การใช้ประโยชน์จากโอคาราเพื่อทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้เนย

UTILIZATION OF OKARA FOR SUBSTITUTION WHEAT FLOUR IN BUTTER COOKIE

กานดา แซ่จิ้ว

KANDA SAECHIW

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2547

ISBN 974-9709-16-0

การใช้ประโยชน์จากโอคาราเพื่อทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้เนย

UTILIZATION OF OKARA FOR SUBSTITUTION WHEAT FLOUR IN BUTTER COOKIE

กานดา แซ่จิว
KANDA SAECHIW

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาตร์การอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2547

ISBN 974-9709-16-0

UTILIZATION OF OKARA FOR SUBSTITUTION WHEAT FLOUR IN BUTTER COOKIE

KANDA SAECHIW

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2004

ISBN 974-9709-16-0

COPYRIGHT 2004
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้ประโยชน์จากโอคาราเพื่อทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้เนย
นักศึกษา	นางสาวกานดา แซ่จิว
รหัสประจำตัว	45067011
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2547
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ดร.ยุพร พืชกมุทร

บทคัดย่อ

ในการศึกษาใช้โอคาราทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนยได้ทดลองใช้โอคารา 4 ชนิด ได้แก่ โอคาราสดที่ได้จากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกและไม่กะเทาะที่เลียนแบบการผลิตในครัวเรือน และโอคาราจากโรงงานทั้งโอคาราสดและโอคาราแห้ง ในกรณีของโอคาราสดจะทำการทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนโอคาราแห้งจะทำการทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัส พบว่าการใช้โอคาราสดทั้งสามชนิดทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้คุกกี้มีขนาดเล็กลง ค่าการแผ่ตัวมีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าแรงตัดขาด ค่าความสว่างและการดูดซับน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับการใช้โอคาราแห้งทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ นั้น พบว่าคุกกี้ที่ผลิตได้มีค่าแรงตัดขาด ค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง และปริมาตรไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ใช้แป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ทำให้ค่าการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นและมีการแผ่ตัวลดลง จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้พบว่าสามารถใช้โอคาราสดทั้งสามชนิดทดแทนแป้งสาลีได้ 80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนโอคาราแห้ง พบว่าสามารถใช้โอคาราแห้งทดแทนแป้งสาลีได้ 30 เปอร์เซ็นต์โดยที่ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม

ในด้านการปรับปรุงเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏของคุกกี้จะทดลองเติมน้ำ 3 ระดับ ได้แก่ 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสม พบว่าการเติมน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์ในคุกกี้สูตรที่ใช้โอคาราสดจะทำให้คุกกี้มีความแข็งลดลงและมีคะแนนการยอมรับสูงที่สุด อย่างไรก็ตามคุกกี้สูตรที่ใช้โอคาราแห้งพบว่า การเติมน้ำ 10 เปอร์เซ็นต์ จะได้คุกกี้ที่มีคะแนนการยอมรับดีที่สุด แต่การเติมน้ำในคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งมีผลทำให้คุกกี้มีความแข็งเพิ่มขึ้น ส่วนการศึกษาการใช้มากาวีน ทดแทนเนยสด 3 ระดับ ได้แก่ 60 80 และ 100 พบว่า สามารถทดแทนได้ 100 เปอร์เซ็นต์ในคุกกี้ที่ใช้โอคาราทั้งสี่ชนิด

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่าคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกจะมีปริมาณความชื้น 0.59 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 7.28 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 50.11 เปอร์เซ็นต์

ไขมัน 36.79 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 2.39 เปอร์เซ็นต์ และเส้นใยอาหาร 2.83 เปอร์เซ็นต์ ส่วนคุกกี้เนยมีปริมาณความชื้น 2.85 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 0.96 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 69.56 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 24.90 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 1.73 เปอร์เซ็นต์ และเส้นใยอาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ปริมาณไดเอทารีไฟเบอร์ของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกที่ใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาอายุการเก็บจะมากกว่าคุกกี้เนยถึง 4.61 เท่า

ในการศึกษาอายุการเก็บ จะนำคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกเป็นตัวแทนในการศึกษา โดยเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 40 วัน ใช้การบรรจุ 2 แบบ คือ บรรจุแบบสุญญากาศในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ และใส่สารดูดซับออกซิเจน และบรรจุแบบบรรยากาศในถุงโพลีโพรพิลีน ตรวจสอบสมบัติทางเคมี ได้แก่ TBARS และความชื้น และตรวจสอบสมบัติทางประสาทสัมผัส ได้แก่ความกรอบและกลิ่นหืน ทุก ๆ 5 วัน พบว่าการบรรจุคุกกี้ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และใส่สารดูดซับออกซิเจน ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS และความชื้นส่วนการบรรจุคุกกี้ในถุงโพลีโพรพิลีน จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS และความชื้นในวันที่ 20 และ 30 ตามลำดับ แต่ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างด้านความกรอบและกลิ่นหืนของคุกกี้ที่เก็บไว้เมื่อเปรียบ เทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ผลิตขึ้นใหม่ได้ในการเก็บคุกกี้ทั้ง 2 สภาวะ

Thesis Title	Utilization of Okara for Substitution Wheat Flour in Butter Cookie
Student	Miss Kanda Saechiw
Student ID.	45067011
Degree	Master of Science
Programme	Food Science
Year	2004
Thesis advisor	Dr. Yuporn Puechkamut

ABSTRACT

Studies of okara for substitution of wheat flour in butter cookie were done.Four types of okara,i.e. hull and dehull fresh okara produced by imitation household process , dehull fresh okara ,and dried okara from factory were used. All three of fresh okara were substituted at the amount of 60 ,70 and 80 percent of wheat flour weight while dried okara was substituted at 20, 30 and 40 percent of flour weight. In the case of fresh okara, the result showed that the size and spread ratio of cookies were significantly decreased whereas hardness, brightness and water absorbtion index were increased compared to those of control. In the case of dried okara,the result showed that water absorbtion index of okara cookies were increased and spread ratio were decreased when the amount of okara was increasd.

The study to improve texture and appearance of okara cookies was done.Three levels of water at 10, 20 and 30 percent of mixture weight were added. In the case of fresh okara, addition of 20 percent water could decreased cookie hardness and giving the hightest acceptance score. Moreover,substitution of margarine for butter in okara cookie was also done.The result from physical and sensory test showed that margarine could be used instead of butter.

The okara cookies that used dehull fresh okara produced by imitation household process contained 0.59 percent moisture, 7.28 percent protein, 50.11 percent carbohydrate,36.79 percent fat, 2.39 percent ash and 2.83 percent crude fiber while butter cookie as control contained 2.85 percent moisture, 0.96 percent protein, 69.56 percent carbohydrate,24.90 percent fat, 1.73 percent ash but no crude fiber. The dietary fiber content of okara cookie was 4.61 times more than that of butter cookie.

The shelf life of okara cookie was also studied. The cookies were kept in two conditions, vacuum packed in aluminium foil pouch with oxygen absorber and atmospheric packed in polypropylene pouch. The cookies were kept at room temperature for 40 days. The result showed that TBARS value and moisture content of okara cookie were not significantly changed during 40 days when kept in the aluminium foil pouch. However,in the polypropylene pouch,TBARS value and moisture content of cookies were significantly increased after 20 and 30 days ,respectively. The sensory evaluation of fresh and stored cookie showed that panelists could not detect difference in rancidity and crispness of those cookies packed in both conditions.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ดร. ยุพร พืชกมุทร ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิยานิพนธ์ ซึ่งช่วยกรุณาให้คำแนะนำพร้อมให้คำปรึกษา ตลอดจนแนวทางแก้ปัญหา ตรวจทานและแก้ไขรูปเล่มวิทยานิพนธ์จนมีความสมบูรณ์ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณผศ.ดร. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์และผศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำเพิ่มเติมแก่ข้าพเจ้า ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสาทความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาของการศึกษาจนกระทั่งข้าพเจ้าประสบความสำเร็จ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ และบริษัทกรีนสปอร์ต (ประเทศไทย) จำกัด ที่เอื้อเฟื้อวัตถุดิบในการทำวิจัย ขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ปริญญาตรีและปริญญาโททุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทดสอบทางประสาทสัมผัส รวมทั้งการให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่ดีตลอดมา และขอขอบคุณ นางสาววรรณฤดี โพธิ์เจริญ เพื่อนสนิทของข้าพเจ้าที่มีส่วนในการจัดพิมพ์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความครบถ้วนสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ พี่สาวและน้องสาว รวมทั้งญาติพี่น้องทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจที่ดีตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบเด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

กานดา แซ่จิว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... III

กิตติกรรมประกาศ..... V

สารบัญ..... VI

สารบัญตาราง..... VIII

สารบัญรูป..... XI

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 ขอบเขตของงานวิจัย..... 2

1.3 วัตถุประสงค์..... 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 3

2.1 โอคารา..... 3

2.2 คุกกี้..... 7

2.3 สารดูดซับออกซิเจน..... 13

2.4 บรรจุภัณฑ์สำหรับคุกกี้..... 16

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ..... 20

3.1 วัตถุดิบ..... 20

3.2 อุปกรณ์การผลิต..... 20

3.3 อุปกรณ์การวิเคราะห์..... 20

3.4 อุปกรณ์การศึกษาอายุการเก็บ..... 21

3.5 สารเคมี..... 21

3.6 เครื่องมือวิเคราะห์..... 21

3.7 สถานที่ดำเนินงาน..... 22

3.8 วิธีการดำเนินงาน..... 22

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์....28

4.1 ผลการวิเคราะห์ความชื้นและค่าสีของโอคารา....28

4.2 ผลการศึกษาการใช้โอคาราสดที่เลียนแบบการผลิตในครัวเรือน และโอคาราสดจากโรงงานเพื่อผลิตคุกกี้โอคารา....29

4.3 ผลการศึกษาการใช้โอคาราแห้งจากโรงงานเพื่อผลิตคุกกี้โอคารา....41

4.4 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้โอคารา....47

4.5 ผลการคำนวณการลดต้นทุนในการผลิตคุกกี้จากโอคาราสด....49

4.6 ผลการศึกษาอายุการเก็บของคุกกี้โอคารา....50

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง....54

ข้อเสนอแนะ....56

บรรณานุกรม....57

ภาคผนวก

ก. รูปคุกกี้....61

ข. ลักษณะโอคาราและอุปกรณ์การผลิต....64

ค. อุปกรณ์และรูปแบบการบรรจุคุกกี้....67

ง. การวิเคราะห์ทางเคมี....69

จ. การคำนวณปริมาณสารดูดซับออกซิเจน....77

ฉ. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของคุกกี้....81

ช. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส....83

ซ. การวัดเนื้อสัมผัส....86

ฌ. ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน....90

ประวัติผู้เขียน....92

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 เปอร์เซ็นต์โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต ต่อน้ำหนักแห้งของโอคารา.....3

2.2 องค์ประกอบทางเคมีของโอคารา.....4

2.3 ความหนาของฟิล์มโพลีโพรพิลีนที่มีต่อการซึมผ่านไอน้ำและออกซิเจน.....18

2.4 อัตราการซึมผ่านของไอน้ำและออกซิเจนในพลาสติกบางชนิด.....19

3.1 สูตรควบคุมของคุกกี้เนย.....25

4.1 ความชื้นและค่าสีของโอคาราจากแหล่งต่าง ๆ.....28

4.2 ค่าการดูดซับน้ำของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากแหล่งต่าง ๆ ทดแทนแป้งสาลี ที่ระดับ 60 70 และ80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง.....29

4.3 ค่าความสว่างของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากแหล่งต่าง ๆ ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 60 70 และ80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง.....30

4.4 ค่าสีแดงของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากแหล่งต่าง ๆ ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง.....31

4.5 ค่าสีเหลืองของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากแหล่งต่าง ๆ ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 60 70 และ80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง.....31

4.6 ปริมาตรของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากแหล่งต่าง ๆ ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 60 70 และ80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง.....32

4.7 ค่าการแผ่ตัวของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากแหล่งต่าง ๆทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 60 70 และ80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง.....33

4.8 ค่าแรงตัดขาดของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากแหล่งต่าง ๆ ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 60 70 และ80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง.....34

4.9 คะแนนผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลือง กะเทาะเปลือกทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ.....35

4.10 คะแนนผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลือง ไม่กะเทาะเปลือกทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ.....35

4.11 คะแนนผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากโรงงานทด แทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ.....35

4.12 ค่าการแผ่ตัวและค่าแรงตัดขาดของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก เมื่อมีการเติมน้ำที่ระดับต่าง ๆ.....36

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.13 ค่าการแผ่ตัวและค่าแรงตัดขาดของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือกเมื่อมีการเติมน้ำที่ระดับต่าง ๆ.....37
4.14 ค่าการแผ่ตัวและค่าแรงตัดขาดของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากโรงงานเมื่อมีการเติมน้ำที่ระดับต่าง ๆ.....37
4.15 คะแนนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกเมื่อมีการเติมน้ำที่ระดับต่าง ๆ.....38
4.16 คะแนนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกเมื่อมีการเติมน้ำที่ระดับต่าง ๆ.....38
4.17 คะแนนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากโรงงานเมื่อมีการเติมน้ำที่ระดับต่าง ๆ.....38
4.18 ค่าแรงตัดขาดของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกที่เลียนแบบการผลิตในครัวเรือนเมื่อมีการใช้มาการีนแทนเนยสดที่ระดับดับต่าง ๆ.....39
4.19 ค่าแรงตัดขาดของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือกที่เลียนแบบที่เลียนแบบการผลิตในครัวเรือนเมื่อมีการใช้มาการีนแทนเนยสดที่ระดับต่าง ๆ.....39
4.20 ค่าแรงตัดขาดของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากโรงงานเมื่อมีการใช้มาการีนแทนเนยสดที่ระดับดับต่าง ๆ.....40
4.21 คะแนนผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกที่เมื่อมีการใช้มาการีนแทนเนยสดที่ระดับต่าง ๆ.....40
4.22 คะแนนผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือกเมื่อมีการใช้มาการีนแทนเนยสดที่ระดับต่าง ๆ.....41
4.23 คะแนนผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากโรงงานเมื่อมีการใช้มาการีนแทนเนยสดที่ระดับต่าง ๆ.....41
4.24 ค่าการดูดซับน้ำและปริมาตรของคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ.....42
4.25 ค่าการแผ่ตัวและค่าแรงตัดขาดของคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ.....43
4.26 ค่าสีของคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ.....44

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.27 คะแนนผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งจากโรงงานทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ....45

4.28 ค่าการแผ่ตัวและค่าแรงตัดขาดของคุกกี้ที่ผลิตจากโอคาราแห้งจากโรงงานเมื่อมีการเติมน้ำที่ระดับต่าง ๆ....45

4.29 คะแนนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งจากโรงงานเมื่อมีการเติมน้ำที่ระดับต่าง ๆ....46

4.30 ค่าแรงตัดขาดของคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งจากโรงงานเมื่อมีการใช้มาการีนแทนเนยสดที่ระดับดับต่าง ๆ....47

4.31 คะแนนผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งจากโรงงานเมื่อมีการใช้มาการีนแทนเนยสดที่ระดับต่าง ๆ....47

4.32 องค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้โอคารา (น้ำหนักคุกกี้ 100 กรัม)....48

4.33 ปริมาณไดเอทารีไฟเบอร์ (Dietary fiber) ของตัวอย่างคุกกี้สูตรควบคุมและคุกกี้โอคาราที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก (น้ำหนักคุกกี้ 100 กรัม)....48

4.34 ราคาของวัตถุดิบในการผลิตคุกกี้เนยสูตรควบคุมและคุกกี้โอคารา....50

4.35 ปริมาณความชื้นของคุกกี้โอคาราที่เก็บไว้ 40 วัน....51

4.36 ค่าTBARS ของคุกกี้โอคาราที่เก็บไว้ 40 วัน....51

4.37 คะแนนผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้โอคาราที่เก็บในถุงอะลูมิเนียม ฟอยล์ และใส่สารดูดซับออกซิเจน....52

4.38 คะแนนผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้โอคาราที่เก็บในถุง PP....53

จ1 วันเดอร์คีพซนิดทำปฏิกิริยาด้วยตนเอง (Self Reacting) : รุ่น RP....80

จ2 วันเดอร์คีพซนิดต้องการความชื้นเป็นตัวกระตุ้น (Moisture Activated) : รุ่น X....80

ฌ1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความชื้นและ TBARS ของคุกกี้....90

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 กราฟการดูดซับออกซิเจนของวันเดอร์คีพชนิดทำปฏิกิริยาด้วยตนเอง.....14

2.2 กราฟการดูดซับออกซิเจนของวันเดอร์คีพซึ่งใช้ความชื้นเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยา..... ...15

3.1 การเตรียมโอคาราสด.....23

3.2 ขั้นตอนการผลิตคุกกี้.....25

ก1 คุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกที่ทดแทนแป้งสาลีในระดับต่าง ๆ.....62

ก2 คุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือกที่ทดแทนแป้งสาลีในระดับต่าง ๆ.....62

ก3 คุกกี้ที่ทำจากโอคาราสดจากโรงงานที่ทดแทนแป้งสาลีในระดับต่าง ๆ.....63

ก4 คุกกี้ที่ทำจากโอคาราแห้งจากโรงงานที่ทดแทนแป้งสาลีในระดับต่าง ๆ.....63

ข1 โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือก.....65

ข2 โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก.....65

ข3 โอคาราสดจากโรงงาน.....65

ข4 โอคาราแห้งจากโรงงาน.....65

ข5 เครื่องบดถั่วเหลือง..... 66

ข6 เครื่องแยกกากละเอียด.....66

ค1 สารดูดซับออกซิเจน..... 68

ค2 ลักษณะการบรรจุแบบสุญญากาศด้วยถุงอะลูมิเนียมฟอยล์..... ..68

ค3 ลักษณะการบรรจุแบบบรรยากาศด้วยถุง PP..... 68

จ1 การหาปริมาณของออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ทรงสี่เหลี่ยม..... 78

