การพัฒนาอาหารเช้าพร้อมบริโภคอัดแท่งจากธัญพืช

นางสาว รัชดา สาคตระกูลวัฒนา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-333-801-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 19083087 19 ส.ค. 2545

DEVELOPMENT OF BREAKFAST CEREAL BAR

Miss Rachada Sadtragoolwatana

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Food Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University

Academic Year 1999

ISBN 974-333-801-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	**การพัฒนาอาหารเช้าพร้อมบริโภคอัดแท่งจากธัญพืช**
โดย	นางสาว รัชดา สาดตระกูลวัฒนา
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	**อาจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล**

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตุลยธัญ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รัชดา สาดตระกูลวัฒนา : การพัฒนาอาหารเช้าพร้อมบริโภคอัดแท่งจากธัญพืช
(Development of Breakfast Cereal Bar) อ.ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล ; 96 หน้า.
ISBN 974-333-801-2

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตอาหารเช้าพร้อมบริโภคอัดแท่งจากธัญพืช ในขั้นตอนแรกศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการอบจมูกข้าวสาลี (wheat germ) โดยใช้ fluidized bed dryer ที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 80, 100 และ 120°C และใช้เวลา 5, 10 และ15 นาที พบว่าใช้อุณหภูมิ 100°C และเวลา15นาที จะให้ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดและมีการทำลายเอนไซม์ peroxidase ไปบางส่วน จากนั้นศึกษาภาวะที่ใช้ในการเตรียมปลายข้าวเหนียวพองโดยแปรเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนด้วยไอน้ำนาน 5 10 และ 15นาที พบว่าการให้ความร้อนด้วยไอน้ำนาน 10 นาทีจะให้ปลายข้าวเหนียวพองที่มีปริมาตรการพองตัวและอัตราส่วนการพองตัวสูงที่สุด จากนั้นปรับให้ปลายข้าวเหนียวพองมีความชื้นก่อนทอด 12 14 และ 16% แล้วนำไปวัดค่าปริมาตรการพองตัวและอัตราส่วนการพองตัว พบว่าปลายข้าวเหนียวที่มีความชื้น 14% จะให้ปริมาตรการพองตัวและอัตราส่วนการพองตัวสูงที่สุด ต่อมาศึกษาอุณหภูมิในการทอดปลายข้าวพองโดยแปรอุณหภูมิเป็น 170 180 และ 190°C พบว่าที่อุณหภูมิการทอดเป็น 190°C จะให้ปลายข้าวเหนียวพองที่มีการพองตัวสูงที่สุด สำหรับถั่วลิสงคั่วโดยใช้เครื่องคั่วที่ 160°C นาน 10 นาที นำวัตถุดิบที่ผ่านการเตรียมแล้วไปหาองค์ประกอบทางเคมีโดยจมูกข้าวสาลีมีปริมาณโปรตีน 28.3% ไขมัน 15.8% เส้นใย1.6% เถ้า 4.3% และคาร์โบไฮเดรต 50.0% ปลายข้าวเหนียวพองปริมาณโปรตีน3.5%ไขมัน 22.2% เส้นใย 0.1% เถ้า 0.2% และคาร์โบไฮเดรต 74% และถั่วลิสงคั่วมีปริมาณโปรตีน28.6% ไขมัน47.0% เส้นใย 2.1% เถ้า2.5% และคาร์โบไฮเดรต15.4% จากการคำนวณพบว่าจะต้องใช้สัดส่วนของจมูกข้าวสาลีต่อปลายข้าวเหนียวพองต่อถั่วลิสงคั่วเป็น 20:40:40 ต่อมาศึกษาสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งที่ใช้ โดยใช้ปริมาณของแข็งเป็น100ต่อของผสมที่เป็นสารเชื่อม 30กรัม แบ่งการทดลองเป็น 3ชุด คือ ชุดที่ 1มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:6, 20:10 และ 20:14 ชุดที่ 2 40:6, 40:10 และ40:14 และชุดที่ 3 60:6, 60:10 และ 60:14(w/w) พบว่าสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับสูงสุดในแต่ละชุดคือสูตรที่ใช้ปริมาณมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:14, 40:10 และ 60:10 และค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำผึ้งเพิ่มขึ้น จากนั้นนำผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรมาแปรแรงกดที่ให้กับผลิตภัณฑ์เป็น 1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144ตารางเซนติเมตร พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนความชอบสูงที่สุดในทุกสูตรคือผลิตภัณฑ์ที่ได้รับแรงกด 3 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร และค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อใช้แรงกดมากขึ้น นำผลิตภัณฑ์ทั้งสามสูตรมาทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อหาสูตรที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุด ได้แก่สูตรที่ใช้ ปริมาณมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:14 และแรงกดที่ให้กับผลิตภัณฑ์เป็น 3 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร เมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่ามีปริมาณโปรตีนร้อยละ17.8 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 46.5 ไขมันร้อยละ 27.3 และปริมาณเส้นใยร้อยละ 6.7 ผลิตภัณฑ์สุดท้ายนำมาศึกษาคุณภาพระหว่างเก็บโดยบรรจุผลิตภัณฑ์ในภาชนะบรรจุ 2 ชนิด คือ OPP/Metallized/PP และ OPP/Metallized/PET ตรวจสอบทางประสาทสัมผัส ค่า TBA ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา ตรวจสอบทุกๆ 7วัน เก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 30°C พบว่าผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บนาน 30วันเมื่อเก็บในภาชนะบรรจุชนิดที่ 1 และผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บนาน 64วันเมื่อเก็บในภาชนะบรรจุชนิดที่ 2

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2544..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

##3971427723: MAJOR FOOD TECHNOLOGY
KEYWORD: BREAKFAST CEREAL/CEREAL BAR
RACHADA SADTRAGOOLWATANA : DEVELOPMENT OF BREAKFAST CEREAL BAR.
THESIS ADVISOR: ROMANEE SANGUANDEEKUL, Ph.D. 95 pp. ISBN 974-333-801-2

The objective of this research was to develop breakfast cereal bar. Initially, wheat germ was roasted in the fluidized bed dryer at the temperature of 80,100 and 120°C for 5,10 and 15 minutes. Sensory evaluation showed that heating at 100°C for 10 minutes was the most acceptable condition with low peroxidase activity left. The wheat germ at this condition consisted of 28.3%protein,15.8%fat,1.6%fiber,4.3%ash and 50.0%carbohydrate.Broken waxy-rice was steamed for 5, 10 and 15minutes. Steaming for 10 minutes gave the highest expansion volume and expansion ratio. Moisture content before puffing (12,14 and 16%) was studied. Broken waxy-rice at the moisture content of 14% gave the highest expansion volume and expansion ratio. Puffing temperature was investigated. Puffed rice at 190°C had the highest expansion volume and expansion ratio. This puffed rice consisted of 3.5%protein, 22.2%fat, 0.1%fiber, 0.2%ash and 74%carbohydrate. Roasted peanut consisted of 28.6% protein, 47%fat, 2.1%fiber, 2.5%ash and 15.4%carbohydrate. The ratio of wheat germ, broken waxy-rice and peanut (dry raw materials) was 20:40:40.Beside that the ratios of maltose syrup to honey which were used as the binder in the product (dry raw materials:binder = 100:30) were investigated in 3 sets of experiments. Firstly, the ratio of maltose syrup to honey was 20:6, 20:10 and 20:14. Secondly, the ratio was 40:6, 40:10 and 40:14. Thirdly, the ratio was 60:6, 60:10 and 60:14. The formulae with the highest sensory score from each set were 20:14, 40:10 and 60:10. The pressed weight to form cereal bar was determined. The weight of 3 kg/144cm^2 gave the best result. The products from all three conditions were ranked. The product with the ratio of maltose syrup to honey of 20:14 and pressed weight of 3 kg/144cm^2 was selected. The final product composed of 17.8%protein, 27.3%fat, 6.7%fiber and 46.5%carbohydrate. The shelf life of the product in OPP/metallized/PP and OPP/metallized/PET bag at room temperature was 30 days and 64 days, respectively.

ภาควิชา.เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา.เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา..2542..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ลงได้ โดยได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล ประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตุลยธัญ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ชิดพงศ์ ประดิษฐสุวรรณ และคุณอุทัย ศรีไชยวง บริษัท THAI STATICS EQUIPMENT จำกัด สำหรับคำแนะนำ การออกแบบ และจัดสร้างเครื่องมือ fluidized bed dryer บริษัทยูไนเต็ด ฟลาวมิลล์ จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์จมูกข้าวสาลีที่ใช้ในงานวิจัย

ขอขอบคุณ พี่ๆ น้องๆ และเพื่อนๆ นิสิตภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทดสอบทางประสาทสัมผัส รวมถึงคำแนะนำและข้อเสนอแนะต่างๆ

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ พี่ๆ ที่ได้ให้กำลังใจช่วยเหลือสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ซ

สารบัญรูป.....ฎ

บทที่

1. บทนำ.....1

2. วารสารปริทัศน์.....2

3. การดำเนินการวิจัย.....23

4. ผลการทดลอง.....30

5.วิจารณ์ผลการทดลอง.....53

6.สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....59

รายการอ้างอิง.....61

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.....66

ภาคผนวก ข.....81

ภาคผนวก ค.....86

ภาคผนวก ง.....93

ประวัติผู้เขียน.....96

สารบัญตาราง

หน้า

1. องค์ประกอบของดัพภะ.....7
2. Highly odour active compounds of roasted wheat germ.....9
3. องค์ประกอบพื้นฐานของน้ำผึ้ง.....18
4. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจมูกข้าวสาลีอบที่ภาวะต่างๆ.....30
5. ผลการวัดสีจมูกข้าวสาลีด้วยเครื่องวัดสีและการวัดค่า Peroxidase activity.....31
6. องค์ประกอบทางเคมีของจมูกข้าวสาลี.....32
7. ร้อยละของการเกิดเจลลาติไนเซชั่นของข้าวที่ให้ความร้อนด้วยไอน้ำที่เวลาต่างๆ.....32
8. ผลการทดลองการทอดข้าวพองโดยแปรเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนด้วยไอน้ำ วัดปริมาตรการพองตัวและอัตราการพองตัว.....33
9. ผลการทดลองการทอดข้าวพองโดยแปรความชื้นก่อนทอดวัดปริมาตรการพองตัว และอัตราการพองตัว.....33
10. ผลการทดลองการทอดข้าวพองโดยแปรอุณหภูมิก่อนทอดวัดปริมาตรการพองตัว และอัตราการพองตัว.....34
11. องค์ประกอบทางเคมีของปลายข้าวเหนียวพองที่ได้จากการนึ่งปลายข้าวเหนียวด้วยไอน้ำเดือดนาน 10 นาที ปรับให้มีความชื้นก่อนทอด 14% นำไปทอดในน้ำมันพืชอุณหภูมิ 190°C นาน 1 นาที.....35
12. องค์ประกอบทางเคมีของถั่วลิสงพันธุ์ลำปางคั่วที่อุณหภูมิ 160°C นาน 10 นาที....35
13. คุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบต่อปริมาณที่รับประทานได้ 100 กรัม.....36
14. ข้อจำกัดทางด้านคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าพร้อมบริโภคอัดแท่งจากธัญพืช.....36
15. ราคาวัตถุดิบต่อ 100 กรัม.....37
16. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ โดยแปรปริมาณมอลโตสไซรัปต่อปริมาณน้ำผึ้งที่ใช้เป็น 20:6 20:10 และ 20:16 และใช้แรงกด 3 กิโลกรัม/144ตารางเซนติเมตร.....37
17. ผลการวัดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ปริมาณมอลโตสไซรัปต่อปริมาณน้ำผึ้งที่ใช้เป็น 20:6 20:10 และ 20:16 และใช้แรงกด 3กิโลกรัม/144ตารางเซนติเมตร โดยใช้ texturometer.....38

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

18. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ โดยแปรปริมาณมอลโตสไซรัปต่อปริมาณน้ำผึ้งที่ใช้เป็น 40:6 40:10 และ 40:16 และใช้แรงกด 3กิโลกรัม/144ตารางเซนติเมตร.....38
19.ผลการวัดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ปริมาณมอลโตสไซรัปต่อปริมาณน้ำผึ้งเป็น 40:6 40:10 และ 40:16 และใช้แรงกด 3กิโลกรัม/144ตารางเซนติเมตร.....39
20. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ โดยแปรปริมาณมอลโตสไซรัปต่อปริมาณน้ำผึ้งเป็น 60:6 60:10 และ 60:16 และใช้แรงกด 3กิโลกรัม/144ตารางเซนติเมตร.....39
21. ผลการวัดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ปริมาณมอลโตสไซรัปต่อปริมาณน้ำผึ้งเป็น 60:6 60:10 และ 60:16 และใช้แรงกด 3กิโลกรัม/144ตารางเซนติเมตร.....40
22. ผลการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:14 โดยแปรแรงกดที่ 1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร.....41
23. ผลการวัดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:14 โดยแปรปริมาณแรงกดที่ให้กับผลิตภัณฑ์เป็น 1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร.....41
24. ผลการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 40:10 โดยแปรแรงกดที่ 1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร.....42
25. ผลการวัดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:14 โดยแปรปริมาณแรงกดที่ให้กับผลิตภัณฑ์เป็น 1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร.....42
26. ผลการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:10 โดยแปรแรงกดที่ 1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร.....43
27. ผลการวัดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:10 โดยแปรปริมาณแรงกดที่ให้กับผลิตภัณฑ์เป็น 1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร.....43
28. ผลการทดสอบชิมเพื่อให้ได้สูตรที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุด 44
29. องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ.....44

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

41. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน
การจับตัวเป็นแท่ง รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์
ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:10 และใช้น้ำหนักกด 1, 3
และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร.....89
42. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแข็ง (hardness) ของผลิตภัณฑ์
ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:14 และใช้น้ำหนักกด
1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร.....89
43. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน
การจับตัวเป็นแท่ง รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์
ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 40:10 และใช้น้ำหนักกด
1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร.....90
44. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแข็ง (hardness) ของผลิตภัณฑ์
ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 40:10 และใช้น้ำหนักกด
1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร.....90
45. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน
การจับตัวเป็นแท่ง รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์
ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:10 และใช้น้ำหนักกด
1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร.....91
46. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแข็ง (hardness) ของผลิตภัณฑ์
ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:10 และใช้น้ำหนักกด
1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร.....91
47. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน
ความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น
20:14, 40:10 และ 60:10 ใช้แรงกด 3 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร.....92

สารบัญรูป

หน้า

1. โครงสร้างของเมล็ดข้าว.....11
2. โครงสร้างโมเลกุลของอะไมโลส.....13
3. โครงสร้างโมเลกุลของอะไมโลเปคติน.....13
4. กลไกการเกิดกลิ่นรสถั่วลิสง.....15
5. การใช้ถั่วลิสงเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารภายในประเทศ.....16
6. กรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแท่ง.....20
7. ขั้นตอนการผลิตอาหารเช้าพร้อมบริโภคอัดแท่งจากธัญพืช.....29
8. ค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ.....46
9. คะแนนด้านสีของผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ.....47
10. คะแนนด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ.....48
11. คะแนนด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ.....49
12. คะแนนด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ.....50
13. คะแนนด้านการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ.....51
14. ผลิตภัณฑ์ก่อนการบรรจุ.....93
15. Fluidized bed dryer.....93
16. เครื่องวัดสี Minolta สำหรับของเหลว.....94
17. เครื่องวัดสี Minolta สำหรับของแข็ง.....94
18. Texturometer.....95

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยา

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันประชาชนในเมืองใหญ่ต้องดำเนินชีวิตที่เร่งรีบแข่งกับเวลาและการจราจรที่ติดขัดและสภาพเศรษฐกิจที่ทำให้ผู้หญิงต้องออกไปทำงานนอกบ้าน ทำให้มีเวลาในการเตรียมอาหารน้อยลง ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าพร้อมบริโภคที่ใช้เวลาในการปรุงน้อย หรือชนิดที่ไม่ต้องเสียเวลาในการปรุงจึงได้รับความนิยมมากขึ้น แต่ผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศหรือใช้วัตถุดิบที่มาจากต่างประเทศทำให้มีราคาแพง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตอาหารเช้าพร้อมบริโภคอัดแท่งจากธัญพืชโดยใช้วัตถุดิบที่มีในประเทศคือปลายข้าวเหนียว ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตข้าวเหนียว เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต ถั่วลิสงเป็นแหล่งของโปรตีนและช่วยให้ผลิตภัณฑ์น่ารับประทาน นอกจากนี้มีการนำจมูกข้าวสาลีซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตแป้งสาลีมาใช้และจมูกข้าวสาลีมีคุณค่าทางอาหารสูงมีโปรตีน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และเอนไซม์หลายชนิด (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532) นอกจากนี้ข้าวสาลียังมีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็น lysine, methionine และ threonine มากกว่าในธัญพืชชนิดอื่น ซึ่งมักจะมีกรดอะมิโนเหล่านี้อยู่น้อย ในประเทศแถบยุโรปและอเมริกาซึ่งบริโภคข้าวสาลีเป็นหลักได้มีความตื่นตัวในการนำจมูกข้าวสาลีและรำข้าวสาลีมาผสมในอาหารที่บริโภคเป็นประจำเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารและเส้นใยอาหารมากกว่าการบริโภคเฉพาะแป้งขาวเท่านั้น สำหรับประเทศไทยมีการนำข้าวสาลีมาใช้เป็นอาหารมานานแล้ว แต่ยังมีการปลูกและบริโภคข้าวสาลีกันน้อย จึงต้องมีการนำเข้าข้าวสาลีเพื่อนำมาผลิตเป็นแป้งสาลีจำหน่ายภายในประเทศ ส่วนผลพลอยได้จากการผลิตแป้งสาลียังมีการนำมาใช้ประโยชน์น้อย ถ้ามีการนำผลพลอยได้นี้มาใช้เสริมอาหารจะเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับผลิตภัณฑ์และเป็นการขยายขอบเขตการใช้ประโยชน์ของผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตแป้งสาลีด้วย

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาเพื่อ

1.ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมวัตถุดิบแต่ละชนิดในการผลิตอาหารเช้าพร้อมบริโภคอัดแท่งจากธัญพืช

2. หาสูตรอาหารเช้าพร้อมบริโภค

3.หาอัตราส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งและแรงกดที่ให้กับผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมในการผลิตอาหารเช้าพร้อมบริโภคอัดแท่งจากธัญพืช

4. ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่ได้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

ความสำคัญของอาหารมื้อเช้า

อาหารมื้อเช้านับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง การไม่รับประทานอาหารมื้อเช้ามีผลเสียต่อสุขภาพเป็นอย่างมากคือ

<u>ผลต่อสุขภาพ</u>

เนื่องจากการงดอาหารมื้อเช้าทำให้ร่างกายมีน้ำตาลในเลือดต่ำทำให้เกิดอาการอ่อนเพลียหงุดหงิด เกิดอาการใจสั่น หูอื้อ ตาลาย วิงเวียน (กฤษฎา บานชื่น, 2528) คนที่อดอาหารเช้าจนชิน ร่างกายมีการปรับตัวไม่ให้น้ำตาลในเลือดต่ำเกินไป ส่วนคนที่กินกาแฟหรือน้ำส้มหวานๆ น้ำตาลในเลือดต่ำ เพราะน้ำตาลที่ใส่ในชา กาแฟ หรือขนมหวานๆ ตลอดจนที่มีในน้ำผลไม้จะไปกระตุ้นให้มีการหลั่งอินซูลินออกมามากเป็นผลให้มีการใช้น้ำตาลจากเลือดหมดไปในเวลารวดเร็ว หากจะไม่ให้เกิดอาการเช่นว่านี้ควรหลีกเลี่ยงอาหารมื้อเช้าที่มีแต่ความหวาน และควรรับประทานอาหารแป้ง และข้าวที่ต้องใช้เวลาในการย่อยนานเมื่อรวมกับอาหารโปรตีนและไขมันเล็กน้อยก็จะเป็นอาหารเช้าที่สมบูรณ์

<u>ความเครียด</u>

แม้ในคนที่อดอาหารเช้าเป็นประจำจะไม่มีน้ำตาลในเลือดต่ำแต่จะมีความเครียดซึ่งตัวเองอาจไม่รู้สึก แต่สามารถตรวจสอบทางการแพทย์ได้ ในคนที่อดอาหารมื้อเช้าจะมีปริมาณแลคเตทต่ำและกรดไขมันอิสระในเลือดเพิ่มสูงขึ้น สารทั้งสองอย่างนี้เป็นเครื่องบ่งชี้ว่ามีความเครียดเกิดขึ้นในร่างกาย (กฤษฎา บานชื่น, 2528)

<u>ชีวิตที่ยืนยาว</u>

การกินอาหารเช้าเป็นหนึ่งในเจ็ดปัจจัยที่สำคัญของการมีอายุยืนยาว ปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ การไม่สูบบุหรี่ ออกกำลังกายเป็นประจำ ไม่กินเหล้า เบียร์ หรือว่ากินแต่น้อย นอนวันละ 7-8 ชั่วโมง รักษาน้ำหนักตัวไว้ในมาตรฐาน และไม่กินจุบจิบ ทำไมการกินอาหารเช้าจึงทำให้ชีวิตยืนยาว เหตุผลที่แท้จริงยังไม่เป็นที่รู้กัน สันนิษฐานว่าอาจมีความสัมพันธ์กับภาวะความเครียดที่กล่าวมาข้างต้น (ประเสริฐ สุทธิประสิทธิ์, 2537)

ความดันเลือดสูง

เด็กที่มีปัญหาความดันเลือดสูง มีสาเหตุอย่างเดียวกับผู้ใหญ่ นั่นคือ โภชนนิสัยที่ไม่ดี การกินอาหารเช้าจะช่วยในเรื่องความดันเลือดสูง การอดอาหารเช้าเพิ่มความเครียดให้แก่ร่างกายในแง่ของการบังคับให้ร่างกายต้องนำเอาน้ำตาลที่เก็บสำรองไว้ในตับออกมาใช้จนเกือบไม่มีเหลือ (กฤษฎา บานชื่น, 2528) ความเครียดเป็นตัวการหนึ่งที่ทำให้เกิดความดันโลหิตสูง อีกเหตุผลหนึ่งคือ อาหารเช้าอาจเป็นสัญลักษณ์ว่ามีความสุขสงบ ไม่เร่งรัด เร่งร้อน นั่นก็คือมีความเครียดอยู่น้อย

ความอ้วน

การอดอาหารเช้านอกจากจะไม่ลดความอ้วนแล้วยังเป็นการเพิ่มน้ำหนักอีกด้วย การศึกษาในปี พ.ศ. 2520-2521(กฤษฎา บานชื่น, 2528) พบว่าในคนที่อดอาหารมื้อเช้า กลับกินอาหารในปริมาณที่คิดออกมาทั้งวันมากกว่าคนที่บริโภคอาหารมื้อเช้า และยังชอบกินจุบจิบ ซึ่งของว่างเหล่านี้มักไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ แต่อุดมด้วยแคลอรี่ กล่าวคือได้แต่พลังงาน ไม่มีคุณค่าทางอาหารอื่นๆ ในคุณแม่ที่กำลังตั้งครรภ์ การกินอาหารเช้าจะมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะช่วยไม่ให้เกิดความแปรปรวนในระบบการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย หญิงมีครรภ์ที่งดอาหารเช้า จะมีกรดไขมันอิสระ และสารคีโตนเพิ่มขึ้นในกระแสเลือด สารทั้งสองตัวนี้เมื่อผ่านรกเข้าไปในเด็กอ่อนที่นอนอยู่ในครรภ์อาจทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายและสมอง

อาหาร

เหตุผลที่สำคัญอีกอย่างซึ่งมาสนับสนุนการกินอาหารเช้า คือเรื่องของโภชนาการ คนส่วนมากที่ไม่กินอาหารมื้อเช้า จะได้สารอาหารที่จำเป็นไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเด็กและผู้สูงอายุ พบว่า คนที่ไม่กินอะไรในตอนเช้าจะได้แคลเซี่ยม และวิตามินซีน้อยไป 40% นอกจากนี้ปริมาณเหล็กและวิตามินบีหนึ่งก็ได้ไม่เพียงพอ (กฤษฎา บานชื่น, 2528)

อาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญพืช (breakfast cereal)

อาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญพืช หมายถึง เป็นกระบวนการแปรรูปเมล็ดธัญพืชให้เหมาะสมสำหรับใช้ในการบริโภค โดยเมล็ดธัญพืชหลักที่ใช้ในระดับอุตสาหกรรมสำหรับอาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญพืช ได้แก่ ข้าวโพด ข้าว ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต และข้าวบาร์เล่ย์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะพร้อมที่จะรับประทาน (Kadan, 1993)

ประเภทของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญพืช

Tribelhorn (1991) ได้แบ่งผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญพืชตามวิธีการเตรียมก่อนบริโภคได้เป็น 4 ประเภท คือ

ประเภทดั้งเดิม (traditional cereal) ต้องทำให้สุกโดยใช้เวลาต้มก่อนบริโภค 5-10 นาที ลักษณะเป็นเมล็ดธัญพืชดิบ เช่น ข้าวสารหักเป็นชิ้นเล็กๆ เมื่อต้มสุกเรียกว่า โจ๊กข้าวโอ๊ต (oat meal) ได้จากการบดข้าวโอ๊ตทั้งเมล็ดแบบหยาบ หรือโม่ข้าวสาลีอย่างหยาบ เรียกว่า กริต (grit) ธัญพืชหยาบเหล่านี้ต้องต้มหลายนาทีจึงจะสุกและบริโภคได้

ประเภทต้มเร็ว (quick cooking) ใช้เวลาต้มเพียง 1นาที เช่น โอ๊ตบด (rolled oat) นำข้าวโอ๊ตมาบดหยาบแล้วผ่านเข้าสู่ลูกกลิ้ง ทำให้ข้าวโอ๊ตแบนและสุกไปหนึ่งในสามส่วน เมื่อจะนำมาบริโภคก็ต้มต่อด้วยเวลาไม่นานก็สุกทั้งหมดรับประทานได้

ประเภทสุกทันที (instant traditional hot cereal) ใช้เติมลงในน้ำร้อนเดือดบริโภคทันทีขณะร้อน ลักษณะเป็นเมล็ดธัญพืชที่ผ่านการทำให้สุกมาแล้ว เช่น นำข้าวบดหยาบมาทำให้สุก ปรุงรส อบแห้ง เป็นโจ๊กสำเร็จรูป

ประเภทอาหารเช้าสำเร็จรูป (ready-to-eat cereal) สามารถบริโภคได้ทันที อาจมีการเติมน้ำ น้ำนม หรือโยเกิร์ตก็ได้ เนื่องจากเป็นธัญพืชที่ผ่านกรรมวิธีการผลิต โดยนำเมล็ดธัญพืชมาทำให้สุกและมีการดัดแปลงรูปร่างให้เหมาะสม ปัจจุบันนี้ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญพืชประเภทนี้ได้รับความนิยมมากที่สุด

นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป สามารถแบ่งตามรูปร่าง และชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ได้ แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีหลายลักษณะ ทำให้การแบ่งประเภทไม่ค่อยชัดเจน ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญพืชในลักษณะที่อัดทับเป็นแผ่นแบน (flake) ลักษณะพองกรอบ (puff) ลักษณะเป็นชิ้น (shred) ลักษณะที่บดเป็นผงหยาบ ได้แก่ มิล (meal) และฟารินา (farina) และลักษณะเป็นเม็ด (gramular) สำหรับชนิดธัญพืชที่นิยมนำมาทำผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต หรือทำมาจากรำของธัญพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือหลายชนิดรวมกัน (Robbins, 1962)

