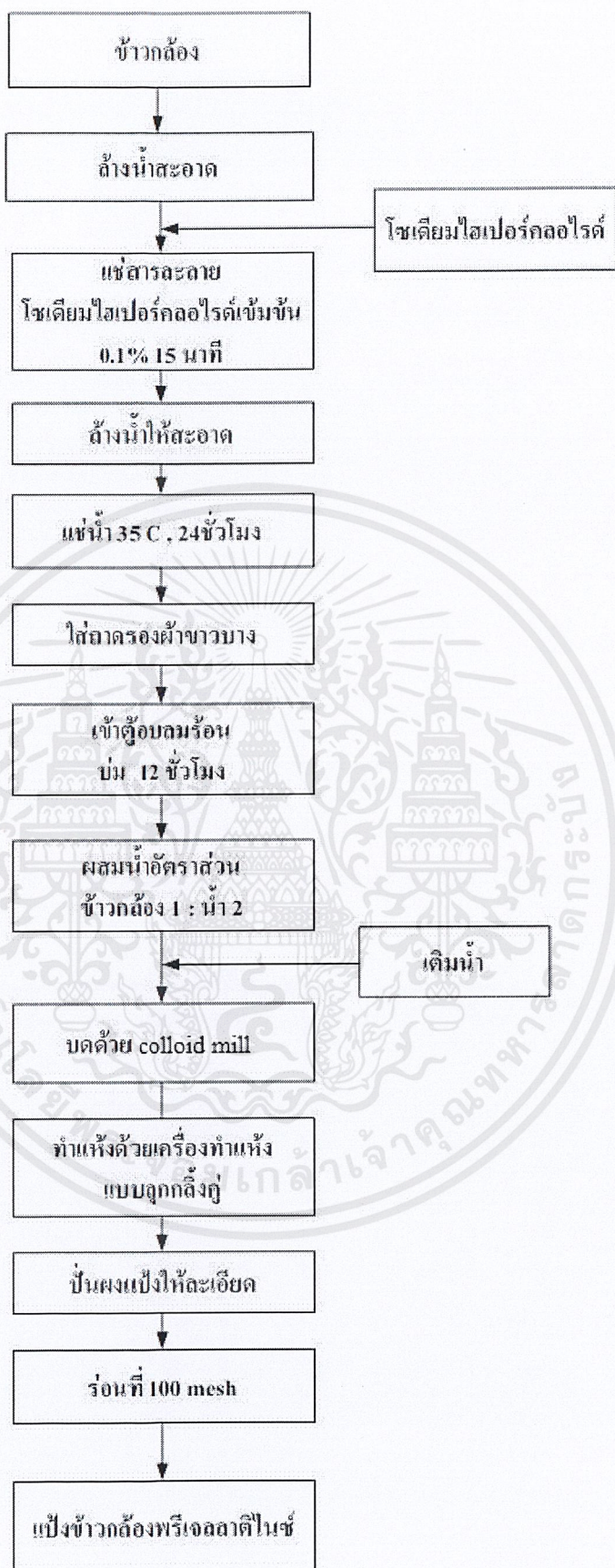
1. เครื่องทำแห้งชนิดลูกกลิ้งคู่ 1 เครื่อง (Drum dryer)
2. เครื่องวัดอุณหภูมิที่ผิวลูกกลิ้ง
3. เทอร์โมมิเตอร์
4. หม้อสแตนเลส
5. เครื่องทอด
6. เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Yamato Electronic Balance รุ่น HE-120
7. เครื่อง Centrifugal ยี่ห้อ Hettich Zentrifugen รุ่น EBA 12
8. ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Memmert รุ่น UM400
9. เครื่องบด Colliod milled
10. โถดูดความชื้น
11. ถ้วยอลูมิเนียม
12. ถุงพลาสติกสุญญากาศ
13. เทอร์โมมิเตอร์
14. เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Tri-stimulus colorimeter
15. เครื่อง Rapid Visco Analyzer รุ่น RVA-4
16. เครื่องทดสอบเนื้อสัมผัสรุ่น TA-Xt.Plus.Stable Micro system Co.,Ltd UK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

3.3.1 กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกพรีเจลลาคีโนซ์

1. เตรียมข้าวกล้อง จำนวน 20 กิโลกรัม มาทำเป็นข้าวกล้องงอก
2. ฆ่าเชื้อโดยแช่สารละลายโซเดียมไฮเพอริคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1 % เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปล้างออกให้สะอาด
3. นำข้าวกล้องที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วมาแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
4. นำข้าวกล้องที่ผ่านการแช่น้ำมาทำการบ่ม โดยนำข้าวกล้องไปใส่ในถาดที่มีผ้าขาวบาง ชุ่มน้ำวางรองด้านล่างและคลุมปิดด้านบน นำเข้าสู่ควบคุมอุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
5. ทำการล้างข้าวกล้อง เปลี่ยนถาดและผ้าขาวบาง ระหว่างการบ่มทุกๆ 12 ชั่วโมงจนครบ 24 ชั่วโมง เพื่อไม่ให้ข้าวกล้องเกิดการหมักอาจส่งกลิ่นเหม็นได้
6. เมื่อครบ 24 ชั่วโมงจะเห็นการงอกของจมูกข้าว นำข้าวกล้องมาล้างทำความสะอาดเพื่อลดกลิ่นหมัก
7. นำข้าวกล้องงอกเข้าสู่อบลมร้อน (Tray Dry) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หากยังไม่นำมาใช้ควรนำข้าวกล้องงอกเก็บไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส)
8. นำข้าวกล้องมาบดด้วยเครื่องคอลลอยด์มิล (Colliod milled)
9. ทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ (Drum dryer)
10. นำแป้งข้าวกล้องงอกมาบดและเข้าเครื่องร่อนแป้งที่ 100 mesh ได้แป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลลาคีโนซ์ เก็บไว้ในถุงสุญญากาศ



รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกพรีเจลลาติไนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 กระบวนการผลิตแป้งข้าวกล้องพรีเจลลาติไนซ์

1. นำข้าวกล้องมาล้างด้วยน้ำสะอาด แช่ทิ้งไว้ 15 นาที
2. นำข้าวกล้องมาบดด้วยเครื่องคอลลอยด์มิล (Colliod milled)
3. ทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ (Drum dryer)
4. นำแป้งข้าวกล้องออกมามบดและเข้าเครื่องร่อนแป้งที่ 100 mesh ได้แป้งข้าวงอกพรีเจลลา

ติไนซ์ เก็บไว้ในถุงสุญญากาศ

3.3.3 การเตรียมแป้งตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ

การเตรียมแป้งสูตร 1

1. ผสมแป้งซูปทอดตราโกกิ 95 กรัม และ แป้งข้าวกล้องพรีเจลลาติไนซ์ 5 กรัม คนจนเป็นเนื้อเดียวกัน
2. ผสมน้ำ 14 องศาเซลเซียส 140 กรัม คนจนเนื้อแป้งละลายเป็นเนื้อเดียวกันใส่ภาชนะสเตนเลสแช่ไว้ในน้ำเย็น 15 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที

การเตรียมแป้งสูตร 2

1. ผสมแป้งซูปทอดตราโกกิ 95 กรัม และ แป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลลาติไนซ์ 5 กรัม คนให้เข้ากัน
2. ผสมน้ำ 14 องศาเซลเซียส 140 กรัม คนจนเนื้อแป้งละลายเป็นเนื้อเดียวกันใส่ภาชนะสเตนเลสแช่ไว้ในน้ำเย็น 15 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที

การเตรียมแป้งสูตร 3

1. ชั่งแป้งซูปทอดตราโกกิจำนวน 100 กรัม
2. ผสมน้ำ 14 องศาเซลเซียส 140 กรัม คนจนเนื้อแป้งละลายเป็นเนื้อเดียวกันใส่ภาชนะสเตนเลสแช่ไว้ในน้ำเย็น 15 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที

3.3.4 การเตรียมผลิตภัณฑ์

นำไส้กรอกมาหั่นความหนาประมาณ 5-8 มิลลิเมตร ยาว 22 มิลลิเมตร ผึ่งให้แห้ง 5 นาที

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองโดยมีการทดลองออกเป็นสองส่วนดังนี้ เพื่อศึกษากระบวนการทำแป้งชูบทอดจากแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวกล้องงอกศึกษาสมบัติทางกายภาพของแป้งหลังผ่านการชูบทอดแล้วมีวิธีการทดลองดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักใส่กรอกที่เตรียมไว้แล้วนำมาคลุกผงแป้งจากนั้นนำไปชูบน้ำแป้งสูตร 1 ที่เตรียมไว้ ยกขึ้นรอน้ำแป้งหยด 10 วินาที
2. ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง แล้วนำไปทอดที่น้ำมันที่ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที 30 วินาที
3. นำมาพักที่ตะแกรงรอสะเด็ดน้ำมัน 1 นาที และซับน้ำมันด้วยกระดาษซับน้ำมัน 2 นาที ชั่งน้ำหนักหลังทอด
4. ทำการทดลอง 30 ซ้ำ
5. เปลี่ยนแป้งตัวอย่างเป็นสูตร 2 และ 3 ทำการทดลองตามข้อ 1-4

3.5 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

3.5.1 ค่าความชื้น (Moisture Content)