จ2 การหาปริมาตรของบรรจุภัณฑ์ที่มีรูปร่างวัดยาก..... 79

ช1 ลักษณะการประกอบเครื่องมือในการวัดค่าแรงตัดขาด..... 87

ช2 ลักษณะกราฟที่ได้จากการวัดเนื้อสัมผัสของคุกกี้..... 89

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองเพื่อการบริโภคมีจำนวนมาก ทั้งในระดับอุตสาหกรรมและระดับครัวเรือน การผลิตน้ำนมถั่วเหลืองจะได้ส่วนที่ไม่ละลายน้ำจากกระบวนการแยกน้ำนมถั่วเหลือง เรียกว่าโอคารา (Rinaldi. 1998) หากใช้ถั่วเหลือง 1 ปอนด์ จะได้โอคาราประมาณ 1.1 ปอนด์ โดยโอคาราที่ได้จะมีความชื้น 76 – 80 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 3.5 – 4.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเป็นของแห้งจะประกอบด้วย โปรตีน 23.6 - 24.0 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 8.2 – 15.2 เปอร์เซ็นต์ (O' Toole. 1999) ปริมาณของโอคาราที่ได้ถือว่ามีปริมาณสูงซึ่งเป็นปัญหาในการกำจัด โรงงานอุตสาหกรรมจึงนิยมอบแห้งโอคาราเพื่อขายเป็นอาหารสัตว์ แต่การผลิตในครัวเรือนจะทิ้งเสียเป็นส่วนใหญ่ มีการนำไปเลี้ยงสัตว์เป็นส่วนน้อย พบว่าในโอคารายังมีคุณค่าทางอาหารอยู่สูง (Zee *et al.* 1988 ; Wang and Cavin. 1989) ได้แก่โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เส้นใยอาหาร เป็นต้น และโปรตีนที่เหลืออยู่ยังเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพ (Hand *et al.* 1964) เนื่องจากยังมีโปรตีนบางส่วนที่ไม่สูญเสียสภาพและยังประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับร่างกาย ในงานวิจัยของณัชชา สุพิชญางกูร (2545) ได้ทำการสกัดโปรตีนจากโอคาราสดโดยใช้สภาวะในการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส pH 9 โปรตีนที่สกัดออกมาได้เรียกว่าโอคาราโปรตีนไอโซเลต (okara protein isolate) เมื่อทดสอบคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโอคาราโปรตีนไอโซเลตที่ได้ พบว่ามีความสามารถในการละลาย การดูดซับน้ำและไขมัน ค่า surface hydrophobicity ความสามารถในการเกิดอีมัลชัน และความสามารถในการเกิดฟองดีกว่าโปรตีนไอโซเลตทางการค้า (Supro Ex33) นอกจากนี้ในการวิเคราะห์ SDS - PAGE ยังพบว่าองค์ประกอบของโอคาราไอโซเลตไม่แตกต่างจากโปรตีนไอโซเลตทางการค้า จะเห็นได้ว่าโปรตีนที่สกัดได้จากโอคารามีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่ดีและน่าสนใจแต่ปริมาณของโปรตีนที่สกัดได้มีปริมาณต่ำ เมื่อใช้โอคารา 100 กรัม จะได้โปรตีนออกมาประมาณ 11-12 กรัม คือได้โปรตีนประมาณ 11-12 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักโอคาราสด (ณัชชา สุพิชญางกูร. 2545) ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง จึงมีหลายงานวิจัยที่นำโอคารามาใช้ประโยชน์โดยตรงเช่นในอุตสาหกรรมการหมักนัตโต (natto) และเทมเป้ (tempeh) การนำโอคารามาใช้จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเช่นเดียวกับการใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ด การหมักโอคาราด้วยจุลินทรีย์บางชนิด จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อราจากโรคพืชได้นอกจากนี้ยังใช้โอคาราในการเลี้ยงหนอนไหมและใช้เพิ่มความคงทนในผลิตภัณฑ์เซรามิก (O'Toole. 1999)

เนื่องจากการใช้ประโยชน์จากโอคาราในผลิตภัณฑ์อาหารยังไม่เป็นที่แพร่หลาย งานวิจัยนี้ของเสียและเพิ่มมูลค่าให้กับโอคารา ประกอบกับปัจจุบันผู้คนส่วนใหญ่จะนิยมบริโภคผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เนื่องจากหาซื้อได้ง่ายและสะดวกต่อการรับประทาน ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เหล่านี้ต้องใช้แป้งสาลีในการผลิต ซึ่งแป้งสาลีที่ใช้จะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ มีมูลค่าสูงทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงตามไปด้วย ในงานวิจัยนี้จึงนำโอคารามาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์คุกกี้ เนื่องจากคุกกี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่คนส่วนใหญ่นิยมรับประทาน สามารถทำได้ง่าย และมีอายุการเก็บรักษานาน หากมีการนำโอคารามาใช้ทดแทนแป้งสาลี นอกเหนือจากเป็นการช่วยลดของเสียและเพิ่มมูลค่าให้กับโอคาราแล้ว ยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และมีประโยชน์ต่อสุขภาพ เนื่องจากในโอคารามีองค์ประกอบที่เป็นเส้นใยอาหารสูง(Nuntisak. 2001) ซึ่งในปัจจุบันผู้คนส่วนใหญ่ให้ความสนใจกับเส้นใยอาหารกันมากเพราะเส้นใยอาหารมีประโยชน์มากมาย เช่น ช่วยป้องกันโรคมะเร็ง เบาหวาน ท้องผูก โรคอ้วน และโรคหัวใจ เป็นต้น

1.2 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงการใช้ประโยชน์จากโอคาราในการผลิตคุกกี้เนย โดยใช้โอคาราสดกะเทาะเปลือกและไม่กะเทาะเปลือกที่เลียนแบบการผลิตในครัวเรือน และโอคาราสดและโอคาราแห้งจากโรงงาน เพื่อหาปริมาณการทดแทนแป้งสาลีที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังศึกษาการปรับปรุงคุณลักษณะต่าง ๆ เพื่อให้ผู้บริโภคให้การยอมรับ การศึกษาการใช้มาการีนทดแทนเนยสด และศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกได้

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อศึกษาหาปริมาณโอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกและไม่กะเทาะเปลือกที่เลียนแบบการผลิตในครัวเรือนและปริมาณโอคาราสดและโอคาราแห้งจากโรงงาน ในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้เนย

1.3.2 เพื่อปรับปรุงคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์คุกกี้โอคารา เพื่อให้ผู้บริโภคยอมรับ

1.3.3 เพื่อศึกษาการลดต้นทุนของผลิตภัณฑ์คุกกี้โอคารา

1.3.4 เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพ ของผลิตภัณฑ์คุกกี้โอคารา

1.3.5 เพื่อศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์คุกกี้โอคารา

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 โอคารา

2.1.1 โอคารา(okara) คือส่วนของกากถั่วเหลืองที่เหลือจากการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง (soybean milk) และเต้าหู้ (tofu) (Rinaldi. 1998) เนื่องจากโอคาราสดมีความชื้นสูง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย จึงนิยมอบแห้งเพื่อขายเป็นอาหารสัตว์ เป็นการลดของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งเป็นปัญหาในปัจจุบัน ในการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองจะได้ส่วนที่เป็นกากถั่วเหลือง (soy residue) หรือเรียกว่าโอคารา หากใช้ถั่วเหลือง1ปอนด์ หรือ 1 กิโลกรัม จะได้ โอคารา 1.1 ปอนด์ หรือ 1.1 กิโลกรัม (Shurtleff and Aoyagi. 1979 ; O' Toole. 1999)

2.1.2 สมบัติของโอคารา

- เป็นของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ และมีความชื้นสูงประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์
- มีคุณค่าทางอาหารสูง ดังตารางที่ 2.1 และ 2.2
- เนื่องจากมีสารอาหารและความชื้นสูง จึงทำให้โอคาราเสื่อมเสียได้ง่าย
- ดูดซับน้ำและไขมันได้ดี เนื่องจากมีเส้นใยสูง

ตารางที่ 2.1 เปอร์เซ็นต์โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต ต่อน้ำหนักแห้งของโอคารา

โปรตีน	ไขมัน	ใยอาหาร	คาร์โบไฮเดรต	อ้างอิง
24.0 (18.2 – 32.2)	15.2 (6.9 – 22.2)	14.5 (9.1 – 18.6)	-	Broune *et al.* (1976)
25.4 – 28.4	9.3 – 10.9	52.8 – 58.1	3.8 – 5.3	Van der Reit *et al.* (1989)
26.8 ± 1.0	22.3 ± 1.5	-	-	Guermani *et al.* (1992)
26.8	12.3	-	52.9	Ma *et al.* (1996)

ที่มา : O'Toole (1999)

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของโอคารา

องค์ประกอบ	**ปริมาณ (% โดยน้ำหนักแห้ง)**
โปรตีน (Nx5.71)	28.00
ไขมัน	9.30
คาร์โบไฮเดรต	50.00
แร่ธาตุ (มิลลิกรัม/100 กรัม)	
แคลเซียม	260
แมกนีเซียม	163
เหล็ก	6
โพแทสเซียม	1046
วิตามิน (มิลลิกรัม/100 กรัม)	
ไรโบฟลาวิน	0.59
ไทอามิน	0.04
ไนอาซิน	1.01

ที่มา : Khare *et al.* (1995)

2.1.3 การใช้ประโยชน์จากโอคารา

การใช้ประโยชน์จากโอคารา สามารถนำไปใช้ได้หลายทาง ได้แก่

2.1.3.1 ด้านการหมัก

ส่วนใหญ่จะนำโอคารามาหมักกับเชื้อจุลินทรีย์ เพื่อผลิตเป็นสารที่มีประโยชน์ เนื่องจากโอคารามีความชื้นสูงและยังคงคุณค่าทางอาหารจึงทำให้เน่าเสียได้ง่าย ดังนั้นจึงมักมีการใส่เชื้อจุลินทรีย์ลงไปในโอคาราสดเพื่อให้เกิดการหมักที่มีประโยชน์ เช่น

ในงานวิจัยของ Kittikun และ Tani (1986) ได้นำโอคาราที่เหลือจากการผลิตเต้าหู้มาหมักกับเชื้อจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการผลิตเอนไซม์ไลเปส (lipase)

Akihiro และคณะ (1993) นำโอคารามาหมักกับเชื้อ *Bacillus subtilis* NB22 เพื่อผลิต Iturin ซึ่งเป็น Antifungal Peptide Antibiotic โดยควบคุมอุณหภูมิและความชื้น พบว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะผลิตได้มากที่สุด ต่อมาในปี 1995 ได้นำโอคารามาหมักกับเชื้อ *Bacillus subtilis* RB14 เพื่อให้ผลิต Iturin A และ Surfactin โดยใช้อุณหภูมิในการเลี้ยงต่างกัน

ได้แก่ 25 30 37 42 และ 48 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิต่ำจะผลิตได้มากที่สุด (25 องศาเซลเซียส) และในปี 1996 ได้นำโอคาราที่เหลือจากการผลิตเต้าหู้มาใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ *Bacillus subtilis* NB22 เนื่องจากโอคารามีสารอาหารที่มีประโยชน์ จึงใช้เป็นสับสเตรต (substrate) สำหรับการหมักของเชื้อได้ดี เพื่อให้เชื้อผลิต Iturin A และ lipopeptide antifungal antibiotics ซึ่งจะเป็นสารช่วยยับยั้งเชื้อโรคที่ทำให้เกิดโรคกับพืช ในปัจจุบันนิยมใช้กับมะเขือเทศและเมลอน

Khare และคณะ (1995) รายงานว่า สามารถนำโอคารามาใช้ในเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อของ *Aspergillus niger* เพื่อให้เกิดการหมักและสร้างกรดซิตริกขึ้นมา เมื่อหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส pH 8.3 จะสามารถผลิตกรดได้ 5 – 10 กรัม / 100 กรัม น้ำหนักแห้ง

Yokata และคณะ (1996) ได้นำโอคารามาหมักกับเชื้อ *Bacillus natto* ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้ผลิต crude antioxidant preparation NTX เป็นสารแอนตี้ออกซิแดนท์ (antioxidant) ช่วยลดการอักเสบของเนื้อเยื่อที่อักเสบและบวมจากโรค foot edema

นอกจากนี้ยังนำมาใช้ในอาหารหมัก ได้แก่นัตโต (natto) และเทมเป้ (tempeh) การนำโอคารามาหมักกับเชื้อจุลินทรีย์จะได้ผลิตภัณฑ์อาหารหมักที่มีคุณภาพ เช่นเดียวกับการใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ด (O' Toole. 1999)

2.1.3.2 การสกัดสารที่มีประโยชน์จากโอคาราสด

เนื่องจากโอคาราสดมีองค์ประกอบของสารต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ ดังนั้นจึงมีการสกัดสารที่มีประโยชน์ออกมา เช่น

ในงานวิจัยของ Kinoshita และ คณะ (1985) ได้สกัด ไรโบฟลาวิน (riboflavin) จากโอคารา

Hayashi และคณะ (1992) ได้นำโอคารามาใช้ในการผลิต เบต้าแฟรคโตฟูราโนซิเดส (β - fracto furanosidase)

Khare และคณะ (1994) ได้นำโอคาราที่เหลือจากการผลิตนมถั่วเหลืองมาผลิตเป็น single cell protein

Yamaguchi และคณะ (1996) ได้นำโอคาราที่เหลือจากการผลิตเต้าหู้ 30 กรัม มาสกัดเอา pectic polysaccharidesได้6.74 กรัมโดยใช้สารละลายsodium hexamataphosphate ในการแยกสารต่าง ๆ ด้วยDEAE cellulose chromatography

2.1.3.3 การสกัดโปรตีนจากโอคาราสด

การผลิตโปรตีนสกัดจากโอคาราจะใช้สารละลายด่าง (pH 7 – 10) เพื่อสกัด

โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ ส่วนคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำสามารถแยกออกโดยการเหวี่ยงเพื่อให้ส่วนคาร์โบไฮเดรตนั้นตกตะกอนออกมา จากนั้นจะนำสารละลายโปรตีนที่แยกได้มาตกตะกอนโปรตีนที่ isoelectric point (pH 4.5) และแยกส่วนโปรตีนที่ตกตะกอนโดยใช้ machanical decanting จากนั้นจะล้างตะกอนและทำให้เป็นกลางโดยมี pH ประมาณ 6.8 – 7.0 และ spray – dried ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความบริสุทธิ์สูง มีกลิ่นถั่วน้อยมากและหากผลิตโปรตีนโดยไม่มีการปรับให้เป็นกลางภายหลังการตกตะกอนโปรตีนและล้างโปรตีนจ ะได้ผลิตภัณฑ์ในรูป isoelectric form (ณัชชา สุพิชญางกูล. 2545) การสกัดโปรตีนมีหลายวิธี เช่น

Ma และคณะ (1997) ได้ศึกษากระบวนการเตรียมโปรตีนไอโซเลตจากโอคาราโดยการตกตะกอนที่ isoelectric point แล้วนำไปศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไอโซเลต เมื่อทดลองสกัดโปรตีนจากโอคาราที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าการสกัดโปรตีนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ปริมาณโปรตีนที่ได้มากถึง 53.4 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการสกัดที่ 25 องศาเซลเซียส ได้โปรตีนเพียง 14.1 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่าที่ pH 9.0 โปรตีนสามารถละลายออกจากโอคาราได้มากที่สุด

ณัชชา สุพิชญางกูร (2545) ได้ผลิตโปรตีนไอโซเลตจากโอคาราแห้ง มีความชื้นประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ที่ได้จากโรงงานผลิตน้ำนมถั่วเหลือง โดยพบว่าเมื่อสกัดโปรตีนที่ pH 9.0 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โปรตีนที่สกัดได้มีน้อยมากจนไม่สามารถตกตะกอนได้ที่ isoelectric point และตะกอนของโอคาราที่แยกได้ยังดูดซับน้ำได้ไม่สมบูรณ์ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของโปรตีนที่ได้จากโอคาราสดในระยะเวลาสกัด 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมงกับการสกัดโปรตีนจากโอคาราแห้ง พบว่า ถ้าต้องการโปรตีนจากโอคาราแห้งในปริมาณเท่ากับที่ได้จากโอคาราสดจะต้องใช้เวลาในการสกัดมากกว่า 5 ชั่วโมง

2.1.3.4 การนำโอคารามาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

การประยุกต์ใช้โอคาราในอาหารยังไม่เป็นที่แพร่หลาย โอคาราที่ใช้ในอาหารจะมีประโยชน์ในด้านการเพิ่มเส้นใยให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร ดังเช่นในงานวิจัยของ

Nuntisak (2001) ได้พัฒนาสูตรขนมอบเสริมใยอาหารจากโอคารา ได้แก่ คุกกี้ บราวนี่ และเค้ก โดยโอคาราที่ใช้เป็นโอคาราแห้ง ได้แก่ โอคาราอบแห้ง (dried okara) และโอคาราอบแห้งพร่องไขมัน (defatted dried okara) เมื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของโอคาราอบแห้งและโอคาราอบแห้งพร่องไขมัน พบว่ามีปริมาณใยอาหารทั้งหมด 38.3 เปอร์เซ็นต์ และ 42.8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก โดยใยอาหารส่วนใหญ่คือใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ สำหรับความสามารถในการอุ้มน้ำ พบว่าโอคาราอบแห้งและโอคาราอบแห้งพร่องไขมัน มีความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากันคือ 4.02 กรัมของน้ำต่อกรัมของโอคารา เมื่อนำโอคาราอบแห้งและโอคาราอบแห้งพร่องไขมันมาทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในคุกกี้ บราวนี่ และเค้ก พบว่าสามารถทดแทนได้ 30 30 และ

20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่การเติมใยอาหารจากโอคาราอบแห้งและโอคาราอบแห้งพร่องไขมันมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืนเพิ่มขึ้น

Genta และคณะ (2002) นำโอคารามาใช้ในการผลิตลูกอม (nougat candy) โดยผสมโอคารา ถั่วลิสง กลูโคส น้ำมันที่ผ่านกระบวนการไฮเดรชัน น้ำตาล และกลิ่นธรรมชาติ (natural essences) โดยแบ่งออกเป็น 3 สูตร ได้แก่ สูตร A (โอคารา 18.3 เปอร์เซ็นต์ และถั่วลิสง 27.4 เปอร์เซ็นต์) B (โอคารา 27.4 เปอร์เซ็นต์ และ ถั่วลิสง 18.3 เปอร์เซ็นต์) และ C (โอคารา 36.6 เปอร์เซ็นต์ และ ถั่วลิสง 9.1 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณของส่วนผสมอื่นใช้เท่ากันหมด แล้วให้ผู้บริโภคทั้งเพศชายและเพศหญิงที่อายุต่างกันชิม พบว่าคะแนนความชอบและการยอมรับของสูตรที่เติมโอคาราน้อยที่สุด (สูตรA) ได้รับการยอมรับมากที่สุด และมีความแตกต่างจากสูตร B และ C ในด้านเนื้อสัมผัสและรสชาติ ส่วนสูตร C จะมีความแตกต่างจากสูตร A และ B ในด้านการยอมรับของผลิตภัณฑ์

2.1.3.5 **อื่นๆ**

นอกเหนือจากการใช้ประโยชน์ทั้ง 4 ด้านที่กล่าวมา ยังสามารถนำโอคาราไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆได้ เช่น