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การแบ่งกลุ่มของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญพืชตามลักษณะของผลิตภัณฑ์สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ

1. อาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญพืชกลุ่มพื้นฐาน (staple) ลักษณะผลิตภัณฑ์จะมีรสจืดเหมาะสำหรับคนทุกกลุ่มตั้งแต่เด็กๆ ไปจนถึงผู้ใหญ่ ได้แก่ คอร์นเฟลก™

2. อาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญพืชกลุ่มสำหรับเด็ก (child taste) ลักษณะผลิตภัณฑ์จะมีรสหวานเหมาะสำหรับเด็กอายุ 6-14 ปี สินค้าในกลุ่มนี้จะเป็นธัญพืชที่หลายบริษัทใช้ในการทำการตลาด ได้แก่ โกโก้ครั้นช์™ ฟรอสตี้™ ฮันนี่คอนพ์ ™

3. อาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญพืชประเภทเพื่อสุขภาพ (health) ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้จะมุ่งเน้นในเรื่องสุขภาพ มีคุณค่าทางโภชนาการที่จำเป็นสำหรับร่างกายครบ ได้แก่ แบรนเฟลก ผักและผลไม้ ไฟเบอร์รีฟิคที่ให้เส้นใยอาหาร ความหมายของอาหารเพื่อสุขภาพนี้ยังไม่สามารถจำกัดความหมายลงไปได้ แต่สามารถกล่าวได้กว้างๆ ว่า เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าอาหารทั่วๆไป (Rice, 1990) นักโภชนาการได้ให้ความหมายของอาหารเพื่อสุขภาพว่า หมายถึงสินค้าที่ผ่านกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม คือ การเปลี่ยนแปลง ผสม ปรุงแต่ง เพื่อหวังผลว่าผู้ใช้ผลิตภัณฑ์นี้จะมีสุขภาพที่ดี หากสิ่งใดที่ได้มาจากธรรมชาติโดยตรงจะไม่ถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์เพราะไม่ได้ผ่านกระบวนการทางอุตสาหกรรม

อาหารเช้าสำเร็จรูปแบบผสม (ready-to-eat mixed cereal)

อาหารเช้าสำเร็จรูปแบบผสม หรือเรียกอีกอย่างว่า "มูสลี" เป็นอาหารดั้งเดิมของชาวสวิส มีการรับประทานกันมานานแล้ว ประกอบด้วย ผลไม้ตามฤดูกาล เมล็ดข้าวชนิดต่างๆ เช่น ข้าวโอ๊ต ข้าวฟ่าง ลูกเดือย มาผสมกันแล้วใส่น้ำนมเปรี้ยวลงไปบริโภคทันที (สาโรจน์ อมรสิริพาณิชย์, 2537) ต่อจากนั้นได้มีการนำมูสลีมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป และจำหน่ายในรูปผลิตภัณฑ์ที่มีชื่อว่า Sunflake™ ซึ่งมีส่วนผสมประกอบด้วย ข้าวสาลี มะพร้าวอบแห้ง ผลไม้เป็นชิ้นกรอบอบแห้งเคลือบด้วยน้ำตาล ผสมรวมกันบริโภคกับนมเปรี้ยวได้ทันที มีรสหวานและกลิ่นรสที่ดี ผู้บริโภคยอมรับสูงและอุดมด้วยวิตามิน เหล็ก (Greethead, 1979)

Kent (1966) กล่าวว่าพื้นฐานของการทำอาหารเช้าสำเร็จรูปแบบผสมนั้นควรจะอุดมไปด้วยน้ำตาล ไซรัป น้ำผึ้ง หรือสารสกัดจากมอลต์ (malt extract) ส่วนผสมทั้งหมด มีการเตรียมโดยการผ่านกระบวนการผลิตที่ทำให้เกิด dextrinisation มากกว่าการทำให้เกิด gelatinization ของแป้ง

อาหารเช้าสำเร็จรูปแบบผสมชนิดแท่ง

ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปแบบผสมชนิดแท่งเป็นอาหารที่พร้อมจะรับประทาน เหมือนกับคอร์นเฟลก โดยมีการรวมน้ำตาล ไขมัน และนมอัดเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งในระยะแรกต้องใช้แรงต่ำสุดเพื่อทำให้พวกเฟลกและแกรนูลต่างๆ อยู่ในรูปเดิม โดยผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะเกาะกันด้วยโครงข่ายของน้ำตาล (sugar lattice) แทนที่การใช้เนยขาว (shortening) อบให้ผลิตภัณฑ์แห้ง (Matz, 1962) ลักษณะแท่งที่ได้นี้จะต้องมีเนื้อสัมผัสกรอบมาก ไม่ถูกทำลายได้ง่ายด้วยมือระหว่างการบรรจุและการจัดจำหน่าย

การผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญพืชชนิดแท่งจะใช้ธัญพืชอย่างเดียวหรือหลายชนิดผสมกันก็ได้ โดยนำเมล็ดธัญพืชเหล่านั้นมาปิ้งหรือย่าง (toasted) ก่อน จากนั้นนำมาผสมกับสารเชื่อมต่างๆ อาจมีการใส่ผลไม้อบแห้ง ถั่วต่างๆ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะของธัญพืชที่มีขนาดอนุภาคหยาบ (coarse particle) และให้เนื้อสัมผัสที่เหมือนกับธรรมชาติ (Robbin, 1976)

อาหารเช้าสำเร็จรูปแบบผสมชนิดแท่งเป็นอาหารขบเคี้ยวชนิดใหม่ มีอายุการเก็บรักษานาน และเป็นอาหารหวานมากกว่าอาหารคาว (Rice, 1990) มีหลายชนิด เช่น Granular/muesli bars, Chocolate bars, Energy bars ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึง Granular bars เพียงอย่างเดียว ซึ่ง Granular bars เป็นอาหารขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพมีจุดขายของผลิตภัณฑ์อยู่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบคือ ธัญพืช สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. ชนิดเคี้ยวกรอบแห้ง (crunchy bars) เรียกอีกชื่อว่า มูสลี่บาร์ (muesli bars) ผลิตภัณฑ์นี้จะประกอบด้วย โอ๊ตเฟลก วีตเฟลก ไรน์เฟลก ผลไม้อบแห้งต่างๆ (แอปเปิ้ลเฟลก แอฟปิคอต ลูกเกด) พวกถั่ว (แอ็ลมอนด์ ถั่วลิสง มะพร้าว เฮซ็ลนัท) พืชเมล็ด (งา ทานตะวัน เมล็ดฟักทอง) และสารให้ความหวาน มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 15-20 ในรูปซูโครส เป็นการเพิ่มกลิ่นรสและเนื้อสัมผัส

2. ชนิดเหนียวนุ่มมีความชื้นสูง (chewy bars) ส่วนผสมเหมือนชนิดเคี้ยวกรอบแห้ง มีการเพิ่มจำนวนน้ำตาลให้สัมพันธ์กับส่วนผสม บางครั้งอาจเติมน้ำตาลอินเวิร์ตเพื่อลดการตกผลึกของน้ำตาล และอาจเติมหางนมผงที่มีความหวานทำให้ผลิตภัณฑ์เหนียวนุ่ม มีความชื้น ผลิตภัณฑ์นี้มีน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 25-30 ปริมาณไขมันน้อยกว่าร้อยละ 12-15 จนถึงร้อยละ 18 ซึ่งชนิดเหนียวนุ่ม จะมีไขมันมากกว่าชนิดเคี้ยวกรอบแห้ง ปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีพัฒนาส่วนผสมทำ

ให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมาเหนียวนุ่ม (stick) เป็นลักษณะมูสลี่บาร์ที่ปราศจากน้ำตาลเป็นการช่วยรักษาสุขภาพได้

ลักษณะทั่วไปของอาหารเช้าสำเร็จรูปแบบผสมชนิดแท่งเป็นอาหารชนิดหนึ่งที่สะดวกในการบริโภคเหมาะสมสำหรับภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบัน มีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน (Dalgeish, 1990) ลักษณะทั่วไปของอาหารเช้าสำเร็จรูปแบบผสมชนิดแท่ง คือ กลิ่นรสต้องยังคงปรากฏอยู่ ต้องใช้น้ำลายเป็นตัวกลางและกลืนกินได้ต่อเนื่อง เนื้อสัมผัสต้องง่ายต่อการเคี้ยว มีรสกลิ่น และได้ประโยชน์จากการบริโภค ขนาด รูปร่างต้องง่ายต่อการบรรจุ ต้องสะดวกต่อการกัดกิน (bite) และง่ายต่อการบริโภคต่อหนึ่งบุคคล เก็บได้นานและรับประทานได้ง่าย ไม่ต้องเสียเวลาในการเตรียม

วัตถุดิบในการผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูปอัดแท่ง

จมูกข้าวสาลีหรือคัพภะ (Wheat germ)

คัพภะของข้าวสาลีเป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นอ่อนต่อไป ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ คือ แกนกลางของคัพภะ ซึ่งรวมส่วนยอดและส่วนรากเป็นแกนเดียวกัน เนื่องจากคัพภะเป็นส่วนที่จะกลายเป็นต้นอ่อนจึงอุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหารทุกชนิดโดยเฉพาะที่จำเป็นในการเจริญเติบโต ได้แก่ โปรตีน น้ำตาล ไขมัน แร่ธาตุ วิตามิน และเป็นแหล่งของเอนไซม์หลายชนิด องค์ประกอบของคัพภะแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของคัพภะ

องค์ประกอบ	หน่วย	คัพภะทั้งหมด	แกนกลางของคัพภะ	ใบเลี้ยงอ่อน
โปรตีน	%	24.3-26.8	35.3	28.2
น้ำตาลทั้งหมด	%คัพภะที่สกัดไขมัน	17.3	18.8	15.8
- ซูโครส	%คัพภะที่สกัดไขมัน	10.1	10.3	9.8
- ราฟฟิโนส	%คัพภะที่สกัดไขมัน	7.2	8.5	6.0
ไขมัน (สกัดโดยไดเอทิลอีเทอร์)	%		15.3	12.6

- ไครกลีเซอไรด์	%	7.06	-	-
- ไขมันที่ไม่โพลาร์	%	1.77	-	-
- โมโนกาแล็กโทซิลกลีเซอไรด์	%	0.559	-	-
- ไดกาแล็กโทซิลกลีเซอไรด์	%	0.725	-	-
- ฟอสฟาทิดิลโคลีน	%	1.702	-	-
เถ้า	%	3.65-4.2	3.51-5.36	5.87-8.2
-ฟอสฟอรัสทั้งหมด	% ของ P	-	1.23	2.01
- ไฟเตตฟอสฟอรัส	%	-	0.42	1.39
- แมงกานีส	ส่วนในล้านส่วน	-	134	178
ไทอะมีน	ส่วนในล้านส่วน	-	4.4-25.7	130-238
ไนอะซีน	ส่วนในล้านส่วน	-	30.5-55	40.2
ไพริดอกซีน	ส่วนในล้านส่วน	-	22.3	24.6
กรดแพนโทดินิก	ส่วนในล้านส่วน	-	18.1	14.9
ไรโบฟลาวิน	ส่วนในล้านส่วน	-	14.6	13.4
ไฟเตส	γ P/ ชม./ มก.*	-	7.81	27.4
ฟอสโฟโมโนเอสเทอเรส	ยูนิต	-	36.1	38
กรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก รีดักเตส	γ AA/ นาที/ มก.**	-	70.7	68.5
ลิเพส	ไมโครลิตร/ มก.	-	1.1	6.3
ลิพอออกซิเดส	ยูนิต	-	64	62
อะมิเลส	มก.มอลโทส/ชม./ลบ.มม.	-	ไม่มี	8.8
โปรติเนส	ไมโครลิตร/ มก.	-	11.2	17.2
ไดเพปทิเดส	ไมโครลิตร/ มก.	-	13	13.8

ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532

*γ P/ ชม./ มก. = นาโนกรัมฟอสฟอรัสต่อชั่วโมงต่อมิลลิกรัม

**γ AA/ นาที/ มก. = นาโนกรัมกรดอะมิโนต่อนาทีต่อกรัม

เนื่องจากในจมูกข้าวสาลีมีเอนไซม์หลายชนิด และมีไขมันอยู่สูง จึงมีอายุการเก็บสั้น (Rao, 1980) จึงต้องมีการนำไปให้ความร้อนเพื่อยืดอายุการเก็บ การให้ความร้อนจะทำให้เกิดสารให้กลิ่น ซึ่ง El-Saharty, et al. (1998) ได้ศึกษาสารให้กลิ่นโดยอบจมูกข้าวสาลีที่ 160°C เวลา 20 นาทีจะได้สารให้กลิ่นต่างๆ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 Highly odour active compounds of roasted wheat germ (flavour dilution factors 2^7 to 2^{11})

Compound(GC-MS identification)	Odour assessment by GC-O	Ret. time (min.)	Conc*. range	Fract.
1. n-Hexanal	Green,grassy,fatty	5.86	5	A,B
2. Pyrazine	Pungent	10.62	1	C
3. 2-Methyl pyrazine	Roaster nutty	12.98	5	C
4. 2,5-Dimethyl pyrazine	Roasted potato	15.51	5	C
5. 2,6-Dimethyl pyrazine	Roasted coffee	15.94	4	C
6. 2,3-Dimethyl pyrazine	Nutty roasted cocoa	16.56	3	C
7. 2,3,5- Trimethyl pyrazine	Roasted pernut	17.91	1	C
8. 2-Ethyl-6-methyl pyrazine	Roasted nutty	18.35	3	C
9. 2-Ethyl-5-methyl pyrazine	Roasted bread	18.61	3	C
10. 2-Ethyl-3-methyl pyrazine	Bread roasted	19.21	4	C
11. (E)-2-Octenal	Green herbaceous	20.12	2	C
12. 2,6-Diethyl pyrazine	Roasted nutty bread	20.48	2	A,B
13. 3-Ethyl-2,5- dimethyl pyrazine	Nutty roasted bran	21.05	5	C
14. 2-Ethyl-3,5- dimethyl l pyrazine	Roasted coffee	21.72	4	C
15. 2-Methyl-5-propyl pyrazine	Roasted bread	22.31	2	C
16. 2-Ethenyl-2-methyl pyrazine	Roasted nutty	22.77	2	C
17. 3,5- diethyl-2-methyl pyrazine	Roasted cocoa	23.12	3	C
18. 2,3-Dimethyl-5-propyl pyrazine	Roasted bread nutty	24.50	2	C
19. (E)-2-Nonenal	Fatty waxy	24.66	1	A
20. 2-Acetyl-5-methyl furan	Strong nutty	27.92	1	B
21. Acetophenone	Sweet fragrant aromatic	29.09	1	C
22.2-Butyl-2-Octenal	Fatty	30.07	3	A

23. 2-Acetyl-6-methyl pyrazine	Roasted cocoa	30.88	4	C
24.4-Hydroxybut-2-enoic acid lactone	Sweet fruity	33.06	3	C
25. 2-Hydroxy acetophenone	Sweet floral	34.79	1	C
26. (E,E)-2,4-Decadienal	Fatty rancid	35.45	3	A
27.2,3-Dimethyl-5-isopentyl pyrazine	Roasted bread	35.60	3	C
28. pyrrole derivative	Nutty	36.17	3	B
29. 4-Octanoide	Coconut creamy fatty	39.03	1	C
30. pyrazine derivative	Roasted nutty	41.45	2	C
31. .Furfury disulphide derivative	Burnt sulphur	41.82	2	B
32. 4-Nonanolide	Coconut fatty fragrant	42.75	2	B
33.1-Methyl-1 H-pyrrole-2-carboxaldehyde	rubbery	45.71	3	B
34. Acetyl furfural derivative	Baked bread	48.75	1	C
35. Benzophenone	floral, fruity	56.68	2	A
36. 5-Hydroxymethyl-2-furfural	fatty,wax	57.89	3	B

*Concentration range (μg/kg): <500μg = 1; 500-1000μg = 2; 1000-5000μg = 3; 5000-10000μg = 4; >10000 = 5

Stereochemistry only given unambiguously derived from chromatographic and spectral data.

Stepwise elution was performed with 200 ml. of pentane/diethyl ether (9:1 v/v, fraction A) 200 ml. of pentane/diethyl ether (3:1 v/v, fraction B) and 200 ml. diethyl ether (fraction C)

ที่มา: El-Saharty, et al., 1998

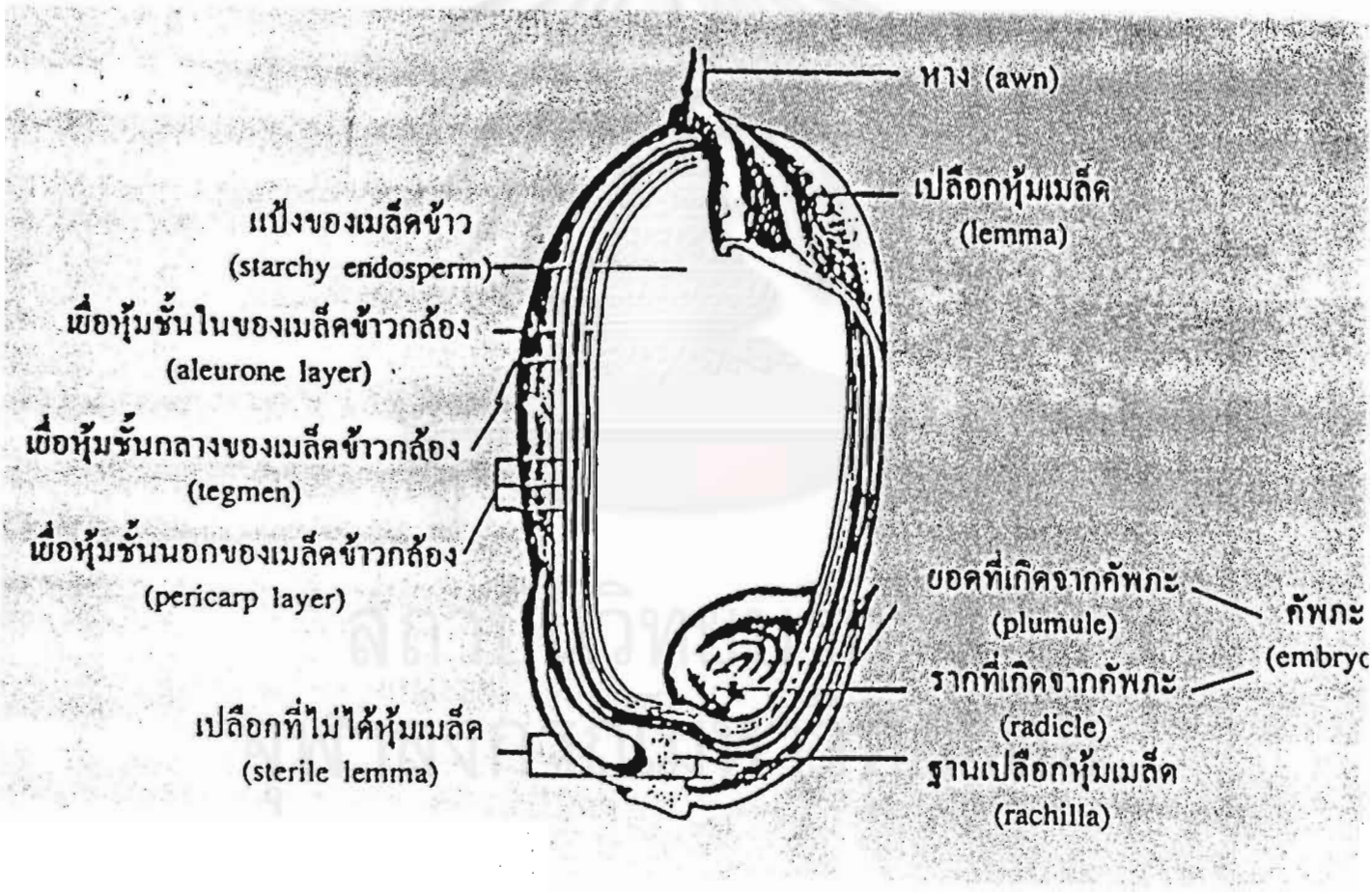
<u>การนำไปใช้ประโยชน์</u> สำหรับรำและคัพภะ ที่ได้จากกระบวนการโม่แป้งสาลี หรือได้จากการแยกสกัดจากเมล็ดนั้น ส่วนใหญ่ขายเป็นอาหารสัตว์ โดยผู้ผลิตอาหารสัตว์จะนำไปผสมกับวัตถุดิบอย่างอื่นอีกหลายชนิดตามสูตร เพื่อให้เหมาะที่จะเป็นอาหารสัตว์แต่ละชนิดแต่ละประเภทไป ในปัจจุบันประชาชนในยุโรปและอเมริกาตื่นตัวและสนใจในการเสริมคุณค่าอาหารที่บริโภคเป็นอาหารหลัก และการเพิ่มเส้นใยในอาหาร จึงเห็นว่าผลพลอยได้จากการโม่แป้งนี้ ถ้านำกลับไปเสริมในอาหารมนุษย์ ก็จะให้คุณค่าเพิ่มมากกว่าการบริโภคแต่เฉพาะแป้งขาวเท่านั้น กล่าวคือรำจะช่วย

เพิ่มเส้นใย ส่วนคัพภะจะให้คุณค่าทางอาหารทั้งโปรตีน ไขมัน แร่ธาตุและวิตามินเพิ่มขึ้น แต่ก่อนที่จะนำรำและคัพภะไปใช้เสริมนั้น ควรจะได้มีการผ่านความร้อนด้วยการอบในเตาอบ หรืออบด้วยไอน้ำ หรือผ่านลูกกลิ้งที่มีความร้อนเพื่อให้แห้ง

ข้าว (Rice)

ข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรเกือบทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางแถบทวีปเอเชียและลาตินอเมริกาโดยมีการปลูกข้าวในประเทศต่างๆทั่วไปทั้งในเขตร้อน (tropical) และใกล้เขตร้อน (sub-tropical) ของโลก โดยเฉพาะในประเทศไทย ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ

โครงสร้างของเมล็ดข้าว เมล็ดข้าวมีโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

ที่มา: มาลี ชิ้มศรีสกุล, 2534

เมล็ดข้าวเปลือก คือ ผลของข้าวที่ประกอบด้วยส่วนต่างๆจากด้านนอกเข้าไปดังต่อไปนี้ คือ

1. non-flowering glum จะอยู่ด้านนอกสุด ตรงส่วนที่เมล็ดติดกับรวงข้าวมีอยู่ 2 อัน

2. flowering glum ประกอบด้วนเปลือกใหญ่ (lemma) และเปลือกเล็ก (palea) ซึ่งมีลักษณะแข็ง เป็นเปลือกที่หุ้มอยู่ภายนอกเมล็ด

3. เยื่อหุ้มผล (pericarp) ประกอบด้วยเยื่อ 3 ชั้น คือ epicarp, mesocarp และ endocarp

4. เยื่อหุ้มเมล็ด (testa)

5. aleurone layer เป็นชั้นที่มีคุณค่าทางอาหารสูง

6. endosperm เป็นส่วนเนื้อของเมล็ดข้าว มีอยู่ประมาณ 82% ของเมล็ด ส่วนใหญ่ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตซึ่งอยู่ในรูปแป้ง

7. จมูกข้าว (embryo) เป็นส่วนเล็กๆ อยู่ที่มุมล่างของเมล็ด ส่วนนี้มีสารอาหารหลายชนิดยกเว้นแป้ง เป็นส่วนที่จะเจริญเติบโตเป็นต้นต่อไป

จะเห็นว่าเมล็ดข้าวประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดเรียกว่า แกลบ (husk) และส่วนที่รับประทานได้เรียกว่า ข้าวกล้อง (caryopsis หรือ brown rice)

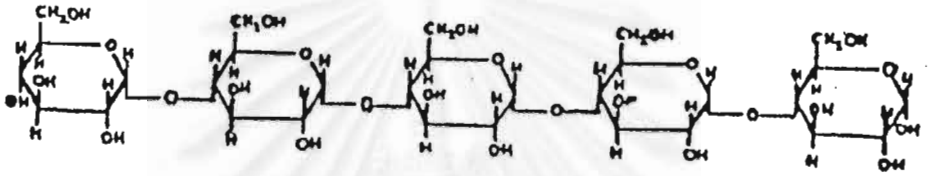
<u>การจำแนกชนิดของข้าว</u> โดยอาศัยความแตกต่างของสัดส่วนแป้งที่เป็นองค์ประกอบในเมล็ดข้าวจะแบ่งได้เป็น 2ชนิด

1. <u>ข้าวเจ้า</u> (non-glutinous rice) เมล็ดจะมีลักษณะใสและแข็ง แป้งในเมล็ดประกอบด้วยส่วนที่เป็นอะไมโลเปคติน (amylopectin) ประมาณ 64-92% และอะไมโลส (amylose) ประมาณ 8-36% ของน้ำหนักเมล็ด เมื่อตรวจสอบสมบัติของแป้งด้วยสารละลายไอโอดีน จะได้เป็นสีน้ำเงิน

2. <u>ข้าวเหนียว</u> (glutinous rice) เมล็ดข้าวมีลักษณะขุ่นทึบ มีความเลื่อมมัน เมล็ดอ่อนและมีขนาดใหญ่ แป้งในเมล็ดประกอบด้วยอะไมโลเปคตินประมาณ 92-100% และอะไมโลสประมาณ 0-8% ของน้ำหนักเมล็ด ปริมาณอะไมโลสในข้าวเหนียวจะมีน้อยกว่าในข้าวเจ้า เมื่อทดสอบคุณสมบัติของแป้งในเมล็ดข้าวเหนียวด้วยสารละลายไอโอดีน จะพบว่าสีของส่วนผสมจะเป็นสีเหลืองหรือสีแดงอมน้ำตาล (reddish brown)

<u>คุณภาพของเมล็ดข้าวทางเคมี</u> มีความสัมพันธ์และสำคัญยิ่งต่อคุณลักษณะการหุงต้ม การรับประทานและการนำไปแปรรูป การนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบและสมบัติของแป้งในเมล็ดข้าว แป้งในข้าวอาจแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ

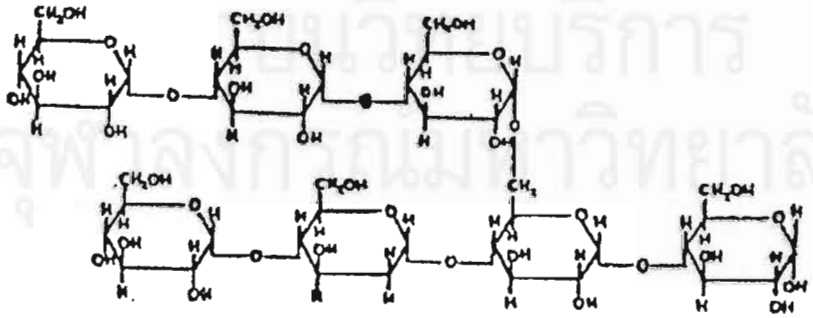
1. อะไมโลส (amylose) ประกอบด้วย D-glucopyranose มาต่อกันเป็นเส้นตรงโดยใช้พันธะ 1,4 glycosidic จำนวนย่อยของ D-glucopyranose ในโมเลกุลของอะไมโลสจะมีได้ตั้งแต่น้อยๆ หน่วยขึ้นไปจนถึง 3,000 หน่วย ดังรูปที่ 2