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. ชั่งภาชนะอลูมิเนียมพร้อมฝาเปล่า บันทึกน้ำหนัก
2. นำตัวอย่างที่ออกมาจากเครื่องทำแห้งและบดแล้วมาใส่ในภาชนะ ประมาณ 2 กรัม
3. นำตัวอย่างพร้อมฝาเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
4. ปิดภาชนะแล้วนำไปใส่ในโถดูดความชื้น ประมาณ 20 นาที
5. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหลังอบ
6. คำนวณหาค่าความชื้นฐานเปียก ดังสมการ

$$MC (\%wb) = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 วัดค่าสี

เครื่องมือ

1. เครื่องวัดสี รุ่น MiniScan XE plus และรุ่น Color Flex

การวิเคราะห์

Hunter system เป็น Trichromatic system โดยมี Tristimulus values คือ ค่า L (lightness), a^* , b^* ค่า Hunter values และค่าทั้ง 3 ใน CIE system สามารถเปลี่ยนกลับไปมาได้โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ช่วยคำนวณ

L เป็นค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 – 100 ค่า L เท่ากับ 0 เป็นสีที่มีมืดที่สุด ค่า L เท่ากับ 100 เป็นสีสว่างมากที่สุด

a^* เป็นค่าที่แสดงความเป็นสีแดงหรือความเป็นสีเขียว โดยที่ค่า a^* เป็นบวกแสดงความเป็นสีแดง ค่า a^* เป็นลบแสดงความเป็นสีเขียว

b^* เป็นค่าที่แสดงความเป็นสีเหลืองหรือ สีนํ้าเงิน ค่า b^* เป็นบวกแสดงความเป็นสีเหลือง ค่า b^* เป็นลบแสดงความเป็นสีนํ้าเงิน

3.5.3 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analysis)

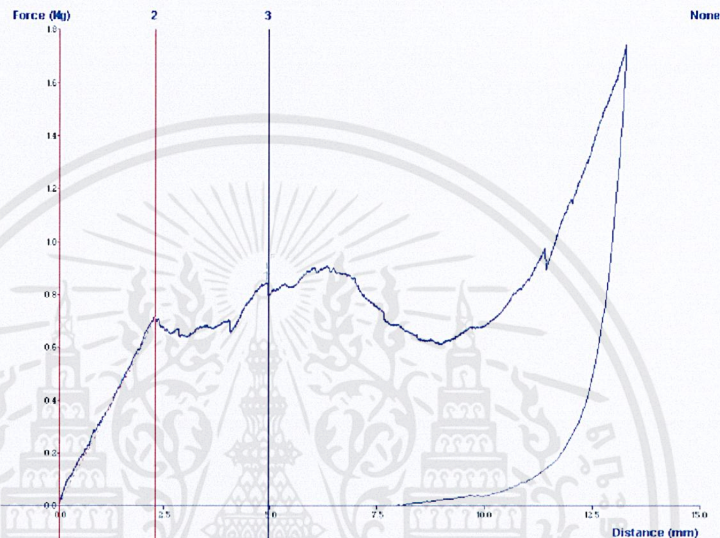
นำตัวอย่างแป้งทั้งสามสูตรที่ผ่านการชุปทอดแล้วมาวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยเครื่อง Texture Analyzer (TA-XT.Plus.Stable Micro system Co.,Ltd UK)

ขั้นตอนวิเคราะห์คือ

1. ประกอบหัววัดแบบ Warner-Blatzler Blade PLATE และฐานเข้ากับตัวเครื่อง
2. เปิดเครื่อง TA และ Computer
3. เข้าโปรแกรม Texture Exponent 32
4. ทำการ Calibrate force โดยใช้ค้อนน้ำหนักมาตรฐาน 3000 กรัม
5. ทำการ Calibrate height โดยตั้งระยะหัววัดให้สูงกว่าความสูงของตัวอย่าง
6. ตั้งโปรแกรม โดยเลือกรูปแบบการทดสอบพร้อมทั้งจัดค่าความเร็วหัววัดเริ่มต้น 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วกดเป็น 2 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วของหัวกลับเป็น 10 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะกดเป็น 20 มิลลิเมตรต่อวินาที แรงกดเริ่มต้น 10 กรัม ตั้งหน่วยของกราฟที่ต้องการโดยแกน X เป็นแรง (กิโลกรัม) และแกน Y เป็นระยะทาง (Distance)
7. นำตัวอย่างมา 1 ชิ้น และทำเครื่องหมายตรงตำแหน่งที่ต้องการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างตรงตำแหน่งที่ทำเครื่องหมาย
9. นำไปตั้งไว้ฐาน
10. เดินเครื่องโดยควบคุมตำแหน่งกดให้มั่นคง รอจนกระทั่งเครื่องทำงานเสร็จ
11. ทำการวัดค่าแรงกด 30 ซ้ำ
12. การวิเคราะห์ผลที่ได้จากกราฟ



รูปที่ 3.2 กราฟการวิเคราะห์หัตถลักษณะเนื้อสัมผัส

- การวิเคราะห์ค่าแรงสูงสุด พิจารณาในระยะ 0-5 มิลลิเมตร (Maximum max force of range distance 0-5 mm.) ทำโดยดูค่าแรงสูงสุดระหว่างเส้นตัด 1 ถึง 3
- การวิเคราะห์ค่าความแข็ง พิจารณาจากค่าพีคหลัก (Hardness) ทำโดยดูค่าความชันระหว่างเส้นตัด 1 ถึง 2

3.5.4 การวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติความหนืด (Pasting Properties)

วิเคราะห์โดยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA-4 SA, Newport Scientific PYT Ltd., NSW, Australia) ขั้นตอนการวิเคราะห์มีดังนี้

1. เปิดเครื่อง RVA , Computer และปั้มน้ำ
2. เข้าโปรแกรม RVA และทำการอุ่นเครื่องเป็นเวลา 30 นาที
3. ทำการ calibrate ไบพาย(Paddle)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เลือกรูปแบบการวัดความหนืดของแป้ง
5. ทำการตั้งชื่อไฟล์และเลือกไฟล์ ที่จะทำการจัดเก็บข้อมูลผลการทดลอง
6. ชั่งตัวอย่างบดที่ร่อนผ่านตะแกรง 100 mesh ประมาณ 3 กรัม
7. กรณีตัวอย่างที่มีความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ ตวงน้ำกลั่นปริมาตร 25 คลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงไปใน Alumminium can ปริมาณของตัวอย่างและน้ำที่ใช้ความคำนึงถึงค่าความชื้นของตัวอย่างด้วยโดยสามารถคำนวณจากสมการ

$$S = \frac{88 \times 3}{(100 - M)}$$

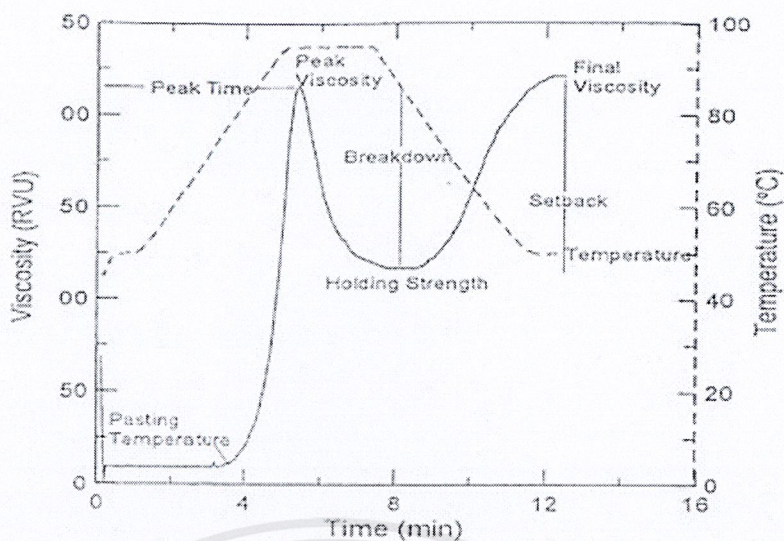
เมื่อ $S =$ น้ำหนักของตัวอย่างที่ถูกต้อง

$M =$ ความชื้นจริงของตัวอย่าง

$W =$ ปริมาตรน้ำที่ถูกต้อง

รอกจนเครื่องขึ้น Run ready จึงใส่ตัวอย่างลงใน Alumminium can ที่มีน้ำอยู่

8. ใส่ใบพายลงใน Alumminium can หมุนใบพายไปมาแรงๆ และดึงขึ้นลงเพื่อกวนตัวอย่างไม่ให้จับเป็นก้อนที่ผิวหน้าหรือใบพาย
9. นำ Alumminium can ที่ใส่ใบพายเข้าเครื่อง RVA กดลงเพื่อให้เครื่องทำงานอัตโนมัติ
10. จากกราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดที่ได้ต่อเวลาที่ได้ อ่านและบันทึกค่าต่างๆ ดังนี้ ค่าความหนืดเมื่อตัวอย่างพองตัวสูงสุด, ความหนืดเมื่อตัวอย่างเย็นตัว, ความหนืดเมื่อตัวอย่างคืนตัวและเวลาที่ตัวอย่างพองตัวสูงสุด
11. นำ Alumminium can ออกจากเครื่อง RVA
12. การวิเคราะห์ผลที่ได้จากกราฟ



รูปที่ 3.3 กราฟการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติความหนืด

- ความหนืดสูงสุด (Peak Viscosity) หาได้จากความหนืดสูงสุดของการทดลอง (RVU)
- ความหนืดลดลง (Breakdown) หาได้จากความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด (RVU)
- ความคงทนต่อการกวน (Holding Strength) หาได้จากความหนืดที่ต่ำที่สุดระหว่างการทำให้เย็น (RVU)
- ความหนืดสุดท้าย (Final Viscosity) หาได้จากความหนืดสุดท้ายของการทดลอง (RVU)
- การคืนตัว (Setback) หาได้จากผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดที่จุด peak (RVU)
- เวลาที่เกิดความหนืดสูงสุด (Peak Time) หาได้จากเวลาที่เกิด peak ของความหนืด (นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.5 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การชุบติดก่อนและหลังทอด (Batter pickup before frying and (Batter pickup after fried)