Fuji และ Nakamura (1997) ได้ใช้โอคาราที่เหลือจากการผลิตเต้าหู้มาผสมกับ urethane resin (5 – 70 parts by weight) ที่อุณหภูมิ 5 – 50 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้โอคาราเป็นแผ่นแข็งแรง น้ำที่อยู่ในโอคาราจะถูกดูดออกระหว่างอยู่ในกระบวนการ สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงให้พลังงานความร้อนได้ 5,800 kcal/kg

นอกจากนี้ยังมีการใช้โอคาราเพื่อลดต้นทุนในอาหารสัตว์ โดยใช้ในการเลี้ยงหนอนไหม ทำให้ตัวอ่อนเจริญดี และไม่มีโรค นอกจากนี้ในญี่ปุ่นยังมีการใช้โอคาราในการเพิ่มความคงทนในการผลิต เซรามิคด้วย (O' Toole. 1999)

2.2 คุกกี้

2.2.1 **คุกกี้** (Cookie) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ทำจากแป้งสาลี มีรูปร่างและกลิ่นรสต่าง ๆ กัน คุกกี้บางชนิดมีลักษณะบาง บางชนิดหนา บางชนิดมีสีอ่อน บางชนิดมีสีเข้ม บางชนิดอาจมีการตกแต่งด้วยผลไม้หรือถั่ว บางชนิดมีการเคลือบหน้าด้วยไอซิ่ง การผลิตคุกกี้สามารถทำได้มากมายหลายชนิดขึ้นอยู่กับเทคนิคและกรรมวิธีของผู้ผลิต การเรียกชื่อคุกกี้จะแตกต่างกันออกไป ชาวอเมริกัน เรียกว่า คุกกี้ (Cookie) แต่ชาวยุโรป เรียกว่า บิสกิต (Biscuit) (Noel. 1988)

คุกกี้มีลักษณะกรอบร่วนเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดพอคำ หรือหยิบรับประทานสะดวก บางชนิดจะใช้พิมพ์ตัดเป็นรูปร่างต่าง ๆ หรือตกแต่งด้วยน้ำตาลเม็ดสี ๆ อย่างสวยงาม มีส่วนผสม

เช่นเดียวกับเค้กแต่มีไขมันมากกว่า ส่วนของน้ำตาลและของเหลวมีน้อยกว่า สำหรับวิธีการผสมจะเป็นแบบ เดียวกับเค้ก

สามารถแบ่งคุกกี้ได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ คือ คุกกี้ชนิดกรอบ (Brittle Cookies, Crisp Cookies) และคุกกี้ชนิดนุ่ม (soft Cookies) (Kotschevar. 1975) คุกกี้ชนิดกรอบเตรียมจากส่วนผสมที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูง ส่วนคุกกี้ชนิดนุ่มเตรียมจากส่วนผสมของแป้งที่มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นค่อนข้างสูง (Haines. 1968)

2.2.2 **ชนิดของคุกกี้**

คุกกี้แบ่งออกเป็น 6 ชนิด ตามวิธีการทำซึ่งแต่ละชนิดจะมีรูปร่างและรสชาติแตกต่างกันออกไป

2.2.2.1. Dropped Cookies คุกกี้แบบนี้จะเรียกว่าแบบตักหยอด ลักษณะของแป้งจะเหลว ตัก หยอดได้สะดวก ลักษณะของคุกกี้ชนิดนี้เมื่ออบแล้วจะกลมและนูนตรงกลาง หรือเป็นแผ่นบาง กรอบร่วน

2.2.2.2. Sliced or Refrigerate Cookies คือคุกกี้ชนิดหั่นเป็นชิ้น ๆ หรือแบบแช่แข็งจนกว่าจะหั่นเป็นชิ้น ๆ ได้ ในการแช่ให้แข็งนี้ควรคลึงให้เป็นก้อนยาว ๆ คล้าย ๆ กับท่อนอ้อย แล้วจึงห่อด้วยพลาสติกวางในตู้เย็นหรือวางในถาดที่ใส่น้ำแข็งก้อนใหญ่ แล้วใช้ก้อนน้ำแข็งวางทับให้เต็มจะช่วยให้แข็งเร็วขึ้น ในการคลึงควรให้ได้เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว เมื่อแข็งแล้วหั่นมา 1/8 นิ้ว คุกกี้ชนิดนี้จะกรอบแข็งหรือที่เรียกว่ากรอบกระด้าง

2.2.2.3. Molded Cookies คุกกี้ชนิดนี้มีวิธีทำคล้าย ๆ กับ Rolled Cookies มีข้อแตกต่างกันตรงที่คลึงแป้งโดยการใช้ฝ่ามือหรือจะเรียกว่าคุกกี้ที่ปั้นด้วยมือก็ได้ วิธีคลึงก็คือใช้แป้งสาลีทามือบาง ๆ แล้วจึงตักแป้งวางบนฝ่ามือคลึงเบา ๆ ให้หนาตามต้องการแล้วจึงใช้พิมพ์ตัดเป็นรูปต่าง ๆ หรือปั้นเป็นก้อนกลมวางบนถาดอบทาไขมันบาง ๆ ห่างกัน 2 นิ้วถ้าต้องการให้ขนมกรอบร่วนเมื่อปั้นเป็นก้อนกลมแล้ว ให้ใช้ส้อมชุบแป้งสาลีกดขนมเป็นรูปกากบาท หรือใช้ก้นแก้วหนัก ๆ จุ่มแป้งแล้วกดบนขนมเบา ๆ เพื่อให้ขนมแบน

2.2.2.4. Pressed Cookies คุกกี้ชนิดนี้ใช้กระบอกสำหรับกดคุกกี้กดเป็นรูปต่าง ๆ มีส่วนผสมของไขมันมากกว่าคุกกี้ชนิดอื่น เช่น คุกกี้เนย ถ้าผสมแล้วไขมันเยิ้มออกมาต้องแช่เย็นให้แป้งกับน้ำมันรวมกันก่อน แล้วจึงตักใส่กระบอกกดออกมาเป็นดอก ซึ่งสามารถจะเปลี่ยนดอกหรือรูปร่างต่าง ๆ กันได้โดยการเปลี่ยนแป้นที่ปิดหัวกระบอกแป้น(Plates) นี้จะมีลักษณะเป็นรูปดอกต่าง ๆ เช่น รูปดาว ดอกจิก หัวใจ รูปดอกไม้ ทรงกลม ฯลฯ

สำหรับคุกกี้แบบนี้มีข้อควรระวังในการทำ คือ

1) ถาดอบต้องไม่ทาไขมันและถาดต้องเย็นอยู่เสมอโดยใส่ไว้ในตู้เย็นเมื่อจะใช้จึงหยิบออกจากตู้เย็น

2) เมื่อกดขนมลงในถาด ถ้าแป้งมีน้ำมันไหลออกมาให้เช็ดน้ำมันออกและเช็ดถาดให้แห้งก่อนอบ

3) ทำตามขั้นตอนที่ตำราบอก

4) การกดขนมจากพิมพ์ ต้องกดให้สม่ำเสมอกันคือความหนาของแต่ละอันต้องเท่ากัน เพื่อขนมจะได้ขนาดเท่ากันและไม่เกิดปัญหาเมื่ออบ คือสุกไม่พร้อมกัน แต่ละอันควรกดห่างกัน 2 นิ้ว ถ้าขนมกดออกมาติดกัน ขนมสุกแล้วจะขยายติดกัน

2.2.2.5. Rolled Cookies คุกกี้ชนิดนี้แป้งจะแข็งกว่าชนิดอื่น ถ้าแป้งนุ่มจะคลึงยาก สามารถทำเป็นรูปแปลก ๆ สวยงามได้หลายแบบ โดยการคลึงแล้วตัดด้วยพิมพ์คุกกี้และตกแต่งให้สวยงามได้โดยตกแต่งก่อนหรือหลังจากอบแล้ว แต่งด้วยช็อกโกแลตเช่นเดียวกับแต่งหน้าขนมเค้ก Rolled Cookies จะมีลักษณะกรอบร่วน ไม่กรอบกระด้าง และไม่ค่อยหวาน

วิธีทำให้แป้งคลึงง่าย

- แป้งจะต้องแช่เย็นก่อนคลึง
- แบ่งแป้งคลึงทีละน้อย (แป้งถ้าคลึงมากเนยจะเยิ้มไหลออก ทำให้คุกกี้กระด้าง)
-ใช้พลาสติกปูลงกระดานคลึงแป้ง แล้วหุ้มไม้คลึงแป้งด้วยพลาสติกก่อนใช้คลึงจะช่วยให้แป้งไม่ติดไม้และกระดาน

2.2.2.6. Bar Cookies คุกกี้ชนิดนี้จะตัดเป็นรูปแท่งเหมือนกับชื่อ ลักษณะของคุกกี้ชนิดนี้จะมีลักษณะสองอย่างผสมกันคือลักษณะของเค้กและคุกกี้อยู่ในตัว ซึ่งจะต่างกับแบบอื่น ๆ คือ จะเอาแป้งที่ผสมแล้วใส่ถาด แล้วเกลี่ยหน้าให้เรียบ และอบทั้งถาดแบบเดียวกับเค้ก แต่ถาดที่ใช้อบจะมีขนาดตื้นกว่าถาดอบเค้ก เมื่ออบสุกแล้วจึงตัดเป็นรูปแท่งสี่เหลี่ยม แล้วจึงแซะออกจากถาด

2.2.3 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำคุกกี้

ส่วนผสมที่ใช้ทำคุกกี้จำแนกได้เป็น 2 พวก เช่นเดียวกับการทำเค้ก คือ วัตถุดิบที่เป็นตัวทำให้คุกกี้มีความอ่อนหรือแข็ง ตัวที่เป็นโครงร่างพื้นฐานได้แก่ แป้ง นอกจากนั้นก็ได้แก่ น้ำ ไข่ทั้งฟอง ไข่ขาว นมผง โกโก้ผง และกรดที่ทำให้ขึ้นฟู และพวกที่ทำให้คุกกี้มีความอ่อนนุ่มได้แก่ น้ำตาล ไซรัป ไข่แดง ไขมัน ผงฟู แป้ง สตาร์ช น้ำเป็นตัวทำให้คุกกี้แข็งตัว เนื่องจากเกิดกลูเตนขึ้นเมื่อผสมกับแป้ง วัตถุดิบที่ใช้ ได้แก่ (จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2539)

2.2.3.1 **แป้ง** โดยปกติใช้แป้งชนิดอ่อนซึ่งมีโปรตีนต่ำหรือจะใช้แป้งอเนกประสงค์ก็ได้

2.2.3.2 **ไขมัน** เนื่องจากคุกกี้ที่ทำด้วยไขมันจะต้องตีให้ไขมันขึ้นฟูจึงควรใช้เนยขาวแทนมาการีนหรือเนยสด หรือจะใช้ผสมกันก็ได้

2.2.3.3 **ไข่** โดยปกติใช้ไข่ทั้งฟอง ซึ่งจะช่วยเสริมสร้างโครงร่างของคุกกี้ ไข่แดงจะช่วยให้ทั้งโครงร่างและความอ่อนนุ่มกับคุกกี้ เนื่องจากไข่แดงมีไขมันอยู่ด้วย ไข่ขาวช่วยสร้างโครงร่างเพราะมีโปรตีนอยู่ และทั้งไข่ขาวและไข่แดงก็ช่วยให้คุกกี้มีความชุ่มชื้น

2.2.3.4 **ของเหลว** น้ำเป็นของเหลวที่จำเป็นในการทำให้เกิดกลูเตน เป็นโครงร่างของคุกกี้ นอกจากนั้นยังช่วยควบคุมความหนืดของโดอีกด้วย

2.2.3.5 **น้ำตาล** โดยมากใช้น้ำตาลทรายละเอียดเพื่อให้กระจายทั่วกับส่วนผสมแป้ง การใช้น้ำตาลทรายเม็ดหยาบจะทำให้คุกกี้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มและขยายตัวได้มากกว่าน้ำตาลชนิดละเอียด แต่น้ำตาลละเอียดละลายง่ายและช่วยทำให้โดมีความคงตัวดีขึ้น

2.2.3.6 **สิ่งที่ช่วยให้ขึ้นฟู** ช่วยควบคุมการขยายตัว หรือควบคุมขนาดคุกกี้ ทำให้มีปริมาตรและความฟู สำหรับสารที่ใช้ได้แก่ เบคกิงโซดา ซึ่งเมื่อใช้เดี่ยว ๆ จะช่วยให้คุกกี้กระจายตัวดีขึ้น เนื่องจากเบคกิงโซดาจะไปทำให้กลูเตนในแป้งอ่อนตัว นอกจากเบคกิงโซดาแล้ว แอมโมเนียมคาร์บอเนตก็ใช้ได้เช่นเดียวกับเบคกิงโซดาแต่ดีกว่าเบคกิงโซดา เนื่องจากจะกระจายไปทั่วในระหว่างอบและไม่ทิ้งกลิ่นตกค้างไว้ในคุกกี้ที่อบสุกแล้ว ซึ่งกลิ่นตกค้างนี้อาจเกิดขึ้นได้กับเบคกิงโซดาถ้าใช้ในปริมาณมากเกินไป นอกจากนั้นก็อาจใช้ครีมออฟทาร์ทาร์หรือผงฟูก็ได้

2.2.3.7 **ส่วนผสมอื่น** เป็นส่วนผสมที่เติมเข้าไปในสูตรเพื่อทำให้สูตรพื้นฐานดีขึ้น เช่น อิมัลซิไฟเออร์ ช่วยให้ไขมันกระจายและทำให้โดมีลักษณะดีขึ้น นมผงช่วยให้การดูดซึมน้ำดีขึ้น ทำให้เปลือกนอกของคุกกี้สีสวย เกลือช่วยทำให้รสชาติคุกกี้ดีขึ้น ส่วนกลิ่นรสและสีช่วยทำให้คุกกี้มีรสชาติดีและมองดูน่ารับประทาน

2.2.4 **การอบ**

โดยทั่วไปคุกกี้จะใช้เวลาในการอบสั้น สำหรับคุกกี้ที่มีปริมาณน้ำตาลต่ำอยู่ในช่วง 35 เปอร์เซ็นต์หรือต่ำกว่านี้ ต้องการอุณหภูมิในการอบสูงกว่าคุกกี้ปกติที่มีปริมาณน้ำตาลสูงกว่า 35 เปอร์เซ็นต์หรือคุกกี้ที่มีไขมันต่ำ เมื่อนำคุกกี้เข้าตู้อบ ด้านนอกของโดจะเริ่มสุก เกิดลักษณะเป็นฟิล์มแข็ง หรือมีผิวนอกแข็งขึ้น ความร้อนจากตู้อบจะทำให้ไขมันในโดละลายและผลิตก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ทำให้โดขยายตัวและเพิ่มปริมาตรขึ้น ในขณะเดียวกันน้ำในโดก็จะเปลี่ยนเป็นไอ ซึ่งจะดันให้คุกกี้โดขยายตัวต่อไป เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสตาร์ชจะเปลี่ยนเป็นเป็นเจล โปรตีนในแป้ง ไข่ หรือนมจะแข็งตัว ทำให้เกิดโครงสร้างที่แข็งแรงของคุกกี้ ใกล้ช่วงสุดท้ายของการอบ คุกกี้จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เนื่องจากปฏิกิริยาของน้ำตาลและโปรตีนในส่วนผสม ทำให้คุกกี้มีสีน้ำตาล กลิ่นหอม และรสชาติดี

2.2.5 **การทำให้เย็น**

เมื่อนำคุกกี้ออกจากตู้อบคุกกี้จะยังร้อนและมีความชื้นอยู่มาก แต่ในระหว่างการทำให้เย็นโครงสร้างของคุกกี้จะกลับแข็งขึ้นเมื่อน้ำตาลแข็งตัวและหลังจากนั้นไขมันก็แข็งตัวขึ้นเช่นกัน เนื่องจากไอน้ำภายในระเหยออกไป จนถึงจุดสมดุลระหว่างความชื้นภายในและภายนอกชิ้นคุกกี้เพราะถ้าความชื้นไม่สมดุลก็จะเกิดเป็นรอยเส้นบาง ๆ คล้ายรอยร้าวขึ้นที่ผิวด้านบนของคุกกี้ หรือทำให้คุกกี้แตกหักได้ ห้องที่ใช้ทำให้คุกกี้เย็นจึงต้องมีการควบคุมความชื้นด้วย (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2539)

2.2.6 **การเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์คุกกี้**

การเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนื่องจาก

2.2.6.1 **ความชื้น** (moisture) คุกกี้เป็นอาหารประเภทไวต่อความชื้น การเสื่อมคุณภาพจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เกิดจากปริมาณความชื้นเป็นสำคัญ ปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์คุกกี้ จึงเป็นสิ่งกำหนดการยอมรับของผู้บริโภคซึ่งสัมพันธ์กับอายุการเก็บนั่นเอง ผลของความชื้นที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของคุกกี้ คือ

1) การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทำให้เกิดการสูญเสียความกรอบเนื่องจากถูกความชื้นมากเกินไป

2) การเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยา ทำให้เกิดการเจริญของเชื้อราและแบคทีเรีย เนื่องจากมีปริมาณความชื้นที่จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้

ปริมาณความชื้นของคุกกี้ ณ จุดที่เกิดการเสื่อมคุณภาพจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคนั้นเรียกว่า "ปริมาณความชื้นวิกฤต (Critical moisture content)" เมื่อใดก็ตามที่มีการวัดการเสื่อมสภาพ จะต้องตั้งเกณฑ์ตัดสินหรือเกณฑ์ในการยอมรับด้วยเสมอเนื่องจากเกณฑ์ตัดสินดังกล่าวจะสัมพันธ์โดยตรงกับการหาอายุการเก็บของอาหารนั้น (อัญชลี กมลรัตนกุล. 2531)

2.2.6.2 **การเหม็นหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน** (Lipid oxidation)

การเกิดออกซิเดชันของลิปิดได้แก่ ไขมันและน้ำมันในคุกกี้มีผลต่อการเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ ทำให้คุกกี้เกิดการเสื่อมเสีย มีกลิ่นหืนเกิดขึ้น โดยทั่วไปจะเกิดปฏิกิริยาแบบออโท

ออกซิเดชัน (autoxidation) ซึ่งมักเกิดขึ้นเสมอ ๆ เมื่อมีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น ความร้อน แสงสว่าง โลหะ เป็นต้น นอกจากนี้อาจทำให้สีของคุกกี้มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