รูปที่2 โครงสร้างโมเลกุลของอะไมโลส

ที่มา: มาลี ซิ้มศรีสกุล, 2534

2. อะไมโลเปคติน (amylopectin) ประกอบด้วย D-glucopyranose เช่นกัน แต่การต่อกันจะใช้พันธะ 2 แบบ คือ 1,4 glycosidic และ 1,6 glycosidic ทำให้อะไมโลเปคตินมีโครงสร้างของโมเลกุลที่แยกออกเป็นกิ่ง โดยทั่วๆ ไปแล้วจะมี D-glucopyranose ประมาณ 24-30 หน่วยอยู่ระหว่างจุดแยกแต่ละจุดของอะไมโลเปคติน ดังรูปที่ 3



รูปที่3 โครงสร้างโมเลกุลของอะไมโลเปคติน

ที่มา: มาลี ซิ้มศรีสกุล, 2534

ในเมล็ดแป้ง โมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเปคตินจะจัดเรียงตัวกันเป็นกลุ่ม แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งมีการจัดเรียงตัวกันอย่างมีระเบียบเหมือนผลึก ซึ่งเป็นส่วนของอะไมโลส มีการพองตัวจำกัด เรียกส่วนนี้ว่า crystalline region อีกกลุ่มหนึ่งมีการจัดเรียงตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบ ดูดน้ำได้ดี เรียกส่วนนี้ว่า amorphous region เป็นส่วนที่อยู่รอบๆ ผลึก ซึ่งประกอบด้วยอะไมโลเปคตินเป็นส่วนใหญ่

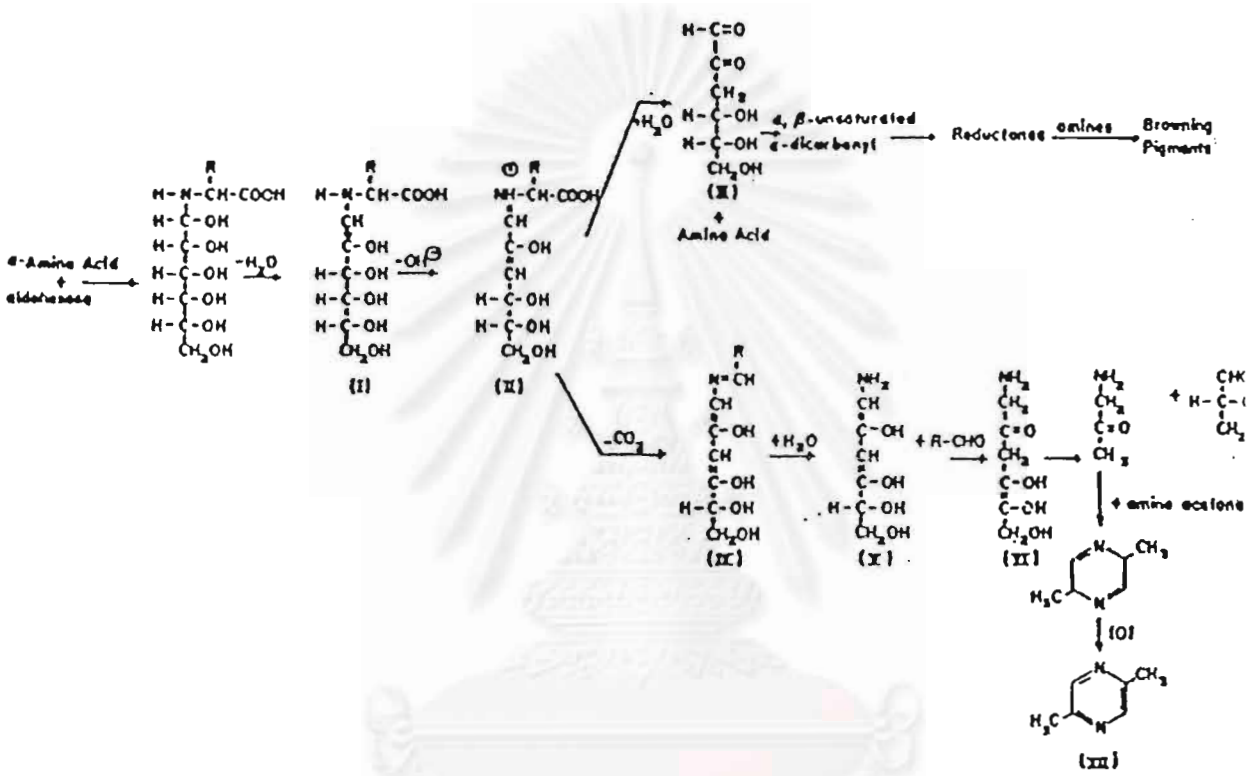
<u>การนำไปใช้ประโยชน์</u>

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าวมักใช้ข้าวที่มีคุณภาพแตกต่างกันไป โดยเฉพาะปริมาณอะไมโลส ข้าวเหนียวซึ่งแทบจะไม่มีอะไมโลสอยู่เลย มักใช้สำหรับเป็นของหวาน ขนมพุดดิ้งและซอสต่างๆ ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำนิยมนำไปผลิตอาหารแห้งรับประทานตอนเช้า (dry breakfast cereal) และอาหารสำหรับเด็กอ่อน เนื่องจากปริมาณอะไมโลสต่ำทำให้คงตัวอยู่ในสภาพวุ้น (stable gel) ได้นานซึ่งจะทำให้แข็งตัวช้าในระหว่างเก็บรักษา โรงงานผลิตข้าวพองจากข้าวนึ่งก่อนสี และข้าวตอกซึ่งผลิตจากข้าวสารนิยมใช้ข้าวเหนียวและข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ เนื่องจากความสามารถในการขยายพองตัวมีมาก ข้าวที่มีอะไมโลสปานกลางนิยมทำซุปกระป๋องและส่วนผสมซุปแห้ง (dry soup mix) ในฟิลิปปินส์ทำเค้กข้าวหมักจากข้าวที่มีอะไมโลสปานกลางและมีความคงตัววุ้นอ่อน (soft gel consistency) เพราะแป้งดังกล่าวมีคุณสมบัติในการขยายตัวทางปริมาตรที่พอเหมาะระหว่างนึ่งด้วยไอน้ำและมีลักษณะเนื้อที่อ่อนนุ่ม ข้าวอะไมโลสสูงมีคุณลักษณ์ความคงตัวของวุ้นแข็ง (hard gel consistency) เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวเนื่องจากมีความคงตัวสูงมาก ทนทานต่อการสลายในระหว่างหุงต้มและเป็นแผ่นดีมาก

ถั่วลิสง (***Archis hypogaea***) เป็นพืชตระกูลถั่ว (Leguminosae) และเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศ ถั่วลิสงมีโปรตีนสูง ประมาณร้อยละ 22-30

<u>กลิ่นรสของถั่วลิสง</u> สารตั้งต้นที่ทำให้เกิดกลิ่นรสในถั่วลิสงคั่วได้แก่ กรดอะมิโนและน้ำตาล กลไกที่ใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนและน้ำตาลไปเป็นสารระเหยที่เกี่ยวข้องกับกลิ่นรสของถั่วลิสงแสดงในรูปที่ 4 กลไกปฏิกิริยาเริ่มจากการรวมตัวระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลแอลโดสที่คาร์บอนอะตอมตัวที่ 1 แล้วสูญเสียน้ำ 1 โมเลกุลได้ 1,2-Eneaminol (I) และจะกำจัดไฮดรอกซิลอิออนออกกลายเป็น Schiff base cation (II) Schiff base cation นี้สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้สารประกอบ α-Dicarbonyl (III) ซึ่งสามารถเปลี่ยน

เป็นสารสีน้ำตาลในปฏิกิริยาขั้นต่อไป อีกทางหนึ่ง Schiff base cation สามารถ Decarboxylate ได้ Imine (IV) ซึ่งสามารถถูกไฮโดรไลซ์อย่างรวดเร็วได้แอลดีไฮด์ และ Dieneamine ดังแสดงในรูปที่ 4



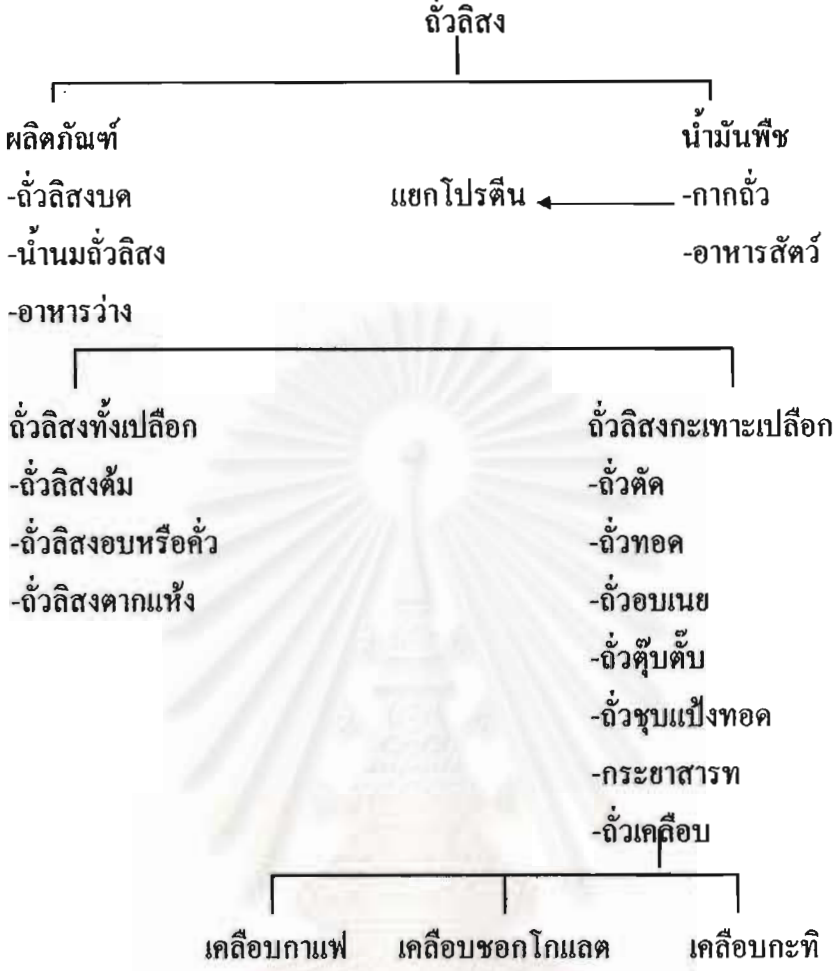
รูปที่4 กลไกการเกิดกลิ่นรสในถั่วลิสง

ที่มา: มานะ จึงตระกูล, 2533

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>การนำไปใช้ประโยชน์</u>

จากการตรวจสอบการใช้ถั่วลิสงเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารในประทศ พบว่ามีการใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันพืช และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างชนิดต่างๆ เช่น ถั่วลิสงอบ ถั่วลิสงคั่ว ถั่วลิสงทอด ขนมตุ๊บตั๊บ กระยาสารท และถั่วเคลือบต่างๆ เช่น เคลือบชอกโกแลต เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 การใช้ถั่วลิสงเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารภายในประเทศ
ที่มา: มานะ จึงตระกูล, 2533

น้ำผึ้ง (Honey)

น้ำผึ้ง หมายถึง ของเหลวรสหวานที่ผึ้งผลิตขึ้นจากน้ำหวานของดอกไม้ (necta) หรือจากส่วนหนึ่งของต้นไม้ แล้วสะสมไว้ในรังผึ้ง จากนั้นทิ้งไว้ จนน้ำหวานมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพจนเป็นน้ำผึ้งในที่สุด โดยทั่วไปแล้วน้ำผึ้งจะมีลักษณะข้น มีรส สี และกลิ่น แตกต่างกันระหว่างสีเหลืองอ่อน หรือน้ำตาลอ่อน ถึงน้ำตาลไหม้ ขึ้นอยู่กับชนิดของเกสรดอกไม้ที่ผึ้งดูดน้ำหวานมา เช่น น้ำผึ้งที่ได้จากดอกลำไยจะมีสีเข้มกว่าน้ำผึ้งที่ได้จากดอกลิ้นจี่ กลิ่นและรสก็ต่างกันเป็นต้น (พรเพ็ญ สุรังสิมันต์กุล, 2533) น้ำผึ้งที่ข้นและมีสีคล้ำ มักมีแร่ธาตุต่างๆ เจือปนอยู่มากกว่าน้ำผึ้งสีใสและมีเกสรดอกไม้เจือปนอยู่มากด้วย (บุญรอด ใสยิ่ง,2520)

ผึ้งผลิตน้ำผึ้งได้อย่างไร

เมื่อผึ้งเก็บน้ำหวานจากดอกไม้ลงสู่กระเพาะจะมีน้ำย่อยจากต่อมน้ำลายขับออกมาเปลี่ยนหรือเรียกว่าเมตาบอไลซ์น้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตสให้เป็นน้ำตาลแปรรูปคือ น้ำตาลรีวูโรสและเดคโทรส และน้ำตาลอื่นๆ แต่มีจำนวนน้อย ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นตั้งแต่ผึ้งเริ่มบินกลับรัง ขณะที่ผึ้งกระพือปีกจะเกิดพลังงานความร้อนช่วยเร่งการทำงานของเอนไซม์ตลอดจนช่วยเผาผลาญลดความชื้นในน้ำหวานให้กลายเป็นน้ำผึ้งเร็วขึ้นเมื่อผึ้งงานกลับมาถึงรังจะคายน้ำหวานแปรรูปนี้ให้กับผึ้งงานประจำรังซึ่งจะรับกันด้วยปากต่อปากน้ำหวานแปรรูปนี้ยังไม่เป็นน้ำผึ้งที่สมบูรณ์เพราะยังมีความชื้นหรือน้ำในน้ำหวานมากถึง 30-40% ต่อมาผึ้งงานประจำรังจะนำน้ำหวานนี้ไปเก็บในหลอดรวงน้ำผึ้ง ตอนเย็นผึ้งกลับรังกันเป็นส่วนใหญ่จะช่วยกันกระพือปีกช่วยให้มีการระเหยของน้ำหวานอีกจนเป็นน้ำผึ้งที่สมบูรณ์มีน้ำเหลืออยู่เพียง 20-25% เท่านั้น หลังจากนั้นผึ้งงานจะใช้ไขผึ้งปิดหลอดรวงที่เก็บน้ำผึ้งไว้ใช้เป็นอาหารเพื่อให้พลังงานในชีวิตประจำวันและยามขาดแคลนอาหารต่อไป

<u>การนำไปใช้ประโยชน์</u>

น้ำผึ้งที่ข้นและมีสีคล้ำมักมีแร่ธาตุต่างๆ เจือปนอยู่มากกว่าน้ำผึ้งที่ใสและมีเกสรดอกไม้เจือปนอยู่มากด้วย แร่ธาตุที่มีอยู่ในน้ำผึ้งและเกสรดอกไม้ช่วยให้เกิดกำลังวังชา ช่วยให้ร่างกายเจริญเติบโตได้เร็วเมื่อบริโภคเข้าไปจะซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอให้กลับเข้าสู่สภาพที่สมบูรณ์ได้รวดเร็วมาก แร่ธาตุที่ปรากฏในน้ำผึ้งทั่วๆไปมีดังนี้

เหล็ก ช่วยเร่งให้เม็ดโลหิตในร่างกายทวีขึ้นรวดเร็ว ผู้ที่มีโลหิตจาง ไม่สมบูรณ์อ่อนแอบริโภคน้ำผึ้งเข้าไป ร่างกายจะสมบูรณ์ โลหิตจะมากขึ้น

ฟอสฟอรัส ช่วยเสริมสร้างเซลล์ในร่างกายของเราให้แข็งแรงเกิดกำลังวังชาอดทนต่อโรคภัยได้ดี

แมกนีเซียม จะเสริมสร้างกระดูกและกล้ามเนื้อในร่างกายให้แข็งแรงทนทานทำงานหนักได้

เกลือ จะช่วยให้น้ำย่อยทำงานได้รวดเร็วขึ้น

แคลเซี่ยม จะช่วยสร้างกระดูกและฟันให้ทนและแข็งแรงมาก

กำมะถันและแมงกานีส ทำให้ร่างกายแข็งแรง กระปรี้กระเปร่าขึ้นกว่าเดิม

คลอรีน ช่วยบำรุงร่างกายให้แข็งแรงทำให้กล้ามเนื้อแข็ง ช่วยย่อยอาหารและเพิ่มเม็ดโลหิตแดงในร่างกายให้มากขึ้น

ในน้ำผึ้งมียางเหนียวๆ เรียกว่า dextrin เป็นวัตถุที่ช่วยรักษาน้ำผึ้งให้ข้นและไม่ให้แห้งระเหยไปได้เร็ว เก็บไว้นานปีก็ไม่เสื่อมคุณภาพ ในน้ำผึ้งมีกรด 2 ประเภท คือ volatile และ non-volatile กรดเหล่านี้มีประโยชน์รักษาน้ำผึ้งไม่ให้บูดเน่าเสีย

สมัยโบราณชาวอียิปต์ และชาวกรีก ใช้น้ำผึ้งช่วยเก็บรักษาร่างกายของคนที่ตายแล้วให้คงสภาพอยู่ ทั้งนี้เพราะน้ำผึ้งมีปริมาณน้ำตาลสูงจึงมีคุณสมบัติในการต่อต้านการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ ในทางเภสัชกรรมแผนโบราณใช้รับประทานกับยา โดยถือว่าเป็นยาอายุวัฒนะ ใช้ทาใบยาสูบแล้วอบทำให้เก็บรักษาใบยาไว้ได้นาน และมีกลิ่นหอมชวนสูบ ใช้ในการถนอมอาหารบางชนิด เช่น ใช้ในการดองผลไม้ และใช้ในการเสริมสวย เช่น ทาผิวทำให้ผิวพรรณเปล่งปลั่งสวยงามเพราะวิตามิน และแร่ธาตุ

น้ำผึ้งมีประโยชน์ต่อการเลี้ยงทารก ทำให้แข็งแรงเวลาเจ็บป่วยถ้าใช้น้ำผึ้งป้อนให้ทารกจะฟื้นหายจากโรคเร็ว เช่น โรคไอ หลอดลมอักเสบ เป็นต้น น้ำผึ้งเป็นยาฆ่าเชื้อ (antiseptic) อย่างดีขนานหนึ่งเพราะมีน้ำตาล Levulose อยู่มาก สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในร่างกายของคนเราไม่ให้เจริญเติบโต

น้ำผึ้งช่วยทำให้เส้นยาสูบอ่อนนุ่ม ละมุนละมัยไม่กรอบและสูบไม่แสบคอ เก็บไว้ได้นานคงรสชาติดีอยู่เสมอ ดังที่ใช้ผสมบุหรี่ที่มีชื่อเสียงนิยมกันอยู่ในขณะนี้ในต่างประเทศยังใช้ผสมยาสูบพวกซิกก้าร์อีกด้วยเป็นที่นิยมกันทั่วโลก

ตารางที่ 3 องค์ประกอบของน้ำผึ้ง

องค์ประกอบพื้นฐาน	จำนวนเปอร์เซ็นต์	จำนวนกรัม
น้ำ(ความชื้น)	17.2	78.0
LEVULOSE	38.19	173.2
DEXTROSE	31.28	141.9
SUCROSE	1.31	5.9
MALTOSE	7.31	33.2
น้ำตาลอื่นๆ	1.50	6.8
กรด กลูโคนิค, ซิตริค,มาลิค,	0.57	2.6

ซัคซินิค, ฟอร์มิค, อาซิติค, บิวทีริค, แลกติค, ไพโรกลูตามิค และกรดอะมิโน		
โปรตีน	0.26	0.2
แอช (ash) เถ้าหรือธาตุต่างๆ	0.17	0.8
อื่นๆ	2.21	10.0
รวม	100.00	454.6
รวมปริมาณน้ำตาล	79.59	361.0

ที่มา : พรเพ็ญ สุรังสิมันต์กุล, 2533

น้ำผึ้งที่จัดอยู่ในเกณฑ์ดีและได้มาตรฐาน ต้องมีองค์ประกอบโดยน้ำหนักคิดเป็นร้อยละดังนี้ น้ำ 17.2 โปรตีน 0.3 เถ้า 0.2 คาร์โบไฮเดรต 82.3 กรดชนิดต่างๆ 0.5 และไม่มีไขมัน น้ำตาลส่วนมากเป็น D-glucose, D-fructose (Matz, 1984) ได้แก่ Levulose, Dextrose, Maltose, Sucrose โดยเฉพาะน้ำตาล Sucrose ซึ่งเป็นองค์ประกอบของน้ำตาลทราย จะมีได้ไม่เกินร้อยละ 5 ถ้ามากกว่านี้ถือว่าน้ำผึ้งนั้นเลี้ยงด้วยน้ำตาล

มอลโตสไซรัป (แบะแซ)

มอลโตสไซรัป เป็นผลิตภัณฑ์น้ำตาลชนิดหนึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวข้น เหนียว รสหวานน้อย สีนวลถึงน้ำตาลเข้ม แล้วแต่ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ ผลิตได้จากการย่อยแป้งในเมล็ดพืชด้วยเอนไซม์อะไมเลส ซึ่งมีอยู่ในเมล็ดข้าวที่กำลังงอกที่เรียกว่า ข้าวมอลต์ วิธีการผลิตเริ่มต้นด้วยการเพาะเมล็ดธัญพืชให้ได้เมล็ดงอกที่มีขนาดพอเหมาะเพื่อให้มีปริมาณเอนไซม์มากที่สุด เอนไซม์นี้จะย่อยแป้งที่มีอยู่ในเมล็ดธัญพืชหรือที่เติมลงไปให้เปลี่ยนเป็นเด็กซตริน น้ำตาลมอลโตส และน้ำตาลกลูโคสในอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม ผลผลิตขั้นสุดท้ายเรียกว่า มอลโตสไซรัป (แบะแซ) การผลิตแบะแซสามารถผลิตโดยใช้วัตถุดิบได้หลายชนิด เช่น ผลิตจากข้าวเปลือกข้าวเหนียว หรือข้าวเปลือกข้าวเจ้า ข้าวเปลือกสาลีผสมกับข้าวเปลือกข้าวเหนียว หรือข้าวเปลือกข้าวเจ้า มอลต์ข้าวสาลีกับแป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น แบะแซที่ผลิตได้อาจนำไปผ่านกระบวนการผลิตเป็นแบะแซผงโดยทำให้ฟูเป็นฟองก่อนอบแห้ง หรือโดยวิธีพ่นฝอยให้แห้ง

<u>การนำไปใช้ประโยชน์</u> มีการนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ กัน เช่น น้ำตาลสำหรับเด็กอ่อน น้ำหวาน ลูกกวาด แยม ขนมหวาน ไอศกรีม น้ำผลไม้แห้ง และเครื่องดื่มบำรุงสุขภาพชนิดต่างๆ

กระบวนการผลิต สำหรับกระบวนการผลิต granola หมายถึง การผสมส่วนผสมที่แห้งตามด้วยการเติมสารให้ความหวานที่เป็นของเหลว เช่น น้ำผึ้ง หรือ molasses และ น้ำมัน ส่วนผสมนำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 300-425 °F เมื่ออบถึงจุดที่ต้องการ นำไปทำให้เย็นแล้วตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ บรรจุลงในบรรจุภัณฑ์เพื่อจำหน่ายต่อไป

รูปที่ 6 กรรมวิธีการผลิตอาหารเช้าสำเร็จรูปชนิดแท่ง

ที่มา : Gobble, 1979

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของอาหารเช้าพร้อมบริโภคอัดแท่ง

อายุการเก็บรักษา หมายถึง ช่วงระยะเวลาของการเก็บรักษาไว้ตั้งแต่ผลิตภัณฑ์นั้นถูกผลิตออกมาจนกระทั่งผลิตภัณฑ์นั้นอยู่ในสภาพที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ความสำคัญของการศึกษาอายุการเก็บ สามารถทำให้ผู้ผลิตกำหนดวันหมดอายุของอาหาร เพื่อให้ผู้บริโภคทราบและประกันว่าผลิตภัณฑ์ในช่วงระยะเวลานี้ มีคุณภาพตรงกับที่แจ้งไว้ในฉลาก (ศิวาพร ศิวเวชช, 2521) สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ผ่านการแปรรูป ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาคือเชื้อจุลินทรีย์ ส่วนอาหารที่ผ่านการแปรรูป ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บคือ ปัจจัยทางกายภาพ และเคมี การศึกษาอายุการเก็บจะทดสอบโดยเก็บจริง อาจไม่สะดวก สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บนาน จึงได้มีการศึกษาโดยใช้วิธีเร่งแทน วิธีนี้คล้ายกับการเก็บจริงแต่เร่งเวลาการเสียของผลิตภัณฑ์ให้เร็วขึ้น โดยการเพิ่มอุณหภูมิ หรือความชื้นสัมพันธ์

สำหรับการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธีเร่ง เทคนิคที่ใช้ได้แก่ Q_{10} ซึ่งสามารถใช้ทำนายอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่างๆ ได้เมื่อทราบค่า Q_{10}ซึ่งได้จากการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์โดยมีผลต่างของอุณหภูมิที่เก็บรักษา $10^{\circ}C$ ดังสมการที่ (1) และสามารถทำนายอายุการเก็บได้จากสมการที่ (2)

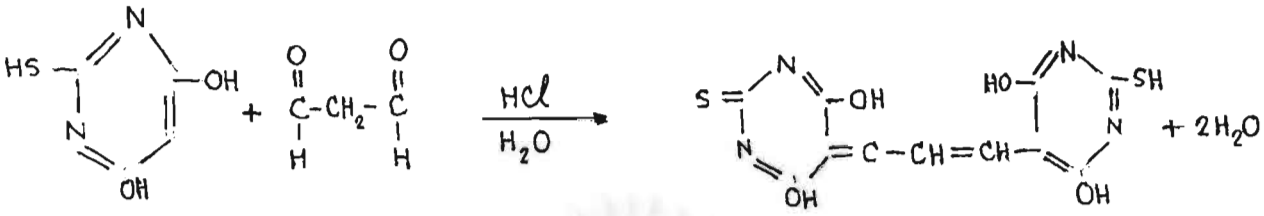
$$Q_{10} = \frac{\text{อายุการเก็บที่อุณหภูมิ } t_1{}^{\circ}C}{\text{อายุการเก็บที่อุณหภูมิ } t_1+10^{\circ}C} \qquad (1)$$

$$Q_{10}^{\Delta/10} = \frac{\text{อายุการเก็บที่อุณหภูมิ } t_1{}^{\circ}C}{\text{อายุการเก็บที่อุณหภูมิ } t_2{}^{\circ}C} \qquad (2)$$

เมื่อ Δ =ผลต่างของ t_1 และ t_2

คุณภาพทางเคมี

Pomeranz และ Meloan (1987) กล่าวว่า ค่า TBA เป็นค่าที่สามารถบ่งบอกถึงความหืนของผลิตภัณฑ์โดยจะมีการเพิ่มจำนวนของ red pigment ในปฏิกิริยาระหว่าง 2-Thiobarbituric acid และ Malonaldehyde ที่เกิดจากปฏิกิริยา oxidative rancidity ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้



TBA Malonaldehyde TBA chromagen

ความเข้มของสีที่เกิดขึ้นสามารถวัดได้เป็นดีกรีของออกซิเดชั่น เป็นมิลลิกรัมมัลโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมของตัวอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

<u>วัตถุดิบ อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีวิเคราะห์</u>

1.วัตถุดิบ วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง มีดังนี้

จมูกข้าวสาลี (wheat germ) จากบริษัท ยูไนเต็ดฟลาวมิลล์ จำกัด (มหาชน)

ปลายข้าวเหนียวที่มีปริมาณอะไมโลส 1.5% (วิธีวิเคราะห์ในภาคผนวก ก.8) จากตลาดบางแค

ถั่วลิสงพันธุ์ ลำปาง จากตลาดสามย่าน

น้ำผึ้ง ตราเวชพงษ์ มีกรด 0.02%(วิธีวิเคราะห์ในภาคผนวก ก.9) ความหนืด 5016cp มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 83.3%(วิธีวิเคราะห์ในภาคผนวก ก.6)

มอลโตสไซรัป ตรากระต่าย ที่มีค่า DE 38 (วิธีวิเคราะห์ในภาคผนวก ก.17)

2. อุปกรณ์

เครื่องชั่งหยาบ (Sartorius: model 0554-38)

เครื่องชั่งละเอียด (Sartorius: model BP3105)

ตู้อบลมร้อน Binder IP20

เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texturometer) รุ่น TA-XT2

เครื่องวัดสี Chroma meter minolta รุ่น CR 300 series

Spectrophotometer Jasco SSE 343

ชุดสกัดไขมัน Soxhlet บริษัท Gerhardt

ชุดวิเคราะห์โปรตีน Micro Kjeldahl บริษัท Gerhardt

เตาเผา (furnace) Fisher scientific model Isotemp

เครื่องทำแห้ง fluidized bed dryer รูปแสดงในภาคผนวก ง.