นำไส้กรอกที่ผ่านการชุบทอดด้วยแป้งทั้งสามสูตรแล้วมาแยกเนื้อแป้งออกด้วยมือ ชั่งน้ำหนักและคำนวณเปอร์เซ็นต์การชุบติดทั้งก่อนและหลังทอดตามสมการต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การชุบติด} = \frac{B}{B + S} \times 100$$

(Salvado, 2004)

โดย

B = น้ำหนักของแป้งที่ชุบติด (กรัม)

S = น้ำหนักของไส้กรอก (กรัม)

3.5.6 ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (Sensory test) ผลผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอด

วิธีวิเคราะห์

1. ตั้งวัตถุประสงค์ในการทดสอบ
2. เตรียมตัวอย่างที่จะทดสอบ ตัวอย่างจะถูกนำเสนอพร้อมกัน และแต่ละตัวอย่างที่นำเสนอจะมีตัวอย่างควบคุม 1 ตัวอย่าง และตัวอย่างทดสอบ 2 ตัวอย่าง ตัวอย่างดังกล่าวจะถูกนำมาใส่รหัสสุ่มซึ่งเป็นจำนวนเลข 3 ตัวก่อน
3. เมื่อทำการทดสอบเสร็จสิ้นแล้ว จะนำผลที่ได้มาเปลี่ยนเป็นคะแนน โดย 3 คือ ชอบมากที่สุด, 2 คือ ชอบ, 1 คือ ชอบน้อย
4. วิเคราะห์คะแนนการยอมรับ เพื่อหาสูตรแป้งชุบทอดที่ดีที่สุด

การสรุปผลว่าผู้ชิมชอบตัวอย่างชนิดใดมากที่สุด วัดจากค่าความชอบรวม (rank sum) และพิจารณาว่าผลิตภัณฑ์ผงชุบทอดทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ พิจารณาจาก การหาค่า LSD rank ที่ได้จาก ตาราง ANOVA มาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ของแป้งทั้งสามสูตร ถ้าค่าที่ได้มีจำนวนน้อยกว่าค่า LSD rank แสดงว่า การทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ธงชัย, 2545)

บทที่ 4

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 สี (Color)

คุณสมบัติทางกายภาพด้านสีของแป้งชูบทอดทั้งสามชนิดแสดงในตารางที่ 4.1 โดยการวัดค่าความสว่าง ค่าการเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลือง จากผลการทดลองพบว่าค่าความสว่าง (L^*) ของแป้งชูบทอดทั้ง 3 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของแป้งชูบทอดสูตรที่ 1 และแป้งชูบทอดสูตร 2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) กับแป้งชูบทอดสูตร 3 ซึ่งเป็นแป้งควบคุม ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของแป้งชูบทอดสูตรที่ 2 และแป้งชูบทอดสูตร 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) กับแป้งชูบทอดสูตร 3 เมื่อพิจารณา แป้งชูบทอดสูตรที่ 2 มีค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ลดลงและค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้น ส่งผลให้แป้งชูบทอดมีสีค่อนข้างคล้ำกว่าเมื่อเทียบกับแป้งชูบทอดสูตรที่ 1 ในส่วนผสมของแป้งชูบทอดสูตรที่ 2 ซึ่งมีข้าวกล้องงอกเป็นส่วนผสมจึงทำให้เกิดกระบวนการคาราเมลไลซ์เซชัน (Caramelization) แล้วเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันที่อุณหภูมิ 140-150 องศาเซลเซียส (กมลทิพย์, 2542) ได้รวดเร็วกว่าแป้งชูบทอดสูตรที่ 1 เนื่องจากหลังจากคั่วและเย็บหุ้มเนื้อเมตตีคมีการผลิตเอนไซม์ต่างๆ ขึ้นมาซึ่งเอนไซม์จะมีกิจกรรมในการย่อยสลายสารอาหารต่างๆที่สะสมในเมตตีค โดยการย่อยแป้งและโปรตีนในเนื้อเมตตีคได้น้ำตาลรีดิวซ์ เช่น กลูโคส มอลโตส ฟรุกโตส และกรดอะมิโน (จารุรัตน์, 2550)

ตารางที่ 4.1 ค่าสีของแป้งทั้งสามสูตรหลังผ่านการชูบทอด

ค่าสี	แป้งชูบทอดสูตร 1	แป้งชูบทอดสูตร 2	แป้งชูบทอดสูตร 3 (แป้งควบคุม)
ค่าความสว่าง	53.63 ^a ±2.747	52.51 ^a ±2.789	52.07 ^a ±3.927
ค่าความเป็นสีแดง	17.85 ^b ±2.955	18.08 ^b ±3.838	20.12 ^a ±2.459
ค่าความเป็นสีเหลือง	28.29 ^{ab} ±5.219	27.12 ^b ±4.528	30.17 ^a ±4.114

หมายเหตุ ^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงค่าเฉลี่ยของค่าสีที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

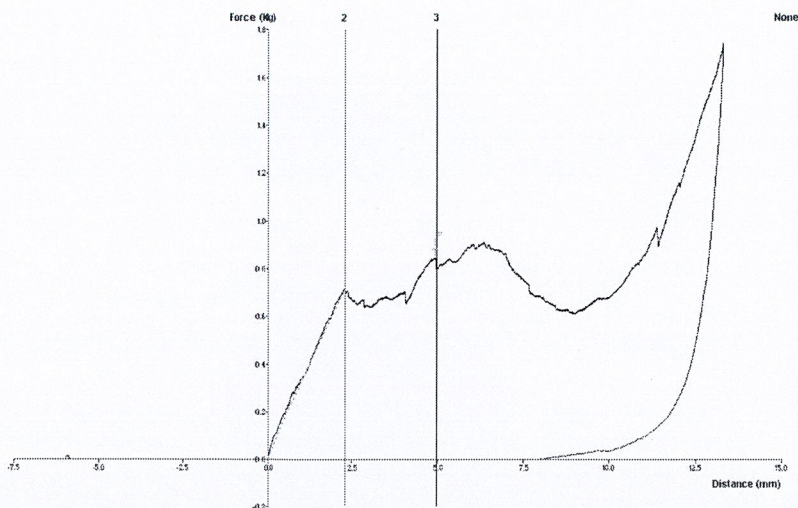
4.2 เนื้อสัมผัส (Texture)

การวิเคราะห์คุณสมบัติกายภาพด้านเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 4.2) และกราฟการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสเมื่อทดสอบด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (รุ่น TA-XT.Plus.Stable Micro system Co.,Ltd UK)

ตารางที่ 4.2 ค่าเนื้อสัมผัสของแป้งทั้งสามสูตรหลังการชုပ်ทอด

เนื้อสัมผัส	แป้งชုပ်ทอดสูตร 1	แป้งชုပ်ทอดสูตร 2	แป้งชုပ်ทอดสูตร 3 (แป้งควบคุม)
ค่าความแข็ง (กิโลกรัม/มิลลิเมตร)	0.159 ^a \pm 0.099	0.123 ^a \pm 0.061	0.344 ^b \pm 0.187
ค่าแรงสูงสุด ในระยะ 0-5 มิลลิเมตร (กิโลกรัม)	0.509 ^a \pm 0.122	0.413 ^a \pm 0.127	0.676 ^b \pm 0.203

หมายเหตุ ^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงค่าเฉลี่ยของค่าเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test



แกน Y คือ แรงที่ใช้กดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ในหน่วย กิโลกรัม

แกน X คือ ระยะทางที่กดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ในหน่วย มิลลิเมตร

รูปที่ 4.1 กราฟที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

จากการวิเคราะห์ค่าความแข็ง (Hardness) พบว่าค่าความแข็ง (Hardness) ของแป้งชูบทอดสูตร 1 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.159 กิโลกรัม/มิลลิเมตร มากกว่าแป้งชูบทอดสูตร 2 ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.123 กิโลกรัม/มิลลิเมตร เนื่องจากแป้งชูบทอดสูตรที่ 2 ซึ่งมีแป้งข้าวกล้องพรีเจลเป็นส่วนประกอบ หลังจากคั่วและเชื่อมเนื้อเมล็ดมีการผลิตเอนไซม์ต่างๆ ขึ้นมา ซึ่งเอนไซม์จะมีกิจกรรมในการย่อยสลายสารอาหารต่างๆ ที่สะสมในเมล็ด โดยการย่อยแป้งและ โปรตีนในเนื้อเมล็ดได้น้ำตาลรีดิวซ์ เช่น กลูโคส มอลโตส ฟลูคโตส และกรดอะมิโน (จารุรัตน์, 2550) ทำให้มีอะไมโลสน้อยกว่าแป้งชูบทอดสูตร 1 แป้งที่มีอะไมโลสมากเมื่อนำไปทอดทำให้แป้งเกิดเปลือกนอก (Crust) จึงเกิดการปิดกั้นการแลกเปลี่ยนระหว่างน้ำในชั้นอาหารและน้ำมันที่ใช้ทอด (กมลทิพย์, 2542) ซึ่งอัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินในแป้งต้องอยู่ในระดับที่เหมาะสมไม่สูงจนเกินไปเนื่องจาก ถ้ามีอะไมโลสสูงเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์แข็งกระด้างจนผู้บริโภคไม่ยอมรับเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าแป้งชูบทอดสูตร 1 และแป้งชูบทอดสูตร 2 นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่แป้งชูบทอดทั้งสูตร 1 และ สูตร 2 มีค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งชูบทอดสูตร 3 ซึ่งเป็นแป้งชูบทอดตราสินค้า โกลิ 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าแรงสูงสุดในระยะ 0-5 มิลลิเมตร (Maximum max force of range distance 0-5 mm) ของแป้งชูบทอดสูตร 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.51 กิโลกรัม มากกว่าแป้งชูบทอดสูตร 2 ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.41 กิโลกรัม เนื่องจากแป้งข้าวกล้องสูตรที่ 1 ซึ่งมีแป้งข้าวกล้องเป็นส่วนประกอบ โครงสร้างของแป้งข้าวกล้องมีความแข็งแรงมากกว่าแป้งข้าวกล้องอกจึงมีแรงต้านมากกว่า จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่าแรงสูงสุดในระยะ 0-5 มิลลิเมตร ของแป้งชูบทอดสูตร 1 เมื่อเทียบกับแป้งชูบทอดสูตร 2 นั้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่แป้งชูบทอดทั้งสูตร 1 และสูตร 2 มีค่าแรงสูงสุดในระยะ 0-5 มิลลิเมตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งชูบทอดสูตร 3