การเกิดออกซิเดชันของลิปิด จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยานี้มีแนวโน้มที่มีผลไปเร่งปฏิกิริยาได้ ไฮโดรเปอร์ออกไซด์เป็นสารไม่สามารถให้กลิ่นและกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ แต่กลิ่นรสที่ไม่ต้องการเกิดขึ้นเนื่องจากมันเกิดปฏิกิริยาต่อไปอีกได้ผลิตภัณฑ์ตัวที่สอง (secondary degradation product) ซึ่งมีบทบาทต่อกลิ่นรสที่เปลี่ยนไปในผลิตภัณฑ์อาหาร นอกเหนือจากสารเหล่านี้ยังพบว่าในขั้นแรกของการแตกสลายโมเลกุลจะเกิดสารประเภทอัลดีไฮด์ แอลกอฮอล์ และสารประกอบอื่น ๆ ซึ่งล้วนแล้วแต่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อไป (อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2541)

2.2.7 **การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของคุกกี้ชนิดกรอบ** (Crisp cookies or Brittle cookies)

คุณสมบัติทางกายภาพส่วนใหญ่ที่นิยมตรวจสอบ ได้แก่

2.2.7.1 **เนื้อสัมผัส** (Texture) คุกกี้ชนิดกรอบโดยส่วนใหญ่จะวัดค่าความแข็ง (Hardness) ซึ่งค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้น เมื่อมีการเพิ่มเส้นใยในคุกกี้

2.2.7.2 **ค่าการดูดซับน้ำ** (Water Absoption Index,WAI) จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณเส้นใย ถ้าในผลิตภัณฑ์คุกกี้มีเส้นใยสูง จะมีค่าการดูดซับน้ำดี ตัวอย่างเช่นการเติมเห็ดหูหนู เพื่อเป็นแหล่งเส้นใยอาหารในคุกกี้ จะเพิ่มค่า WAI ประมาณ 3-5 เท่าของคุกกี้ปกติ (เพลินใจ ตังคณะกุล และคณะ. 2538)

2.2.7.3 **ปริมาตร** (Bulk density) จะมีความสัมพันธ์กับเนื้อสัมผัส ถ้าความหนาแน่นสูง คุกกี้จะมีความแข็งสูง ดังนั้นคุกกี้ที่มีการผสมแหล่งของเส้นใยอาหารจะมีปริมาตรน้อยกว่าคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีล้วน ๆโดยคุกกี้ที่มีปริมาตรต่ำ (Low density) จะแสดงถึงคุณภาพที่ดี (Chen *et al.* 1988 และ Teerapapthamkul. 1991)

2.2.7.4 **การแผ่ตัว** (Spread ratio) เป็นลักษณะปรากฏสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ค่าการแผ่ตัวของคุกกี้ที่มีการเพิ่มเส้นใยอาหารจะน้อยกว่าสูตรที่ใช้แป้งสาลีล้วน ซึ่งการที่ค่าการแผ่ตัวลดลงแสดงถึงความสามารถของใยอาหารชนิดนั้นที่มีคุณสมบัติรวมตัวกับน้ำได้ดี (Chen *et al.* 1988) วัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งของเส้นใยอาหารแต่ละชนิดจะทำให้โด (dough) ของคุกกี้มีลักษณะแห้งกว่าโดที่ทำจากแป้งสาลีล้วน ๆ ดังนั้น โดจึงไม่สามารถแผ่ขยายได้ (spread) ทำให้คุกกี้มีขนาดเล็กและหนา (Teerapapthamkul. 1991)

2.3 สารดูดซับออกซิเจน (oxygen absorber)

การยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ จะต้องป้องกันผลิตภัณฑ์จากออกซิเจน เนื่องจากออกซิเจนเป็นตัวการสำคัญทำให้อาหารเสื่อมเสียได้แก่ ทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และเกิดการเจริญของจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม (Rooney. 1995)

การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ขนมอบ สาเหตุส่วนใหญ่มาจากออกซิเจนในอากาศ การเจริญของจุลินทรีย์และการทำลายของแมลงมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสี กลิ่นรส และทำให้เกิดการเสื่อมเสีย แต่อย่างไรก็ตามปฏิกิริยาออกซิเดชันถือเป็นสาเหตุหลักที่สำคัญ (Smith *et al.* 1988) ดังนั้นจึงมีการคิดค้นสารดูดซับออกซิเจนเพื่อแก้ปัญหาการเสื่อมเสียที่เกิดจากออกซิเจน

สารดูดซับออกซิเจนมีการใช้กันอย่างกว้างขวางที่ประเทศญี่ปุ่น นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน เค้ก คุกกี้ แครกเกอร์ อาหารทะเล และผลิตภัณฑ์น้ำมัน เป็นต้น นอกจากนี้ประเทศอเมริกายังมีการใช้ในกาแฟอีกด้วย (Broody. 1986) สารดูดซับออกซิเจนจะสามารถป้องกันการเหม็นหืนของอาหารที่มีไขมันสูง เพื่อไม่ให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ (Smith *et al.* 1990) เนื่องจากจะช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดทีฟ ฟอร์เมชัน (oxidative formation) ของ n-hexanal ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้ (Takiguchi. 1996)

สารดูดซับออกซิเจนที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีชื่อว่าวันเดอร์คีพ (wonderkeep) ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น มีคุณสมบัติในการดูดซับออกซิเจนซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเน่าเสียของอาหารและการเสื่อมสภาพของสินค้า สารดูดซับออกซิเจนนี้ประกอบด้วย powder active ironoxides ซึ่งสามารถดูดซับออกซิเจนในเวลาอันรวดเร็ว โดยเปลี่ยนตัวเองเป็น ironoxide และ hydroxides

2.3.1 สาเหตุหลักของการเน่าเสียและเสื่อมคุณภาพที่เกิดจากออกซิเจน

การเน่าเสียของอาหารและการเสื่อมสภาพของสินค้า ล้วนมีสาเหตุจากการสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ซึ่งพบว่าออกซิเจนเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตเล็ก ๆ เช่น จุลินทรีย์ แบคทีเรีย เชื้อรา และแมลงต่าง ๆ เมื่อในภาชนะบรรจุมีออกซิเจน สิ่งมีชีวิตเหล่านี้จึงอาศัยออกซิเจนในการเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร นอกจากนี้ ออกซิเจนยังทำปฏิกิริยากับอาหาร ทำให้เปลี่ยนสี เกิดจุดด่างดำ และกลิ่นหืน ทั้งหมดนี้นำมาซึ่งการสูญเสียทั้งในรูปลักษณ์ กลิ่น และรสของอาหาร

ไม่เพียงมีผลกับอาหารเท่านั้น การอาศัยออกซิเจนในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ยังทำให้เกิดการเสื่อมสภาพในสินค้าประเภทผ้าและสิ่งทอ แมลงเล็ก ๆ ที่หลบอาศัยอยู่ในผลิตภัณฑ์เหล่านี้กัดกินและทำลายเส้นใยของสิ่งทอ ความอับชื้นทำให้เชื้อราเจริญเติบโต สินค้าจึงเสียหาย

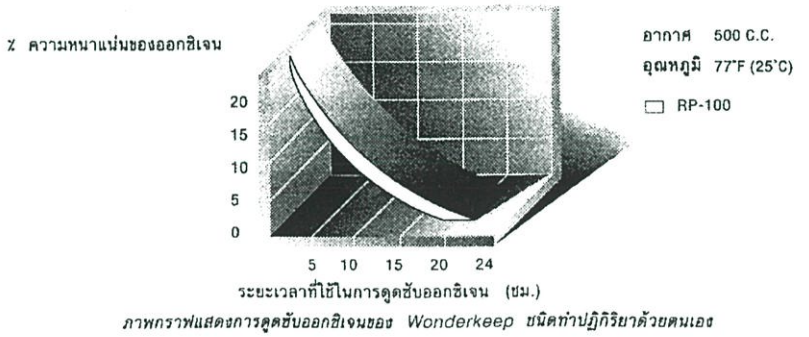
และไม่ได้ราคา สำหรับสินค้าประเภทโลหะ การทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศทำให้เกิดสนิมและผุกร่อนเสียหาย

2.3.2 การเลือกใช้วันเดอร์คีพให้เหมาะกับชนิดของอาหารและสินค้า

วันเดอร์คีพมีหลายชนิด แบ่งตามลักษณะการทำงานเพื่อให้เหมาะกับสินค้าและอาหารแต่ละประเภท ได้แก่

2.3.2.1 ชนิดทำปฏิกิริยาด้วยตนเอง (Self Reacting) : รุ่น RP

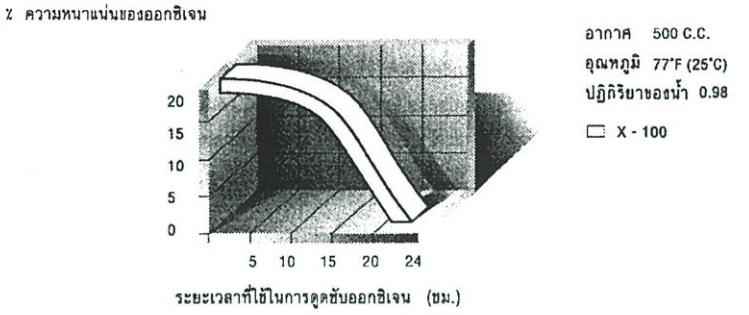
วันเดอร์คีพชนิดนี้สามารถทำปฏิกิริยาดูดซับออกซิเจนได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพโดยไม่ต้องมีปัจจัยอื่น ๆมากระตุ้น ดังนั้นจึงทำปฏิกิริยาดูดซับออกซิเจนได้ทันทีเมื่อมีออกซิเจน ปฏิกิริยาการดูดซับออกซิเจนแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กราฟการดูดซับออกซิเจนของวันเดอร์คีพชนิดทำปฏิกิริยาด้วยตนเอง
ที่มา : เจนจรัส (มปก.)

2.3.2.2 ชนิดต้องการความชื้นเป็นตัวกระตุ้น (Moisture Activated) : รุ่น X

วันเดอร์คีพชนิดนี้ต้องการความชื้นเป็นตัวกระตุ้นให้ทำงาน ดังนั้นหากอยู่ในสภาวะที่แห้งจะยังไม่ทำปฏิกิริยาจนกระทั่งเมื่อความชื้นในอากาศมีมากพอ จึงเริ่มดูดซับออกซิเจน วันเดอร์คีพชนิดนี้เหมาะอย่างยิ่งสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูง ปฏิกิริยาการดูดซับออกซิเจนแสดงดังรูปที่ 2.2



ภาพกราฟแสดงการดูดซับออกซิเจนของ Wonderkeep ซึ่งใช้ความชื้นเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยา

รูปที่ 2.2 กราฟการดูดซับออกซิเจนของวันเดอร์คีพซึ่งใช้ความชื้นเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยา
ที่มา : เจนจรัส (มปก.)

2.3.3 ชนิดของวันเดอร์คีพและคุณสมบัติ

2.3.3.1 Wonderkeep RP

ลักษณะพิเศษของวันเดอร์คีพชนิดนี้ คือ เป็นชนิดมาตรฐาน เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ เวลาที่ใช้ในการดูดซับออกซิเจนอยู่ในช่วง 12-48 ชั่วโมง ส่วนเวลาในการสัมผัสอากาศได้ก่อนปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ จะอยู่ภายในเวลาสี่ชั่วโมง วันเดอร์คีพชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้ในอาหารแห้ง ขนมเพสทรี่ หรือขนมประเภทแป้งกรอบ เมล็ดถั่วและผลิตภัณฑ์ยา

2.3.3.2 Wonderkeep X

ลักษณะพิเศษของวันเดอร์คีพชนิดนี้ คือ เป็นชนิดที่ต้องการความชื้นเป็นตัวกระตุ้น เวลาในการดูดซับออกซิเจนอยู่ในช่วง 18-30 ชั่วโมง ส่วนเวลาในการสัมผัสอากาศได้ก่อนปิดผนึกบรรจุภัณฑ์จะอยู่ภายในเวลา 24 ชั่วโมงวันเดอร์คีพชนิดนี้เหมาะสำหรับ อาหารที่มีความชื้นสูง ขนมปังสด เพสทรี่ ผลิตภัณฑ์จากนมเนย

2.3.4 ปริมาณการใช้วันเดอร์คีพ

นอกจากการเลือกชนิดของวันเดอร์คีพให้เหมาะกับชนิดของอาหารแล้ว การใช้ วันเดอร์คีพในปริมาณที่เหมาะสมก็มีส่วนสำคัญต่อประสิทธิภาพการทำงานของวันเดอร์คีพ การที่จะทราบปริมาณของวันเดอร์คีพที่จะใช้ จำเป็นต้องคำนวณหาปริมาณของออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์เสียก่อน รายละเอียดการคำนวณ แสดงในภาคผนวก จ

2.3.5 ภาชนะหรือบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมแก่การใช้กับวันเดอร์คีพ

ภาชนะหรือบรรจุภัณฑ์ของสินค้าที่ต้องการถนอมอาหารรักษาด้วยวันเดอร์คีพ ควรทำจากวัสดุที่ป้องกันการรั่วซึมของออกซิเจนได้ มีการปิดผนึกที่แน่นหนา เพราะหากอากาศรั่วไหลได้

การทำงานของวันเดอร์คีพ จะไม่เป็นผล (เจนจรัส. มปก.)

2.4 บรรจุภัณฑ์สำหรับคุกกี้

คุกกี้หลายชนิดประกอบน้ำตาลและไขมันปริมาณมากและมีความชื้นต่ำ การบรรจุคุกกี้จึงจำเป็นต้องป้องกันความชื้นจากภายนอกเข้าสู่ภายใน รวมถึงแสงที่สามารถทำให้คุกกี้เกิดการเปลี่ยนแปลงสี และออกซิเจนด้วยทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ก่อให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ในคุกกี้ได้ ดังนั้นการเลือกบรรจุภัณฑ์ในการบรรจุที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา

2.4.1 บรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับคุกกี้มีรูปแบบทั่วไปอยู่ 3 แบบ คือ

2.4.1.1 Rigid form เป็นภาชนะบรรจุที่ทำด้วยวัสดุของแข็ง เช่น กระป๋องและขวดแก้วที่มีความแข็งแรง รักษารูปทรงและป้องกันผลิตภัณฑ์จากสภาพแวดล้อมได้ดีเลิศ แต่เนื่องจากมีราคาและน้ำหนักค่อนข้างสูง จึงไม่เป็นที่นิยมนัก

2.4.1.2 Semirigid form ได้แก่ ขวดพลาสติก กล่องกระดาษพับได้ สมบัติเฉพาะตัวของภาชนะบรรจุกึ่งแข็งทั้งด้านราคา น้ำหนัก และการป้องกันผลิตภัณฑ์จะมีค่ากลาง ๆ อยู่ระหว่าง Rigid form และ Flexible form

2.4.1.3 Flexible form ครอบคลุมถุง (bag,pouch) หรือแผ่นห่อของ (wrapper) ซึ่งทำจากวัสดุหลายชนิด ได้แก่ กระดาษ พลาสติก อะลูมิเนียมฟอยล์และสารเคลือบ (สินีนาถ จริยโชติเลิศ. 2528)

เซลโลเฟน (cellophane) โพลีโพรพิลีน (polypropylene) อะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนท (aluminum foil laminates) โพลีสไตรีน (polystyrenes) และกระดาษแก้ว (glassines) นิยมใช้ในการบรรจุคุกกี้ เช่น การใช้ โพลีไวนิลคลอไรด์(polyvinyl chloride; PVC)เคลือบเซลโลเฟน จะช่วยป้องกันความชื้นได้ดี สามารถปิดผนึกได้ด้วยความร้อน และมีความเงา อีกทั้งยังเป็นฟิล์มที่มีความแข็งแรง สามารถป้องกันการทิ่มแทงของคุกกี้หลาย ๆชนิด ส่วนการเคลือบด้วยโพลีโพรพิลีน จะช่วยลดต้นทุนได้ แต่มีความยากลำบากในการใช้กับเครื่องจักรอัตโนมัติ มีการแนะนำว่าโพลีไวนิลลิดีน (polyvinylidene) เหมาะกับการใช้ในการบรรจุคุกกี้ เพราะสามารถเคลือบได้ดีและใช้ได้ง่ายกับเครื่องจักร (Sacharow and Griffin. 1980)

2.4.2 สมบัติที่ดีของบรรจุภัณฑ์เบเกอรี่

- ป้องกันการเสื่อมเสียจากสิ่งแวดล้อม ไม่เพียงแต่ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่จะต้องป้องกันฝุ่น สปอร์ของเชื้อรา กลิ่นไม่พึงประสงค์ และสิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ ดังนั้น รอยปิดผนึกจะต้องปิดสนิทอย่างต่อเนื่อง ไม่มีรอยรั่ว

- บรรจุภัณฑ์จะต้องมีขนาดเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ ป้องกันการแตกหัก และแรงกระแทกในระหว่างการเก็บรักษา การขนส่ง และการจำหน่าย

- วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์จะต้องขึ้นรูปได้ง่าย มีกระบวนการผลิตและมีระบบการปิดผนึกที่รวดเร็ว ไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดความเสียหาย

- บรรจุภัณฑ์ต้องมีส่วนช่วยในการดึงดูดการซื้อของผู้บริโภค

- บรรจุภัณฑ์ต้องมีราคาถูกและไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียเมื่อเก็บที่บรรยากาศปกติ (Matz. 1992)

2.4.3 ตัวอย่างพลาสติกที่นิยมใช้เป็นฟิล์มเคลือบและบรรจุภัณฑ์

2.4.3.1 โพลีเอธิลีน (polyethylene ; PE)

PE นับเป็นพลาสติกที่มีการใช้มากที่สุดและราคาถูก สืบเนื่องจาก PE มีจุดหลอมเหลวต่ำเมื่อเทียบกับพลาสติกอื่น ๆ ทำให้มีต้นทุนในการผลิตต่ำ PE ผลิตจากกระบวนการโพลีเมอร์ไรส์เซชัน (polymerization) ของก๊าซเอธิลีน (Ethylene) ภายใต้ความดันและอุณหภูมิสูง โดยอยู่ในสภาวะปราศจากตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะ (metal Catalyst) การจับตัวของโมเลกุลในลักษณะโซ่สั้นและยาวจะส่งผลให้ PE ที่ได้ออกมามีความหนาแน่นแตกต่างกัน PE แบ่งเป็น 3 ประเภทตามความหนาแน่นคือ

1) โพลีเอธิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene หรือ LDPE) ความหนาแน่น 0.910 – 0.925 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

2) โพลีเอธิลีนความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Polyethylene หรือ MDPE) ความหนาแน่น 0.926 – 0.940 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

3) โพลีเอธิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene หรือ HDPE) ความหนาแน่น 0.941 – 0.965 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. 2541)

2.4.3.2 โพลิโพรไพลีน (Polypropylene – PP)