เครื่องวัดความเร็วลม Anemometer digicon DA42

3. สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์และตรวจสอบ

กรดซัลฟุริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4)

กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล (HCl 0.1N)

โซเดียมไฮดรอกไซด์ 50% (NaOH)

กรดบอร์ริก 4% (H_3BO_3)

คะตะลิส (catalyst) ประกอบด้วย คอบเปอร์ซัลเฟต และโปรแตสเซียมซัลเฟต

ปิโตรเลียม อีเทอร์ (Petroleum ether)

กรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1.25% (H_2SO_4 1.25%)

โซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% (NaOH 5%)

กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1 นอร์มอล (HCl 1N)

เอทิลแอลกอฮอล์ (ehyl alcohol 95%)

Na_2SO_4

โซเดียมโปตัสเซียมทาร์เทรด

Na_2CO_3

$NaHCO_3$

$CuSO_4.5H_2O$

แอมโมเนียมโมลิบเดท

โซเดียมไฮโดรเจนอาซิเนท

สารละลายฟีนอล 5%

สารละลายกลูโคสมาตรฐาน

อะไมโลสบริสุทธิ์จาก potato type III, sigma

สารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 1นอร์มอล (NaOH 1N)

สารละลาย กรดอะซิตริก เข้มข้น 1นอร์มอล (CH_2COOH 1N)

สารละลายไอโอดีน (iodine 0.2 กรัม และ potassium iodine 2.0 กรัม ในน้ำ 10 มิลลิลิตร)

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล

Phenolpthalene

สารละลาย guaiacol 0.5%

สารละลาย hydrogen peroxide 0.08%

สารละลาย2-thiobarbituric acid 0.2883 กรัมใน glacial acetic acid 90 มิลลิลิตรและน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร

สารละลาย ไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 4 โมล (HCl 4 M)

4. การวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี

อัตราส่วนการพองตัวของข้าว (expansion ratio) โดยคำนวณจาก

อัตราส่วนการพองตัว = ปริมาตรของข้าวพอง/ปริมาตรของข้าวสาร

ปริมาตรการพองตัว (expansion volume) โดยเอาข้าวพองที่ได้ทั้งหมดมาแทนที่ด้วยเมล็ดงา (seed displacement) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก.18 แล้วเอาปริมาตรที่ได้มาคำนวณ ดังนี้

ปริมาตรการพองตัว = ปริมาตรของข้าวพอง/ น้ำหนักของข้าวสาร

วิเคราะห์ความชื้น (AOAC, 1995) ภาคผนวก ก.1

ปริมาณโปรตีน (AOAC, 1995) ภาคผนวก ก.3

ปริมาณไขมัน (AOAC, 1995) ภาคผนวก ก.4

ปริมาณเส้นใย (AOAC, 1995) ภาคผนวก ก.5

ปริมาณเถ้า (AOAC, 1995) ภาคผนวก ก.2

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1995)

ปริมาณอะไมโลส (Juliano, 1971) ภาคผนวก ก.8

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Somogyi, 1952) ภาคผนวก ก.6

ค่า Dextrose Equivalent (DE) ภาคผนวก ก.17

ค่าความเป็นกรด (AOAC, 1990) ภาคผนวก ก.9

5. การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

ในการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสมีรายละเอียดดังนี้

-ผู้ทดสอบ ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน (semi-train)

-สถานที่ ภาชนะบรรจุ และการเตรียมตัวอย่าง

สถานที่ในการประเมิน ใช้ห้องวิจัยปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาชนะบรรจุ ใช้จานพลาสติกสีขาว

ปริมาณตัวอย่าง ตัวอย่างเป็นแท่งสี่เหลี่ยมขนาด 2x2x1.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อ 1 ตัวอย่าง

อุณหภูมิของตัวอย่าง จัดตัวอย่างให้ทดสอบที่อุณหภูมิห้อง และมีการล้างปากด้วยน้ำสะอาดที่ไม่มีรส อุณหภูมิห้องก่อนประเมินตัวอย่างใหม่ทุกครั้ง

-ในการประเมินตัวอย่างทางประสาทสัมผัส ใช้แบบสอบถาม ตัวอย่างแบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ข.

-วิเคราะห์ทางสถิติด้วย Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1957) โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

6. การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

-ตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยใช้ Standard Plate Count Method รายละเอียดในภาคผนวก ก.12

-ตรวจสอบจำนวนยีสต์และรา โดยใช้ Yeast and Mold Plate Count Method รายละเอียดในภาคผนวก ก.13

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้แบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอน โดยในขั้นตอนแรกเป็นการเตรียมวัตถุดิบ ศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมวัตถุดิบแต่ละชนิดเพื่อใช้ในการผลิตในขั้นตอนที่ 2 และอายุการเก็บรักษาในขั้นตอนที่ 3

1. <u>การเตรียมวัตถุดิบ</u>

1.1 <u>จมูกข้าวสาลี</u>

เตรียมจมูกข้าวสาลีโดยนำจมูกข้าวสาลี 100 กรัม ไปอบในเครื่องทำแห้ง (fluidized bed dryer) โดยใช้ลมร้อนที่ความเร็วลม 1.2 m/s แปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบเป็น 80, 100, 120°C และ 5, 10, 15 นาทีตามลำดับ นำจมูกข้าวสาลีที่ผ่านการอบไปประเมินผลทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมโดยใช้ผู้ทดสอบชิม 15 คนใช้แบบทดสอบ scoring test วางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ randomized complete block เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range (Cochran and Cox, 1957) ประเมินผลโดยเลือกจมูกข้าวสาลีที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด แล้วนำไปวิเคราะห์ความชื้น ไขมัน เถ้า เส้นใย ปริมาณโปรตีน และปริมาณคาร์โบไฮเดรต

1.2 ปลายข้าวเหนียว

1.2.1 เวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนด้วยไอน้ำเดือด

นำปลายข้าวเหนียวที่จะนำมาทดลองไปหาปริมาณอะไมโลส เตรียมปลายข้าวเหนียวพองโดยนำปลายข้าวเหนียวไปล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ 2 ครั้ง จากนั้นแช่น้ำนาน 14 ชั่วโมง โดยใช้ข้าวเหนียว 100 กรัม ต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร หลังจากนั้นสะเด็ดน้ำแล้วนำไปให้ความร้อนด้วยไอน้ำเดือด โดยนึ่งในลังถึง โดยแปรเวลาที่ใช้เป็น 5, 10 และ15นาที แล้วนำไปอบเพื่อปรับให้มีความชื้น 14± 0.5%(wet basis) ก่อนที่จะนำไปทอดโดยใช้น้ำมันพืชที่ 190°C เวลา 1 นาที นำปลายข้าวเหนียวพองที่ได้ไปวัดอัตราส่วนการพองตัวและปริมาตรการพองตัววางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Completely randomized design เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ประเมินผลโดยเลือกปลายข้าวพองที่มีปริมาตรการพองตัวและอัตราส่วนการพองตัวของเมล็ดข้าวสูงที่สุด

1.2.2 ความชื้นของปลายข้าวเหนียวก่อนทอด

นำปลายข้าวเหนียวที่ได้รับการคัดเลือกจากการให้ความร้อนด้วยไอน้ำเดือด มาปรับความชื้นเป็น 12, 14 และ 16 % (wet basis)โดยอบในตู้อบที่ 60°C นานประมาณ 4 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 1 ชั่วโมง ตามลำดับ นำไปทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 190°C เวลา 1 นาที วางแผนการทดลอง ประเมินผลและวิเคราะห์ข้อมูลเช่นเดียวกับข้อ 1.2.1

1.2.3 อุณหภูมิที่ใช้ทอด นำปลายข้าวเหนียวที่ผ่านการเตรียมตามภาวะที่ได้รับการคัดเลือกในข้อ 1.2.1 และ 1.2.2 มาศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ทอด โดยแปรอุณหภูมิที่ใช้ทอดเป็น 170, 180 และ 190°C เวลา 1นาที ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1.2.1

นำปลายข้าวเหนียวพองที่ผ่านการเตรียมที่เหมาะสมตามภาวะในข้อ 1.2.1 1.2.2 และ 1.2.3 ไปวิเคราะห์ความชื้น ไขมัน เถ้า เส้นใย ปริมาณโปรตีน และปริมาณคาร์โบไฮเดรต

1.3. ถั่วลิสง

เตรียมถั่วลิสงคั่วโดยใช้ถั่วลิสงพันธุ์ลำปางโดยนำถั่วลิสงมาเลือกเมล็ดที่เสียออก ล้างด้วยน้ำ ชั่งน้ำหนัก 2 กิโลกรัม ใส่ในเครื่องคั่วที่อุณหภูมิ 160°C นาน 10 นาที ตามการทดลองของ มานะ จึงตระกูล (2533) จากนั้นทิ้งให้เย็น เอาเปลือกออก นำมาบด และแยกขนาดโดยเลือกใช้

ถั่วลิสงคั่วที่มีขนาด 7 เมช ทำการวิเคราะห์ความชื้น ไขมัน เถ้า เส้นใย ปริมาณโปรตีน และปริมาณคาร์โบไฮเดรต

2. ขั้นตอนการผลิต

สร้างสูตรอาหารโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นช่วยในการคำนวณโดยมีเป้าหมายให้ได้ราคาต่ำสุดและมีข้อกำหนดทางโภชนาการคือ พลังงาน โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของปริมาณที่แนะนำให้รับประทานต่อวัน (Mauro and Wang, 1997) นำสูตรที่ได้มาผ่านกรรมวิธีการผลิตตามรูปที่ 7

2.1 ปริมาณน้ำผึ้งและมอลโตสไซรัปที่เหมาะสมในการผลิต

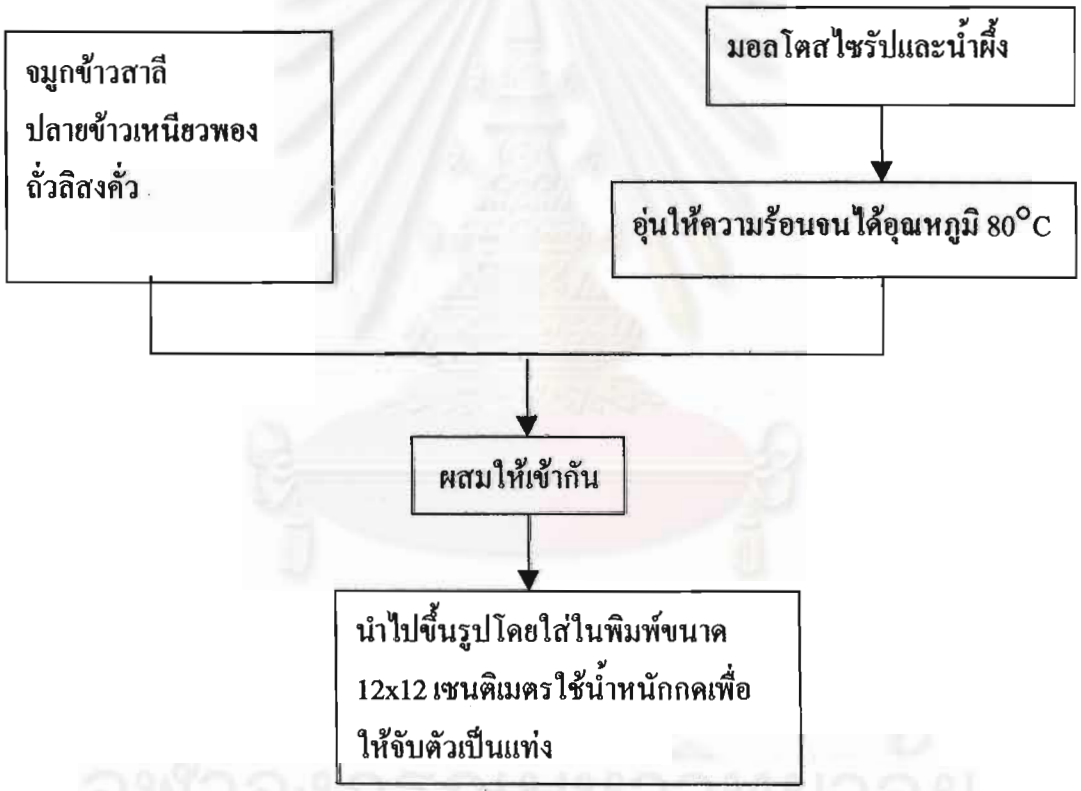
แบ่งการทดลองเป็น 3 ชุด คือ ชุดที่ 1 ใช้มอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:6 20:10 และ 20:14 การทดลองชุดที่ 2 ใช้มอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 40:6 40:10 และ 40:14 สำหรับการทดลองชุดที่ 3 ใช้มอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:6 60:10 และ 60:14 โดยใช้วัตถุดิบที่เป็นของแข็ง 100 กรัมต่อส่วนที่เป็นของเหลว 30 กรัม ใช้น้ำหนัก 3 กิโลกรัมกดทับบนพิมพ์ขนาด 12x12 ตารางเซนติเมตร เพื่อให้วัตถุดิบจับตัวกันเป็นแท่ง วัดค่าสี ความแข็ง (hardness) และประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมใช้แบบทดสอบ scoring test ตัวอย่างแบบทดสอบแสดงในภาคผนวกข. วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ randomized complete block เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range ประเมินผลโดยเลือกผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด

2.2 น้ำหนักกดทับที่ใช้เพื่อให้จับตัวเป็นแท่ง ผลิตภัณฑ์ตามภาวะที่คัดเลือกในแต่ละชุดจากข้อ 2.1 โดยแปรปริมาณน้ำหนักที่ใช้กดทับเป็น 1, 3 และ 5 กิโลกรัม ตามลำดับ ประเมินผลเช่นเดียวกับข้อ 2.1

นำผลิตภัณฑ์จากสูตรที่ได้แต่ละชุดจากข้อ 2.2 มาทดสอบทางประสาทสัมผัส แบบ Ranking Test คัดเลือกสูตรที่ผู้ทดสอบชอบมากที่สุดแล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากสูตรที่คัดเลือกได้ไปวิเคราะห์ ความชื้น ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา

3. ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบชอบมากที่สุดบรรจุในถุง 2 ชนิด คือ OPP/metallized/PP และ OPP/metallized/PET ศึกษาอายุการเก็บรักษาในภาวะเร่งโดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) อุณหภูมิ 40°C และอุณหภูมิ 50°C ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ นำผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 40°C และผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 50°C มาตรวจคุณภาพทุกๆ 1 สัปดาห์ โดยตรวจวิเคราะห์ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริค (TBA) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา และตรวจสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน ใช้แบบทดสอบ Hedonic scale ตัวอย่างแบบทดสอบแสดงในภาคผนวกข. จากนั้นทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธีของ Labuza (1985)



รูปที่ 7 ขั้นตอนการผลิตอาหารเช้าพร้อมบริโภคอัดแท่งจากธัญพืช

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การเตรียมวัตถุดิบ

4.1.1 การอบจมูกข้าวสาลี

นำจมูกข้าวสาลี (wheat germ) ไปอบด้วยเครื่อง fluidized bed dryer ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ กันแล้วนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ ความชอบรวม ใช้แบบทดสอบ scoring test โดยผู้ทดสอบจำนวน 15 คนได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจมูกข้าวสาลีอบที่ภาวะต่างๆ

ภาวะที่ใช้อบ		สี(คะแนนเต็ม 10)	กลิ่น(คะแนนเต็ม10)	รสชาติ (คะแนนเต็ม 20)	ความชอบรวม(คะแนนเต็ม10)
อุณหภูมิ(^{o}C)	เวลา(นาที)				
80	5	8.67^{a}±0.87	5.97^{c}±1.11	11.90^{b}±0.79	6.53^{c}±1.16
	10	8.07^{bc}±0.67	6.33^{b}±0.90	12.03^{b}±0.62	6.53^{c}±0.90
	15	8.35^{b}±0.77	6.57^{ab}±0.83	11.70^{b}±0.79	6.87^{c}±0.79
100	5	8.23^{b}±0.67	5.87^{c}±0.99	11.80^{b}±0.75	6.57^{c}±0.79
	10	8.47^{b}±0.67	6.40^{ab}±0.94	12.10^{b}±0.72	6.83^{c}±0.85
	15	7.47^{c}±0.67	7.53^{a}±0.87	13.37^{a}±0.65	7.90^{a}±0.86
120	5	8.50^{a}±0.72	7.05^{ab}±0.99	12.87^{a}±0.49	7.50^{ab}±0.99
	10	8.47^{b}±0.67	6.88^{ab}±1.07	13.17^{a}±0.51	7.43^{ab}±0.67
	15	2.03^{d}±0.67	3.90^{d}±0.99	7.10^{c}±0.51	4.77^{d}±0.58

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

นำจมูกข้าวสาลีที่อบด้วยเครื่องfluidized bed dryer ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ กัน ไปวัดสีด้วยเครื่องวัดสี Minolta CR-300 series และทดสอบ Peroxidase activity ได้ผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวัดสีจมูกข้าวสาลีอบด้วยเครื่องวัดสี และการวัดค่า Peroxidase activity

ภาวะที่ใช้		L	a	b	Peroxidase activity*
อุณหภูมิ(°C)	เวลา(นาที)				
80	5	64.33±3.82	+1.83±0.32	+28.80±1.81	+5
	10	58.31±6.26	+2.13±0.62	+26.05±2.02	+5
	15	59.68±6.12	+1.56±0.25	+25.89±1.96	+4
100	5	54.44±3.91	+1.95±0.26	+25.47±1.80	+4
	10	71.75±1.81	+2.49±0.57	+33.69±1.68	+4
	15	57.73±9.61	+1.60±0.24	+24.98±3.43	+3
120	5	57.11±4.77	+1.61±0.52	+25.96±1.79	+3
	10	62.32±6.40	+1.74±0.22	+27.82±2.44	+2
	15	43.72±2.92	+7.58±0.72	+25.38±1.77	+1

*หมายเหตุ: 0 = ไม่มีสี เอนไซม์ถูกทำลายหมด, +5 = จมูกข้าวสาลีสดที่มี activity ของเอนไซม์สูงที่สุด

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการใช้ภาวะการอบที่ต่างกันจะให้จมูกข้าวสาลีที่มีสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ถ้าใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นและเวลาที่นานขึ้นค่าสี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวมจะมีค่าสูงขึ้น จนเมื่อใช้อุณหภูมิ ที่ 120°C ผู้บริโภคให้การยอมรับลดลงเนื่องจากมีกลิ่นไหม้และรสขม เมื่อพิจารณาร่วมกับความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมจมูกข้าวสาลีโดยใช้เครื่อง fluidized bed dryer คือที่ภาวะการอบที่อุณหภูมิ 100°C นาน 15 นาที จากนั้นนำจมูกข้าวสาลีที่เลือกไปศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ได้ผลดังตารางที่ 6 เพื่อใช้ในการหาสูตรของผลิตภัณฑ์ในขั้นต่อไป

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของจมูกข้าวสาลี

องค์ประกอบ	ปริมาณ(ร้อยละ)
ความชื้น	8.71±1.26
โปรตีน	28.27±1.66
คาร์โบไฮเดรต	50.04±0.69
ไขมัน	15.83±0.37
เส้นใย	1.59±0.09
เถ้า	4.27±0.09

4.1.2 การเตรียมปลายข้าวเหนียวพอง

ขั้นตอนในการเตรียมปลายข้าวเหนียวพองประกอบด้วยขั้นตอนการให้ความร้อนด้วยไอน้ำ การปรับความชื้นก่อนทอด และการทอดโดยใช้น้ำมันพืช

การให้ความร้อนด้วยไอน้ำ นำปลายข้าวเหนียวพองโดยนำไปให้ความร้อนด้วยไอน้ำใช้เวลาต่างๆ และปลายข้าวเหนียวนึ่งที่เวลาต่างๆ กัน มีร้อยละการเกิด gelatinization ดังแสดงในตารางที่ 7 แล้วนำปลายข้าวเหนียวนึ่งไปปรับให้มีความชื้นก่อนทอด 14%(wet basis) จากนั้นนำไปทอดโดยใช้น้ำมันที่อุณหภูมิ 190°C นาน 1 นาที วัดปริมาตรการพองตัวและอัตราส่วนการพองตัว พบว่าปลายข้าวเหนียวที่ใช้เวลาในการให้ความร้อนด้วยไอน้ำนาน 10 นาที จะให้ปริมาตรการพองตัวและอัตราส่วนการพองตัวสูงที่สุด ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ร้อยละการเกิด gelatinizationของข้าวที่ให้ความร้อนด้วยไอน้ำที่เวลาต่างๆ

เวลาที่ใช้นึ่ง(นาที)	ร้อยละของการเกิด gelatinization
5	20
10	60
15	90

จากการวิเคราะห์การเกิดเจลลาติไนเซชั่นของปลายข้าวเหนียวที่ให้ความร้อนด้วยไอน้ำที่ใช้เวลาต่างๆ พบว่าถ้าใช้เวลานานขึ้นร้อยละของการเกิดเจลลาติไนเซชั่นจะมีค่าเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 8 ผลการทดลองการทอดข้าวพองโดยแปรเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนด้วยไอน้ำวัดปริมาตรการพองตัวและอัตราส่วนการพองตัว

เวลาที่ใช้ในการให้ความร้อน (นาที)	ปริมาตรการพองตัว (cm^3/g)	อัตราส่วนการพองตัว
5	$3.99^{b}\pm0.28$	$3.33^{b}\pm0.24$
10	$6.35^{a}\pm0.50$	$5.29^{a}\pm0.42$
15	$3.47^{b}\pm0.32$	$2.90^{b}\pm0.27$

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq0.05$)

ความชื้นของปลายข้าวเหนียวนึ่งก่อนทอด ปรับความชื้นของปลายข้าวเหนียวที่นึ่งด้วยไอน้ำเดือดนาน 10 นาที ให้มีความชื้น 12 14 และ 16% แล้วนำไปทอดด้วยน้ำมันอุณหภูมิ 190°C นาน 1 นาที วัดปริมาตรการพองตัวและอัตราส่วนการพองตัว ได้ผลดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการทดลองการทอดข้าวพองโดยแปรความชื้นก่อนทอดวัดปริมาตรการพองตัวและอัตราส่วนการพองตัว

ความชื้นก่อนทอด(%)	ปริมาตรการพองตัว(cm^3/g)	อัตราส่วนการพองตัว
12	$2.00^{c}\pm0.0023$	$1.67^{c}\pm0.0001$
14	$6.10^{a}\pm0.4163$	$4.83^{a}\pm0.3468$
16	$3.80^{b}\pm0.0010$	$3.21^{b}\pm0.0830$

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq0.05$)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติปลายข้าวเหนียวที่ให้ความร้อนด้วยไอน้ำนาน 10 นาทีเมื่อนำไปปรับให้มีความชื้นก่อนทอด 14%(wet basis) จากนั้นนำไปทอดโดยใช้น้ำมันที่อุณหภูมิ 190°C นาน 1 นาที จะให้ปริมาตรการพองตัวและอัตราส่วนการพองตัวสูงที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับภาวะอื่น

<u>อุณหภูมิที่ใช้ทอด</u> ปลายข้าวเหนียวที่ให้ความร้อนด้วยไอน้ำนาน 10 นาที ปรับให้มีความชื้น 14% จากนั้นนำมาทอดโดยใช้น้ำมันนาน 1 นาที โดยใช้อุณหภูมิในการทอดต่างกัน แล้วนำไปวัดปริมาตรการพองตัวและอัตราส่วนการพองตัว ดังตารางที่ 10

<u>ตารางที่ 10</u> ผลการทดลองการทอดข้าวพอง โดยแปรอุณหภูมิที่ใช้ทอดวัดปริมาตรการพองตัวและอัตราส่วนการพองตัว

อุณหภูมิที่ใช้ทอด($^{\circ}$C)	ปริมาตรการพองตัว(cm^3/g)	อัตราส่วนการพองตัว
170	$3.45^{c}\pm0.30$	$2.88^{c}\pm0.25$
180	$4.50^{b}\pm0.48$	$3.75^{b}\pm0.40$
190	$6.50^{a}\pm0.12$	$5.42^{a}\pm0.10$

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq0.05$)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติปลายข้าวเหนียวที่ให้ความร้อนด้วยไอน้ำนาน 10 นาทีเมื่อนำไปปรับให้มีความชื้นก่อนทอด 14%(wet basis) จากนั้นนำไปทอดโดยใช้น้ำมันที่อุณหภูมิ 190°C นาน 1 นาที จะให้ปริมาตรการพองตัวและอัตราส่วนการพองตัวสูงที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับภาวะอื่น

จากการทดลองทั้ง 3 ขั้นตอนพบว่าภาวะที่ใช้ในการเตรียมปลายข้าวเหนียวพองคือ การให้ความร้อนด้วยไอน้ำนาน 10 นาที ปรับให้มีความชื้น 14% นำไปทอดด้วยน้ำมันที่อุณหภูมิ 190°C นาน 1นาที นำปลายข้าวเหนียวพองดังกล่าวไปศึกษาองค์ประกอบทางเคมีซึ่งได้ผลดังตารางที่ 11

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11 องค์ประกอบทางเคมีของปลายข้าวเหนียวพองที่ได้จากการนึ่งปลายข้าวเหนียวด้วยไอน้ำเดือดนาน 10 นาที ปรับให้มีความชื้นก่อนทอด 14% นำไปทอดในน้ำมันพืชอุณหภูมิ 190°C นาน 1 นาที

องค์ประกอบ	ปริมาณ(ร้อยละ)
ความชื้น	3.94±0.10
โปรตีน	3.48±0.003
คาร์โบไฮเดรต	73.96±0.52
ไขมัน	22.22±2.50
เส้นใย	0.13±0.001
เถ้า	0.21±0.001

4.1.3 ถั่วลิสงคั่ว

ถั่วลิสงคั่ว เตรียมโดยใช้เครื่องคั่วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 160°C นาน 10 นาที นำไปศึกษาองค์ประกอบทางเคมีได้ผลดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วลิสงพันธุ์ลำปางคั่วที่อุณหภูมิ 160°C นาน 10 นาที

องค์ประกอบ	ปริมาณ(ร้อยละ)
ความชื้น	0.80±0.16
โปรตีน	28.60±0.30
คาร์โบไฮเดรต	15.40±0.29
ไขมัน	47.00±0.52
เส้นใย	2.10±0.49
เถ้า	2.52±0.003

จากขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ วิเคราะห์องค์ประกอบของวัตถุดิบที่ภาวะที่เหมาะสมในการเตรียม ได้ผลดังตารางที่ 13 นำมาสร้างสูตรผลิตภัณฑ์อาหารเช้าพร้อมบริโภคอัดแท่งจากธัญพืชโดยใช้โปรแกรม Multiple linear regression โดยให้มีคุณค่าทางอาหารตามที่ Thai RDI แนะนำให้บริโภคต่อวัน ตารางที่ 14 และให้มีราคาต่ำที่สุดตามราคาของวัตถุดิบที่แสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 13 คุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบต่อปริมาณที่รับประทานได้ 100 กรัม

วัตถุดิบ	พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน(กรัม)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	ใยอาหาร (กรัม)
จมูกข้าวสาลี	455.71	28.27	15.83	50.04	1.59
ปลายข้าวเหนียวพอง	509.74	3.48	22.22	73.96	0.13
ถั่วลิสงคั่ว	599	28.60	47.00	15.40	2.10

ค่าพลังงานได้จากการคำนวณโดย โปรตีนให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม ไขมันให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม และคาร์โบไฮเดรตให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม

ตารางที่ 14 ข้อจำกัดทางด้านคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าพร้อมบริโภคอัดแท่งจากธัญพืช

สารอาหาร	ปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน*	25%ของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน
พลังงาน(กิโลแคลอรี่)	2000	500
โปรตีน(กรัม)	50	12.5
ไขมัน(กรัม)	65	16.25
คาร์โบไฮเดรต(กรัม)	300	75
ใยอาหาร(กรัม)	25	6.25

* ประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่องฉลากโภชนาการ. ฉบับที่182, 2541

ตารางที่ 15 ราคาวัตถุดิบต่อ 100 กรัม สำรวจเมื่อวันที่ 1 มีนาคม 2542 จากแหล่งที่ซื้อผลิตภัณฑ์

วัตถุดิบ	ราคา(บาท)
จมูกข้าวสาลี	5.0
ปลายข้าวเหนียว	1.5
ถั่วลิสง	3.0
น้ำผึ้ง	4.2
มอลโตส ไซรัป	2.5

4.2 ภาวะการผลิตผลิตภัณฑ์

4.2.1 สัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งที่เหมาะสม

นำองค์ประกอบส่วนที่เป็นของเหลวมาอุ่นให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิ 80°C ใส่ส่วนผสมที่เป็นของแข็งผสมให้เข้ากัน นำไปขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์ และใช้น้ำหนักกดอัดเป็นแผ่นเพื่อนำมาตัดเป็นแท่ง โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 ชุดคือ ชุดที่ 1ใช้อัตราส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:6, 20:10 และ20:14 ชุดที่ 2 ใช้อัตราส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 40:6, 40:10 และ 40:16 และชุดที่ 3ใช้อัตราส่วนของมอลโตส ไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:6, 60:10 และ60:14 นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ใช้แบบทดสอบแบบ scoring test ได้ผลดังตารางที่ 16-20

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ โดยแปรปริมาณมอลโตสไซรัปต่อปริมาณน้ำผึ้งที่ใช้เป็น 20:6 20:10 และ 20:16 และใช้แรงกด 3กิโลกรัม/144ตารางเซนติเมตร

ปริมาณมอลโตสไซรัป: ปริมาณน้ำผึ้ง	การจับตัวเป็นแผ่น ns	รสชาติ ns	ความกรอบ ns	ความชอบรวม ns
20:6	6.05±1.93	6.05±1.56	7.83±1.42	6.15±1.72
20:10	6.76±1.54	6.65±1.99	7.63±1.33	6.83±1.69
20:14	6.98±2.09	7.76±1.80	7.05±1.51	7.24±1.87

ns ไม่มีนัยสำคัญ($p>0.05$)

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวัดค่าความแข็ง (Hardness) โดยใช้เครื่อง Texturometer ได้ผลดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลการวัดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ปริมาณมอลโตสไซรัปต่อปริมาณน้ำผึ้งเป็น 20:6 20:10 และ 20:16 และใช้แรงกด 3กิโลกรัม/144ตารางเซนติเมตร

มอลโตสไซรัป:น้ำผึ้ง	Hardness(g)
20:6	$1727.037^{c}\pm21.997$
20:10	$2070.806^{b}\pm59.998$
20:14	$3380.662^{a}\pm57.26$

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq0.05$)

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:14 20:10 และ 20:6 ไม่มีความแตกต่างกันในด้านการจับตัวเป็นแท่ง รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม แต่เลือกผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:14 เนื่องจากผลิตภัณฑ์อื่นสามารถจับตัวเป็นแท่งได้แต่เมื่อบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในบรรจุภัณฑ์จะมีการแตกหลุดจากกัน

ตารางที่ 18 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ โดยแปรปริมาณมอลโตสไซรัปต่อปริมาณน้ำผึ้งที่ใช้เป็น 40:6 40:10 และ 40:16 และใช้แรงกด 3กิโลกรัม/144ตารางเซนติเมตร

ปริมาณมอลโตสไซรัป: ปริมาณน้ำผึ้ง	การจับตัวเป็นแผ่น	รสชาติ^{ns}	ความกรอบ^{ns}	ความชอบรวม^{ns}
40:6	$6.55^{b}\pm0.95$	6.88 ± 1.01	7.57 ± 1.67	7.57 ± 1.26
40:10	$7.67^{a}\pm0.86$	7.12 ± 1.86	7.53 ± 1.36	7.86 ± 0.90
40:14	$7.98^{a}\pm1.08$	7.32 ± 1.50	7.04 ± 1.55	7.38 ± 1.47

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq0.05$)

ns ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 19 ผลการวัดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ปริมาณมอลโตสไซรัปต่อปริมาณน้ำผึ้งเป็น 40:6 40:10 และ 40:16 และใช้แรงกด 3กิโลกรัม/144ตารางเซนติเมตร

มอลโตสไซรัป:น้ำผึ้ง	Hardness(g)
40:6	1661.705 ^{c}±57.407
40:10	1818.724 ^{b}±18.714
40:14	2263.120 ^{a}±24.752

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกันในด้านรสชาติ ความกรอบและความชอบโดยรวมแต่ผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น40:6 จะมีค่าการจับตัวเป็นแท่งต่ำสุด จึงเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 40:10

ตารางที่20 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ โดยแปรปริมาณมอลโตสไซรัปต่อปริมาณน้ำผึ้งเป็น 60:6 60:10 และ 60:16 และใช้แรงกด 3กิโลกรัม/144ตารางเซนติเมตร

ปริมาณมอลโตสไซรัป: ปริมาณน้ำผึ้ง	การจับตัวเป็นแผ่น ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	ความกรอบ ^{ns}	ความชอบรวม ^{ns}
60:6	7.97±0.95	7.76±1.32	7.32±1.48	7.55±1.25
60:10	8.33±0.80	8.04±0.95	6.98±1.84	7.88±1.25
60:14	8.29±0.91	7.97±1.51	6.38±1.72	7.11±1.38

^{ns} ไม่มีนัยสำคัญ($p>0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่21 ผลการวัดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ปริมาณมอลโตสไซรัปต่อปริมาณน้ำผึ้งเป็น 60:6 60:10 และ 60:16 และใช้แรงกด 3กิโลกรัม/144ตารางเซนติเมตร

มอลโตสไซรัป:น้ำผึ้ง	Hardness(g)
60:6	$2773.389^{b} \pm 21.578$
60:10	$3334.906^{a} \pm 42.112$
60:14	$3388.412^{a} \pm 29.488$

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วน มอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้ง เป็น 60:14 60:10 และ 60:6 ไม่มีความแตกต่างกันในด้านการจับตัวเป็นแท่ง รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม แต่เลือกผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:10 เนื่องจากพิจารณาจากค่าความแข็งแล้วให้ค่าความแข็งสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วน มอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ไม่มีความแตกต่างกับผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วน มอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:14 จึงเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วน มอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:10 เนื่องจากถ้าใช้น้ำผึ้งมากผลิตภัณฑ์จะมีราคาสูงต้นทุนการผลิตจะสูง

4.2.2 แรงกดที่ให้กับผลิตภัณฑ์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์จับตัวเป็นแท่ง

นำผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรที่ได้จากข้อ 4.3.1 มาแปรแรงกดที่ให้กับผลิตภัณฑ์เป็น 1, 3 และ5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบ ใช้แบบทดสอบแบบ scoring test ได้ผลดังตารางที่ 22-27

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่22 ผลการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:14 โดยแปรแรงกดที่ 1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร

ปริมาณมอลโตสไซรัป: น้ำผึ้ง	แรงกด (กก./144 ซม.^{2})	การจับตัวเป็นแท่ง	รสชาติ^{ns}	ความกรอบ	ความชอบรวม
20:14	1	$7.27^{c}\pm0.69$	7.27 ± 1.45	$8.12^{b}\pm0.99$	$7.59^{b}\pm0.52$
	3	$8.24^{b}\pm0.28$	7.87 ± 1.40	$8.64^{ab}\pm0.89$	$8.12^{ab}\pm0.67$
	5	$9.00^{a}\pm0.30$	7.59 ± 1.17	$8.89^{a}\pm0.89$	$8.61^{a}\pm0.83$

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq0.05$)

ns ไม่มีนัยสำคัญ($p>0.05$)

ตารางที่ 23 ผลการวัดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:14 โดยแปรแรงกดที่ให้กับผลิตภัณฑ์เป็น 1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร

มอลโตส ไซรัป: น้ำผึ้ง	แรงกด(kg/144cm^3)	Hardness(g)
20:14	1	$2284.279^{c}\pm30.064$
	3	$2943.542^{b}\pm46.683$
	5	$3643.860^{a}\pm5.8215$

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq0.05$)

ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความชอบโดยรวมสูงสุดคือผลิตภัณฑ์ที่ใช้แรงกด 3 กิโลกรัม/144 ตารางเซนติเมตร

ตารางที่ 24 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 40:10โดยแปรแรงกดที่ 1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร

ปริมาณมอลโตสไซรัป:น้ำผึ้ง	แรงกด (กก./144 ซม.^{2})	การจับตัวเป็นแท่ง	รสชาติ^{ns}	ความกรอบ^{ns}	ความชอบรวม^{ns}
40:10	1	7.06^b±1.64	6.84±1.17	7.57±1.67	7.57±1.27
	3	8.27^a±0.89	6.95±1.92	7.53±1.36	7.86±0.90
	5	8.62^a±0.71	7.06±1.69	7.04±1.55	7.38±1.47

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีนัยสำคัญ($p > 0.05$)

ตารางที่ 25 ผลการวัดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 40:10โดยแปรปริมาณแรงกดที่ให้กับผลิตภัณฑ์เป็น 1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร

มอลโตสไซรัป:น้ำผึ้ง	แรงกด(kg/144cm^3)	Hardness(g)
40:10	1	3850.754^c±43.986
	3	4207.473^b±55.033
	5	6063.181^a±84.694

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างด้านรสชาติ ความกรอบและความชอบโดยรวม ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แรงกด 3 และ 5 กิโลกรัม/144ตารางเซนติเมตร มีการจับตัวเป็นแท่งดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้แรงกด 1 กิโลกรัม/144ตารางเซนติเมตร

ตารางที่ 26 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:10 โดยแปรแรงกดที่ 1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร

ปริมาณมอลโตสไซรัป:น้ำผึ้ง	แรงกด (กก./144 ซม.^{2})	การจับตัวเป็นแท่ง	รสชาติ^{ns}	ความกรอบ^{ns}	ความชอบรวม^{ns}
60:10	1	7.49^b±1.79	6.55±2.41	7.32±1.49	7.55±1.25
	3	8.78^a±0.91	6.61±2.41	6.98±1.84	7.88±1.25
	5	8.82^a±0.94	6.51±2.27	6.37±1.72	7.11±1.38

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq0.05$)

^{ns} ไม่มีนัยสำคัญ($p>0.05$)

ตารางที่ 27 ผลการวัดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:10 โดยแปรปริมาณแรงกดที่ให้กับผลิตภัณฑ์เป็น 1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร

มอลโตส ไซรัป:น้ำผึ้ง	แรงกด(kg/144cm^3)	Hardness(g)
60:10	1	7853.529^b±44.847
	3	8526.625^a±54.839
	5	8590.488^a±91.825

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq0.05$)

ผลิตภัณฑ์ต่างไม่มีความแตกต่างด้านรสชาติ ความกรอบและความชอบโดยรวม ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แรงกด 3 และ 5 กิโลกรัม/144ตารางเซนติเมตรมีการจับตัวเป็นแท่งดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้แรงกด 1กิโลกรัม/144ตารางเซนติเมตร

4.2.3 คัดเลือกสูตรที่ได้รับความชอบสูงที่สุด

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้ง 3 สูตร คือ สูตรที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:14 40:10 และ 60:10 ใช้แรงกด 3 กิโลกรัมต่อ144 ตารางเซนติเมตร มาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบแบบ Ranking test เพื่อคัดเลือกสูตรที่ผู้ทดสอบชอบมากที่สุด ได้ผลดังตารางที่ 28

ตารางที่ 28 ผลการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์เพื่อให้ได้สูตรที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุด ใช้แบบสอบถามแบบ Ranking test ใช้ผู้ทดสอบ 15 คน

	สูตรที่1	สูตรที่2	สูตรที่3
คะแนนความชอบรวมเฉลี่ย	0.3967[a]	-0.2267[b]	-0.1708[b]

ผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบชอบมากที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:14 ใช้แรงกดเพื่อให้ผลิตภัณฑ์จับตัวกัน 3 กิโลกรัม./144 ตารางเซนติเมตร นำผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกได้มาหาองค์ประกอบทางเคมีได้ค่าดังตารางที่ 29

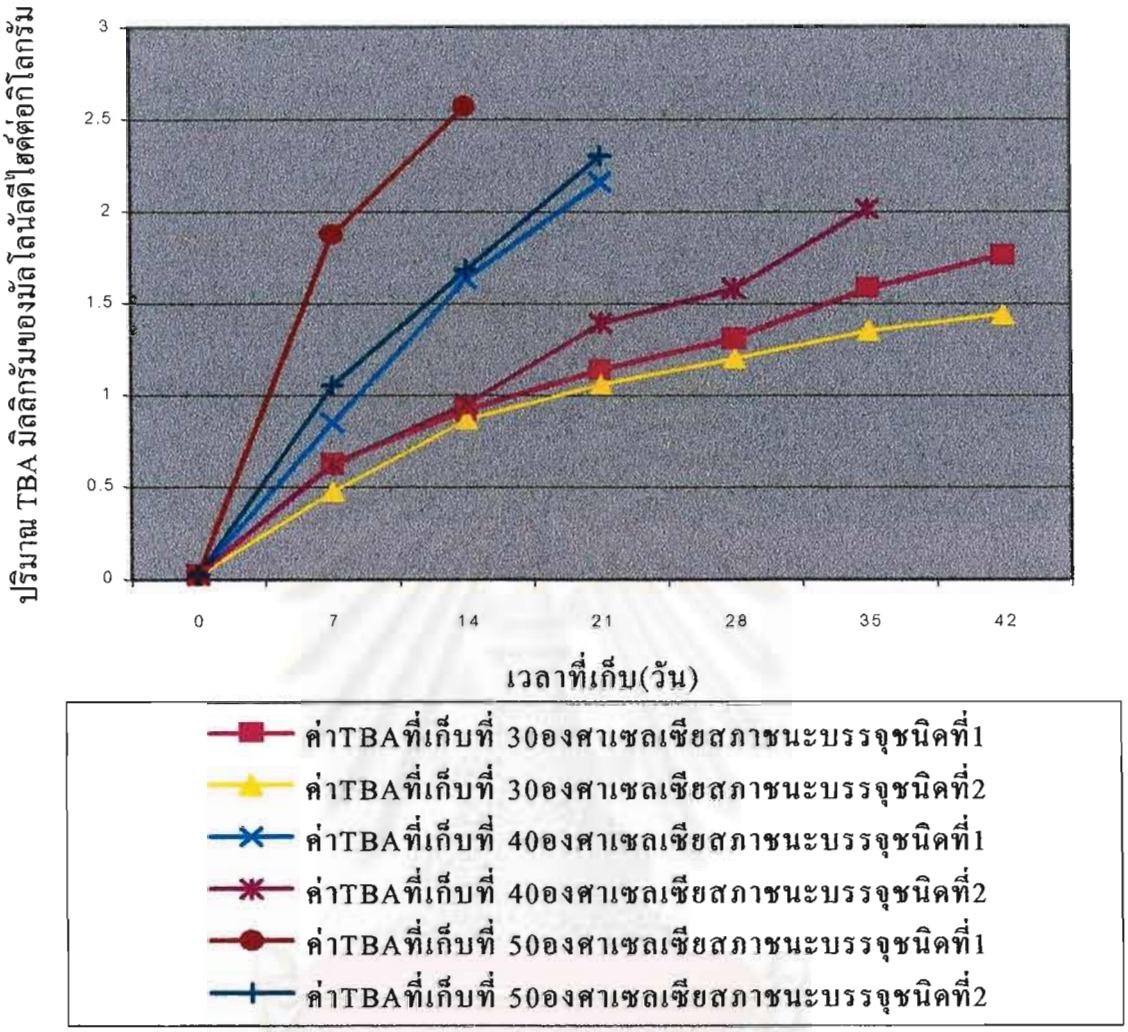
ตารางที่ 29 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์สูตรที่คัดเลือกได้

องค์ประกอบ	ร้อยละ
ความชื้น	6.76±0.26
โปรตีน	17.82±0.25
คาร์โบไฮเดรต	46.55±0.29
ไขมัน	27.28±0.06
เส้นใย	6.66±0.82
เถ้า	1.69±0.06
วิตามิน A	Not detect
วิตามิน B_1	0.06mg
วิตามิน B_2	0.02mg
วิตามิน B_6	0.20mg

4.3 อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

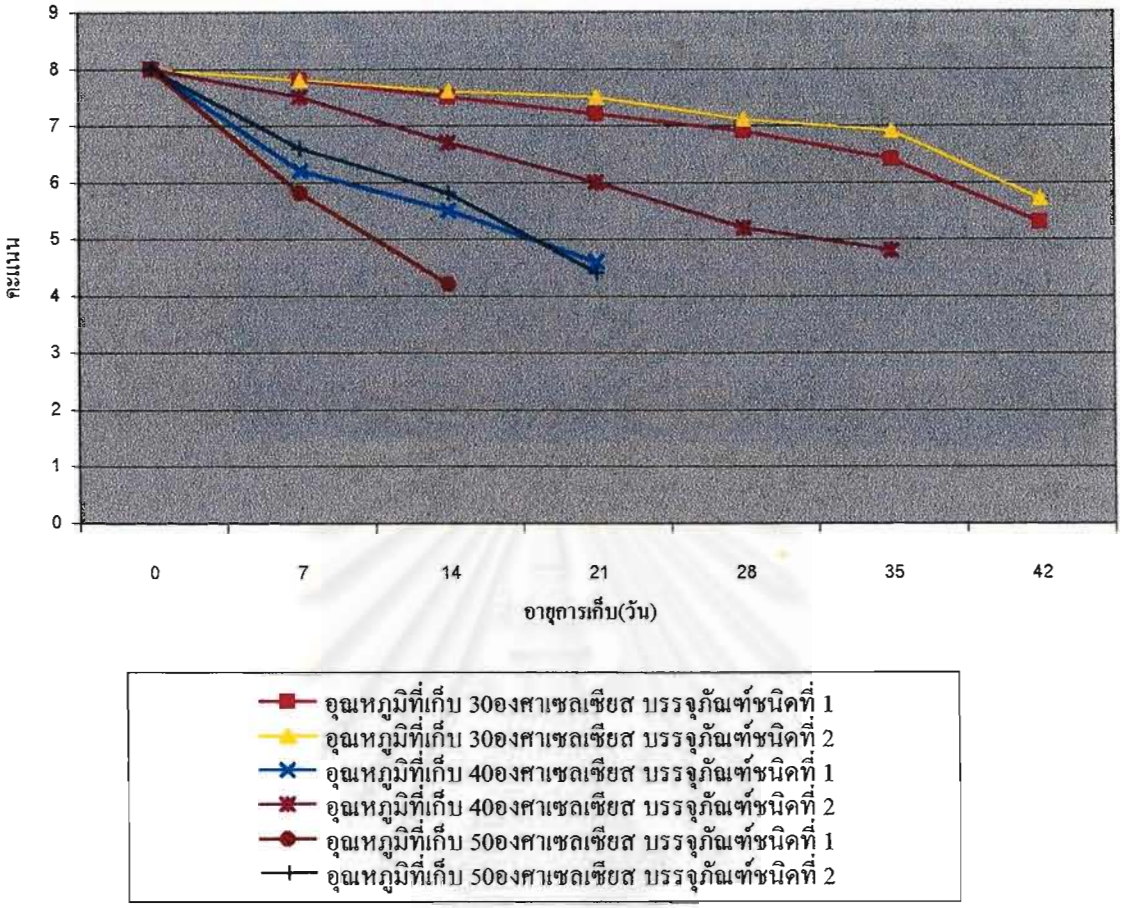
นำผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการคัดเลือกมาศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์โดยบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือถุง OPP/metallized/PP และถุง OPP/metallized/PET เก็บที่อุณหภูมิห้อง (30°C) อุณหภูมิ 40°C และอุณหภูมิ 50°C ตรวจสอบคุณภาพโดยการวัดค่า Thiobarbituric acid (TBA) และการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน ใช้แบบทดสอบ hedonic scale ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



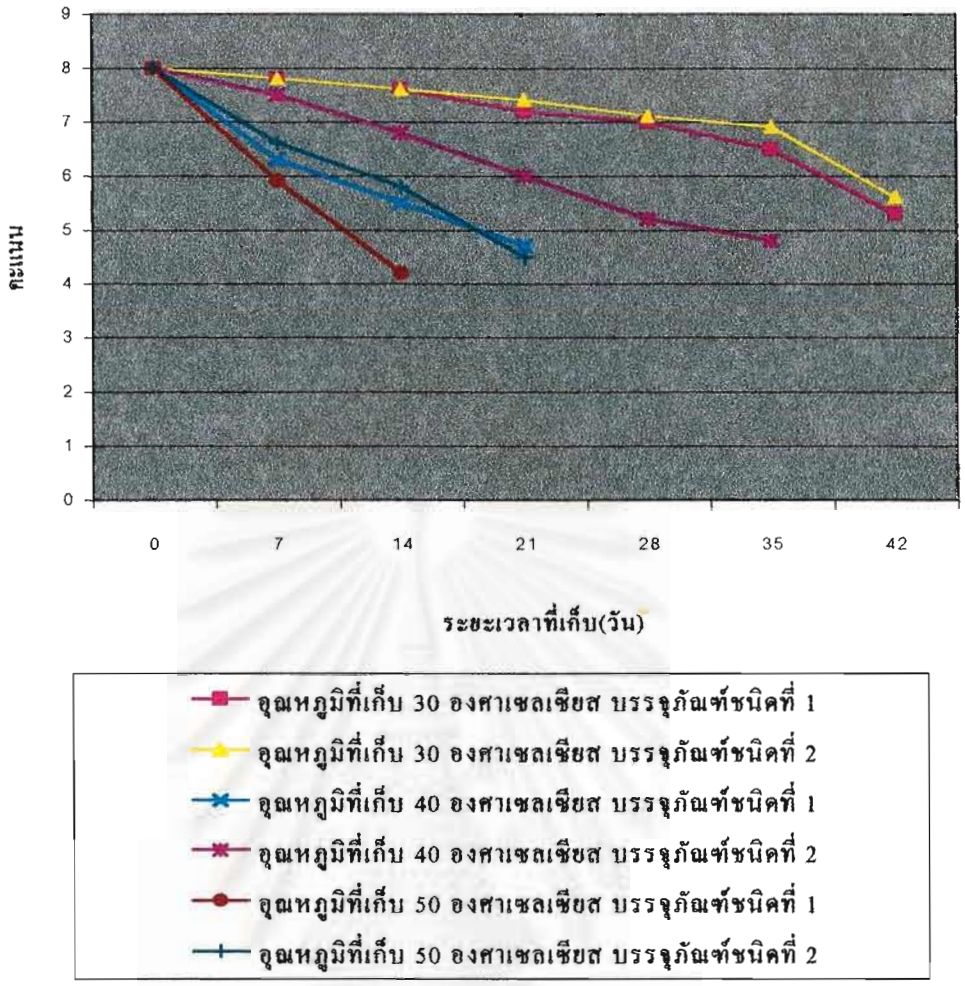
รูปที่ 8 ค่าTBA ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ในภาชนะบรรจุที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปค่า TBA มีค่าเพิ่มขึ้นการเก็บที่อุณหภูมิสูงกว่าค่า TBA จะเพิ่มขึ้นมากกว่าเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า และการเก็บผลิตภัณฑ์ในถุง OPP/metallized/PP จะมีการเพิ่มขึ้นของค่า TBA มากกว่าถุง OPP/metallized/PET ที่เก็บที่อุณหภูมิเดียวกัน



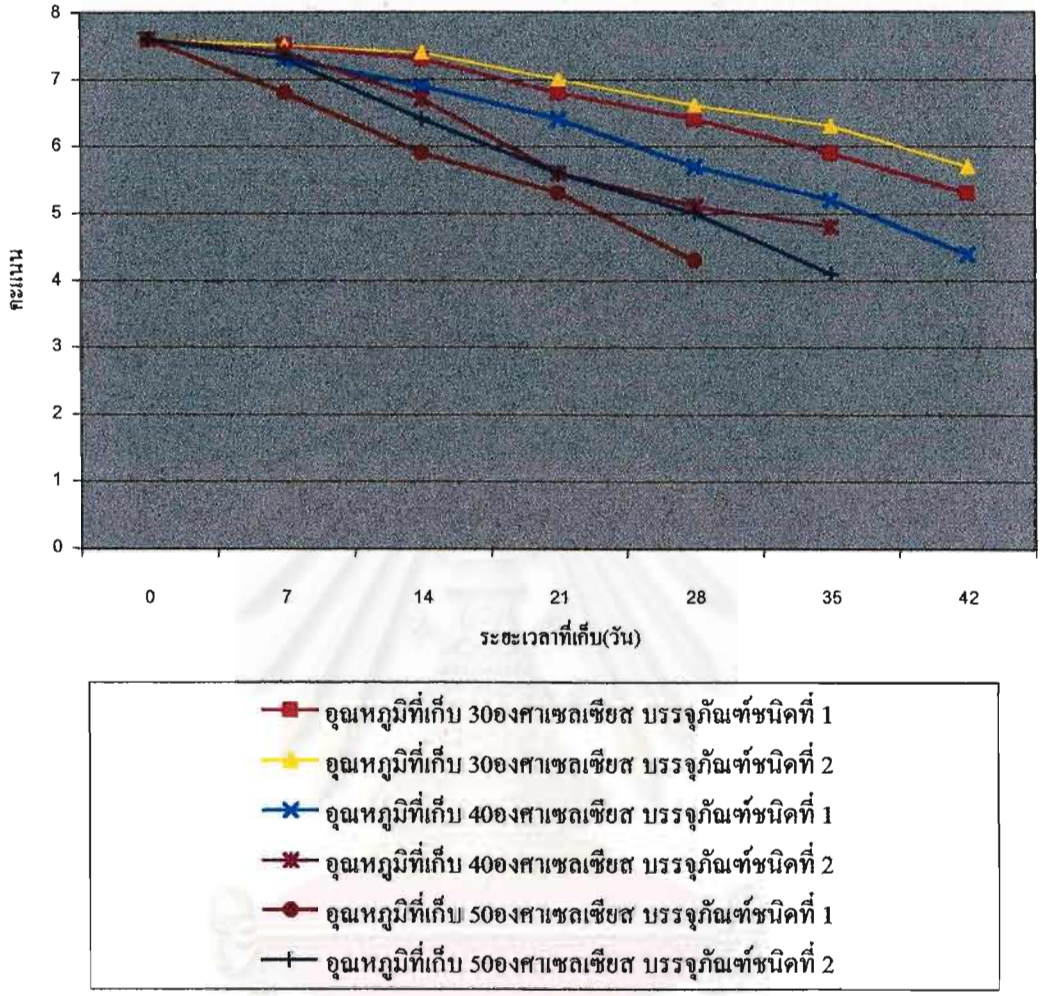
รูปที่ 9 คะแนนด้านสีของผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นานขึ้นคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีมีค่าลดลงถ้าเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูงกว่าคะแนนด้านสีจะมีค่าลดลงมากกว่าเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า สำหรับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในภาชนะบรรจุถุง OPP/metallized/PP จะมีคะแนนด้านสีต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP/metallized/PET ที่ทุกอุณหภูมิที่เก็บ