4.3 ความหนืดของแป้ง (Viscosity)

ค่าคุณสมบัติกายภาพด้านการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้ง และกราฟการเปลี่ยนแปลงของความหนืด แสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2 ตามลำดับ

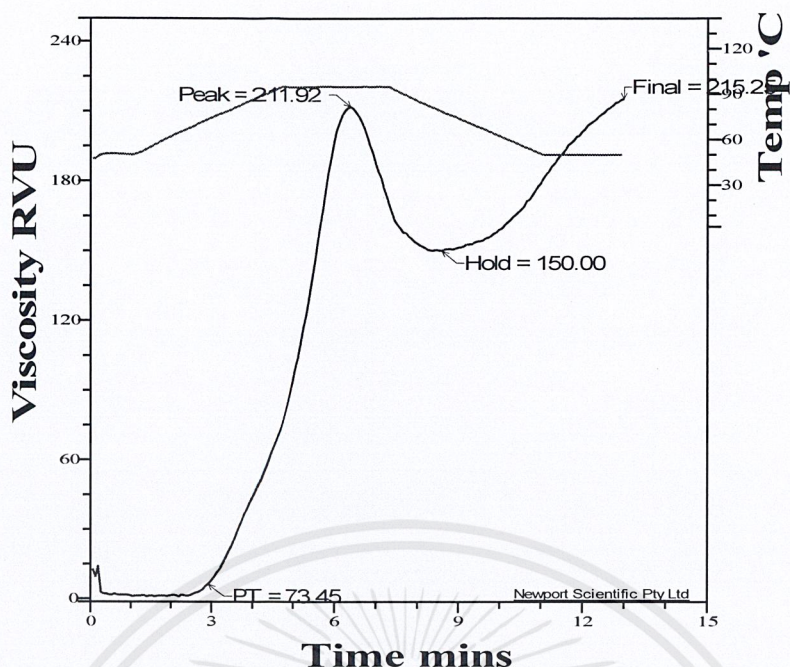
ตารางที่ 4.3 ค่าความหนืดของน้ำแป้งชูบทอดทั้งสามสูตร

ชนิดแป้ง	PV(RVU)	Breakdown (RVU)	FV(RVU)	Setback	Peak Time	Pasting Temp
สูตร 1	172.61 ^a ±10.55	36.94 ^a ±3.15	180.94 ^a ±5.75	45.28 ^a ±1.34	6.78 ^b ±0.14	77.45 ^b ±0.83
สูตร 2	164.81 ^a ±5.01	39.56 ^a ±1.03	175.53 ^a ±4.52	50.28 ^a ±4.78	6.69 ^b ±0.04	78.62 ^b ±0.93
สูตร 3	207.31 ^b ±4.30	56.39 ^b ±4.79	211.42 ^b ±3.50	60.50 ^b ±4.14	6.45 ^a ±0.04	73.48 ^a ±0.06

หมายเหตุ ^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงค่าเฉลี่ยของค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($P\leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's new Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แกน Y คือ ความหนืดของแป้ง ในหน่วย RVU

แกน X คือ เวลาที่เกิดความหนืด ในหน่วยนาที

แกน Z คือ อุณหภูมิที่เกิดความหนืด ในหน่วยองศาเซลเซียส

รูปที่ 4.2 กราฟที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์ความหนืด

จากการวิเคราะห์ค่าความหนืดสูงสุด (Peak Viscosity) ของแป้งชุบทอดสูตร 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 172.61 RVU มากกว่าแป้งชุบทอดสูตร 2 ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 164.81 RVU เนื่องจากแป้งชุบทอดสูตรที่ 2 ในกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกจำเป็นต้องมีการแช่น้ำเป็นเวลานานและใช้อุณหภูมิในการบ่ม จึงเกิดกระบวนการไฮโดรไลซิสทำให้โครงสร้างสลายไปบางส่วน (กมลทิพย์, 2542) อะไมโลสจึงได้หายไปบางส่วนทำให้แป้งข้าวกล้องงอกฟรีเจลดอ่อนตัวและละลายน้ำได้ดีกว่าแป้งข้าวกล้องฟรีเจลดธรรมดา แต่จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่าความหนืดของแป้งชุบทอดสูตร 1 เมื่อเทียบกับแป้งชุบทอดสูตร 2 นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่แป้งชุบทอดทั้งสูตร 1 และ สูตร 2 มีค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งชุบทอดสูตร 3 ซึ่งเป็นแป้งชุบทอดตราสินค้าโกกิ 100%

ค่าความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด (Break down) ของแป้งชุบทอดสูตร 1 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.56 RVU มากกว่าแป้งชุบทอดสูตร 2 ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.94 RVU เนื่องจากแป้งชุบทอดสูตรที่ 2 ซึ่งมีแป้งข้าวกล้องฟรีเจลดเป็นส่วนประกอบ หลังจากคัพกะและเชื้อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ้มเนื้อเมล็ดมีการผลิตเอนไซม์ต่างๆ ขึ้นมา ซึ่งเอนไซม์จะมีกิจกรรมในการย่อยสลายสารอาหารต่างๆที่สะสมในเมล็ด โดยการย่อยแป้งและโปรตีนในเนื้อเมล็ดได้น้ำตาลรีดิคซ์ เช่น กลูโคส มอลโตส ฟรุกโตส และกรดอะมิโน (จารุรัตน์, 2550) ทำให้มีอะไมโลสน้อยกว่าแป้งชุปทอดสูตร 1 ทำให้แป้งสูตร 1 ที่มีโครงสร้างที่แข็งแรงกว่าจึงดูดน้ำน้อยและพองตัวน้อยมีผลให้ค่าความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด (Break down) มีค่าน้อยไปด้วย (ปิยะพร, 2547) แต่จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า แป้งชุปทอดสูตร 1 เมื่อเทียบกับแป้งชุปทอดสูตร 2 นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่ค่าความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด (Break down) ของแป้งชุปทอดทั้งสูตร 1 และ สูตร 2 มีค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งชุปทอดสูตร 3

ค่าความหนืดสุดท้าย (Final Viscosity) ของแป้งชุปทอดสูตร 1 เมื่อเทียบกับแป้งชุปทอดสูตร 2 นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่แป้งชุปทอดทั้งสูตร 1 และ สูตร 2 มีค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งชุปทอดสูตร 3

ค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว (Setback) หรือค่า รีโทรเกรเดชัน (Retrogradation) พบว่าแป้งชุปทอดสูตร 1 เมื่อเทียบกับแป้งชุปทอดสูตร 2 นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่ทั้งนั้นแป้งชุปทอดสูตร 2 ซึ่งมีค่าความหนืดสุดท้ายของการทดลอง (Setback) เฉลี่ยเท่ากับ 45.28 RVU แป้งที่มีการคืนตัวต่ำแสดงว่าเมื่อแป้งคืนตัวแล้วเนื้อสัมผัสของแป้งจะนุ่ม (ถลันนา, 2532) แต่แป้งชุปทอดทั้งสูตร 1 และ สูตร 2 มีค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งชุปทอดสูตร 3

เวลาที่เกิดความหนืดสูงสุด (Peak Time) พบว่าแป้งสูตร 1 และสูตร 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่แป้งชุปทอดทั้งสูตร 1 และ สูตร 2 มีค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งชุปทอดสูตร 3

อุณหภูมิที่แป้งเกิดแป้งเปื่อย (Pasting Temp) พบว่าแป้งทั้งสามไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) มีอุณหภูมิที่แป้งเกิดแป้งเปื่อย (Pasting Temp) ที่ใกล้เคียงกันมากเนื่องจากแป้งพรีเจลสามารถละลายและกระจายตัวได้ในน้ำเย็น หรืออุณหภูมิห้อง (Wurzburg, 1987) แต่แป้งชุปทอดทั้งสูตร 1 และ สูตร 2 มีค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งชุปทอดสูตร 3

4.4 เปอร์เซ็นต์การชูปิด (Batter pick up)

คุณสมบัติเปอร์เซ็นต์การชูปิดของแป้งก่อนและหลังการทอด แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าเปอร์เซ็นต์การชูปิด