PP มักจะรู้จักกันในนามของถุงร้อน ด้วยคุณสมบัติเด่นของ PP ซึ่งมีความใสและป้องกันความชื้นได้ดี มากกว่าครึ่งหนึ่ง PP ที่นิยมใช้กันจะเป็นรูปของฟิล์ม อย่างไรก็ตามการป้องกันอากาศซึมผ่านของ PP ยังไม่ดีเท่าพลาสติกบางชนิด เนื่องจากช่วงอุณหภูมิในการหลอมละลายสั้น ทำให้ PP เชื่อมติดได้ยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ฟิล์มประเภท OPP ที่มีการจัดเรียงโมเลกุลในทิศทางเดียวกันจะไม่สามารถเชื่อมติดได้เลย อุณหภูมิเด่นอีกประการหนึ่งของ PP คือ มีจุดหลอมเหลวสูงทำให้สามารถใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหารสำหรับบรรจุอาหารในขณะร้อน (Hot-Fill) (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. 2541) PP จะมีสมบัติคล้าย PE นิยมใช้เคลือบ

ในความหนาช่วง 0.87-1 mil (Matz. 1992) ซึ่งความหนาจะมีผลต่อการซึมผ่านของไอน้ำและออกซิเจนดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความหนาของฟิล์มโพลีโพรพิลีนที่มีต่อการซึมผ่านไอน้ำและออกซิเจน

ความหนา (mils)	อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ	อัตราการซึมผ่านของออกซิเจน
0.45	0.9	330
0.75	0.5	200
1.00	0.4	100

ดัดแปลงจาก Kale (1987)

2.4.3.3 **โพลีเอธิลีน เทเรฟทาเลต** (Polyethylene Terephthalate – PET)

PET บรรจุภัณฑ์ที่ได้รับการคิดค้นขึ้นมาเพื่อการบรรจุน้ำอัดลม โดยเฉพาะคุณสมบัติเด่นทางด้านความใสแวววับเป็นประกาย ทำให้ได้รับความนิยมในการบรรจุน้ำมันพืชและน้ำดื่ม นอกจากขวดแล้ว PET ในรูปฟิล์มซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้เป็นอย่างดี จึงมีการนำไปเคลือบหลายชั้นเพื่อทำเป็นซองสำหรับบรรจุอาหารที่มีความไวต่อก๊าซ เช่น อาหารขบเคี้ยว เป็นต้น นอกจากนี้ ฟิล์ม PET ยังมีคุณสมบัติเด่นอีกหลายประการ เช่น ทนแรงยืดและแรงกระแทกเสียดสีได้ดี จุดหลอมเหลวสูง แต่ข้อด้อย คือ ไม่สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนและเปิดฉีกยาก ทำให้โอกาสใช้ฟิล์ม PET อย่างเดียวน้อยมากแต่มักใช้เคลือบชั้นกับพลาสติกอื่น ๆ(ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. 2541)

2.4.3.4 **โพลิไวนิลคลอไรด์** (Polyvinylchloride – PVC)

PVC เป็นพลาสติกที่สามารถแปรเปลี่ยนคุณสมบัติได้ PVC มักใช้ในรูปแบบของขวด ฟิล์ม และแผ่น แม้ว่าครั้งหนึ่งเคยมีข่าวจะให้เลิกใช้ PVC ในบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากมีสารตกค้างของไวนิลคลอไรด์ ซึ่งอาจก่อให้เกิดมะเร็งในตับได้ แต่วิวัฒนาการทางด้านการผลิตในปัจจุบันทำให้สามารถผลิต PVC ที่มีไวนิลคลอไรด์ตกค้างน้อยกว่า 1 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ส่งผลให้บรรจุภัณฑ์ที่ทำจาก PVC นี้ ปลอดภัยสำหรับใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร

ในแง่ของการผลิตฟิล์ม PVC จะผลิตยากกว่าฟิล์ม PE หรือ PP จุดเด่นของฟิล์ม PVC คือทนต่อน้ำมันและกันกลิ่นได้ดี ใส แข็งแรงทนทานต่อการเสียดสี ในขณะที่ความต้านทานต่อการซึมผ่านของความชื้นอยู่ในขั้นปานกลาง อุณหภูมิใช้งานของ PVC ไม่เกิน 90 องศาเซลเซียส และถ้าอุณหภูมิการใช้งานเกินกว่า 137 องศาเซลเซียส จะเริ่มเปลี่ยนคุณภาพ (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. 2541) PVC มีทั้งแบบแข็งและยืดหยุ่นได้ แม้ว่าจะป้องกันความชื้นได้ดีแต่ก็ไม่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ (Matz. 1992)

2.4.3.5 **โพลิสไตรีน** (Polystyrene-PS)

PS พลาสติกจำพวก PS นี้ ใช้ผลิตภัณฑ์ โดยการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนเป็นรูปถ้วย ถาด ในกรณีที่มีการเติมสารพองตัว (Blowing Agent) PS จะสามารถผลิตออกมาเป็นโฟมที่เรียกว่า EPS ซึ่งนำมาใช้เป็นวัสดุป้องกันการสั่นกระแทก (Cushioning) เมื่อทำเป็นฟิล์ม PS จะมีความใสมากแวววับเป็นประกาย แต่เนื่องจากฉีกขาดได้ง่ายและป้องกันการซึมผ่านความชื้นและก๊าซได้ต่ำการใช้ฟิล์ม PS จึงจำกัดอยู่เพียงการใช้ห่อสินค้า เช่น ผลไม้ ดอกไม้ เป็นต้น หรือทำเป็นบลิสเตอร์แพ็ค ถาดที่ขึ้นรูปจากแผ่น PS จะมีความใสและแข็งแรงพอสมควร ในสภาวะปกติ PS จะมีการพัฒนาด้วยการเติมสารบูทาดีน (Butadine) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงซึ่งรู้จักกันในนามของ HIPS (High Impact Polystyrene) ใช้ทำเป็นถาดสำหรับรองคุกกี้ก่อนบรรจุใส่กล่อง (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. 2541)

ตารางที่ 2.4 อัตราการซึมผ่านของไอน้ำและออกซิเจนในพลาสติกบางชนิด

ชนิดของพลาสติก	อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ	อัตราการซึมผ่านของออกซิเจน
PE, low density	1.4	500
PE,high density	0.3	125
PP, oriented	0.4	150
PET (polyester)	1.3	5
Nylon	25.0	2.6
Aluminum foil	0.007	0.004

ที่มา : Matz (1992)

2.4.4 **สมบัติของฟิล์มที่ดีที่ใช้ในการเคลือบบรรจุภัณฑ์**

- ป้องกันความชื้น แสง และไขมันได้ดี
- รักษากลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ไว้ได้และไม่ดูดซับกลิ่นไม่พึงประสงค์
- สามารถใช้เคลือบได้ดีและมีความแข็งแรง
- ปิดผนึกได้ดีและทนต่ออุณหภูมิสูง
- รักษาความสดใหม่ของผลิตภัณฑ์ (Porner and White. 1972)

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 แป้งสาลีอเนกประสงค์ตราว่าว

3.1.2 ไข่ไก่

3.1.3 ผงฟู ตราอิมพีเรียล

3.1.4 น้ำตาลทรายตรามิตรผล

3.1.5 เกลือตราปรุงทิพย์

3.1.6 เนยสดชนิดเค็มตราออร์คิด

3.1.7 ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.4 ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่

3.1.8 โอคาราสดและโอคาราแห้ง ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทกรีนสปอร์ต (ประเทศไทย) จำกัด

3.2 อุปกรณ์การผลิต

3.2.1 กะละมัง

3.2.2 ที่แซะขนม

3.2.3 ตะแกรงพักขนม

3.2.4 ถาดอบ

3.2.5 พายยาง

3.2.6 เครื่องตีขนม และหัวตี

3.2.7 กระชอนร่อนแป้ง

3.2.8 ถ้วยตวง

3.2.9 ช้อนตวง

3.2.10 เครื่องกดคุกกี้

3.2.11 เตาอบ

3.2.12 เครื่องทำน้ำนมถั่วเหลือง ได้แก่ เครื่องบดและเครื่องแยกกากละเอียดยี่ห้อ Wasino

3.3 อุปกรณ์การวิเคราะห์

3.3.1 magnetic stirrer

3.3.2 เครื่องแก้ว

3.3.3 กระดาษกรอง

3.3.4 ถ้วยอะลูมิเนียม

3.3.5 อะลูมิเนียมฟอยล์

3.3.6 ครูซิเบิล

3.4 อุปกรณ์การศึกษาอายุการเก็บ

3.4.1 ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ชนิด OPP/LDPE/ALU/LDPE/LLDPE ความหนา 100 ไมครอน ขนาด 130 x 170 มิลลิเมตร

3.4.2 ถุงโพลีโพรพิลีน (PP) พับข้าง ชนิดใสพิเศษ ตราปู ขนาด 5x8 นิ้ว

3.4.3 สารดูดซับออกซิเจน ยี่ห้อ wonder keep รุ่น RP 50

3.5 สารเคมี

3.5.1 กรดซัลฟูริค

3.5.2 คอปเปอร์ซัลเฟต

3.5.3 โซเดียมซัลเฟต

3.5.4 ซีลีเนียมไดออกไซด์

3.5.5 กรดบอริค

3.5.6 เมทิล เรด

3.5.7 โซเดียมไฮดรอกไซด์

3.5.8 กรดไฮโดรคลอริก

3.5.9 ปิโตรเลียมอีเทอร์

3.5.10 TBA

3.5.11 เอธานอล

3.6 เครื่องมือวิเคราะห์

3.6.1	เครื่องชั่งน้ำหนัก	Mettler AJ 100
3.6.2	เครื่องวัดสี	Minolta CR – 300 , Japan
3.6.3	เครื่องวัดเนื้อสัมผัส	Texture Measuring System, TA - XT2i
3.6.4	เครื่องปั่นเหวี่ยง	Kontron T42 K, Italy
3.6.5	เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	Spectro 22 Labomed, Inc.
3.6.6	เครื่องชั่งชนิดละเอียด	Metter AE 240

3.6.7	ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)	Memmert 854 Schwabach
3.6.8	เครื่องวิเคราะห์โปรตีน	Buchi Distillation Unit B-316
3.6.9	เครื่องวิเคราะห์ไขมัน	Buchi 810 Soxhlet

3.7 สถานที่ดำเนินงาน

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.8 วิธีการดำเนินงาน

3.8.1 การเตรียมโอคาราสดเพื่อเลียนแบบโอคาราสดที่ผลิตในครัวเรือน

เตรียมโอคาราสดจากถั่วเหลืองทั้งเมล็ดและถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกตามกระบวนการการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองในครัวเรือนดังรูปที่ 3.1 และกำจัดกลิ่นถั่วโดยการเติมแคลเซียมคาร์บอเนต 0.1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักถั่วแห้งในขั้นตอนการบดถั่ว (วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์. 2545)

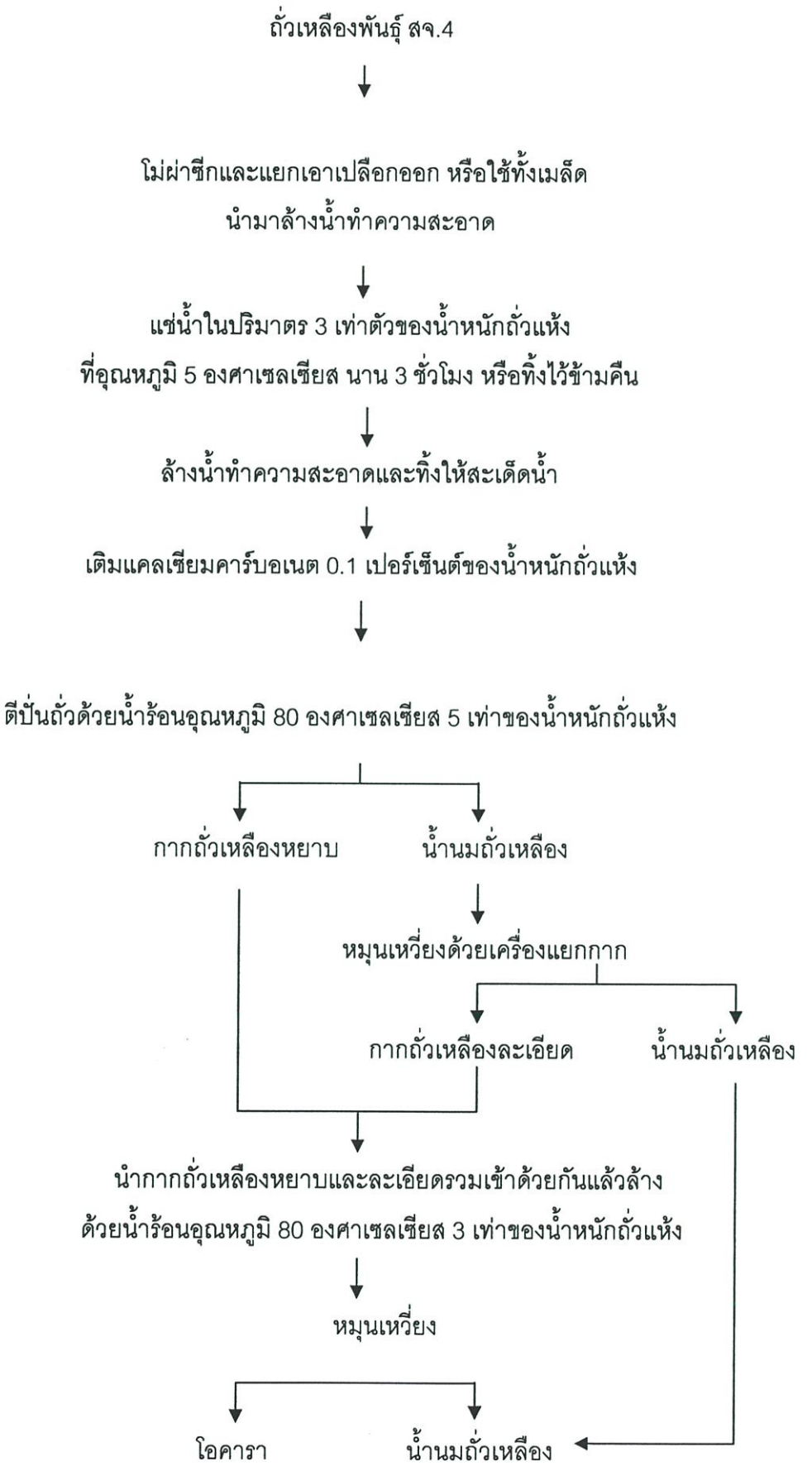
โอคาราที่ได้จะนำมาเก็บในตู้เย็น ควบคุมอุณหภูมิต่ำกว่า -20 องศาเซลเซียส โดยโอคาราสดที่ผลิตเลียนแบบการผลิตในครัวเรือนทั้งสองชนิด รวมทั้งโอคาราสดจากโรงงาน มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ก่อนที่จะนำโอคาราไปใช้ในผลิตภัณฑ์ จะละลายน้ำแข็ง (thawing) แล้วนำไปบีบอัดน้ำออกด้วยเครื่องไฮดรอลิค เพรสเซอร์ (hydraulic pressure) จนได้ความชื้นประมาณ 65-68 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปผลิตเป็นคุกกี้โอคาราตามการทดลองที่ 3.8.2.1 3.8.2.2 และ 3.8.2.3 ตามลำดับ

โอคาราสดที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ความชื้นและค่าสีเปรียบเทียบกับโอคาราสดและแห้งที่ได้จากโรงงาน วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำ 3 ซ้ำ แล้วทดสอบความแตกต่าง โดย DMRT (Duncan' s New Multiple Range Test) วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 10.05

3.8.2 การศึกษาการใช้โอคาราสดที่ผลิตในครัวเรือนและโอคาราสดจากโรงงานเพื่อผลิตคุกกี้โอคารา

ในการทดลองผลิตคุกกี้โอคารา ได้ศึกษาการใช้โอคาราสดจาก 3 แหล่งด้วยกัน ได้แก่

1. โอคาราสดที่ผลิตในครัวเรือนโดยใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ด
2. โอคาราสดที่ผลิตในครัวเรือนโดยใช้ถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก
3. โอคาราสดจากโรงงาน



รูปที่ 3.1 การเตรียมโอคาราสด

3.8.2.1 ศึกษาหาปริมาณโอคาราสดทั้งสามชนิดที่เหมาะสมในการผลิตคุกกี้โอคารา

ในการทดลองผลิตคุกกี้โอคารา ได้เลือกใช้สูตรคุกกี้เนยดังตารางที่ 3.1 เป็นสูตรควบคุม โดยทำการทดลองแทนแป้งสาลีในสูตรด้วยโอคาราสดทั้งสามชนิดใน 3 อัตราส่วน คือ ทดแทนแป้งสาลี 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งโดยทำการผลิตคุกกี้ตามวิธีการในรูปที่ 3.2 ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส เพื่อหาปริมาณโอคาราสดที่สูงที่สุดที่สามารถเติมได้

1) การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของคุกกี้โอคารา มีรายละเอียดในภาคผนวก จ ได้แก่

- การแผ่ตัว (Spread ratio) (AACC. 1983)
- ปริมาตร
- เนื้อสัมผัส (Texture) (TA-XT2 Application study)
- การดูดซับน้ำ (Water Absorption Index,WAI) (Anderson *et al.* 1969)
- สี (Color) ได้แก่ ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a)และค่าสีเหลือง (b)

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำ 3 ซ้ำ แล้วทดสอบความแตกต่างโดย DMRT(Duncan's New Multiple Range Test) วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 10.05

2) การทดสอบทางประสาทสัมผัส ใช้แบบโดยใช้แบบทดสอบ 9 –point Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบชิม 20 คน ทดลอง 2 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ RCBD วิเคราะห์ด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม แล้วทดสอบความแตกต่าง โดย DMRT (Duncan' s New Multiple Range Test) วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 10.05