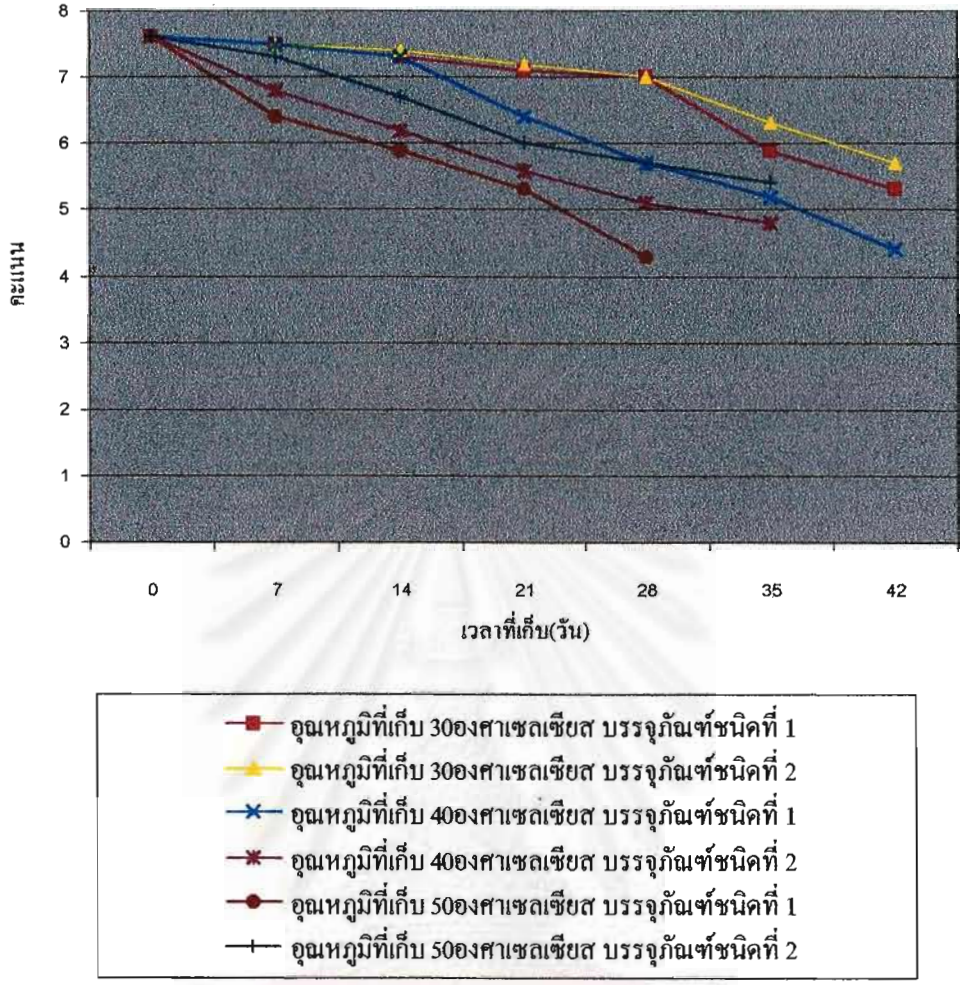
รูปที่ 10 คะแนนด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่ระยะเวลาต่างๆ

เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นานขึ้นคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นมีค่าลดลงถ้าเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูงกว่าคะแนนด้านกลิ่นมีค่าลดลงมากกว่าเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า สำหรับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในภาชนะบรรจุถุง OPP/metallized/PP จะมีคะแนนด้านกลิ่นต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP/metallized/PET ที่ทุกอุณหภูมิที่เก็บ



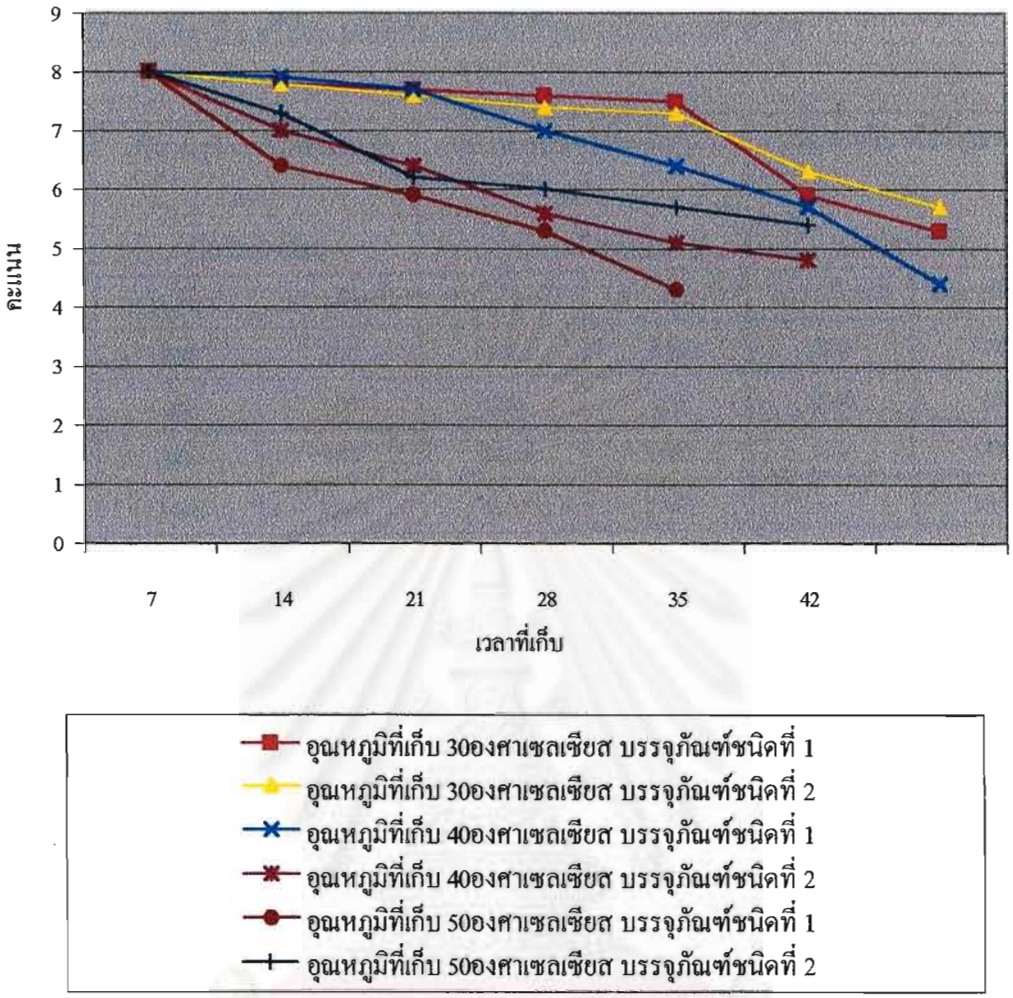
รูปที่11 คะแนนด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ที่มีระยะเวลาเก็บต่างๆ

เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นานขึ้นคะแนนด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง การเก็บที่อุณหภูมิสูงกว่าคะแนนด้านรสชาติจะลดลงมากกว่าการเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า สำหรับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในภาชนะบรรจุถุง OPP/metallized/PP จะมีคะแนนด้านรสชาติต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP/metallized/PET ที่ทุกอุณหภูมิที่เก็บ



รูปที่ 12 คะแนนด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

คะแนนด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เมื่อเวลาเก็บนานขึ้นคะแนนด้านเนื้อสัมผัสจะลดลง การเก็บที่อุณหภูมิสูงกว่าคะแนนด้านเนื้อสัมผัสจะลดลงมากกว่าเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า สำหรับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในภาชนะบรรจุถุง OPP/metallized/PP จะมีคะแนนด้านเนื้อสัมผัสต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP/metallized/PET ที่ทุกอุณหภูมิที่เก็บ



รูปที่13 คะแนนด้านการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์
ที่เก็บที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

คะแนนด้านการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์เมื่อเวลาเก็บนานขึ้นคะแนนด้านการยอมรับรวมมีค่าลดลงการเก็บที่อุณหภูมิสูงคะแนนด้านการยอมรับรวมลดลงมากกว่าการเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า สำหรับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในภาชนะบรรจุถุง OPP/metallized/PP จะมีคะแนนด้านการยอมรับรวมต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง OPP/metallized/PET ที่ทุกอุณหภูมิที่เก็บ

ตารางที่ 30 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

เวลาเก็บ(วัน)	ปริมาณจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิ 30°C (โคโลนี/กรัม)		ปริมาณจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิ 40°C (โคโลนี/กรัม)		ปริมาณจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิ 50°C (โคโลนี/กรัม)	
	บรรจุภัณฑ์1	บรรจุภัณฑ์2	บรรจุภัณฑ์1	บรรจุภัณฑ์2	บรรจุภัณฑ์1	บรรจุภัณฑ์2
0	300	300	300	300	300	300
7	400	500	800	800	1080	920
14	1000	880	1400	1160	1840	1480
21	1400	1300	1800	1760	-	1960
28	1800	1500	-	2000	-	-
35	2000	1800	-	-	-	-

ไม่ได้ตรวจวิเคราะห์

ตารางที่ 31 ปริมาณเชื้อราและยีสต์ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

เวลาเก็บ (วัน)	ปริมาณราและยีสต์ที่อุณหภูมิ30°C (โคโลนี/กรัม)		ปริมาณราและยีสต์ที่อุณหภูมิ40°C (โคโลนี/กรัม)		ปริมาณราและยีสต์ที่อุณหภูมิ50°C (โคโลนี/กรัม)	
	บรรจุภัณฑ์1	บรรจุภัณฑ์2	บรรจุภัณฑ์1	บรรจุภัณฑ์2	บรรจุภัณฑ์1	บรรจุภัณฑ์2
0	ไม่พบโคโลนี*	ไม่พบโคโลนี*	ไม่พบโคโลนี*	ไม่พบโคโลนี*	ไม่พบโคโลนี*	ไม่พบโคโลนี*
7	ไม่พบโคโลนี*	ไม่พบโคโลนี*	50	ไม่พบโคโลนี*	64	40
14	ไม่พบโคโลนี*	ไม่พบโคโลนี*	68	48	80	46
21	56	44	96	68	-	88
28	76	60	-	84	-	-
35	104	80	-	-	-	-

- ไม่ได้ตรวจวิเคราะห์

* ไม่พบโคโลนี ที่ความเข้มข้น 10^{-1}

เมื่ออุณหภูมิที่ใช้เก็บผลิตภัณฑ์สูงขึ้นปริมาณจุลินทรีย์ ยีสต์และราเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเวลาที่เก็บผลิตภัณฑ์นานขึ้นปริมาณจุลินทรีย์ ยีสต์และราเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การเตรียมวัตถุดิบ

5.1.1 การเตรียมจมูกข้าวสาลี (wheat germ)

เนื่องจากในจมูกข้าวสาลีมีเอนไซม์หลายชนิดและปริมาณไขมันสูงจึงเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากปฏิกิริยา oxidation ได้ง่ายทำให้มีอายุการเก็บสั้น การยืดอายุการเก็บสามารถทำได้โดยการยับยั้งเอนไซม์ด้วยความร้อนซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย (Haridas, et al. 1980) และยังทำให้เกิดสารให้กลิ่นอีกด้วย (El-Saharty, et al. 1998) ในงานวิจัยนี้ได้นำจมูกข้าวสาลีไปให้ความร้อนด้วยเครื่อง fluidized bed dryer ที่อุณหภูมิ 80, 100, 120°C นาน 5, 10 และ 15 นาที ใช้ความเร็วลม 1.2 เมตร/วินาที นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความชอบโดยรวม พบว่าจมูกข้าวสาลีที่อบที่อุณหภูมิ 100°C เวลา 15 นาที เมื่อประเมินผลทางประสาทสัมผัสมีคะแนนในด้านต่างๆ สูงที่สุด เนื่องจากเมื่อให้ความร้อนกับจมูกข้าวสาลีจะทำให้เกิดกลิ่นซึ่งเป็นสารพวก pyrazine (El-Saharty, et al. 1998) สูญเสียน้ำทำให้แห้งและกรอบขึ้น และเป็นสีน้ำตาล เนื่องจากในจมูกข้าวสาลีมีน้ำตาลอยู่เมื่อให้ความร้อนเกิดปฏิกิริยา non-enzymatic browning (Fennema, 1996) แต่เมื่อให้ความร้อนสูงขึ้นเป็น 120°C คะแนนด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมจะมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องจาก จมูกข้าวสาลีเกิดการไหม้มีสีน้ำตาลเข้มปนดำ มีกลิ่นเหม็นไหม้และมีรสขม เกิด carramelization มากเกินไป (Fennema, 1996) เมื่อนำไปวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสีจมูกข้าวที่ให้ความร้อนที่ 80 และ 100°C เวลาต่างๆจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังได้วัด peroxidase activity เป็นการวัดกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase เนื่องจาก peroxidase เป็นเอนไซม์ที่ทนความร้อนสูงกว่าเอนไซม์ชนิดอื่น (ศิวาพร ศิวเวชช, 2521) จึงทำการวัดเพื่อศึกษาว่าความร้อนที่ใช้สามารถยับยั้งเอนไซม์ที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนได้หรือไม่ (ศิวาพร ศิวเวชช, 2521) จากการทดลองพบว่าถ้าใช้อุณหภูมิสูงขึ้นและเวลาที่นานขึ้นค่า peroxidase activity จะมีค่าลดลง เมื่อพิจารณาร่วมกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจึงเลือกภาวะที่ใช้ในการอบจมูกข้าวสาลีที่ 100°C เวลา 15 นาที นำจมูกข้าวสาลีที่อบที่ภาวะดังกล่าวไปหาองค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีความชื้นร้อยละ 8.7 โปรตีนร้อยละ 28.3 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 50.0 ไขมันร้อยละ 15.8 เส้นใยร้อยละ 1.6 และเถ้าร้อยละ 4.3 (dry basis)

5.1.2 การเตรียมปลายข้าวเหนียวพอง

เนื่องจากข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลสต่ำ มีปริมาณอะไมโลเพคตินสูง ทำให้มีการดูดน้ำได้ดีและมีการพองตัวสูง (Villareal and Juliano, 1987) ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ปลายข้าวเหนียวเพื่อให้ได้ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่พองกรอบ โดยนำปลายข้าวเหนียวมาล้างทำความสะอาด แช่น้ำโดยใช้ปลายข้าว 100 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร นาน 14 ชั่วโมง เทน้ำออกและทิ้งให้สะเด็ดน้ำ นาน 30 นาที แล้วนำไปศึกษาภาวะต่างๆ ดังนี้

เวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนด้วยไอน้ำเดือด นำปลายข้าวเหนียวมานึ่งด้วยไอน้ำเดือด โดยใช้เวลา 5, 10 และ 15 นาที นำไปวัดค่า %gelatinization แล้วนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60°C ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมงเพื่อปรับให้มีความชื้น 14% แล้วนำไปทอดในหม้อทอดควบคุมอุณหภูมิที่ 190°C เวลา 1 นาที นำไปวัดปริมาตรการพองตัว อัตราส่วนการพองตัว พบว่าถ้าใช้เวลา 10 นาทีจะให้ข้าวพองที่มีปริมาตรการพองตัวและอัตราส่วนการพองตัวสูงที่สุดเกิด gelatinization 60% เนื่องจากการให้ความร้อนด้วยไอน้ำทำให้เกิด gelatinization ไปบางส่วนทำให้เม็ดแป้งในเมล็ดข้าวดูดน้ำไว้เมื่อนำไปให้ความร้อนเกิดการพองตัว(Villareal and Juliano, 1987) ถ้าใช้เวลาในการนึ่งนานเม็ดข้าวจะแตก เกิด gelation มากทำให้เม็ดแป้งแตกเหนียวติดกันการพองตัวจึงเกิดน้อย (กมลทิพย์ มั่นภักดี, 2533)

ความชื้นก่อนทอด นึ่งปลายข้าวเหนียวนาน 10 นาที หลังจากนั้นนำข้าวมาปรับความชื้นก่อนทอดเป็น 12, 14 และ 16% นำไปทอดในหม้อทอดควบคุมอุณหภูมิ 190°C เวลา 1นาที พบว่าเมล็ดข้าวที่มีความชื้น 14% จะให้ปริมาตรการพองตัวและอัตราส่วนการพองตัวสูงที่สุด เช่นเดียวกับการทดลองของ Murugesan and Bhattacharya (1986) ทั้งนี้เนื่องจากว่า เมื่อให้ความร้อนกับข้าวน้ำที่อยู่ในเม็ดแป้งจะระเหยกลายเป็นไอเกิดแรงดันขึ้นถ้าในเมล็ดข้าวมีความชื้นอยู่น้อยแรงดันที่เกิดขึ้นจะน้อยทำให้ข้าวพองตัวได้น้อย แต่ถ้าเมล็ดข้าวมีความชื้นมากแรงดันที่เกิดขึ้นมากเกินไปจะทำให้เม็ดแป้งแตกเกิด disruption เมล็ดข้าวจะยุบตัวปริมาตรการพองตัวและอัตราส่วนการพองตัวจะน้อยดังในการทดลองขั้นก่อน จึงเลือกข้าวที่มีความชื้นก่อนทอด 14%

อุณหภูมิที่ใช้ทอด นำข้าวพองที่นึ่งด้วยไอน้ำนาน 10 นาที มีความชื้นก่อนทอดเป็น 14% นำไปทอดในหม้อทอดควบคุมอุณหภูมิเป็น 170, 180 และ 190°C นำไปวัดปริมาตรการพองตัวและอัตราส่วนการพองตัว พบว่าข้าวที่ทอดที่ 190°C ให้ปริมาตรการพองตัวและอัตราส่วนการพองตัวสูงที่สุดเนื่องจากว่า เมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นน้ำในเม็ดข้าวจะกลายเป็นไออย่างรวดเร็ว มีแรงดันมาก

ทำให้พองตัวได้มาก (Murugesan and Bhattacharya, 1986 และ Chinnaswamy and Bhattacharya, 1983)

นำข้าวพองที่นึ่งด้วยไอน้ำนาน 10 นาทีปรับให้มีความชื้นก่อนทอดเป็น 14% ทอดในหม้อทอดควบคุมอุณหภูมิที่ 190°C ไปหาองค์ประกอบทางเคมีพบว่ามีความชื้นร้อยละ 3.94 โปรตีนร้อยละ 3.48 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 73.96 ไขมันร้อยละ 22.22 เส้นใยร้อยละ 0.13 และเถ้าร้อยละ 0.21 (dry basis)

5.1.3 ถั่วลิสง

คั่วถั่วลิสงทั้งเปลือกด้วยเครื่องคั่วอุณหภูมิ 160°C นาน 10 นาที ตามการทดลองของ มานะ จึงตระกูล (2533) ซึ่งทำการทดลองพบว่าถ้าคั่วถั่วลิสงที่ภาวะดังกล่าวจะให้ถั่วสุกที่สามารถแยกเปลือกออกจากเมล็ดได้ง่าย หลังจากแยกเปลือกออกโดยใช้แล่งแล้ว นำถั่วลิสงคั่วไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีความชื้นร้อยละ 0.8 โปรตีนร้อยละ 28.6 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 15.4 ไขมันร้อยละ 47.0 เส้นใยร้อยละ 2.1 และเถ้าร้อยละ 2.5 (dry basis)

5.2 ภาวะการผลิตผลิตภัณฑ์

นำองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบแต่ละตัวไปคำนวณโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นเพื่อหาปริมาณของวัตถุดิบแต่ละตัวที่ใช้ในสูตรเพื่อให้ได้คุณค่าทางอาหารสำหรับอาหารเช้าตามที่ Thai RDI กำหนด (Mauro and Wang, 1997) จากการคำนวณพบว่าจะต้องใช้วัตถุดิบต่างๆ ดังนี้ จมูกข้าวสาลี 20 กรัม ปลายข้าวเหนียวพอง 40 กรัม และถั่วลิสงคั่ว 40 กรัม นำไปผสมกับวัตถุดิบส่วนที่เป็นของเหลวที่ผ่านการอุ่นให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิ 80°C จากนั้นนำไปขึ้นรูปในพิมพ์อลูมิเนียมรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 12x12 ตารางเซนติเมตร กดทับด้วยแท่งน้ำหนักนาน 10 นาที

5.2.1 สัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้ง

เตรียมผลิตภัณฑ์โดยใช้จมูกข้าวสาลี 20 กรัม ปลายข้าวเหนียวพอง 40 กรัม ถั่วลิสงคั่ว 40 กรัม โดยใช้สัดส่วนของมอลโตสไซรัป (มีค่า DE 38) ต่อน้ำผึ้งเป็น 20:6, 20:10 และ 20:14 นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบใช้แบบทดสอบแบบ scoring test ทดสอบด้านการจับตัวเป็นแท่ง รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อนำไปวัดค่าความแข็ง (hardness) ด้วย Texturometer พบว่าเมื่อใช้ปริมาณน้ำผึ้งเพิ่มขึ้นค่าความแข็งจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำผึ้งที่เพิ่มขึ้นจะทำให้มีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูงขึ้นมีความกรอบลดลงมีความเหนียวเพิ่มขึ้น แม้

แม้ว่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่งเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:14 เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:6 และ 20:10 สามารถจับตัวกันเป็นแท่งได้แต่เมื่อวางทิ้งไว้หรือได้รับความกระเทือนจากการนำไปบรรจุผลิตภัณฑ์จะเกิดการแตก สำหรับผลิตภัณฑ์ที่แปรปริมาณมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 40:6, 40:10 และ 40:14 เมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบใช้แบบทดสอบแบบ scoring test ทดสอบด้านการจับตัวเป็นแท่ง รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม พบว่าสำหรับการจับตัวเป็นแท่งถ้าใช้ปริมาณน้ำผึ้งเพิ่มขึ้นค่าการจับตัวเป็นแท่งจะมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนรสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้วัดค่าความแข็ง (hardness) ด้วย Texturometer พบว่าเมื่อใช้ปริมาณน้ำผึ้งเพิ่มขึ้นค่าความแข็งจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำผึ้งที่เพิ่มขึ้นปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูงขึ้นมีความกรอบลดลงมีความเหนียวเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 40:10 สำหรับผลิตภัณฑ์ที่แปรปริมาณมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วน มอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:14 60:10 และ 60:6 เมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบใช้แบบทดสอบแบบ scoring test ไม่มีความแตกต่างกันในด้านการจับตัวเป็นแท่ง รสชาติ ความกรอบและความชอบโดยรวม เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้วัดค่าความแข็ง (hardness) ด้วย Texturometer พบว่าเมื่อใช้ปริมาณน้ำผึ้งเพิ่มขึ้นค่าความแข็งจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำผึ้งที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูงขึ้นมีความกรอบลดลงมีความเหนียวเพิ่มขึ้น จึงเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:10 เนื่องจากพิจารณาจากค่าความแข็งแล้วให้ค่าความแข็งสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วน มอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ไม่มีความแตกต่างกับผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วน มอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:14 จึงเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วน มอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:10 เนื่องจากถ้าใช้น้ำผึ้งมากผลิตภัณฑ์จะมีต้นทุนการผลิตสูงขึ้น

5.2.2 แรงกดที่ให้กับผลิตภัณฑ์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์จับตัวกันเป็นแท่ง

นำผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกจากข้อ 5.2.1 คือผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:14, 40:10 และ60:10 มาแปรแรงกดที่ให้กับผลิตภัณฑ์เป็น 1 กิโลกรัม, 3 กิโลกรัมและ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านการจับตัวเป็นแท่ง รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม พบว่าสำหรับสูตรที่ใช้มอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้ง เป็น 20:14 การจับตัวเป็นแท่งมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อให้แรงกดเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความกรอบและความชอบรวมมีค่าเพิ่มขึ้น

เล็กน้อยเนื่องจากเมื่อให้แรงกดเพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์มีการจับตัวกันแน่นขึ้นดังนั้นจึงเลือกใช้แรงกด 3 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตรเนื่องจากถ้าใช้แรงกดที่ 5 กิโลกรัมต่อ 144ตารางเซนติเมตรไม่มีความแตกต่างในด้านความชอบรวมกับเมื่อใช้แรงกดที่ 3 กิโลกรัมต่อ 144ตารางเซนติเมตรถ้าใช้แรงกดมากปริมาตรจะน้อย สำหรับสูตรที่ใช้มอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้ง เป็น 40:10 และสูตรที่ใช้มอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้ง เป็น 60:10 ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกัน

5.2.3 ทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด

ในการเลือกผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุดใช้ Ranking test โดยนำสูตรที่ได้ข้างต้นทั้ง 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 มีมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:14 ให้แรงกด 3 กิโลกรัมต่อ144 ตารางเซนติเมตร สูตรที่ 2 มีมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 40:10 ให้แรงกด 3 กิโลกรัมต่อ144 ตารางเซนติเมตร สูตรที่ 3 มีมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:10 ให้แรงกด 3 กิโลกรัมต่อ144 ตารางเซนติเมตร นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้แบบทดสอบ ranking test พบว่าสูตรที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุดคือสูตรที่ 1 หลังจากนั้นนำสูตรที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุดไปหาองค์ประกอบทางเคมี พบว่ามีความชื้นร้อยละ 6.8 โปรตีนร้อยละ 17.8 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 46.6 ไขมันร้อยละ 27.3 เส้นใยร้อยละ 6.7 และเถ้าร้อยละ 1.7 (dry basis)

5.3 อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

เก็บผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิดคือ ถุง OPP/Metallized/PP และ ถุง OPP/Metallized/PET ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ทั่วไปในท้องตลาด (ข้อมูลจากบริษัทสตรองแพ็ค) เก็บที่อุณหภูมิห้อง ($30^{\circ}C$) และเก็บในภาวะเร่งโดยเก็บที่อุณหภูมิ $40^{\circ}C$ และ $50^{\circ}C$

5.3.1 คุณภาพทางเคมี

จากการทดลองพบว่า ค่า TBA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาที่เก็บนานขึ้น เนื่องจากอาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญพืชจะเกิดการหืนเพราะมีปริมาณไขมันสูง (ไขมันร้อยละ 27.3) และการแปรรูปอาหารเช้าอัดแท่งจากธัญพืชในขั้นตอนการอัดแท่งจะทำให้น้ำมันถูกบีบออกจากเซลล์น้ำมัน และกระจายอยู่ที่ผิวหน้าผลิตภัณฑ์ ฉะนั้นเมื่อผิวหน้าสัมผัสกับออกซิเจนจะทำให้เกิดปฏิกิริยาการเหม็นหืนได้ (ศศิเกษม ทองยงค์ และ พรรณี เดชกำแหง, 2530)