เปอร์เซ็นต์การชูปิด	แป้งชูปิดสูตร 1	แป้งชูปิดสูตร 2	แป้งชูปิดสูตร 3
ก่อนทอด	58.14 ^b ±3.078	53.36 ^a ±7.534	66.01 ^c ±7.432
หลังทอด	43.33 ^a ±7.535	39.99 ^a ±9.345	57.49 ^b ±9.900

หมายเหตุ ^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงค่าเฉลี่ยของค่าเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

จากการทดลองพบว่า แป้งชูปิดสูตรที่ 1 มีค่าเปอร์เซ็นต์การชูปิดก่อนทอดและหลังทอด (Batter pick up) เฉลี่ยเท่ากับ 58.14, 43.33 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แป้งชูปิดสูตร 2 ที่มีค่าเปอร์เซ็นต์การชูปิดก่อนทอดและหลังทอด (Batter pick up) เฉลี่ยเท่ากับ 53.36, 39.99 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าแป้งชูปิดสูตร 1 เมื่อเทียบกับแป้งชูปิดสูตร 2 มีค่าเปอร์เซ็นต์การชูปิดก่อนทอดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติสำหรับเปอร์เซ็นต์การชูปิดหลังทอดอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เนื่องจาก แป้งชูปิดสูตรที่ 2 ในกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกจำเป็นต้องมีการแช่น้ำเป็นเวลานานและใช้อุณหภูมิในการบ่ม จึงเกิดกระบวนการไฮโดรไลซิสทำให้โครงสร้างสลายไปบางส่วน (กมลทิพย์, 2542) สืบเนื่องคือความหนืดในแป้งจึงลดการชูปิดจึงลดลง การชูปิดอาหารลงในน้ำแป้งสุก (paste) ที่มีความข้นหนืดจะทำให้การเกาะติดของน้ำแป้งสุกบนชิ้นอาหารนั้นดีขึ้น (ปิยะพร, 2547) แต่เปอร์เซ็นต์การชูปิดก่อนทอดและหลังทอดของแป้งชูปิดทั้งสูตร 1 และ สูตร 2 มีค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งชูปิดสูตร 3 ซึ่งเป็นแป้งตราสินค้าโกกิ 100%

4.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 คน ทดลองชิมตัวอย่าง แบ่งชุดทดสอบ 3 ชนิด คือ แบ่งชุด 1 (แบ่งชุดทดสอบตราโกกีสวมแบ่งข้าวกล้องพรีเมียมเกรด 5%) แบ่งชุด 2 (แบ่งชุดทดสอบตราโกกีสวมแบ่งข้าวกล้องงอกพรีเมียมเกรด 5%) และ แบ่งชุด 3 (แบ่งชุดทดสอบตราโกกีสวม 100%) วัดจากค่าความชอบรวม (rank sum) พิจารณาว่าผลิตภัณฑ์แบ่งชุดทดสอบทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ เพื่อวิเคราะห์ว่าแบ่งชุด 1 และชุด 2 มีความแตกต่างกันอย่างไร และเพื่อเปรียบเทียบกับแบ่งชุด 3 (แบ่งชุดควบคุม) โดยวิเคราะห์ค่า sum rank พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความด้านชอบกลิ่นและรส ของแบ่งทั้งสามชุด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ความชอบด้านสีของแบ่งชุด 3 มีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนแบ่งชุด 1 และชุด 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$)

และจากการวิเคราะห์ค่า sum rank พบว่าความชอบด้านเนื้อสัมผัสของแบ่งชุด 1 และ 3 ไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่สำหรับแบ่งชุด 2 มีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) ความชอบรวมของแบ่งทั้ง 3 ชุด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แสดงการเปรียบเทียบดังตารางที่ 4.5

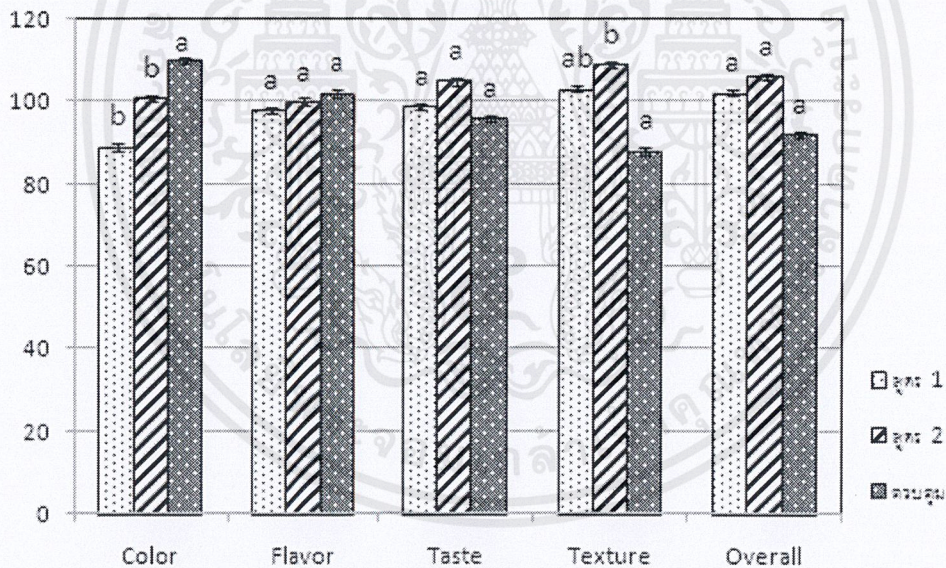
ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แบ่งชุดทดสอบทั้งสามชุด

ประสาทสัมผัส	แบ่งชุดทดสอบ 1	แบ่งชุดทดสอบ 2	แบ่งชุดทดสอบ 3
ความชอบสี	89 ^b	101 ^b	110 ^a
ความชอบกลิ่น	98 ^a	100 ^a	102 ^a
ความชอบรสชาติ	99 ^a	105 ^a	96 ^a
ความชอบเนื้อสัมผัส	103 ^{ab}	109 ^b	88 ^a
ความชอบรวม	102 ^a	106 ^a	92 ^a

หมายเหตุ ^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงค่าผลรวม (sum rank) ของค่าเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

จากผลการทดสอบสรุปได้ว่ากลุ่มตัวอย่างมีความชอบด้าน กลิ่น รส แป้งทั้งสามสูตรไม่ต่างกัน แต่แตกต่างกันที่ความชอบด้านสีและเนื้อสัมผัส โดยกลุ่มตัวอย่างมีความชอบสีแป้งสูตร 3 (แป้งชูบทอดตราโกกิกววม) มากที่สุด รองลงมาคือสีของแป้งสูตร 2 (ผสมแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลลาติไนซ์) และชอบสีแป้งสูตร 1 (ผสมแป้งข้าวกล้องพรีเจลลาติไนซ์) น้อยที่สุด แสดงการเปรียบเทียบดังรูปที่ 4.3 ส่วนความชอบด้านเนื้อสัมผัสซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญของแป้งชูบทอดพบว่ากลุ่มตัวอย่างชอบเนื้อสัมผัสของแป้งสูตร 2 (ผสมแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลลาติไนซ์) มากที่สุด รองลงมาคือเนื้อสัมผัสของแป้งสูตร 1 (ผสมแป้งข้าวกล้องพรีเจลลาติไนซ์) และเนื้อสัมผัสของแป้งสูตร 3 (แป้งกวม) น้อยที่สุด ตามลำดับ

เมื่อใช้แป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลลาติไนซ์เป็นส่วนผสมในแป้งชูบทอดตราโกกิก ความชอบโดยรวมของกลุ่มตัวอย่างไม่ต่างกับแป้งชูบทอดตราโกกิกธรรมดา และกลุ่มตัวอย่างยังชอบเนื้อสัมผัสของเนื้อของแป้งชูบทอดที่ผสมแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลลาติไนซ์มากที่สุดอีกด้วย ดังนั้นจึงมีโอกาสเป็นไปได้ในการจะนำแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลลาติไนซ์พัฒนาเป็นส่วนผสมของแป้งชูบทอด เพื่อประโยชน์ทางการค้าต่อไป



รูปที่ 4.3 คะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแป้งทั้งสามสูตร

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการผลิตของแป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์และข้าวกล้องงอกพรีเจลาติไนซ์จากกระบวนการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ ที่ความเร็วลูกกลิ้ง 0.5 รอบต่อนาที ที่ความดัน 100 กิโลปาสกาล อุณหภูมิผิวลูกกลิ้งประมาณ 130°C ได้แป้งข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกพรีเจล นำมาผสมแป้งชูบทอดตราโกกิในอัตราส่วน แป้งตราโกกิ 19 ส่วน ต่อ แป้งพรีเจลทั้งสองชนิด 1 ส่วน ได้แป้งที่ใช้ทดสอบ 3 สูตร ดังนี้ ใส้กรอกมาชูบแป้งสูตร 1 (แป้งโกกิผสมแป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์ 5%) แป้งสูตร 2 (แป้งโกกิผสมแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลาติไนซ์ 5%) และแป้งสูตร 3 แป้งโกกิ 100% (แป้งควบคุม) นำแป้งที่ผ่านการชูบทอดแล้วมาวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและประสาทสัมผัสพบว่า

- สี แป้งชูบทอดที่ผสมแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลาติไนซ์เมื่อผ่านการชูบทอดแล้วมีสีเข้มที่สุด
- เนื้อสัมผัส แป้งชูบทอดที่ผสมแป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์เมื่อผ่านการชูบทอดแล้วมีความแข็งของเนื้อสัมผัสมากกว่าแป้งชูบทอดที่ผสมแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลาติไนซ์แต่ก็ยังคงมีความแข็งไม่เท่ากับแป้งโกกิ (แป้งควบคุม)
- ความหนืด น้ำแป้งข้าวกล้องธรรมชาติ โดยรวมมีความหนืดมากกว่าน้ำแป้งข้าวกล้องงอกแต่ก็ยังคงมีความหนืดน้อยกว่าแป้งโกกิ (แป้งควบคุม)
- เฟอร์เซนต์การชุบติด แป้งชูบทอดที่ผสมแป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์มีเฟอร์เซนต์การชุบติดดีกว่า แป้งชูบทอดที่ผสมแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลาติไนซ์ แต่แป้งโกกียังมีเฟอร์เซนต์การชุบติดสูงที่สุด
- การทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่ากลิ่น รสชาติและความชอบโดยรวมของแป้งชูบทอดทั้งสามสูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่กลุ่มตัวอย่างชอบสีของแป้งชูบทอดโกกิ 100% (แป้งควบคุม) มากที่สุด ส่วนด้านเนื้อสัมผัสนั้นกลุ่มตัวอย่างชอบเนื้อสัมผัสของแป้งชูบทอดที่ผสมแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลาติไนซ์มากกว่าแป้งชูบทอดที่ผสมแป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์ และมีความชอบแป้งชูบทอดที่ผสมแป้งพรีเจลาติไนซ์ทั้งสองมากกว่าแป้งชูบทอดตราโกกิ 100% (แป้งควบคุม)

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ในการบดข้าวด้วยเครื่อง colloid mill เพื่อให้ได้น้ำแป้งนั้น ไม่ควรใส่ข้าวครั้งละมากๆ เพราะข้าวอาจจะหนักติดเครื่องแล้ว อาจทำให้เครื่องได้รับความเสียหายได้
- ในการทดลองควรหั่นไส้กรอกที่เป็นตัวชုပ်ให้มีขนาดเท่าๆกัน เพื่อไม่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การชုပ်ติด คลาดเคลื่อนมาก
- ควรชုပ်ไส้กรอกให้แห้งก่อนนำมาชုပ်แป้งเพื่อผิวไส้กรอกจะได้ติดแป้งชုပ်ทอดง่ายขึ้น
- ไม่ควรใช้เครื่องตีแป้งเพราะจะทำให้แป้งเหลวเกินไป ไม่สามารถทำการชုပ်ติดได้
- ควรทำการทดลองซ้ำหลายครั้งเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น



บรรณานุกรม

กมลทิพย์ มั่นภักดี. 2542 การดัดแปลงสตาร์ชในแป้งข้าวเพื่อทำแป้งผสมสำหรับประกอบอาหารทอดแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จารุรัตน์ สันเต. 2550. ผลของกระบวนการแช่และกระบวนการอบของข้าวกล้อง (หอมมะลิ 105) ต่อปริมาณสารแกมมาอะมิโนบิวเทอริกเอซิดในข้าวกล้องอบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร. มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ชุตินนท์ ปรีชากุล, ธนิตย์ กิจรุ่งเรืองไพศาล, เพ็ญศิริ คงสิทธิ์ และภคมน วณิชย์สุภกร. 2552. การศึกษาการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเข้าธัญชาติจากข้าวกล้องอบ. ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ณัฐชา จรุงวิรุฬห์, ณัฐวรรณ ศรีสุข และอนุวัฒน์ สนิถิรมัน. 2546. เครื่องต้นแบบการอบแห้งแบบลูกกลิ้งสำหรับผลิตภัณฑ์ข้าวผง. ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ศุภฎี อุดภาพ, นื่องนุช เจริญกุล, 2543. เทคโนโลยีของคาร์โบไฮเดรต carbohydrate Technology. คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี. สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี. มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 ชงชัย สุวรรณสังข์, เทคนิคการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์, หน่วยวิจัยทางประสาทสัมผัสและผู้บริโภคแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2545

ปิยะพร ภัทรกิจกำจร. 2547 การศึกษาสูตรและสภาวะการทอดที่เหมาะสมของแป้งชุบทอดดูดซับน้ำมันต่ำจากแป้งข้าวโพดอะไมโลสสูง แป้งข้าวเจ้าฟรีเจล และแป้งข้าวเจ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น

กานูมาศ รุ่งเรืองอารีย์. ผลของแป้งข้าวเจ้าฟรีเจลในซอสและการเสริมโปรตีนต่อคุณภาพของขนมปังจากแป้งข้าวเจ้า. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2541.

มาริส กาญจนวิทย์, สาวิตรี หุ่นวัน และสุธนา ชลิสราพงศ์. 2551. การหาสภาวะที่เหมาะสมของการทำแห้งน้ำพริกแกงแดงด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง. ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รุ่งฤดี สกฤษณา. 2547. การใช้แป้งพรีเจลาติไนซ์เมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีในขนมปังแซนด์วิช. มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์.

ถัดนา ยังประสิทธิ์พร. 2532. การใช้แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ในขนมจีน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Salvador, A., Sanz, T., & Fiszman, S. Effect of the addition of different ingredients on the characteristics of a batter coating for fried seafood prepared without a pre-frying step. **Journal Hydrocolloids**. 2004; 19: 703-708.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ชั่งน้ำหนักของแป้งก่อนและหลังอบบันทึกค่าลงในตารางและคำนวณดังสมการ

$$MC (\%wb) = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}} \times 100$$

ตารางที่ ก1. บันทึกน้ำหนักเพื่อหาความชื้น

ลำดับที่	ข้าวกล้อง			ข้าวกล้องอก		
	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลัง อบ(กรัม)	ความชื้น (%)	น้ำหนักก่อน อบ(กรัม)	น้ำหนักหลัง อบ(กรัม)	ความชื้น(%)
1	3.160	3.002	5.00	3.37	3.155	6.37
2	3.080	2.900	7.05	3.10	2,926	5.58
3	3.120	2.911	6.67	3.09	2,879	6.81
	เฉลี่ย		6.25	เฉลี่ย		6.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. การทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory test)

ผู้ชิมลำดับที่

วันที่ทดสอบ.....

สาขาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่าง แป้งชูบทอด (ชิมกับไส้กรอก)

ชื่อ.....เพศ.....อายุ.....

รหัสตัวอย่างทดสอบ.....

- คำแนะนำ
1. กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวาและเรียงลำดับความชอบของตัวอย่าง โดยใส่รหัสตัวอย่างในช่อง
 2. คัดน้ำระหว่างชิมตัวอย่าง

คุณลักษณะ	ชอบมากที่สุด	ชอบปานกลาง	ชอบน้อยที่สุด
1. สี			
2. กลิ่น			
3. รสชาติ			
4. เนื้อสัมผัส			
5. ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ภาคผนวก ก.

ตอนที่ 1

บันทึกผลการทดลองเพื่อหา เปอร์เซ็นต์การชุบติดก่อนทอด (Batter pickup before frying)

ตารางที่ ค.1 น้ำหนักแป้งก่อนชุบเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การชุบติดก่อนทอดของแป้งสูตร 1 (แป้งชุบทอดตรา โกกิผสมแป้งข้าวกล้องพรีเจลาตินไนซ์)

ลำดับที่	น้ำหนัก ไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนัก แป้ง+ไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนักแป้งแป้ง (กรัม)	%before fried
1	7.45	12.05	4.6	38.17427386
2	5.37	14.4	9.03	62.70833333
3	6.51	14.7	8.19	55.71428571
4	5.67	11.88	6.21	52.27272727
5	7.03	13.8	6.77	49.05797101
6	4.71	12.86	8.15	63.3748056
7	5.05	11.2	6.15	54.91071429
8	5.72	14.7	8.98	61.08843537
9	4.51	12.12	7.61	62.78877888
10	4.61	11.65	7.04	60.42918455
11	4.71	10.42	5.71	54.79846449
12	6.92	17.57	10.65	60.61468412
13	5.81	17.09	11.28	66.00351083
14	5.44	16.96	11.52	67.9245283
15	6.14	13.95	7.81	55.98566308
16	6.36	12.06	5.7	47.26368159
17	7.74	15.52	7.78	50.12886598
18	5.76	12.3	6.54	53.17073171
19	7.23	14.53	7.3	50.24088094

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	น้ำหนัก ไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนัก แป้ง+ไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนักแป้งแป้ง (กรัม)	%before fried
20	7.4	12.77	5.37	42.05168363
21	5.31	9.62	4.31	44.8024948
22	3.74	8.78	5.04	57.40318907
23	4.74	9.55	4.81	50.36649215
24	4.64	9.5	4.86	51.15789474
25	4.87	8.65	3.78	43.69942197
26	3.76	8.04	4.28	53.23383085
27	7.06	12.34	5.28	42.78768233
28	3.97	8.63	4.66	53.9976825
29	6.55	12.31	5.76	46.79122665
30	5.71	10.94	5.23	47.80621572
				53.35827784

ตารางที่ ค.2 น้ำหนักแป้งก่อนชุบเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การชุบติดก่อนทอดของแป้งสูตร 2 (แป้งชุบทอดตราโกกิตสมแป้งข้าวกล้องอกพรีเจลาตินไนซ์)

ลำดับที่	น้ำหนักไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนัก แป้ง+ไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนักแป้งแป้ง (กรัม)	%before fried
1	6.87	15.87	9	56.71077505
2	4.84	11.39	6.55	57.50658472
3	5.67	14.18	8.51	60.01410437
4	3.83	9.28	5.45	58.72844828
5	7.52	16.74	9.22	55.0776583
6	7.28	16.28	9	55.28255528
7	4.96	11.45	6.49	56.68122271
8	5.65	12.92	7.27	56.26934985
9	3.92	9.5	5.58	58.73684211
10	6.13	14.61	8.48	58.04243669