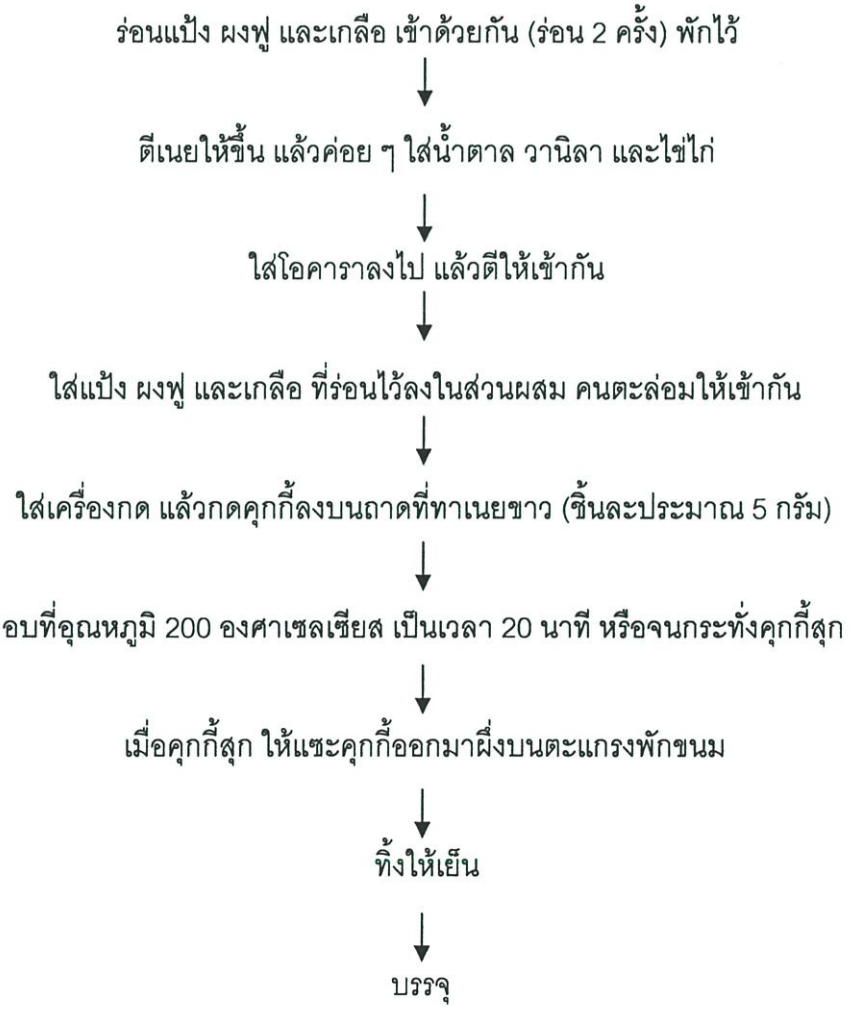
3.8.2.2 ศึกษาการปรับปรุงเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏของคุกกี้โอคาราที่ทำจากโอคาราสด

นำสูตรคุกกี้โอคาราที่คัดเลือกได้จากการทดลองข้อ 3.8.2.1 มาทำการปรับปรุงเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏ โดยการเติมน้ำที่ระดับ 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสม แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมดังวิธีการตามข้อ 2) และตรวจสอบสมบัติทางกายภาพได้แก่ ค่าการแผ่ตัว (spread ratio) และเนื้อสัมผัส (texture) ตามวิธีการในข้อ 1)

ตารางที่ 3.1 สูตรควบคุมของคุกกี้เนย

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)
แป้งอเนกประสงค์	300
ไข่ไก่	100
วานิลา	10
ผงฟู	10
น้ำตาลทราย	180
เกลือ	0.8
เนยชนิดเค็ม	227

ที่มา : กานดา แซ่จิว และกาญจนา จบศรี (2545)



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการผลิตคุกกี้

3.8.2.3 **ศึกษาการใช้มาการีนทดแทนเนยสดในการผลิตคุกกี้โอคาราที่ทำจากโอคาราสด**

นำสูตรที่คัดเลือกได้จากการทดลองข้อที่ 3.8.2.2 มาทดลองใช้มาการีนแทนเนยสด 3 ระดับ ได้แก่ 60 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ดังวิธีการตามข้อ 2) เพื่อหาปริมาณที่สามารถทดแทนได้มากที่สุดและผู้ชิมให้การยอมรับ รวมทั้งตรวจสอบเนื้อสัมผัส ตามวิธีการในข้อ 1)

3.8.3 **การศึกษาการใช้โอคาราแห้งจากโรงงานเพื่อผลิตคุกกี้โอคารา**

โอคาราแห้งจากโรงงานมีความชื้นประมาณ 6-8 เปอร์เซ็นต์ นำมาร่อนผ่านผ่านกระชอนร่อนแป้งบรรจุใส่ถุงโพลีโพรพิลิน (PP) อย่างหนา แล้วเก็บในสภาวะสุญญากาศ เพื่อนำมาผลิตเป็นคุกกี้โอคารา

3.8.3.1 **ศึกษาหาปริมาณโอคาราแห้งที่เหมาะสมในการผลิตคุกกี้โอคารา**

ในการทดลองผลิตคุกกี้โอคาราได้เลือกใช้สูตรคุกกี้เนยดังตารางที่ 3.1 เป็นสูตรควบคุม โดยทำการทดลองแทนแป้งสาลีในสูตรด้วยโอคาราแห้ง 3 ระดับ คือ ทดแทนแป้งสาลี 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งโดยทำการผลิตคุกกี้ตามวิธีการในรูปที่ 3.2 และทำการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัส เหมือนข้อ 3.8.2.1 เพื่อหาปริมาณโอคาราที่สูงที่สุดที่สามารถเติมได้

3.8.3.2 **ศึกษาการปรับปรุงเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏของคุกกี้โอคาราที่ทำจากโอคาราแห้ง**

นำสูตรคุกกี้โอคาราที่คัดเลือกได้จากการทดลองข้อ 3.8.3.1 มาทำการปรับปรุงเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏโดยการเติมน้ำที่ระดับ 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสม แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรสและการยอมรับโดยรวม ดังวิธีการตามข้อ 2) และตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าการแผ่ตัว (spread ratio) และเนื้อสัมผัส (texture) ตามวิธีการในข้อ 1)

3.8.3.3 **ศึกษาการใช้มาการีนทดแทนเนยสดในการผลิตคุกกี้โอคาราที่ทำจากโอคาราแห้ง**

นำสูตรที่คัดเลือกได้จากการทดลองในข้อที่ 3.8.3.2 มาทำการลดต้นทุนการผลิตโดยมีรายละเอียดการทดลองดังข้อที่ 3.8.2.3

3.8.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้โอคารา

นำผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่เลือกไว้จากข้อ 3.8.2.3 และ 3.8.3.3 ที่ได้จากการทดลองใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกและไม่กะเทาะเปลือกที่เลียนแบบการผลิตในครัวเรือน และโอคาราสดและโอคาราแห้งที่ได้จากโรงงานที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมาตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า เส้นใยอาหาร และความชื้น (AOAC. 1995) เปรียบเทียบกับคุกกี้เนย และวิเคราะห์ปริมาณไดเอทารีไฟเบอร์ (dietary fiber) (Enzymatic – Gravimatic method , AOAC. 1995) โดยเลือกคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกเป็นตัวแทนในการศึกษาปริมาณไดเอทารีไฟเบอร์ เปรียบเทียบกับคุกกี้เนย

3.8.5 การศึกษาอายุการเก็บของคุกกี้โอคารา

การศึกษาอายุการเก็บของคุกกี้ จะเลือกคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกเป็นตัวแทนในการศึกษาอายุการเก็บรักษา เปรียบเทียบกับคุกกี้เนย โดยทำการบรรจุคุกกี้ 2 แบบ แบบที่ 1 คือบรรจุคุกกี้แบบสุญญากาศในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และใส่สารดูดซับออกซิเจน แบบที่ 2 คือ บรรจุคุกกี้แบบบรรยากาศในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (PP) บรรจุคุกกี้ประมาณ 70 กรัมต่อถุง เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 40 วัน และตรวจสอบคุณภาพของคุกกี้ทุกๆ 5 วัน โดยตรวจสอบสมบัติทางเคมี ได้แก่ความชื้น และ Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) (Kirk and Sawyer. 1991) วางแผนการทดลองแบบ Split plot วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 10.05 และตรวจสอบสมบัติทางประสาทสัมผัสทางด้านความกรอบและกลิ่นหืน ใช้แบบทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างกับตัวอย่างควบคุม (difference from control) ใช้ผู้ทดสอบ 20 คน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ RCBD แล้วทดสอบความแตกต่าง โดย DMRT (Duncan' s New Multiple Range Test) วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 10.05

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการวิเคราะห์ความชื้นและค่าสีของโอคารา

จากการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง จะทำให้ได้โอคาราซึ่งโอคาราที่ได้จะมีความชื้นสูงประมาณ 76-80 เปอร์เซ็นต์ (O'Toole. 1999) ก่อนนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตคุกกี้ จะนำมากดอัดน้ำออกด้วยเครื่องไฮดรอลิค เพรสเซอร์ (hydraulic pressure) จนได้ความชื้นดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าความชื้นและค่าสีของโอคาราจากแหล่งต่าง ๆ

ชนิดโอคารา	% ความชื้น	ค่าสี		
		L	a	b
โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก	66.67 ^{b} ± 1.86	83.21 ^{b} ± 0.62	1.54 ^{a} ± 0.28	15.70 ^{a} ± 1.21
โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือก	67.31 ^{b} ± 2.51	78.76 ^{a} ± 0.69	2.33 ^{b} ± 0.18	17.16 ^{b} ± 0.48
โอคาราสดจากโรงงาน	70.06 ^{b} ± 2.46	83.90 ^{b} ± 0.97	1.37 ^{a} ± 0.10	13.54 ^{a} ± 0.93
โอคาราแห้งจากโรงงาน	6.78 ^{a} ± 2.41	86.11 ^{c} ± 0.70	1.49 ^{a} ± 0.02	16.92 ^{b} ± 0.38

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าโอคาราสดที่ผลิตเลียนแบบการผลิตในครัวเรือนทั้งแบบที่ใช้ถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกและไม่กะเทาะเปลือกจะมีความชื้นต่ำกว่าโอคาราสดจากโรงงานเล็กน้อย เนื่องจากโอคาราสดจากโรงงานมีเนื้อกากที่ละเอียดกว่าจึงทำให้กักเก็บน้ำไว้ภายในได้ดีกว่า แต่จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ส่วนกากแห้งจากโรงงานจะมีลักษณะเป็นผงคล้ายแป้งและมีความชื้นต่ำประมาณ 6.78 เปอร์เซ็นต์

ค่าสีประกอบด้วยค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) พบว่าโอคาราที่ได้จากถั่วเหลืองทั้งเมล็ดจะมีค่าความสว่าง น้อยกว่าค่าความสว่าง ของโอคาราที่ได้จากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โอคาราที่ได้จากโรงงานจะได้จากการใช้ถั่วเหลืองที่กะเทาะเปลือกออก เนื่องจากส่วนของเปลือกถั่วจะทำให้โอคารามีสีคล้ำส่งผลต่อค่าสีเหลือง และสีแดงที่วัดได้ ทำให้โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือกที่ผลิตเลียนแบบการผลิตในครัวเรือนมีค่าสีเหลือง และสีแดง มากกว่า ดังรูปที่ ก1(ภาคผนวก ก) นอกจากนี้การอบแห้งโอคาราไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของโอคารา โดยพบว่าค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลือง ของโอคาราสดจากโรงงาน และโอคาราแห้งจากโรงงานไม่มีความแตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อาจเป็นไปได้ว่า ในการอบแห้งโอคารา โรงงานได้ใช้อุณหภูมิสูง ระยะเวลาสั้น ทำให้โอกาสเกิดสีน้ำตาลมีน้อยลง

4.2 ผลการศึกษาการใช้โอคาราสดที่เลียนแบบการผลิตในครัวเรือนและโอคาราสดจากโรงงานเพื่อผลิตคุกกี้โอคารา

4.2.1 ผลการศึกษาหาปริมาณโอคาราสดที่เหมาะสมในการผลิตคุกกี้โอคารา

4.2.1.1 การดูดซับน้ำ (Water Absorbtion Index ; WAI)

จากการใช้โอคาราสดที่ได้จากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกและไม่กะเทาะเปลือกจากการผลิตในครัวเรือน และโอคาราสดจากโรงงานทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง พบว่าคุกกี้ที่ผลิตได้มีค่าการดูดซับน้ำแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมที่ผลิตจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.2) โดยการเติมโอคาราจะทำให้ค่าการดูดซับน้ำสูงขึ้น ซึ่งค่าการดูดซับน้ำจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณเส้นใยอาหาร ถ้าในผลิตภัณฑ์คุกกี้มีเส้นใยอาหารสูง ค่าการดูดซับน้ำจะสูงตามไปด้วย (เพลินใจ ตังคณะกุล และคณะ. 2538) โอคารามีเส้นใยอาหารสูง (O'Toole. 1999) คุกกี้ที่ใช้โอคาราสดในการผลิตจึงมีค่าการดูดซับน้ำสูงขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากแหล่งต่าง ๆ พบว่าคุกกี้ที่โอคาราสดจากโรงงานมีค่าการดูดซับน้ำมากกว่า การที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจาก โอคาราสดที่ได้จากโรงงานมีความละเอียดของกากมากกว่าจึงทำให้สามารถกักเก็บน้ำเอาไว้ภายในได้มากกว่า สังเกตได้จากความชื้นเริ่มต้นหลังจากผ่านการกดอัดเอาน้ำออก(ตารางที่ 4.1) โดยโอคาราสดจากโรงงานจะมีความชื้นประมาณ 70.06 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าโอคาราสดที่ผลิตจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกและไม่กะเทาะเปลือกที่มีความชื้น 66.67 และ 67.31 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.2 ค่าการดูดซับน้ำของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากแหล่งต่าง ๆ ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง

คุกกี้ที่ผลิตจากโอคาราสด	ค่าการดูดซับน้ำ			
	0	60	70	80
โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก	$1.90^{a} \pm 0.17$	$2.20^{b} \pm 0.12$	$2.29^{b} \pm 0.08$	$2.35^{b} \pm 0.65$
โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือก	$1.90^{a} \pm 0.17$	$2.32^{b} \pm 0.07$	$2.31^{b} \pm 0.13$	$2.36^{b} \pm 0.16$
โอคาราสดจากโรงงาน	$1.90^{a} \pm 0.17$	$2.44^{b} \pm 0.24$	$2.41^{b} \pm 0.10$	$2.50^{b} \pm 0.18$

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2.1.2 สี (Color)

ตารางที่ 4.3 4.4 และ 4.5 แสดงค่าสีของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดทั้งสามชนิด พบว่าค่าความสว่าง (L) และค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก และโอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือกทดแทนแป้งสาลีทั้ง 3 ระดับ มีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากโรงงานจะมีค่าสีเหลืองไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่จะมีค่าความสว่างและค่าสีแดงแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สีของคุกกี้สูตรควบคุมมีลักษณะเป็นสีเหลืองอ่อนกว่า เนื่องจากโอคารามีสีคล้ำกว่าแป้งสาลีและสูตรที่มีการเติมโอคาราจะมีองค์ประกอบของโปรตีนมากกว่าสูตรควบคุมจึงทำให้มีโอกาสเกิดสีน้ำตาลได้มากขึ้น นอกจากนี้เวลาที่ใช้ในการอบคุกกี้โอคาราต้องใช้เวลามากกว่าการอบคุกกี้เนยถึง 3 เท่า ทำให้การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning reaction) มีมากกว่า สีของคุกกี้จึงมีสีคล้ำกว่า ยกเว้นคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากโรงงานจะมีสีใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม เนื่องจากโอคาราสดที่ได้จากโรงงานไม่มีส่วนของเปลือกติดมา

ตารางที่ 4.3 ค่าความสว่างของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากแหล่งต่าง ๆ ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง

คุกกี้ที่ผลิตจากโอคาราสด	ค่าความสว่าง			
	0	60	70	80
โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก	64.85 ^{b} ± 0.50	61.91 ^{a} ± 0.28	60.88 ^{a} ± 1.32	60.71 ^{a} ± 0.66
โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือก	64.85 ^{b} ± 0.50	62.67 ^{a} ± 1.04	62.41 ^{a} ± 0.43	61.99 ^{a} ± 0.71
โอคาราสดจากโรงงาน	64.85 ^{b} ± 0.50	62.69 ^{a} ± 0.87	61.71 ^{a} ± 1.17	60.45 ^{a} ± 0.99

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.4 ค่าสีแดงของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากแหล่งต่าง ๆ ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง

คุกกี้ที่ผลิตจากโอคาราสด	ค่าสีแดง			
	0	60	70	80
โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก	6.69 ^{a} ± 0.22	9.66 ^{b} ± 0.30	9.58 ^{b} ± 0.52	9.81 ^{b} ± 0.50
โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือก	6.69 ^{a} ± 0.22	8.50 ^{b} ± 0.81	9.44 ^{c} ± 0.22	9.72 ^{c} ± 0.33
โอคาราสดจากโรงงาน	6.69 ^{a} ± 0.22	8.51 ^{b} ± 0.36	8.70 ^{b} ± 0.73	8.80 ^{b} ± 0.21

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.5 ค่าสีเหลืองของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากแหล่งต่าง ๆ ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง

คุกกี้ที่ผลิตจากโอคาราสด	ค่าสีเหลือง			
	0	60	70	80
โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก	25.11 ^{a} ± 1.57	25.66 ^{b} ± 0.99	25.73 ^{b} ± 0.43	25.21 ^{b} ± 0.72
โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือก	25.11 ^{a} ± 1.57	26.14 ^{b} ± 0.37	26.55 ^{b} ± 0.65	26.24 ^{b} ± 0.20
โอคาราสดจากโรงงาน ^{ns}	25.11 ± 1.57	25.69 ± 0.90	26.17 ± 1.35	25.10 ± 0.45

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.2.1.3 ปริมาตร

จากการวัดปริมาตรของคุกกี้โดยการแทนที่เมล็ดงา (ตารางที่ 4.6) พบว่าคุกกี้ที่มีการเติมโอคาราทั้ง 3 ระดับ มีปริมาตรน้อยกว่าตัวอย่างควบคุมเล็กน้อย แต่จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ไม่พบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากคุกกี้เนยเป็นคุกกี้ชนิดกด (pressed cookies) ทำให้น้ำหนักของคุกกี้แต่ละชิ้นมีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.6 ปริมาตรของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากแหล่งต่าง ๆ ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง

คุกกี้ที่ผลิตจากโอคาราสด	ปริมาตร (ml)			
	0	60	70	80
โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก^{ns}	12.33 ± 0.58	11.53 ± 0.58	10.67 ± 0.67	11.67 ± 1.53
โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือก^{ns}	12.33 ± 0.58	12.00 ± 1.73	12.17 ± 1.15	12.03 ± 0.29
โอคาราสดจากโรงงาน^{ns}	12.33 ± 0.58	12.13 ± 0.69	11.67 ± 1.31	11.33 ± 1.15

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.2.1.4 การแผ่ตัว (Spread ratio)