5.3.2 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าพร้อมบริโภคอัดแท่งจากธัญพืช ที่เก็บที่อุณหภูมิต่างๆ คือ เก็บที่อุณหภูมิห้อง (30°C) เก็บที่ภาวะเร่ง (Labuza and Schmidl, 1985) คือที่อุณหภูมิ 40°C และ 50°C เมื่อพิจารณาด้านกลิ่นที่ได้จากการใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสสำหรับภาชนะบรรจุชนิดที่1 ที่อุณหภูมิ 40°C สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ 18 วัน และที่อุณหภูมิ 50°Cสามารถเก็บได้ 10.5 วัน สำหรับภาชนะบรรจุชนิดที่ 2 ที่อุณหภูมิ 40°Cสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ 32 วัน และที่อุณหภูมิ 50°Cสามารถเก็บได้ 16 วัน เช่นเดียวกับค่าการยอมรับรวมจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส นำอายุการเก็บที่ได้จากการเก็บที่อุณหภูมิ 40°C และ50°C มาหาค่า Q_{10} พบว่าสำหรับภาชนะบรรจุ OPP/metallized/PP มีค่า Q_{10}เท่ากับ 1.71 และภาชนะบรรจุ OPP/metallized/PET มีค่า Q_{10}เท่ากับ 2.0 จากค่า Q_{10}สามารถทำนายอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง(30°C) ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้เก็บผลิตภัณฑ์อาหารเช้าแห้งโดยทั่วไป (Labuza and Schmidl, 1985) ได้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บในภาชนะบรรจุชนิดที่ 1 (OPP/metallized/PP) มีอายุการเก็บ 30 วัน และสำหรับบรรจุภัณฑ์ชนิดที่ 2 (OPP/metallized/PET) มีอายุการเก็บ 64 วัน

5.3.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

จากการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์พบว่าเมื่อผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บที่นานขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา มีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความชื้นน้อย(6.76%)ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ที่ a_wเท่ากับ 0.61 เชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียจะเจริญเติบโตได้เมื่อค่า a_w เท่ากับ 0.60 เป็นต้นไป (Leung, 1987)

บรรณานุกรม
กรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

1. ภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมจมูกข้าวสาลีอบด้วยเครื่อง fluidized bed ที่ให้ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด คือ ใช้อุณหภูมิ 100°C เวลา 15 นาที ความเร็วลม 1.2 m/s

2. ภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมปลายข้าวเหนียวพอง คือ นำปลายข้าวเหนียวมาแช่น้ำนาน 14 ชั่วโมง แล้วนำไปให้ความร้อนด้วยไอน้ำนาน 10 นาทีเพื่อให้เกิดเจลาติไนเซชั่นบางส่วนจากนั้นปรับให้มีความชื้น 14% โดยอบที่อุณหภูมิ 60°C นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทอดโดยใช้น้ำมันในหม้อทอดควบคุมอุณหภูมิ ใช้อุณหภูมิในการทอดที่ 190°C เวลา 1 นาที จะให้ปลายข้าวเหนียวพองที่มีปริมาตรการพองตัวและอัตราส่วนการพองตัวสูงที่สุด

3. สำหรับถั่วลิสงนำไปคั่วในเครื่องคั่วที่อุณหภูมิ 160°C เวลา 10 นาที ตามวิธีของ มานะ จึงตระกูล ทิ้งให้เย็น นำไปแยกเปลือกออก

4. จากการคำนวณหาปริมาณวัตถุดิบแต่ละตัวที่ใช้ในสูตรโดยให้มีราคาถูกที่สุดและให้มีคุณค่าทางอาหารตามที่ Thai RDI แนะนำ พบว่า ใช้จมูกข้าวสาลีอบ 20 กรัม ถั่วลิสงคั่ว 40 กรัม และปลายข้าวเหนียวพอง 40 กรัม

5. จากการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้ง และแรงกดที่ให้กับผลิตภัณฑ์เพื่อให้จับตัวเป็นแท่งพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่จับตัวกันเป็นแท่งดีและผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:14 และใช้แรงกด 3 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร

6. อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคำนวณย้อนกลับจากอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่เก็บในภาวะเร่ง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บในภาชนะบรรจุชนิดที่ 1 (OPP/metallized/PP) มีอายุการเก็บ 30 วัน และผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดที่ 2 (OPP/metallized/PET) มีอายุการเก็บนาน 64 วัน

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทดลองศึกษาอายุการเก็บจริงของผลิตภัณฑ์ควบคู่ไปกับการเก็บในภาวะเร่ง

2. วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมควรทำให้มีขนาดใกล้เคียงกันทุกตัว ถ้าขนาดวัตถุดิบที่ใช้ต่างกัน เมื่อนำไปขึ้นรูปจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแตก

3. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการพัฒนาแล้ว อาจเสริมคุณค่าทางโภชนาการให้เพิ่มขึ้นโดยการเติมวิตามินต่างๆ หรืออาจใช้ผลไม้อบแห้ง เช่น กล้วยอบ เป็นต้น ลงไป

4. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการพัฒนาแล้ว สามารถเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบที่ใช้ได้หลายชนิด โดยเฉพาะวัตถุดิบที่มีภายในประเทศ หรือ ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมต่างๆ ทำให้ผลพลอยได้เหล่านั้นมีค่าเพิ่มขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กนก รัตนกนกชัย. 2528. การผลิตเอนไซม์เซลลูเลสและเฮมิเซลลูเลสจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

กมลทิพย์ มั่นภักดี. 2533. ปัจจัยที่สำคัญในกระบวนการผลิตข้าวหุงสุกเร็ว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กระทรวงสาธารณสุข. 2541. ประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่องฉลากโภชนาการ. ฉบับที่182.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2541. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมอบกรอบจากธัญชาติ. เอกสารมอก.ที่1534-2541. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: 74น.

กฤษฎา ชื่นบาน. 2528. อาหารเช้านั้นสำคัญหรือ. ใกล้หมอ 9(10): 41-42.

นิรนาม. 2519. วิธีทำแบะแซ (Maltose syrup). กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ. กรมวิทยาศาสตร์บริการ. กรุงเทพฯ: 3น.

นิรนาม. 2533. การศึกษาถึงผลของอายุการเก็บต่อองค์ประกอบของน้ำผึ้ง. ข่าวงานวิจัยและเทคโนโลยี 9(12): 3-5.

นิรนาม. 2536. ผลิตภัณฑ์จากข้าว คนยังนิยมน้อย การเสนอขายต้องโฆษนา-สาธิต. ผู้ส่งออก 6(138): 19.

บุญรอด ใสยิ่ง. 2520. น้ำผึ้งและคุณประโยชน์. วารสารแม่โจ้ 2(1): 25-27.

ประเสริฐ สุทธิประสิทธิ์. 2537. ไม่รับประทานอาหารมื้อเช้าได้หรือไม่. ฟิตเนส 5(57): 61-62.

พรเพ็ญ สุรังสิมันต์กุล. 2533. น้ำผึ้ง-น้ำผึ้ง. วารสารวิทยาศาสตร์ 44(1): 73-79.

มานะ จึงตระกูล. 2533. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ถั่วลิสงแผ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มาลี ชิ้มศรีสกุล. 2534. ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพการพองตัวของข้าวเปลือกและต่อคุณสมบัติของแป้งข้าวพองที่ได้. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิราพร วิเศษสุรการ, เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์ และ โสภา อิทธิวจนะ. 2534. การใช้ปลายข้าวเจ้าในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้า. อาหาร 21(1): 24-36.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2521. การเสื่อมเสียของอาหาร:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: 77-79

ศิวาพร ศิวเวชช. 2535. วัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศศิเกษม ทองยงค์ และ พรรณี เดชกำแหง. 2530. เคมีอาหารเบื้องต้น. กรุงเทพฯ. โอ.เอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์.

สาโรจน์ อมรสิริพาณิชย์. 2537. อาหารทิพย์ "มูสลี". วารสารวิทยาศาสตร์การอาหาร. 18(2): 441-443.

อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น. 2530. เรื่องของข้าว. พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะเกษตร ภาควิชาพืชไร่นา.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2532. ข้าวสาลี: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ: กราฟฟิคแอนด์ปริ้นติ้งเซ็นเตอร์.

ภาษาอังกฤษ

Anderson, R.H., Maxwell, D.L., Mulley, A.E. and Fritsch, C.W., 1976. Effect of processing and storage on micronutraents in breakfast cereal. Food Tech. 30(5): 110, 112-114.

Association of Official Analytical Chemists. 1995. Official Method of Analysis. 15th ed. washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists.

Birch, G.G., Priestley, R.J. 1973. Degree of gelatinization of cook rice. Die Starke. 25(3), 98-101.

Chinnaswamy, R. and Bhattacharya, K.R. 1983. Studies on expanded rice optimum processing condition. J. of Food Sci. 48: 1604-1608.

Cochran, W.G. and Cox, G.M. 1957. Experimental designs. New York: John Willey&Sons.

Cruzy, L.P., Rooney, L.W. and McDonough. 1996. A Ready-to-eat breakfast cereal from food-grade sorghum. Cereal Chem. 73(1): 108-114.

Crane, E. 1975. Honey a comprehensive survey. London: Morrison and Gibb.

Dalgleish, J.M. 1990. Snacks Food: Fruit-base snacks including dried and candied fruit. NewYork: An AVI Book, Van Nostrand Reinhold: 225-245.

Dziedzic, S.Z. and Kearsley, M.W. 1984. Glucose syrup science and technology. London: Elsevier applied science.

El-Saharty, Y.S., El-Zeany, B.A., Tawakkol, M.S. and Berger, R.G. 1998. Analysis of odour active compounds of roasted wheat germ. Adv. Food Sci. 20(1/2): 53-58.

Fennema, O.R. 1996. Food chemistry: Carbohydrate. New York: MarcelDekker. Inc.

Gobble. 1979. Method of making a ready-to-eat breakfast cereal. U.S. Patent 4,178,392.

Greethead, G.F. 1979. White wing's toasted meusli flakes. Food Technology in Australia. 31(5):208

Haridas, R. P., Kumar G.V., Ranga, R. G.C.P. and Shurpalekar, S.R. 1980. Studies on stabilization of wheat germ. Lebensmittel-Wissenschaft-und-Technologie. 13(6): 302-307.

International Commission of Microbiology Specification for Food. 1974. Microorganism in foods. 2nd ed. New York: Academic Press.

James, C.S. 1995. Analytical chemistry of food. London: Blackie academic&professional.

Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. Cereal Science Today. 16(10): 334-338, 340, 360.

Kadan, R.S. 1993. Breakfast Cereal. Encyclopaedia of food science. : 780-784.

Kent, N.L. 1966. Technology of cereal with spectial reference to wheat. Oxford-London: Pergamon press ltd.

Labuza, T.P. and Schmidl, M.K. 1985. Accelerated shelf-lift testing of food. Food Technology. 39(9): 57-62.

Matz ,S.A. 1962. **Food** Texture. NewYork: The AVI Publishing Company, Inc. 286p.

Matz ,S.A. 1984. **Snack** Food Technology. 2nd ed. NewYork: The AVI Publishing Company.

Mauro, D.J.and Wang ,Y.J. 1997. Breakfast food ingredients. J.Cereal Food World. 42(6): 440-443.

Murugesan, G. and Bhattacharya, K.R. 1986. Studies on puffed rice I. Effect of processing condition. J. Food Sci. and Tech. 23(4): 197-202.

Neumann, R.E. and Chambers I.V.E. 1993. Effect of honey type and level on the sensory and physical properties of an extruded honey-graham formula breakfast cereal. Cereal Food World. 38(6): 418-425.

Pomeranz, Y. and Meloan, C.E. 1987. Food analysis technology and pactice. New York: Van Nostrand Reinhold Company. 797.

Rice, R. 1990. Health food snacks: Snack food. New York: An AVI Book, Van Nostrand Reinhold. 285-300.

Robbin, P.M. 1976. Convenience Food Recent Technology. Noyes Data Corporation, USA: 338p.

Somogyi, M. 1952. Notes on sugar determination. J. Biol. Chem. 195: 19-23.

Srinivas, T. and Desikachar, H.S.R. 1973. Factors affecting the puffing quality of paddy. J.Sci. Food Agric. 24: 883-891.

Tarladgis, F.G., Pearson, A.M., and Dugan, J.N. 1960. The chemical analysis of foods. 7th ed. London: Churchill Livingstone.

Tribelhorn, R.E. 1991. Handbook of cereal science and technology: Breakfast cereal. Mercel Dekker, Inc. NewYork, USA.

Villareal, C.P. and Juliano, B.O. 1987. Varietal differences in quality characteristics of puffed rices. Cereal Chem. 64(5): 337-342.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

วิธีวิเคราะห์

ก1.<u>วิธีวิเคราะห์ปริมาณความชื้น</u> ตามวิธีของ AOAC 1995-925.10

<u>อุปกรณ์</u>

เตาอบ (oven)

<u>วิธีการทดลอง</u>

ชั่งตัวอย่างมา 5 กรัม ใส่ในภาชนะสำหรับหาความชื้นที่ผ่านการอบและทราบน้ำหนักแน่นอน อบใน oven ที่อุณหภูมิ 70°C จนได้น้ำหนักคงที่ คำนวณปริมาณน้ำที่หายไป

ก2.<u>วิธีวิเคราะห์ปริมาณเถ้า</u> ตามวิธีของ AOAC 1995-930.05

<u>อุปกรณ์</u>

เตาเผา (furnace)

<u>วิธีการทดลอง</u>

ชั่งตัวอย่างมา 5 กรัม ใส่ใน crucible ที่ผ่านการเผาและทราบน้ำหนักแน่นอน นำตัวอย่างไปเผาจนตัวอย่างไหม้เป็นถ่านสีดำแล้วนำตัวอย่างไปเผาใน furnace ที่อุณหภูมิ 150°C จนเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ชั่งน้ำหนัก

ก3.<u>วิธีวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน</u> ตามวิธีของ AOAC 1995-978.04

<u>อุปกรณ์</u>

ชุดย่อยโปรตีน micro kjelhdaw

ชุดกลั่น

<u>สารเคมี</u>

-กรดซัลฟุริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4)

-กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล (HCl 0.1N)

-โซเดียมไฮดรอกไซด์ 50% (NaOH)

-กรดบอร์ริก 4% (H_3BO_3)

-คะตะลิส (catalyst)

-อินดิเคเตอร์ (indicator)

วิธีการทดลอง

1.ชั่งตัวอย่างประมาณ 1.0-2.0 กรัม ใส่ในขวดย่อย

2.เติมคะตะลิสและกรดซัลฟุริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร

3.ย่อยตัวอย่างด้วยเครื่อง Kjelhdaw ควบคุมอุณหภูมิการย่อยเป็น 2 ช่วง

ช่วงที่ 1 ใช้อุณหภูมิ 250°C เป็นเวลา 15-20 นาที

ช่วงที่ 2 ใช้อุณหภูมิ 380°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

4. ทิ้งตัวอย่างให้เย็นเติมน้ำ 50มิลลิลิตร กลั่นตัวอย่างที่ย่อยแล้วด้วยเครื่อง Vapodest I โดยใช้ NaOH 50% เป็นตัวทำปฏิกิริยา และเก็บสารละลายที่กลั่นได้ประมาณ 200-250 มิลลิลิตร ในสารละลายกรดบอร์ริกความเข้มข้น 4% ซึ่งหยดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด

5.ไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้ด้วย กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1นอร์มอล จุดยุติ สารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน(\%)} = \frac{A*B*factor*1.4007}{C}$$

A = Normality ของ HCl

B = ปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรท

C = น้ำหนักตัวอย่าง

factor = ค่าสัมประสิทธิ์

ก4.วิธีวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ตามวิธีของ AOAC 1995-930.09

อุปกรณ์

ชุดสกัดไขมัน

สารเคมี

Petroleum ether

วิธีการทดลอง

1.ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอน 2.0 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 2ชั้น

2.ใส่ห่อตัวอย่างใน thimble

3.นำขวดก้นกลมไปอบให้แห้งสนิท ทิ้งให้เย็นแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

4. เติม petroleum ether ปริมาณ 250 มิลลิลิตร

5.สกัดไขมันเป็นเวลาประมาณ 3-5 ชั่วโมง

6. ระเหย petroleum ether ออกจากส่วนไขมันที่สกัดได้ แล้วอบขวดก้นกลมที่ 60°C จนน้ำหนักคงที่

7. ทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน(\%)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันที่สกัดได้(กรัม)*100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

ก5.วิธีวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย ตามวิธีของ AOAC 1995-7.066

อุปกรณ์

-เตาอบ (oven)

-เตาเผา (furnace)

สารเคมี

- H_2SO_4 1.25%
- NaOH 5%
-HCl 1N
-ethyl alcohol 95%

วิธีการทดลอง

1.ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันแล้ว ประมาณ 2กรัมใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร เติม H_2SO_4 1.25% ปริมาณ 200 มิลลิลิตร นำไปต้มให้เดือดนาน 30 นาที ถ้าปริมาตรลดลงให้เติมน้ำร้อนให้ได้ปริมาตร 200 มิลลิลิตร

2.นำไปกรองผ่านกระดาษกรอง ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นร้อนครั้งละ 20 มิลลิลิตร หลายๆครั้งให้หมดกรด

3.ตะกอนที่ได้นำมาเติม NaOH 5% ปริมาณ 50 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่น 150 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต้มเดือดนาน 30 นาที รักษาปริมาตรให้คงที่ที่ 200 มิลลิลิตร

4.กรองผ่านกระดาษกรอง ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นหลายๆครั้งให้หมดด่าง ล้างตะกอนด้วยกรด HCl 1N ปริมาตร 25 มิลลิลิตรแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นให้หมดกรด

5.ล้างตะกอนด้วย ethyl alcohol 95% นำตะกอนที่ได้ใส่ใน crucible ที่ผ่านการเผาและทราบน้ำหนักแล้ว

6.นำตะกอนที่ได้ไปอบให้แห้ง ทิ้งให้เย็นใน desiccator นำไปชั่งน้ำหนัก

7.นำไปเผาใน furnace จนได้เถ้าสีขาว ทิ้งให้เย็นใน desiccator แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเส้นใย} = \frac{(\text{น้ำหนักหลังอบ-น้ำหนักหลังเผา})\times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง*}}$$

* เป็นน้ำหนักตัวอย่างที่สกัดไขมันออกแล้ว

ก6.วิธีวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Somogyi-Nelson (Somogyi, 1952)

อุปกรณ์

-สเปคโตโฟโตมิเตอร์

-เตาให้ความร้อน

สารเคมี

1.Somogyi

Somogyi I: สารละลายNa_2SO_4 288 กรัม โซเดียมโปตัสเซียมทาร์เทรด 24 กรัม Na_2CO_3 48 กรัม และ $NaHCO_3$ 32 กรัม ในน้ำกลั่น 1600 มิลลิลิตร

Somogyi II: สารละลาย Na_2SO_4 72 กรัม และ $CuSO_4.5H_2O$ในน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร ผสม Somogyi I กับ Somogyi II ในอัตราส่วน 4:1 โดยปริมาตรก่อนใช้ทุกครั้ง

2.Nelson: ละลายแอมโมเนียมโมลิบเดท 100 กรัม ในน้ำกลั่น 1800มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟุริกเข้มข้นลงไป 84 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮโดรเจน อาซิเนท (12 กรัมในน้ำกลั่น100มิลลิลิตร) เก็บไว้ในขวดแก้วสีชา

วิธีการทดลอง

1.ดูดสารละลายตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เติมสาร Somogyi 1.0 มิลลิลิตร นำไปต้มให้เดือด 15 นาที

2.ทำให้เย็นโดยแช่ในน้ำเย็น เติม Nelson 1.0มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที เติมน้ำกลั่น 2มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร โดยวัดเทียบกับ blank ซึ่งใช้น้ำกลั่นแทนสารตัวอย่าง

3.อ่านค่าความเข้มข้นของกลูโคสจากกราฟมาตรฐาน ซึ่งได้จากการทดลองโดยวิธีเดียวกัน โดยใช้สารละลายกลูโคสเข้มข้น 20 50 100 150 และ 200µg/ml

ก7.<u>วิธีวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดโดยวิธีฟีนอล-ซัลเฟต</u> (กนก รัตนกนกชัย, 2528)

<u>อุปกรณ์</u>

สเปคโตโฟโตมิเตอร์ และหลอดทดลอง

<u>สารเคมี</u>

-สารละลายฟีนอล 5%

-กรดซัลฟุริกเข้มข้น

-สารละลายกลูโคสมาตรฐาน

<u>วิธีการทดลอง</u>

1.ใส่สารละลายตัวอย่าง blank หรือสารละลายมาตรฐานกลูโคส (20 40 60 80 และ 100 µg/ml) ลงในหลอดทดลอง 1 มิลลิลิตร

2.เติมสารละลายฟีนอล 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

3. เติมกรดซัลฟุริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร ลงไปอย่างรวดเร็วพร้อมผสมให้เข้ากัน

4. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องประมาณ 10นาที แล้วแช่ในอ่างน้ำเย็น 5นาที

5. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 485 นาโนเมตร โดยวัดเทียบกับ blank ซึ่งใช้น้ำกลั่นแทนสารตัวอย่าง แล้วอ่านค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดจากกราฟมาตรฐาน

ก.8<u>วิธีวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส</u> ตามวิธีของ Juliano (1971)

<u>สารเคมี</u>

1. อะไมโลสบริสุทธิ์จาก potato type III, sigma

2. ethanol 95%

3. สารละลาย sodium hydroxide เข้มข้น 1N

4. สารละลาย acetic acid เข้มข้น 1N

5. สารละลายไอโอดีน (iodine 0.2 กรัม และ potassium iodine 2.0 กรัม ในน้ำ 100 มิลลิลิตร)

วิธีการทดลอง

1.ชั่งตัวอย่างแป้งให้รู้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 100 มิลลิกรัม ใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 50 มิลลิลิตร เติม EtOH 1 มิลลิลิตร และ NaOH 9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ต้มในน้ำเดือด 10 นาที ทำให้เย็น ถ่ายใส่ volumetric flask ขนาด 100มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ถึงขีดวัดปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน

2. ปิเปตน้ำแป้งในข้อ 1. มา 5 มิลลิลิตร ใส่ volumetric flask ขนาด 100มิลลิลิตร ที่มีอะซิติกเข้มข้น 1N 1มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ถึงขีดวัดปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที

3. นำน้ำแป้งในข้อ 2. ไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร หาปริมาณอะไมโลสจากกราฟมาตรฐาน แสดงค่าเป็นน้ำหนักแป้งแห้ง

การเตรียมกราฟมาตรฐาน

1.ชั่งอะไมโลสบริสุทธิ์ให้รู้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 40 มิลลิกรัม เติมEtOH 1 มิลลิลิตรและNaOH 9มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ต้มในน้ำเดือด 10 นาที ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

2. ปิเปตสารละลายในข้อ 1. มา 1, 2, 3, 4 และ5 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100มิลลิลิตร เติมกรดAcOH 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0มิลลิลิตร ตามลำดับ เติมสารละลายไอโอดีน 2มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

3. นำสารละลายอะไมโลสในข้อ 2. วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณอะไมโลส

ก9.วิธีวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC 1990-947.05

อุปกรณ์

-บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร

สารเคมี

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล
- Phenolpthalein

วิธีการทดลอง

1. ปิเปตตัวอย่าง 25 มิลลิลิตร ใส่ใน flask

2. นำไปไตเตรทกับสารละลาย NaOH 0.1 N โดยใช้ Phenolpthalene เป็นอินดิเคเตอร์

คำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดอะซิติก

ก10. การทดสอบเปอร์ออกซิเดส แอคติวิตี้ (peroxidase activity) ตามวิธีของ Pearson (1970)

สารเคมี

- สารละลาย guaiacol 0.5%
- alcohol 95%
- สารละลาย hydrogen peroxide 0.08%

วิธีการทดลอง

1.ชั่งตัวอย่างมาประมาณ 100-200 กรัม ปั่นผสมโดยใช้เครื่องปั่นเป็นเวลา 1 นาที ที่ความเร็วปานกลางหรือความเร็วสูง โดยเติมน้ำ deionize ลงไป 3 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัวอย่าง 1 กรัม

2. กรองผ่านสำลี นำ filtrate ที่ได้มาใส่ในหลอดทดสอบที่มีน้ำ deionize 20 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ใช้เป็นหลอดเปรียบเทียบสี (ไม่เติม guaiacol และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในหลอดนี้)

3. เติมสารละลาย guaiacol ที่มีความเข้มข้น 0.5% 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดสอบแรกโดยไม่ต้องเขย่า จากนั้นเติมสายละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.08% 1 มิลลิลิตรลงไป

4. ผสมให้เข้ากัน โดยพลิกหลอดกลับไปมา

5. สังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีที่เกิดขึ้นโดยเทียบกับหลอดที่ 2 ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสีหรือมีการเปลี่ยนแปลงสีเกิดขึ้นหลังจาก 3.5 นาที ถือว่าเป็น negative test

หมายเหตุ ในการทดลองนี้กำหนดให้ 0 = ไม่เกิดสีโดยใช้จมูกข้าวสาลีที่เอนไซม์ถูกยับยั้งโดยสมบูรณ์ , +5 = สีน้ำตาลเข้มสำหรับจมูกข้าวสาลีสดที่มี activity ของเอนไซม์สมบูรณ์

ก.11 วิธีวิเคราะห์ค่าTBA ตามวิธีของ Tarladgis, Pearson และ Dugan (1960)

อุปกรณ์

1. ชุดกลั่น

2. เครื่อง spectophotometer

สารเคมี

1. สารละลาย2-thiobarbituric acid 0.2883 กรัมใน glacial acetic acid 90 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร

2. สารละลาย hydrochloric

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 10 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 97.5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดก้นกลม

2. เติมสารละลายกรด hydrochloric 4 M 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3. ต่อเข้ากับชุดกลั่น กลั่นจนได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

4. ปิเปตตัวอย่างมา 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดแก้วที่มีฝาปิด เติมสารละลาย 2-thiobarbituric acid 5 มิลลิลิตร ปิดฝาหลอดแก้วผสมให้เข้ากัน

5. คลายฝาออก นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาที ทำให้เย็นโดยแช่ในน้ำเป็นเวลา 10 นาที

6. นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้เครื่อง spectronic 601 ที่ 538 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายที่กลั่นได้เป็น blank

การคำนวณ

$$\text{TBA (มิลลิกรัมของ malonaldehyde/กิโลกรัมของตัวอย่าง)} = \frac{7.8 \times OD \times 10}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

ก12. วิธีวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ตามวิธีของ ICMSF (1974)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 50 กรัม ใส่ลงใน sterile blender

2. เติม 0.1 peptone water จำนวน 450 มิลลิลิตร

3. ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย blender เป็นเวลา 2 นาที สารละลายนี้ถือเป็น dilution 10^{-1} เจือจางจนถึง dilution 10^{-2}, 10^{-3}

4. ปิเปตสารละลายเจือจาง 10^{-1}, 10^{-2}และ 10^{-3} จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ลงใน sterile plate dilution ละ 2 plate

5. pour plate ด้วย plate count agar (PCA)