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	น้ำหนักไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนัก แป้ง+ไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนักแป้งแป้ง (กรัม)	%before fried
11	7.94	20.06	12.12	60.41874377
12	6.49	14.59	8.1	55.51747772
13	4.67	11.01	6.34	57.58401453
14	7.23	15.79	8.56	54.21152628
15	5.78	13.57	7.79	57.40604274
16	6.78	16.88	10.1	59.83412322
17	6.63	15.93	9.3	58.38041431
18	6.3	15.39	9.09	59.06432749
19	4.76	11.23	6.47	57.61353517
20	6.65	13.97	7.32	52.39799571
21	6.8	17.78	10.98	61.75478065
22	3.86	11.5	7.64	66.43478261
23	3.85	11.29	7.44	65.89902569
24	6.16	14.3	8.14	56.92307692
25	4.2	11.13	6.93	62.26415094
26	5.4	12.61	7.21	57.17684377
27	7.2	16.04	8.84	55.11221945
28	4.56	11.38	6.82	59.92970123
29	7.31	16.57	9.26	55.88412794
30	5.72	13.41	7.69	57.34526473
				58.14007174

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๓.3 น้ำหนักแป้งก่อนชุบเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การชุบติดก่อนทอดของแป้งสูตร 3
(แป้งชุบทอดตราโกกิหรือแป้งควบคุม)

ลำดับที่	น้ำหนักไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนัก แป้ง+ไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนักแป้งแป้ง (กรัม)	%before fried
1	4.55	12.56	8.01	63.773885
2	2.27	7.5	5.23	69.733333
3	4.83	14.73	9.9	67.209776
4	2.29	7.9	5.61	71.012658
5	3.85	12.65	8.8	69.565217
6	3.27	12.18	8.91	73.152709
7	4.18	11.69	7.51	64.242943
8	3.46	11.67	8.21	70.351328
9	4.25	13.46	9.21	68.424963
10	9.33	17.98	8.65	48.10901
11	2.24	7.14	4.9	68.627451
12	4.1	13.99	9.89	70.693352
13	2.86	10.42	7.56	72.552783
14	4.06	14.51	10.45	72.019297
15	3.33	11.62	8.29	71.342513
16	2.37	10.43	8.06	77.277085
17	3.38	11.08	7.7	69.494585
18	3	10.84	7.84	72.324723
19	2.69	9.5	6.81	71.684211
20	2.31	10.45	8.14	77.894737
21	5.31	11.9	6.59	55.378151
22	5.16	12.18	7.02	57.635468
23	5.67	11.95	6.28	52.552301
24	4.24	9.88	5.64	57.08502
25	5.97	14.67	8.7	59.304703

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	น้ำหนักไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนัก แป้ง+ไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนักแป้งแป้ง (กรัม)	%before fried
26	4.76	13.43	8.67	64.556962
27	4.66	10.21	5.55	54.358472
28	4.29	12.03	7.74	64.339152
29	7.95	20.43	12.48	61.086637
30	5.83	16.44	10.61	64.537713
				66.010705

ตอนที่ 2

บันทึกผลการทดลองเพื่อหา เปอร์เซ็นต์การชุบติดก่อนทอด (Batter pickup after fried)

ตารางที่ ค.4 น้ำหนักแป้งหลังชุบทอดเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การชุบติดหลังทอดของแป้งสูตร 1 (แป้งชุบทอดตราโกกิตสมแป้งข้าวกล้องพรีเมียมเจลาติน)

ลำดับที่	น้ำหนักไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนัก แป้ง+ไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนักแป้งแป้ง (กรัม)	%After fried
1	7.03	9.22	2.19	23.75271
2	4.98	9.52	4.54	47.68908
3	5.92	11.46	5.54	48.34206
4	5.84	10.47	4.63	44.22159
5	6.72	10.17	3.45	33.9233
6	3.04	6.94	3.9	56.19597
7	4.31	6.35	2.04	32.12598
8	5.68	9.43	3.75	39.7667
9	3.56	6.68	3.12	46.70659
10	3.61	6.79	3.18	46.83358
11	4.14	6.48	2.34	36.11111
12	4.64	9.09	4.45	48.9549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	น้ำหนักไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนัก แป้ง+ไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนักแป้งแป้ง (กรัม)	%After fried
13	4.98	10.71	5.73	53.5014
14	4.55	9.87	5.32	53.90071
15	4.59	9.66	5.07	52.48447
16	5.92	8.08	2.16	26.73267
17	6.45	10.7	4.25	39.71963
18	5.08	8.41	3.33	39.59572
19	6.67	9.91	3.24	32.69425
20	7.2	10.29	3.09	30.02915
21	4.63	6.49	1.86	28.65948
22	3.7	6.83	3.13	45.82723
23	3.84	7.08	3.24	45.76271
24	4.27	6.41	2.14	33.38534
25	4.5	5.97	1.47	24.62312
26	3.56	5.09	1.53	30.05894
27	6.73	10.34	3.61	34.91296
28	3.8	6.78	2.98	43.9528
29	6.21	9.22	3.01	32.64642
30	4.41	8.25	3.84	46.54545
				39.98853

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 น้ำหนักแป้งหลังชุปทอดเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การชุบติดหลังทอดของแป้งสูตร 2 (แป้งชุปทอดตราโกกิตผสมแป้งข้าวกล้องงอกพรีเจลาตินซ์)

ลำดับที่	น้ำหนักไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนัก แป้ง+ไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนักแป้งแป้ง (กรัม)	%After fried
	5.51	8.58	3.07	35.78089
	3.39	6.18	2.79	45.14563
	4.65	7.88	3.23	40.98985
	2.05	4.17	2.12	50.83933
	3.86	6.6	2.74	41.51515
	4.38	7.09	2.71	38.22285
	3.1	5.74	2.64	45.99303
	3.47	6.33	2.86	45.18167
	2.6	5.14	2.54	49.41634
	4.12	7.98	3.86	48.37093
	5.25	9.31	4.06	43.60902
	4.5	7.75	3.25	41.93548
	3.31	5.98	2.67	44.64883
	5.22	8.32	3.1	37.25962
	4.47	6.88	2.41	35.02907
	4.53	8.29	3.76	45.35585
	4.62	8.1	3.48	42.96296
	4.5	7.58	3.08	40.63325
	3.95	6.02	2.07	34.38538
	5.13	8.3	3.17	38.19277
	3.74	7.68	3.94	51.30208
	3	6.46	3.46	53.56037
	3.35	7	3.65	52.14286
	5.31	7.83	2.52	32.18391
	3.63	6.72	3.09	45.98214
	4.35	6.94	2.59	37.31988
	6.17	8.36	2.19	26.19617

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	น้ำหนักไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนัก แป้ง+ไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนักแป้งแป้ง (กรัม)	%After fried
	3.41	6.44	3.03	47.04969
	5.96	10.55	4.59	43.50711
	2.15	6.16	4.01	65.0974
				43.32698

ตารางที่ ค.6 น้ำหนักแป้งหลังชุปทอดเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การชุปติดหลังทอดของแป้งสูตร 3
(แป้งชุปทอดตราโกกิมสมหรือแป้งควบคุม)

ลำดับที่	น้ำหนักไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนัก แป้ง+ไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนักแป้งแป้ง (กรัม)	%After fried
1	3.85	7.42	3.57	48.113208
2	1.53	4.34	2.81	64.746544
3	3.97	9.89	5.92	59.858443
4	1.44	4.6	3.16	68.695652
5	2.36	5.81	3.45	59.380379
6	2.84	6.6	3.76	56.969697
7	3.22	6.55	3.33	50.839695
8	2.29	5.21	2.92	56.046065
9	3.34	8.19	4.85	59.218559
10	6.36	8.64	2.28	26.388889
11	1.41	3.38	1.97	58.284024
12	3.34	7.89	4.55	57.667934
13	1.41	4.56	3.15	69.078947
14	3.48	9.45	5.97	63.174603
15	2.27	5.39	3.12	57.884972
16	1.08	4.08	3	73.529412
17	3.12	6.35	3.23	50.866142
18	2.51	6.82	4.31	63.196481

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	น้ำหนักไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนัก แป้ง+ไส้กรอก (กรัม)	น้ำหนักแป้งแป้ง (กรัม)	%After fried
19	1.52	4.89	3.37	68.916155
20	1.45	5.13	3.68	71.734893
21	3.37	5.96	2.59	43.456376
22	2.56	7.09	4.53	63.892807
23	4.41	9.22	4.81	52.169197
24	2.78	6.64	3.86	58.13253
25	3.67	8.37	4.7	56.152927
26	4.5	8.67	4.17	48.096886
27	3.9	6.54	2.64	40.366972
28	3.27	7.73	4.46	57.697283
29	4.72	10.49	5.77	55.004766
30	3.42	9.78	6.36	65.030675
				57.48637