ค่าการแผ่ตัวของคุกกี้ คำนวณมาจากค่าความกว้างเฉลี่ยของคุกกี้หารด้วยความหนาเฉลี่ย ตารางที่ 4.7 แสดงค่าการแผ่ตัวของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากแหล่งต่าง ๆ ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง พบว่าค่าการแผ่ตัวของคุกกี้สูตรที่มีการเติมโอคาราทั้ง 3 ระดับ มีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (รูปที่ ก1 ก2 และก3 ในภาคผนวก ก) เมื่อมีการเติมโอคารามากขึ้น ทำให้ค่าการแผ่ตัวลดลง อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างตัวอย่างที่มีการเติมโอคาราทั้ง 3 ระดับ คุกกี้สูตรที่มีการเติมโอคาราสด จะมีเส้นใยอาหารช่วยในการดูดซับน้ำเอาไว้ได้ดี และเนื่องจากคุกกี้สูตรควบคุมประกอบด้วยแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแป้งจะมีสมบัติในการเกิดเจลาติไนเซชัน (gelatinization) เมื่อแป้งโดนความร้อนประกอบกับมีน้ำอยู่ในส่วนผสม ซึ่งจะทำให้แป้งพองตัวและขยายตัวออกมา จึงส่งผลให้คุกกี้สูตรควบคุมมีการแผ่กระจายตัวได้ดีกว่าสูตรที่มีการเติมโอคารา แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากแหล่งต่าง ๆ พบว่า คุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากโรงงานมีค่าการแผ่ตัวน้อยกว่า สังเกตได้จากขนาดของคุกกี้ที่เล็กกว่าตัวอย่างอื่น (รูปที่ ก3 ภาคผนวก ก) การที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากโอคาราสดที่ได้จากโรงงานมีความละเอียดของกากมากกว่า ทำให้ของผสม (paste) ของคุกกี้มีความเหนียว เกาะตัวกันได้ดี การกระจายตัวออกจึงทำได้ยากขึ้น

ตารางที่ 4.7 ค่าการแผ่ตัวของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากแหล่งต่าง ๆ ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง

คุกกี้ที่ผลิตจากโอคาราสด	ค่าการแผ่ตัว			
	0	60	70	80
โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก	4.05 ^{b} ± 0.03	3.03 ^{a} ± 0.11	2.98 ^{a} ± 0.08	2.88^{a} ± 0.09
โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือก	4.05 ^{b} ± 0.03	2.79 ^{a} ± 0.91	2.90 ^{a} ± 0.17	3.00^{a} ± 0.16
โอคาราสดจากโรงงาน	4.05 ^{b} ± 0.03	2.45 ^{a} ± 0.09	2.48 ^{a} ± 0.11	2.51^{a} ± 0.05

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2.1.5 **เนื้อสัมผัส** (Texture)

การวัดเนื้อสัมผัสในการทดลองนี้จะใช้หัววัดแบบ 3-point Bending Rig ซึ่งเป็นการวัดแรงที่ใช้ในการเจาะ ทำให้คุกกี้แตกหัก (breaking strength) รูปที่ ซ2 (ภาคผนวก ซ) เป็นตัวอย่างของลักษณะกราฟที่ได้จากการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้ โดยค่าแรงตัดขาดจะอ่านจากค่า Maximum force (kg) การใช้โอคาราสดจากแหล่งต่าง ๆ ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง พบว่าคุกกี้มีความแข็งมากขึ้นตามปริมาณของโอคาราที่เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ค่าแรงที่ใช้ในการกดคุกกี้ให้แตกมีค่ามากขึ้น (ตารางที่ 4.8) โดยตัวอย่างคุกกี้ที่มีการใช้โอคาราทดแทนแป้งสาลีทั้ง 3 ระดับ มีค่าแรงตัดขาดสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โอคารามีขนาดอนุภาค (particle size) ใหญ่กว่าแป้งสาลีที่บดละเอียดอยู่มาก ดังนั้นคุกกี้ที่ผลิตจากโอคาราจึงมีความแข็งมากกว่า ต้องใช้แรงในการกดสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากแหล่งต่าง ๆ พบว่า คุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากโรงงานต้องใช้แรงในการตัดขาดสูงกว่า ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการวัดการแผ่ตัวของคุกกี้ (ตารางที่ 4.7) การที่คุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากโรงงานมีการเกาะตัวกันแน่น ทำให้ชิ้นของคุกกี้มีความหนามากขึ้น แรงที่ใช้ในการเจาะให้แตกจึงมีค่าสูงขึ้น

ตารางที่ 4.8 ค่าแรงตัดขาดของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากแหล่งต่าง ๆ ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง

คุกกี้ที่ผลิตจากโอคาราสด	ปริมาณโอคาราที่ทดแทนแป้งสาลี (% โดยน้ำหนักแป้ง)			
	0	60	70	80
โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก	$2.08^{a} \pm 0.15$	$2.35^{b} \pm 0.14$	$2.37^{b} \pm 0.22$	$2.40^{b} \pm 0.10$
โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือก	$2.08^{a} \pm 0.15$	$2.30^{b} \pm 0.15$	$2.40^{b} \pm 0.25$	$2.43^{b} \pm 0.31$
โอคาราสดจากโรงงาน	$2.08^{a} \pm 0.15$	$3.19^{b} \pm 0.12$	$3.70^{c} \pm 0.27$	$3.91^{c} \pm 0.46$

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2.1.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้จะทดสอบความชอบ โดยใช้แบบทดสอบ 9- point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบ 20 คน โดยจะทดสอบทางด้าน สี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ตารางที่ 4.9 4.10 และ 4.11 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือกที่เลียนแบบการผลิตในครัวเรือน และโอคาราสดจากโรงงานทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์พบว่า ไม่ว่าจะใช้โอคาราสดจากแหล่งใด คะแนนการยอมรับโดยรวมของคุกกี้ที่ใช้โอคาราทดแทนแป้งสาลีไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากตัวอย่างควบคุมที่ใช้แป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ แต่คะแนนทางด้านลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้แป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์จะมีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างที่ใช้โอคาราสดจากแหล่งต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับการคัดเลือกสูตรของคุกกี้เพื่อนำไปพัฒนาสูตร จะพิจารณาจากคะแนนความชอบทางด้านการยอมรับโดยรวม ซึ่งคุกกี้ที่มีการเติมโอคาราสดทั้ง 3 ระดับได้รับคะแนนความชอบทางด้านการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรของคุกกี้ที่มีการเติมโอคาราสดทดแทนแป้งสาลีได้มากที่สุด คือสูตรที่เติมได้ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง เพื่อทำการพัฒนาสูตรต่อไป จากผลการชิม พบว่าคุกกี้สูตรที่มีการเติมโอคาราสดทดแทนแป้งสาลีได้ 80 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏต่ำ เนื่องจากมีการเติมโอคารามากถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะปรากฏของคุกกี้สูตรนี้จึงมีลักษณะหยาบ ผิวไม่เรียบเนียน และมีการแผ่ตัวได้น้อย ส่งผลให้คุกกี้มีขนาดเล็กกว่าตัวอย่างควบคุม ส่วนเนื้อสัมผัสนั้นจะมีความแข็งเพิ่มขึ้นทำให้คะแนนความชอบต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ ดังนั้น จึงควรทำการปรับปรุงทางด้านลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสต่อไป

ตารางที่ 4.9 คะแนนผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณโอคาราที่ทดแทนแป้งสาลี (%โดยน้ำหนักแป้ง)	สี ^{ns}	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม ^{ns}
0	6.7 ^{a} ± 1.91	7.1 ^{bc} ± 1.49	7.3 ± 2.02	7.5 ± 1.68	7.1 ^{b} ± 1.55	7.2 ± 1.47
60	5.5 ^{b} ± 1.60	5.6 ^{a} ± 1.51	7.3 ± 1.39	7.3 ± 1.10	6.0 ^{a} ± 1.20	7.1 ± 1.03
70	5.3 ^{b} ± 1.28	6.4 ^{ab} ± 1.58	7.3 ± 1.58	7.2 ± 1.32	6.1 ^{a} ± 1.58	7.1 ± 1.30
80	5.2 ^{b} ± 2.11	5.1 ^{a} ± 1.11	7.7 ± 1.11	7.0 ± 1.33	5.6 ^{a} ± 1.35	7.1 ± 1.39

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.10 คะแนนผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือกทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณโอคาราที่ทดแทนแป้งสาลี (%โดยน้ำหนักแป้ง)	สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม ^{ns}
0	7.9 ^{c} ± 1.85	7.2 ^{b} ± 1.52	7.5 ± 1.41	7.4 ± 1.36	7.1 ^{ab} ± 1.25	7.0± 1.36
60	7.0 ^{b} ± 0.80	6.9 ^{b} ± 1.62	7.1 ± 1.06	7.3 ± 1.30	7.4 ^{b} ± 0.91	7.1 ± 0.23
70	6.0 ^{a} ± 1.39	6.5 ^{a} ± 1.71	6.9 ± 1.67	7.1 ± 1.28	6.7 ^{ab} ± 1.33	6.7 ± 1.11
80	6.7 ^{b} ± 1.39	6.2 ^{ab} ± 1.90	7.2 ± 1.32	6.7 ± 1.22	6.3 ^{a} ± 1.59	6.6 ± 1.56

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.11 คะแนนผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากโรงงานทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณโอคาราที่ทดแทนแป้งสาลี (%โดยน้ำหนักแป้ง)	สี ^{ns}	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม ^{ns}
0	7.2 ± 1.32	6.4 ^{ab} ± 2.10	6.9 ± 1.41	6.9 ± 1.64	7.1 ^{b} ± 1.30	6.9 ± 1.55
60	6.8 ± 1.28	6.3 ^{ab} ± 1.58	6.8 ± 1.27	6.5 ± 1.25	5.5 ^{a} ± 1.88	6.3 ± 1.22
70	7.6 ± 1.06	7.1 ^{b} ± 1.25	7.3 ± 1.35	6.8 ± 1.52	6.7 ^{b} ± 1.76	6.9 ± 1.64
80	6.8 ± 2.02	5.9 ^{a} ± 1.68	6.5 ± 1.68	5.9 ± 1.94	5.2 ^{a} ± 2.24	6.7 ± 1.16

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.2.2 ผลการปรับปรุงเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏของคุกกี้โอคาราที่ทำจากโอคาราสด

นำสูตรของคุกกี้ที่คัดเลือกได้จากข้อ 4.2.1 คือคุกกี้สูตรที่สามารถเติมโอคาราทดแทนแป้งสาลีได้ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งมาทำการปรับปรุงเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏเพื่อให้มีคะแนนการยอมรับดีขึ้น โดยการเติมน้ำลงในสูตรที่ระดับ 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสม แล้วนำมาตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัส

ผลการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของคุกกี้ที่ทำจากโอคาราสดทั้งสามชนิด โดยการเติมน้ำที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.12 4.13 และ 4.14 ตามลำดับ พบว่าการเติมน้ำที่ 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อขนาดของคุกกี้ ค่าการแผ่ตัวของคุกกี้ที่ไม่เติมน้ำและที่เติมน้ำที่ระดับต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตาม การเติมน้ำมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้ โดยคุกกี้ที่ผลิตจากโอคาราทั้งสามชนิดจะมีค่าแรงตัดขาดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อปริมาณน้ำที่เติมเพิ่มขึ้นเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ นั่นหมายถึงการเติมน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้โอคารามีความแข็งลดลง เพราะคุกกี้จะมีความชื้นเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.12 ค่าการแผ่ตัวและค่าแรงตัดขาดของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกเมื่อมีการเติมน้ำที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณน้ำ (%ของน้ำหนักส่วนผสม)	การแผ่ตัว ^{ns} (spread ratio)	ค่าแรงตัดขาด (kg.)
0	2.88 ± 0.09	2.40 ^{b} ± 0.10
10	2.90 ± 0.10	2.40 ^{b} ± 0.23
20	2.92 ± 0.09	2.23 ^{a} ± 0.25
30	2.98 ± 0.07	2.11 ^{a} ± 0.43

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.13 ค่าการแผ่ตัวและค่าแรงตัดขาดของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือกเมื่อมีการเติมน้ำที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณน้ำ (%ของน้ำหนักส่วนผสม)	การแผ่ตัว ^{ns} (spread ratio)	ค่าแรงตัดขาด (kg)
0	3.00 ± 0.16	2.43 ^{b} ± 0.31
10	3.11 ± 0.06	2.54 ^{b} ± 0.26
20	3.08 ± 0.27	2.32 ^{a} ± 0.23
30	3.12 ± 0.12	2.24 ^{a} ± 0.41

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.14 ค่าการแผ่ตัวและค่าแรงตัดขาดของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากโรงงานเมื่อมีการเติมน้ำที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณน้ำ (%ของน้ำหนักส่วนผสม)	การแผ่ตัว ^{ns} (spread ratio)	ค่าแรงตัดขาด (kg)
0	2.51± 0.05	3.91 ^{b} ± 0.46
10	2.58 ± 0.09	3.68 ^{b} ± 0.27
20	2.55 ± 0.07	2.95 ^{a} ± 0.59
30	2.57 ± 0.14	2.54 ^{a} ± 0.09

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้จะทำการทดสอบด้านความชอบ โดยใช้แบบทดสอบ 9- point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบ 20 คน โดยจะทดสอบทางด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.15 4.16 และ 4.17 จากการทดสอบพบว่า ผู้ทดสอบมีความชอบทางด้านลักษณะปรากฏของคุกกี้สูตรที่มีการเติมน้ำในส่วนผสมทั้ง 3 ระดับไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนคะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวมนั้นพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูตรที่มีการเติมน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์ลงในส่วนผสมมากที่สุด ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรนี้เพื่อนำไปศึกษาการใช้มาการีนทดแทนเนยสดต่อไป

ตารางที่ 4.15 คะแนนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกเมื่อมีการเติมน้ำที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณน้ำ (%ของน้ำหนักส่วนผสม)	ลักษณะปรากฏ [ns]	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
0	7.1 ± 1.49	7.1 [b] ± 1.56	7.2 [b] ± 1.47
10	6.9 ± 1.48	6.5 [a] ± 1.23	6.7 [a] ± 1.75
20	7.1 ± 0.52	7.5 [b] ± 0.98	7.9 [b] ± 0.81
30	7.0 ± 1.36	6.1 [a] ± 1.56	6.5 [a] ± 1.19

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.16 คะแนนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือกเมื่อมีการเติมน้ำที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณน้ำ (%ของน้ำหนักส่วนผสม)	ลักษณะปรากฏ [ns]	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
0	6.2 ± 1.90	6.3 [a] ± 1.59	6.6 [a] ± 1.56
10	6.7 ± 1.35	6.5 [a] ± 1.49	7.0 [a] ± 1.20
20	6.9 ± 1.83	7.1 [b] ± 1.39	7.9 [b] ± 1.74
30	6.2 ± 1.93	6.3 [a] ± 1.62	6.9 [a] ± 1.39

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.17 คะแนนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากโรงงานเมื่อมีการเติมน้ำที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณน้ำ (%ของน้ำหนักส่วนผสม)	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
0	5.9 [a] ± 1.68	5.2 [a] ± 2.24	6.7 [a] ± 1.16
10	6.5 [b] ± 1.37	6.8 [b] ± 1.18	6.4 [a] ± 1.85
20	7.1 [b] ± 0.50	6.9 [b] ± 1.29	7.6 [b] ± 1.43
30	6.2 [b] ± 1.61	6.2 [b] ± 1.72	6.7 [a] ± 1.21

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2.3 ผลการศึกษาการใช้มาการีนทดแทนเนยสดในการผลิตคุกกี้โอคาราที่ทำจากโอคาราสด

การใช้โอคาราทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้ นอกจากจะเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าของโอคาราที่เป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองหรือเต้าหู้ ยังเป็นการลดต้นทุนการผลิตคุกกี้ นอกจากนี้ การลดต้นทุนยังทำได้มากขึ้นถ้าสามารถใช้มาการีนซึ่งเป็นแหล่งของไขมันที่มีราคาถูกมาทดแทนเนยสด ดังนั้นจึงทำการทดลองใช้มาการีนแทนเนยสด โดยจะนำสูตรของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดได้ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งและเติมน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสมมาทดลอง เนื่องจากเนยสดมีราคาสูงกว่ามาการีนถึง 4 เท่า โดยจะนำมาการีนมาทดแทนเนยสดในปริมาณ 60 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสและทดสอบทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4.18 ค่าแรงตัดขาดของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกที่เลียนแบบการผลิตในครัวเรือนเมื่อมีการใช้มาการีนแทนเนยสดที่ระดับดับต่าง ๆ

ปริมาณมาการีนที่ทดแทนเนยสด (%)	ค่าแรงตัดขาด [ns] (kg)
0	2.23 ± 0.25
60	2.44 ± 0.37
80	2.45 ± 0.42
100	2.32 ± 0.22

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.19 ค่าแรงตัดขาดของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือกที่เลียนแบบที่เลียนแบบการผลิตในครัวเรือนเมื่อมีการใช้มาการีนแทนเนยสดที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณมาการีนที่ทดแทนเนยสด (%)	ค่าแรงตัดขาด [ns] (kg)
0	2.32 ± 0.23
60	2.55 ± 0.19
80	2.40 ± 0.21
100	2.45 ± 0.26

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.20 ค่าแรงตัดขาดของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากโรงงานเมื่อมีการใช้มาการีนแทนเนยสดที่ระดับดับต่าง ๆ

ปริมาณมาการีนที่ทดแทนเนยสด (%)	ค่าแรงตัดขาด [ns] (kg)
0	2.95± 0.59
60	3.03 ± 0.36
80	2.84 ± 0.25
100	2.75 ± 0.77

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ผลการตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้ ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือกที่เลียนแบบการผลิตในครัวเรือน และโอคาราสดจากโรงงาน เมื่อมีการใช้มาการีนแทนเนยสดที่ระดับต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.18 4.19 และ 4.20 ตามลำดับ พบว่าค่าแรงตัดขาดของคุกกี้โอคาราที่ใช้มาการีนแทนเนยสดที่ระดับ 60 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ใช้เนยสด 100 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ การใช้มาการีนแทนเนยสดไม่ทำให้ความกรอบหรือความแข็งของคุกกี้มีการเปลี่ยนแปลง เพื่อเป็นการยืนยันการทดสอบ จึงทำการตรวจสอบทางประสาทสัมผัส โดยหาค่าคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของคุกกี้โอคาราที่ใช้เนยสดและมาการีน ผลการตรวจสอบแสดงดังตารางที่ 4.21 4.22 และ 4.23