6. Incubate ที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

7. นับ plate ที่มีโคโลนีขึ้นระหว่าง 30-300 โคโลนี

8.คำนวณผลออกมาเป็นโคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง

ก13. วิธีวิเคราะห์ปริมาณเชื้อรา ตามวิธีของ ICMSF (1974)

วิธีการทดลอง

ทำวิธีเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด แต่เปลี่ยน PCA เป็น potato dextrose agar (PDA)

ก14. การวัดสีด้วยเครื่อง Chroma Meter

อุปกรณ์

- Minolta Chroma Meter, CR300 series

วิธีการทดลอง

วัดสีของผลิตภัณฑ์บนชิ้นเดียวกัน 5 จุด จากนั้นเฉลี่ยเป็นหนึ่งค่า ในแต่ละซ้ำใช้ตัวอย่าง 5 ชิ้น ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือ คือ ค่า L, a และ b

ค่า L หมายถึง ค่าความสว่าง

ค่า a หมายถึง ค่าสีแดง

ค่า b หมายถึง ค่าสีเหลือง

ก.15วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

อุปกรณ์

Texturometer รุ่น TA-XT2

วิธีการทดลอง

1.ติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ากับเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

2. ประกอบหัววัดเข้ากับเครื่องวัดเนื้อสัมผัสใช้หัววัดใบมีด

3.Caribrate force

4. เลือกรูปแบบการวัดเป็น

mode: measure force in compression

option: return to start

pre-test speed: 2.0mm/s

test speed: 2.0mm/s

post-test speed: 10.0mm/s

distance: 25mm

trigger type: 25g

data acquisition rate: 200pps

5. วางชิ้นตัวอย่างขนาด 12x3x2 cm.บนแท่นครั้งละ 1 ชิ้น run a test ความสูงของกราฟที่ได้เป็นค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ วัด 5 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่าง

ก16.<u>ร้อยละของการเกิดเจลาติไนเซชั่น</u> โดยวิธี Differential Alkaline Solubility

<u>การเตรียมตัวอย่างเพื่อหา Standard curve</u>

1. เตรียมตัวอย่างข้าว 0% เจลาติไนเซชั่น โดยบดปลายข้าวที่นำมาเป็นวัตถุดิบร่อนผ่านตะแกรงขนาด 70 เมช

2. เตรียมตัวอย่างข้าว 100%เจลาติไนเซชั่นโดยนำปลายข้าวดิบมาผ่านหม้อนึ่งอัดไอ (autoclave) ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 70 เมช

3. เตรียมตัวอย่างข้าวเปอร์เซนต์เจลาติไนเซชั่นต่างๆ โดยนำแป้งข้าวในข้อ 1และข้อ 2 ผสมกันตามอัตราส่วนเปอร์เซนต์การเกิดเจลาติไนเซชั่น

<u>สารเคมี</u>

สารละลายไอโอดีน

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ชั่งตัวอย่างแป้งข้าว 0.2 กรัม

2. ใส่น้ำกลั่น 98 มิลลิลิตร เติม KOH 10M 2มิลลิลิตร คน 5นาที

3. เซนตริฟิวจ์แยกส่วนใส ปิเปตส่วนใสมา 1 มิลลิลิตร

4. ใส่ HCl 0.5M 0.4 มิลลิลิตร

5. เติมน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร

6. ใส่สารละลายไอโอดีน 0.1 มิลลิลิตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

7. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร

8. ทำซ้ำโดยใส่น้ำกลั่น 95 มิลลิลิตร เติมKOH 10M 5มิลลิลิตร และทำให้เป็นกลางด้วย HCl 0.5M 1 มิลลิลิตร

9. นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากข้อ 7 มาหารด้วยค่าที่ได้จากข้อ 8 แล้วนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟในแกน Y และ X คือ เปอร์เซนต์เจลาติไนเซชั่น

ตารางที่32 การประเมิน Degree of gelatinization ด้วยวิธี Differential alkaline solubility ในการสร้างกราฟมาตรฐาน

ร้อยละของการเกิดเจลาติไนเซชั่น	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร		อัตราส่วนของค่าการดูดกลืนแสง
	0.2M-KOH	0.5M-KOH	
0	0.001	0.500	0.002
20	0.201	0.528	0.381
40	0.514	0.973	0.528
60	0.546	0.803	0.680
80	0.596	0.834	0.715
100	0.846	0.851	0.994

ก.17 การวิเคราะห์ Dextrose equivalent ในกลูโคสไซรัป

สารเคมี

1. Fehling A's Solution ละลาย Copper Sulphate Pentahydrate ($CuSO_4.5H_2O$) 69.28 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร โดยใช้ Volumetric flask

2. Fehling B's Solution ละลาย Sodium Potassium Tartrate Tetrahydrate ($KnaC_4O_6.4H_2O$) 346 กรัม และ Sodium Hydroxide (NaOH) 100กรัมในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร โดยใช้ Volumetric flask

3. 1% Methylene Blue Solution ละลาย Methylein Blue Solution 1 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

Standardization – นำสารละลาย Fehling มาหาค่ามาตรฐาน โดยการไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานน้ำตาลเดกซโตรสดังนี้

อบเดกซโตรสแอนไฮดรัสบริสุทธิ์จำนวนหนึ่งในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นใน Desiccator ชั่งน้ำตาลเดกซโตรส 2.50 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน ใช้ปิเปตดูดสารละลาย Fehling 25.0 มิลลิลิตร ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ต้มให้เดือด ไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานน้ำตาลเดกซโตรสตามวิธีการวิเคราะห์ในข้อ 2) จดปริมาตรสารละลายมาตรฐานน้ำตาลเดกซโตรสที่ใช้

การวิเคราะห์

1. การเตรียมตัวอย่าง

- น้ำเชื่อม ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 5.00 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร โดยใช้ Volumetric flask

- กลูโคส ไซรัป ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2.00 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร โดยใช้ Volumetric flask

2. การวิเคราะห์ บรรจุสารละลายตัวอย่างลงในบิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร ใช้ปิเปตดูดสารละลาย Fehling 25.0 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ไขสารละลายตัวอย่างประมาณ 15 มิลลิลิตร จากบิวเรตลงในขวดรูปชมพู่ที่มีสารละลาย Fehling อยู่ เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลาย Fehling ตั้งบนเตาไฟฟ้า เมื่อสารละลาย Fehling เริ่มเดือด หลังจากเดือด 2 นาที จะพบว่าสารละลายเริ่มเปลี่ยนเป็นสีแดงมากขึ้น แต่ยังมีฟ้าอยู่เล็กน้อย เติมสารละลายเมทิลีนบลูลงไป 2-3 หยด ไตเตรตต่อไปโดยเติมสารละลายตัวอย่างครั้งละ 2-3 หยด จนกระทั่งสีน้ำเงินของเมทิลีนบลูหายไปหรือไม่เกิน 3 นาทีนับตั้งแต่สารละลายเดือด โดยในระหว่างการไตเตรต สารละลายในขวดรูปชมพู่จะต้องเดือดเพื่อไล่ออกซิเจน (ซึ่งเป็น Oxidizing agent) ออกไปจากสารละลาย และควรเขย่าให้สารละลายเข้ากันเป็นเนื้อเดียวตลอดเวลา จดปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้ (V)

การคำนวณ

1. เมื่อไตเตรตสารละลายมาตรฐานเดกซโตรส (ละลายเดกซโตรสแอนไฮดรัส 2.5 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มล.) กับสารละลาย Fehling จำนวน 25 มล. พบว่าที่จุดยุติใช้สารละลายเดกซโตรสซึ่งเป็น titer จำนวน A มล. ดังนั้นปริมาตรเดกซโตรสที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลาย Fehling คือ

สารละลายมาตรฐานปริมาตร 500 มล. มีเดกซโตรสอยู่ 2.5 กรัม

สารละลายมาตรฐานปริมาตร A มล. มีเดกซโตรสอยู่ $\frac{2.5xA}{500}$ กรัม

2. เมื่อไตเตรตสารละลายกลูโคสไซรัป (ละลายกลูโคสไซรัป m กรัมในน้ำกลั่น 100 มล.) กับสารละลาย Fehling ซึ่งเตรียมไว้ใน lot เดียวกัน จำนวน 25 มล. ดังนั้นที่จุดยุติปริมาณเดกซโตรสที่มีในสารละลายกลูโคสไซรัปจะต้องเท่ากับ $\frac{2.5A}{500}$ กรัมด้วย

3. แต่เนื่องจากค่าสมมูลเดกซโตรส (DE) คือเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลรีดิวซิง (ซึ่งเทียบเท่าเดกซโตรส) ที่มีในตัวอย่างแห้งของกลูโคสไซรัป ดังนั้นจึงสามารถคำนวณหาปริมาณน้ำหนักแห้งของกลูโคสไซรัปที่ใช้ในการไตเตรตกับสารละลาย Fehling ดังนี้

ที่จุดยุติใช้สารละลายตัวอย่าง V มล.

สารละลายตัวอย่างปริมาตร 100 มล. มีกลูโคสไซรัป m กรัม

สารละลายตัวอย่างปริมาตร V มล. มีกลูโคสไซรัป $\frac{mxV}{100}$ กรัม

ถ้ากลูโคสไซรัปที่ใช้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Dissolved solid) Y %

กลูโคสไซรัปหนัก 100 กรัม มีปริมาณกลูโคสไซรัปแห้ง Y กรัม

กลูโคสไซรัปหนัก $\frac{mxV}{100}$ กรัม มีปริมาณกลูโคสไซรัปแห้ง $\frac{mxVxY}{100x100}$ กรัม

4. จากหัวข้อ 2. จึงอาจกล่าวได้ว่า

กลูโคสไซรัปแห้ง $\frac{mxVxY}{100x100}$ กรัมมีปริมาณเดกซโตรส $\frac{2.5A}{500}$ กรัม

กลูโคสไซรัปแห้ง 100 กรัมมีปริมาณเดกซโตรส $\frac{2.5A}{500} \times \frac{100}{\frac{m\ V\ x\ Y}{100x100}}$ กรัม

หรือเพื่อความสะดวกในการทำงาน อาจใช้สูตรดังนี้

$$\text{สมมูลเดกซโตรส} = \frac{A\ x5000}{mVx\%DS}$$

โดยที่

A = ปริมาตรสารละลายมาตรฐานน้ำตาลเดกซโตรสที่ใช้ในการไตเตรตเป็นมิลลิลิตร

V = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้ในการไตเตรตเป็นมิลลิลิตร

m = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม

%DS = % Dry substance ที่อ่านได้จากตารางโดยเทียบจาก Brix

ตารางที่ 33 Degrees Brix, Dry Solids and Degree Baume of sugar solution[a]

Degree brix	Dry solids[b] (%)	Degree Baume	Degree brix	Dry solids[b] (%)	Degree Baume
78.8	78.08	41.89	84.0	83.01	44.38
79.0	78.28	41.99	84.2	83.21	44.48
79.2	78.46	42.08	84.4	83.39	44.57
79.4	78.65	42.18	84.6	83.59	44.67
79.6	78.85	42.28	84.8	83.79	44.76
79.8	79.03	42.37	85.0	83.90	44.86
80.0	79.22	42.47	85.2	84.15	44.95
80.2	79.42	42.57	85.4	84.35	45.05
80.4	79.60	42.66	85.6	84.52	45.14
80.6	79.80	42.76	85.8	84.72	45.24
80.8	79.97	42.85	86.0	85.00	45.33
81.0	80.17	42.95	86.2	85.08	45.42
81.2	80.37	43.05	86.4	85.28	45.52
81.4	80.55	43.14	86.6	85.46	45.61
81.6	80.74	43.24	86.8	85.66	45.71
81.8	80.92	43.33	87.0	85.84	45.80
82.0	81.12	43.43	87.2	86.02	45.89
82.2	81.32	43.53	87.4	86.22	45.99
82.4	81.50	43.62	87.6	86.40	46.08
82.6	81.69	43.72	87.8	86.58	46.17
82.8	81.78	43.81	88.0	86.78	46.27
83.0	82.07	43.91	88.2	86.96	46.36
83.2	82.25	44.00	88.4	87.14	46.45
83.4	82.45	44.10	88.6	87.34	46.55
83.6	82.63	44.19	88.8	87.52	46.64
83.8	82.83	44.29	89.0	87.70	46.73

[a] From Plato table. Natl. Bur. Std. Circ. C440. 1942. P.614, 626

[b] Based on data of 42 DE. acid –converted corn syrup in Handbook of Sugar

ก18. <u>วัดปริมาตรของปลายข้าวพองโดยวิธีแทนที่ด้วยเมล็ดงา</u>

1. ใส่เมล็ดงาลงในพิมพ์อลูมิเนียมสำหรับอบขนม เคาะให้แน่นใช้ไม้บรรทัดปาดส่วนที่เกินออก เก็บเมล็ดงาที่อยู่ในภาชนะไว้ใช้ในข้อต่อไป

2. ใส่เมล็ดงาลงในภาชนะสลับกับปลายข้าวพองทีละชั้นจนหมด เคาะให้แน่นปาดด้วยไม้บรรทัด วัดปริมาตรเมล็ดงาส่วนที่เกินด้วยกระบอกตวง ค่าที่ได้จะเป็นปริมาตรของปลายข้าวพองที่ต้องการวัด

<u>หมายเหตุ</u> ใช้ปลายข้าวเหนียว 100 กรัม มาหาปริมาตรของปลายข้าวแล้วนำไปผลิตเป็นปลายข้าวพอง แล้วนำปลายข้าวพองที่ได้ไปหาปริมาตรของปลายข้าวพอง

ภาคผนวก ข.

แบบสอบถามที่ใช้ในการประเมินผลทางประสาทสัมผัส

ชื่อ.....เพศ.....อายุ.....ปี วันที่.....ชื่อผลิตภัณฑ์จมูกข้าวสาลีอบ

โปรดพิจารณาประเมินคุณภาพตัวอย่างจมูกข้าวสาลีอบต่อไปนี้ทีละตัวอย่างตามคุณลักษณะให้คะแนนคุณลักษณะตามเกณฑ์ที่กำหนด (โดยดูเกณฑ์จากตาราง) และให้คะแนนการยอมรับรวมของตัวอย่างนั้นๆ

เกณฑ์การให้คะแนน

คุณลักษณะ	ตัวอย่าง								
สี -สีเหลืองอ่อน(9-10) -สีเหลืองออกน้ำตาลเล็กน้อย(7-8) -สีเหลืองออกน้ำตาลปานกลาง(5-6) -สีเหลืองออกน้ำตาลมาก(3-4) -สีน้ำตาล(1-2)									
กลิ่น (เมื่อกิน) -มีกลิ่นหอมมาก(9-10) -มีกลิ่นหอมปานกลาง(7-8) -มีกลิ่นหอมปานกลาง(5-6) -ไม่มีกลิ่น(3-4) -ผิดปกติ(เช่นกลิ่นไหม้ กลิ่นอับ)(1-2)									

รสชาติ -มีรสหวานมาก(16-20) -มีรสหวานปานกลาง (11-15) -ไม่มีรสชาติ(6-10) -ขมเล็กน้อย(1-5)									
การยอมรับรวม -ยอมรับมาก(9-10) -ยอมรับเล็กน้อย(7-8) -เฉยๆ(5-6) -ไม่ยอมรับ(3-4) -ไม่ยอมรับมาก(1-2)									

ข้อเสนอแนะ.....

.....

ขอบคุณมากค่ะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถาม

ชื่อ.....อายุ.....ปี เพศ.....วันที่.....ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าอัดแท่ง

ท่านจะได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 3 ตัวอย่าง เมื่อชิมตัวอย่างแล้วกรุณาให้คะแนนตามความรู้สึกของท่านโดยทำเครื่องหมาย I ตั้งฉากกับเส้นแสดงคะแนน

ลักษณะที่ต้องการทดสอบ

1. การจับตัวเป็นแท่ง

ไม่สามารถจับตัวเป็นแท่งได้ จับตัวเป็นแท่งได้ดี

2.รสชาติ(ความหวาน)

หวานมากหรือน้อยเกินไป หวานพอดี

3.ความกรอบ

ไม่กรอบ เหนียว แข็ง กรอบมาก

4.ความชอบรวม

ไม่ชอบมาก ชอบมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ.....

.....

ขอบคุณมากค่ะ

แบบสอบถาม

ชื่อ-นามสกุล.....อายุ.....ปี เพศ..... วันที่ทำการทดสอบ.....

<u>วัตถุประสงค์</u>

เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเช้าอัดแท่ง

<u>คำชี้แจงเกี่ยวกับแบบทดสอบ</u>

ท่านจะได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 3 ตัวอย่าง ให้ท่านชิมตัวอย่างที่เสนอตามลำดับ (ระหว่างชิมแต่ละตัวอย่างกรุณาล้างปากด้วยน้ำทุกครั้ง) แล้วจัดเรียงตัวอย่างผลิตภัณฑ์ตามความชอบ โดยให้อันดับ 1 แก่ตัวอย่างที่ท่านชอบมากที่สุด ให้อันดับที่ 2 แก่ตัวอย่างที่ชอบรองลงมา และ ให้อันดับ 3แก่ตัวอย่างที่ชอบน้อยที่สุด

รหัสตัวอย่าง	ความชอบรวม

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

ขอบคุณมากค่ะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถาม

ชื่อ-นามสกุล.....อายุ.....ปี เพศ..... วันที่ทำการทดสอบ.....

<u>วัตถุประสงค์</u>

เพื่อศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารเช้าอัดแท่ง

<u>คำชี้แจงเกี่ยวกับแบบทดสอบ</u>

ท่านจะได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 6 ตัวอย่าง ให้ท่านชิมตัวอย่างที่เสนอตามลำดับ (ระหว่างชิมแต่ละตัวอย่างกรุณาล้างปากด้วยน้ำทุกครั้ง) แล้วให้คะแนนดังนี้

1= ไม่ชอบมากที่สุด 4= ไม่ชอบเล็กน้อย 7= ชอบ

2= ไม่ชอบมาก 5= เฉยๆ 8= ชอบมาก

3= ไม่ชอบ 6= ชอบเล็กน้อย 9= ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

ขอบคุณมากค่ะ

ภาคผนวก ค.

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางที่ 34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รสชาติ และ ความชอบโดยรวมของจมูกข้าวสาลีที่อบที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

SOV	MS			
	สี*	กลิ่น*	รสชาติ*	ความชอบรวม*
Block	3.563	5.517	2.749	4.098
Treatment	7.275	5.366	1.083	2.795
Error	0.229	0.642	0.349	0.518
Total	1.028	1.381	0.590	0.968

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน การจับตัวเป็นแท่ง รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:6, 20:10 และ 20:14

SOV	MS			
	การจับตัวเป็นแท่ง^{ns}	รสชาติ^{ns}	เนื้อสัมผัส^{ns}	ความชอบรวม^{ns}
Block	9.57	9.80	4.79	2.79
Treatment	3.13	9.85	2.13	2.13
Error	1.40	1.98	0.55	1.85
Total	4.07	4.86	1.97	3.01

^{ns} ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแข็ง (hardness) ของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:6, 20:10 และ 20:14

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	2	9136748.307	456837.153	1870.952*
Error	15	36626.070	2441.738	
Total	17	9173374.376		

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 37 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน การจับตัวเป็นแท่ง รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 40:6, 40:10 และ 40:14

SOV	MS			
	การจับตัวเป็นแท่ง*	รสชาติ^{ns}	เนื้อสัมผัส^{ns}	ความชอบรวม^{ns}
Block	2.52	3.88	4.73	4.70
Treatment	8.70	0.16	0.80	0.75
Error	0.73	2.00	0.80	0.87
Total	1.72	2.50	2.04	2.07

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแข็ง (hardness) ของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 40:6, 40:10 และ 40:14

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	2	1167685.355	583842.678	411.302*
Error	15	21292.502	1419.500	
Total	17	1188977.857		

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน การจับตัวเป็นแท่ง รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:6, 60:10 และ 60:14

SOV	MS			
	การจับตัวเป็นแท่ง^{ns}	รสชาติ^{ns}	เนื้อสัมผัส^{ns}	ความชอบรวม^{ns}
Block	1.84	3.18	6.71	3.12
Treatment	0.48	0.26	2.76	1.80
Error	0.27	0.88	0.91	0.96
Total	0.78	1.57	2.84	1.69

^{ns} ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแข็ง (hardness) ของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:6, 60:10 และ 60:14

SOV	Df	SS	MS	F
Treatment	2	1392837.953	696418.977	670.042*
Error	15	15590.498	1039.366	
Total	17	1408428.451		

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน การจับตัวเป็นแท่ง รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:10 และใช้น้ำหนักกด 1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร

SOV	MS			
	การจับตัวเป็นแท่ง*	รสชาติ ns	เนื้อสัมผัส*	ความชอบรวม*
Block	1.59	1.34	4.24	14671.78
Treatment	50.60	1.82	1.07	15179.09
Error	0.18	0.38	0.60	14782.49
Total	0.72	0.76	1.77	14798.64

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 42 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแข็ง (hardness) ของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:14 และใช้น้ำหนักกด 1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	2	5547069.801	2773534.900	2669.392*
Error	15	15585.208	1039.014	
Total	17	5562655.009		

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน การจับตัวเป็นแท่ง รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 40:10 และใช้น้ำหนักกด 1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร

SOV	MS			
	การจับตัวเป็นแท่ง*	รสชาติ^{ns}	เนื้อสัมผัส^{ns}	ความชอบรวม^{ns}
Block	2.54	3.88	4.73	4.70
Treatment	8.70	0.15	0.80	0.75
Error	0.73	2.01	0.80	0.87
Total	1.72	2.50	2.04	2.07

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 44 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแข็ง (hardness) ของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 40:10 และใช้น้ำหนักกด 1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	2	16931469.43	8465734.713	2092.628*
Error	15	60682.569	4045.505	
Total	17	16992152.00		

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน การจับตัวเป็นแท่ง รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:10 และใช้น้ำหนักกด 1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร

SOV	MS			
	การจับตัวเป็นแท่ง*	รสชาติ^{ns}	เนื้อสัมผัส^{ns}	ความชอบรวม^{ns}
Block	3.78	8.05	15.64	6.05
Treatment	7.5	0.04	0.05	0.96
Error	0.72	0.69	0.54	1.28
Total	2.04	2.98	5.28	2.77

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 46 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแข็ง (hardness) ของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 60:10 และใช้น้ำหนักกด 1, 3 และ 5 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	2	2000491.642	1000245.821	223.0964*
Error	15	67252.046	4483.4597	
Total	17	2067743.688		

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

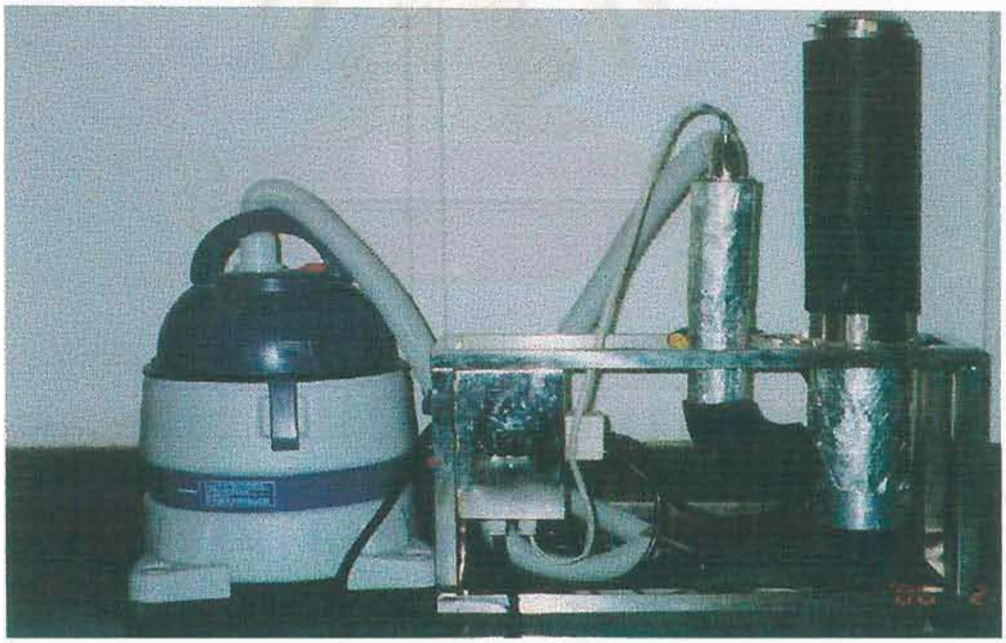
ตารางที่47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนมอลโตสไซรัปต่อน้ำผึ้งเป็น 20:14, 40:10 และ 60:10 ใช้แรงกด 3 กิโลกรัมต่อ 144 ตารางเซนติเมตร

SOV	df	SS	MS	F
Block	14	0.00	0.00	0.00
Treatment	2	2.02	1.01	1.44*
Error	28	19.65	0.70	
Total	44	21.67	0.49	

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

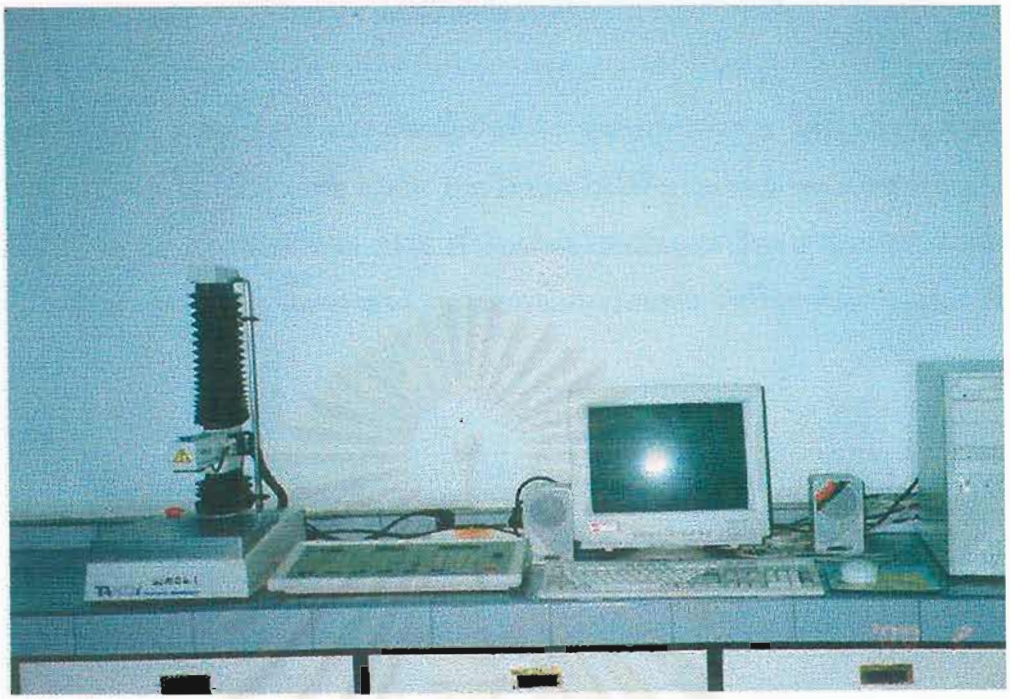
รูปที่ 14 ผลิตภัณฑ์ก่อนการบรรจุ



รูปที่ 15 Fluidized bed dryer

รูปที่ 16 เครื่องวัดสี Minolta สำหรับของเหลว

รูปที่ 17 เครื่องวัดสี Minolta สำหรับของแข็ง



รูปที่ 18 Texturometer

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาวรัชดา สาคตระกูลวัฒนา เกิดเมื่อวันที่ 19 พฤษภาคม 2516 ได้รับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร จาก ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2538 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2539