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

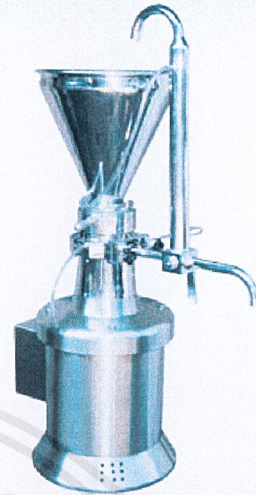
ภาคผนวก ง. รูปภาพเกี่ยวกับโครงการ

ตารางที่ ง.1 ขั้นตอนการผลิตข้าวกล้องกล้องพรีเจลลาติไนซ์

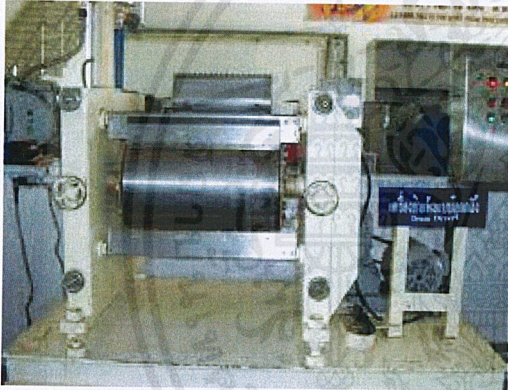
<p>1. ข้าวกล้องขาวน้ำแล้ว</p> 	<p>2. แสงสารละลายโซเดียมไฮเปอร์คลอไรด์ เข้มข้น 0.1% 15 นาที</p> 
<p>3. แสงสารละลายโซเดียมไฮเปอร์คลอไรด์ เข้มข้น 0.1%</p> 	<p>4. แสงน้ำ 35 °C 24 ชั่วโมง</p> 
<p>5. ใส่ผ้าขาวบางพรมน้ำพอชุ่ม</p> 	<p>6. นำเข้าบ่มในเครื่องอบลมร้อน 45 °C 12 ชั่วโมง</p> 

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ไข่แป้งข้าวกล็องอกบ

8. ผสมน้ำบดด้วยคอตลอยคั้มิล
ข้าว 1 : 2 น้ำ

9. บดด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่



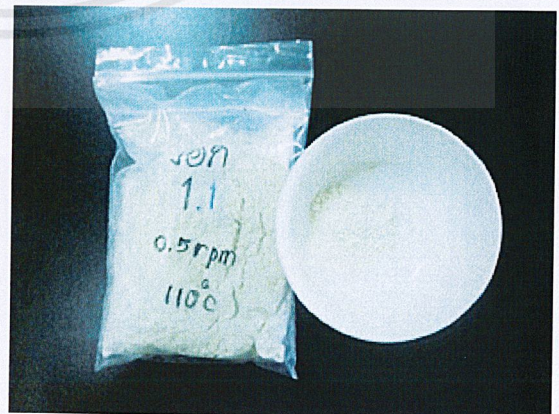
10. ปั่นผงแป้งให้ละเอียด



11. ร้อนแป้งด้วย 100 mesh



12. บรรจุแป้งใส่ถุงสุญญากาศ 2 ชั้น เก็บที่ 4°C



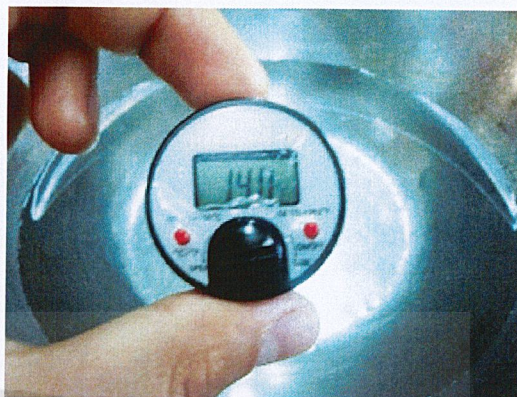
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการชูปทอด

1. ผสมแป้งตามสูตร



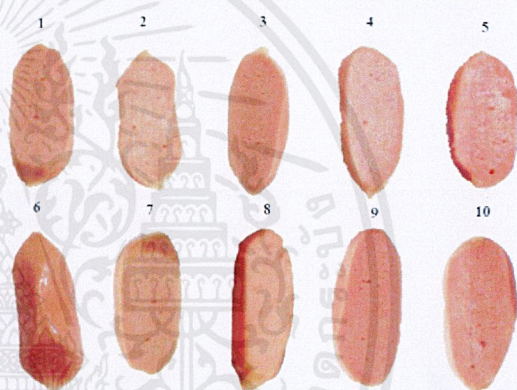
2. ผสมน้ำเย็น 14 °C คนจนเป็นเนื้อเดียวกัน



3. คนจนเนื้อแป้งเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน



4. ใช้กรอกหั่นหนา 5 mm ยาว 22 mm



5. ใช้กรอกชูปผงบั้ง



6. ชุบใส่กรอก ยกทิ้ง 10 วินาที

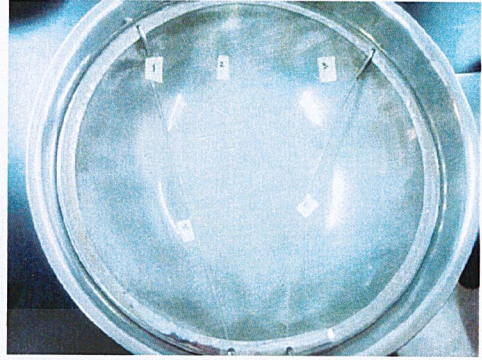


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

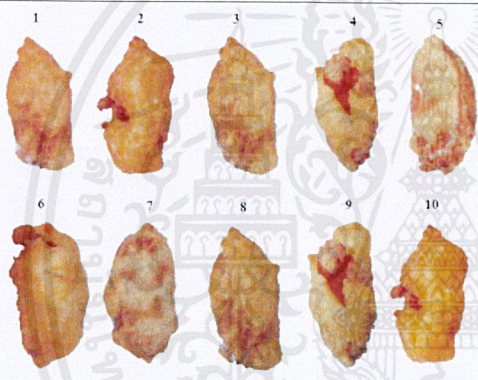
7. เตรียมน้ำมันที่ 180 °C 2 นาที 30 วินาที



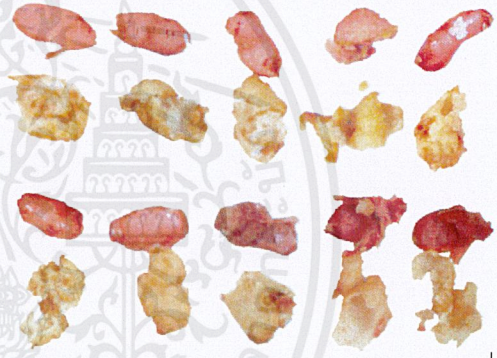
8. ตะแกรงสะเด็ดน้ำมัน



9. ใส่กรอกทอดแล้ว



10. แกะเพื่อวัดเปอร์เซ็นต์การชุบติด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบสมบัติทางกายภาพ



รูปที่ ง.1 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง



รูปที่ ง.2 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

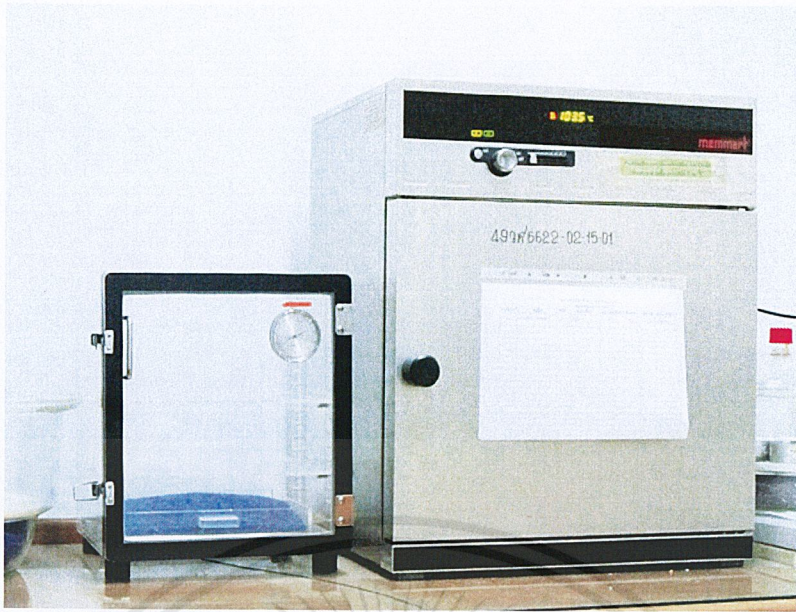


รูปที่ ๓.๓ เครื่องวัดค่าดี



รูปที่ ๓.๔ เครื่องวัดเนื้อสัมผัส

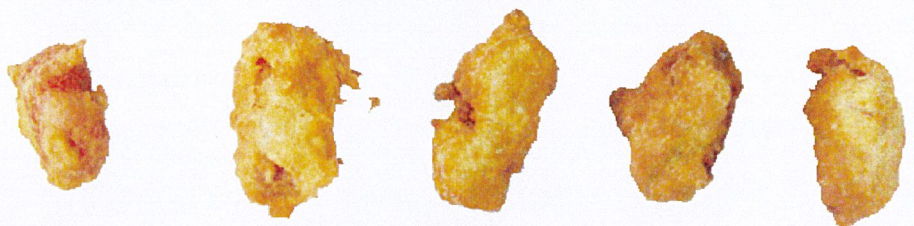
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.5 ตู้อบลมร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างไส้กรอกก่อนทอด



รูปที่ ง.6 ไส้กรอกชุบแป้ง โภกิตสมแป็งข้าวกล้องพรีเจลาคีไนซ์ 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ ง.7 ไส้กรอกชุบแป้ง โภกิตสมแป็งข้าวกล้องงอกพรีเจลาคีไนซ์ 5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้