ตารางที่ 4.21 คะแนนผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกที่เมื่อมีการใช้มาการีนแทนเนยสดที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณมาการีนที่ทดแทนเนยสด (%)	กลิ่นรส [ns]	เนื้อสัมผัส [ns]	การยอมรับโดยรวม [ns]
0	7.4 ± 1.59	7.5 ± 0.98	7.9 ± 0.81
60	7.3 ± 1.47	7.2 ± 1.28	6.5 ± 1.26
80	6.6 ± 1.62	7.0 ± 1.63	7.2 ± 1.12
100	6.9 ± 1.71	7.5 ± 1.25	6.3 ± 1.49

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.22 คะแนนผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือกเมื่อมีการใช้มาการีนแทนเนยสดที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณมาการีนที่ทดแทนเนยสด (%)	กลิ่นรส ns	เนื้อสัมผัส ns	การยอมรับโดยรวม ns
0	7.2 ± 1.32	7.1 ± 1.39	7.9 ± 1.74
60	7.1 ± 1.16	6.9 ± 1.33	7.7 ± 1.23
80	6.3 ± 1.75	6.8 ± 1.74	7.1 ± 1.62
100	6.5 ± 1.77	6.3 ± 1.34	7.3 ± 1.45

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.23 คะแนนผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากโรงงานเมื่อมีการใช้มาการีนแทนเนยสดที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณมาการีนที่ทดแทนเนยสด(%)	กลิ่นรส ns	เนื้อสัมผัส ns	การยอมรับโดยรวม ns
0	7.6 ± 1.48	7.0 ± 1.59	7.6 ± 1.43
60	7.5 ± 1.31	6.8 ± 1.35	7.2 ± 1.61
80	7.1 ± 1.72	6.1 ± 1.76	7.5 ± 1.70
100	7.2 ± 1.36	6.2 ± 1.25	6.8 ±1.54

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ผลิตจากโอคาราทั้งสามแหล่งมีความสอดคล้องกัน พบว่าผู้ทดสอบมีความชอบในด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของคุกกี้ที่มีการทดแทนเนยสดด้วยมาการีนทั้ง 3 ระดับไม่แตกต่างจากสูตรที่ใช้เนยสด 100 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ทางด้านเนื้อสัมผัส ดังนั้นจึงสามารถใช้มาการีนแทนเนยสดได้ 100 เปอร์เซ็นต์ในการผลิตคุกกี้ โดยที่ผู้ทดสอบยังให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์

4.3 ผลการศึกษาการใช้โอคาราแห้งจากโรงงานเพื่อผลิตคุกกี้โอคารา

4.3.1 ผลการศึกษาหาปริมาณโอคาราแห้งจากโรงงานที่เหมาะสมในการผลิตคุกกี้โอคารา

4.5.1.1 การดูดซับน้ำ (Water Absorbtion Index; WAI)

จากการใช้โอคาราแห้งจากโรงงานทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งพบว่า คุกกี้ที่ผลิตได้มีค่าการดูดซับน้ำแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมที่ผลิตจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.24) เช่นเดียวกับการใช้โอคาราสด (ตารางที่ 4.2) การเติมโอคาราแห้งจะทำให้ค่าการดูดซับน้ำของคุกกี้สูงขึ้น การที่โอคาราประกอบด้วยเส้นใยอาหารที่สูงกว่าแป้งสาลีจึงทำให้สามารถดูดซับน้ำได้มากกว่า (เพลินใจ ตังคณะกุลและคณะ. 2538)

ตารางที่ 4.24 ค่าการดูดซับน้ำและปริมาตรของคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณโอคาราที่ทดแทนแป้งสาลี (%โดยน้ำหนักแป้ง)	การดูดซับน้ำ (WAI)	ปริมาตร ^{ns} (ml)
0	$1.90^{a} \pm 0.17$	12.33 ± 0.58
20	$2.19^{b} \pm 0.21$	12.07 ± 1.15
30	$2.23^{b} \pm 0.08$	12.33 ± 0.56
40	$2.32^{c} \pm 0.23$	12.17 ± 1.53

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.5.1.2 ปริมาตร

ผลการวิเคราะห์ปริมาตรของคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.24 พบว่าคุกกี้ที่มีการเติมโอคาราทั้ง 3 ระดับ มีปริมาตรไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากโอคาราแห้งมีความชื้นต่ำ มีลักษณะเป็นผงคล้ายแป้งสาลี ทำให้การขึ้นรูปในการกดแต่ละครั้งมีความสม่ำเสมอ ถึงแม้ว่าลักษณะของผสม (paste) ของคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งจะข้นหนืดกว่า แต่ปริมาตรของคุกกี้ก็มีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมเพียงเล็กน้อย เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติจึงให้ค่าไม่แตกต่างกัน

4.5.1.3 การแผ่ตัว (Spread ratio)

ตารางที่ 4.25 แสดงค่าการแผ่ตัวของคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง เช่นเดียวกับการใช้โอคาราสด พบว่าค่าการแผ่ตัวของคุกกี้สูตรที่มีการเติมโอคาราแห้งมีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การเติมโอคาราแห้งทำให้คุกกี้มีค่าการแผ่ตัวลดลง ทำให้คุกกี้ที่ได้มีขนาดเล็กลง (รูปที่ ก4 ภาคผนวก ก) ในกรณีของคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งทดแทนแป้งสาลี 40 เปอร์เซ็นต์ ไม่

สามารถคำนวณหาค่าการแผ่ตัวได้ เนื่องจากคุกกี้ที่อบเสร็จจะแตกเป็นแฉก ๆ ไม่เกาะกันเป็นก้อนกลม เนื่องจากโอคาราแห้งมีความชื้นต่ำ ทำให้ดูดซับน้ำเอาไว้ ดังนั้นการเติมโอคาราแห้งมากถึง 40 เปอร์เซ็นต์ จึงดูดซับน้ำเอาไว้ได้มากกว่าการเติมโอคาราแห้ง 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่งผลให้ของผสมไม่เกาะตัวกัน จึงไม่สามารถขึ้นรูปเป็นชิ้นของคุกกี้ได้

ตารางที่ 4.25 ค่าการแผ่ตัวและค่าแรงตัดขาดของคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณโอคาราที่ทดแทนแป้งสาลี (%โดยน้ำหนักแป้ง)	การแผ่ตัว (spread ratio)	ค่าแรงตัดขาด [ns] (kg)
0	4.05 [b] ± 0.03	2.08 ± 0.15
20	3.04 [a] ± 0.04	1.98 ± 0.15
30	3.02 [a] ± 0.13	2.03 ± 0.12
40	วัดไม่ได้	2.04 ± 0.13

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.3.1.4 **เนื้อสัมผัส** (Texture)

จากการใช้โอคาราแห้งจากโรงงานทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งพบว่า ค่าของแรงที่ใช้ในการกดคุกกี้ให้แตกของคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งทดแทนแป้งสาลีทั้ง 3 ระดับไม่มีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.25) เนื่องจากโอคาราแห้งจากโรงงานมีสีเหลืองอ่อนและมีลักษณะเป็นผงคล้ายแป้ง เมื่อนำมาใช้ทดแทนแป้งสาลีจึงทำให้คุกกี้มีเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับคุกกี้ที่มีการใช้แป้งสาลี100 เปอร์เซ็นต์

4.3.1.5 **สี** (Color)

จากการวัดค่าสีของคุกกี้ดังตารางที่ 4.26 พบว่าค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของคุกกี้ที่มีการเติมโอคาราแห้งทดแทนแป้งสาลี 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งไม่มีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากโอคาราแห้งมีความชื้นต่ำ ช่วยลดเวลาในการอบ ลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล จึงทำให้คุกกี้มีสีเหลืองอ่อนและไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม

ตารางที่ 4.26 ค่าสีของคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณโอคาราที่ทดแทนแป้งสาลี (%โดยน้ำหนักแป้ง)	ค่าสี		
	L^{ns}	a^{ns}	b^{ns}
0	64.85 ± 0.50	6.69 ± 0.22	25.11 ± 1.57
20	64.85 ± 0.46	6.60 ± 0.09	26.12 ± 1.16
30	65.43 ± 0.45	6.43 ± 0.28	25.40 ± 0.58
40	64.91 ± 0.32	6.53 ± 0.17	24.87 ± 0.55

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.3.1.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้จะทำการทดสอบความชอบโดยใช้แบบทดสอบ 9- point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบ 20 คน โดยจะทดสอบทางด้าน สี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ได้ผลดังตารางที่ 4.27 จากการทดสอบพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบทางด้านสีของตัวอย่างที่มีการใช้โอคาราแห้งทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมนั้น พบว่าตัวอย่างคุกกี้ที่มีการเติมโอคาราแห้งทั้ง 3 ระดับ คะแนนดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงจากตัวอย่างควบคุม โดยเฉพาะคะแนนทางด้านลักษณะปรากฏ เนื่องจากเมื่อมีการเติมปริมาณโอคาราแห้งมากขึ้นจะทำให้รูปร่างของคุกกี้เปลี่ยนแปลงไปโดยชิ้นของคุกกี้จะมีรอยแตกและแยกออก ไม่สามารถกดคุกกี้ให้เป็นชิ้นคุกกี้ที่สวยงามได้ โดยเฉพาะการเติมโอคาราแห้งทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง คุกกี้จะไม่สามารถขึ้นรูปได้เลย ดังรูปที่ ก7 (ภาคผนวก ก) เนื่องจากโอคาราแห้งจะดูดซับน้ำที่อยู่ในส่วนผสม ทำให้ส่วนผสมมีความแห้ง จึงส่งผลต่อรูปร่างของคุกกี้ และมีผลต่อคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม สำหรับการคัดเลือกสูตรจะพิจารณาที่คะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวมเป็นหลัก จากตารางที่ 4.27 พบว่าสูตรของคุกกี้ที่มีการใช้โอคาราแห้งทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งได้รับคะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรของคุกกี้ที่มีการใช้โอคาราแห้งทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งมาทำการปรับปรุงเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏเพื่อให้มีการยอมรับดีขึ้น

ตารางที่ 4.27 ผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งจากโรงงานทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณโอคาราที่ทดแทนแป้งสาลี (%โดยน้ำหนักแป้ง)	สี [ns]	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
0	6.9 ± 1.75	7.3 [c] ± 1.49	6.9 [b] ± 1.30	6.9 [c] ± 1.56	6.4 [b] ± 1.95	7.1 [b] ± 1.13
20	6.8 ± 1.37	6.3 [b] ± 0.90	6.7 [b] ± 1.29	6.5 [c] ± 1.46	6.4 [b] ± 1.18	6.9 [b] ± 1.33
30	5.9 ± 1.87	5.7 [b] ± 1.54	6.0 [ab] ± 1.20	5.6 [b] ± 1.68	5.7 [ab] ± 1.22	6.3 [b] ± 1.35
40	6.3 ± 1.23	3.60 [a] ± 1.24	5.4 [a] ± 1.68	4.2 [a] ± 2.00	4.7 [a] ± 1.71	4.2 [a] ± 1.66

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.3.2 ผลการปรับปรุงเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏของคุกกี้โอคาราที่ทำจากโอคาราแห้ง

การปรับปรุงเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏของคุกกี้จะนำสูตรที่มีการใช้โอคาราแห้งทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งที่คัดเลือกได้จากข้อ 4.3.1 มาทำการปรับปรุง โดยจะเติมน้ำที่ระดับ 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสมเช่นเดียวกับการใช้โอคาราสด เมื่อเติมน้ำที่ระดับ 10 20 และ30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสมลงในคุกกี้ พบว่าการเติมน้ำไม่ช่วยให้คุกกี้มีการแผ่ตัวได้ดีขึ้น ดังตารางที่ 4.28 เนื่องจากโอคาราสามารถดูดซับน้ำได้ดี แต่อาจดูดซับน้ำได้ช้ากว่าแป้ง ปริมาณน้ำที่เหลือจะส่งผลต่อเนื้อสัมผัส เพราะน้ำที่เติมลงไปจะทำให้มีโอกาสเกิดกลูเตนขณะผสม ส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของคุกกี้ ทำให้มีความแข็งเพิ่มขึ้นและมีค่าแรงตัดขาดแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.28 ค่าการแผ่ตัวและค่าแรงตัดขาดของคุกกี้ที่ผลิตจากโอคาราแห้งจากโรงงานเมื่อมีการเติมน้ำที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณน้ำ (%ของน้ำหนักส่วนผสม)	การแผ่ตัว [ns] (spread ratio)	ค่าแรงตัดขาด (kg)
0	3.02± 0.13	2.03[a] ± 0.12
10	3.11 ± 0.21	3.76[b] ± 0.17
20	3.09 ± 0.15	3.76[b] ± 0.23
30	3.21 ± 0.11	3.60[b]± 0.20

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้จะทำการทดสอบความชอบโดยใช้แบบทดสอบ 9- point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบ 20 คน โดยจะทดสอบทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.29 จากการทดสอบพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสของคุกกี้สูตรที่มีการเติมน้ำลงในส่วนผสมที่ระดับ 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสมีแนวโน้มลดลงและแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการเติมน้ำลงไปในส่วนผสมจะทำให้ระยะเวลาในการอบคุกกี้ให้สุกนานขึ้น และส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เนื่องจากโอคาราแห้งจะผ่านการอบแห้งมาแล้ว (อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส 3-4 ชั่วโมง) ทำให้มีโอกาสเกิดกลิ่นหืนได้เร็วขึ้น ส่งผลให้คุกกี้ที่มีการเติมน้ำลงในส่วนผสมมีกลิ่นของเอมีนที่ถูกออกซิไดส์ ดังนั้นคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสจึงลดลง

ส่วนคะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวมพบว่าคุกกี้สูตรที่มีการเติมน้ำลงในส่วนผสม 30 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวมน้อยกว่าสูตรอื่น ๆ ส่วนคุกกี้สูตรที่มีการเติมน้ำลงในส่วนผสม 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์มีคะแนนความชอบด้านการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงว่าการเติมน้ำลงในส่วนผสมไม่ช่วยให้ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากขึ้นแต่จะมีผลในด้านลักษณะปรากฏของคุกกี้ โดยจะทำให้คุกกี้สามารถขึ้นรูปได้ ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรที่เติมน้ำลงในส่วนผสม 10 เปอร์เซ็นต์เป็นตัวแทนในการศึกษาการลดต้นทุนต่อไป

ตารางที่ 4.29 คะแนนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งจากโรงงานเมื่อมีการเติมน้ำที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณน้ำ (%ของน้ำหนักส่วนผสม)	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
0	$5.7^{a} \pm 1.54$	$6.0^{c} \pm 1.20$	$5.7^{a} \pm 1.22$	$6.3^{b} \pm 1.33$
10	$7.0^{b} \pm 1.07$	$5.2^{b} \pm 1.61$	$7.0^{b} \pm 1.41$	$6.6^{b} \pm 1.16$
20	$7.1^{b} \pm 1.41$	$4.1^{a} \pm 1.46$	$6.3^{b} \pm 1.50$	$6.4^{b} \pm 1.18$
30	$5.3^{a} \pm 1.50$	$4.1^{a} \pm 1.09$	$5.3^{a} \pm 2.40$	$5.1^{a} \pm 2.13$

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.3.3 ผลการศึกษาการใช้มาการีนแทนเนยสดในการผลิตคุกกี้จากโอคาราแห้ง

การศึกษาการใช้มาการีนทดแทนเนยสดที่ระดับ 60 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ในคุกกี้สูตรที่เลือกมาจากการทดลองข้อ 4.3.2 ซึ่งสามารถเติมโอคาราแห้งทดแทนแป้งได้ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง และน้ำ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสม พบว่าได้ผลเช่นเดียวกับการใช้โอคาราสดทั้งสามชนิด โดยคุกกี้ที่ใช้มาการีนแทนเนยสด 100 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าแรงตัดขาดและคะแนนการชิมไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ใช้เนยสด 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงสามารถใช้มาการีนแทนเนยสดในการผลิตคุกกี้จากโอคาราแห้งได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.30 และ 4.31)

ตารางที่ 4.30 ค่าแรงตัดขาดของคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งจากโรงงานเมื่อมีการใช้มาการีนแทนเนยสดที่ระดับดับต่าง ๆ

ปริมาณมาการีนที่ทดแทนเนยสด (%)	ค่าแรงตัดขาด ns (kg)
0	3.76 ± 0.17
60	3.71 ± 1.02
80	3.52 ± 0.57
100	3.49 ± 0.81

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.31 คะแนนผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งจากโรงงานเมื่อมีการใช้มาการีนแทนเนยสดที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณมาการีนที่ทดแทนเนยสด (%)	กลิ่นรส ns	เนื้อสัมผัส ns	การยอมรับโดยรวม ns
0	5.2 ± 1.61	7.0 ± 1.41	6.6 ± 1.16
60	5.3 ± 1.41	5.9 ± 1.2 7	5.7 ± 1.50
80	5.3 ± 1.58	7.0 ± 1.00	6.4 ± 1.13
100	5.9 ± 1.62	6.8 ±1.48	6.1 ± 1.36

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.4 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้โอคารา

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้ทั้ง 5 ชนิดแสดงดังตารางที่ 4.32 โดยจะทำการวิเคราะห์โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า เส้นใย และความชื้น ตามวิธีการ AOAC (1995) ส่วน

การวิเคราะห์ปริมาณไดเอทารีไฟเบอร์ จะวิเคราะห์เฉพาะคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกเปรียบเทียบกับคุกกี้เนยสูตรควบคุม

ตารางที่ 4.32 องค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้โอคารา (กรัม/100 กรัม)

องค์ประกอบทางเคมี	ชนิดคุกกี้				
	A	B	C	D	E
โปรตีน	0.96	7.28	6.25	6.16	6.79
คาร์โบไฮเดรต	69.56	50.11	49.68	51.19	55.80
ไขมัน	24.90	36.79	37.73	37.64	32.40
เถ้า	1.73	2.39	2.15	2.35	1.78
เส้นใย	0	2.83	3.37	2.06	3.10
ความชื้น	2.85	0.59	0.81	0.61	0.21

หมายเหตุ : A = คุกกี้เนย
B = คุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก
C = คุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือก
D = คุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากโรงงาน
E = คุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งจากโรงงาน

ตารางที่ 4.33 ปริมาณไดเอทารีไฟเบอร์ (Dietary fiber) ของตัวอย่างคุกกี้สูตรควบคุมและคุกกี้โอคาราที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก (น้ำหนักคุกกี้ 100 กรัม)

ชนิดของคุกกี้	Dietary fiber
คุกกี้เนยสูตรควบคุม	1.8
คุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก	8.3

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนที่วิเคราะห์ได้ พบว่าคุกกี้ที่ผลิตจากโอคาราทั้งสี่ชนิด มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าคุกกี้เนย เนื่องจากมีการใช้โอคาราสดทดแทนแป้งสาลีมากถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในโอคาราแห้งจะทดแทนแป้งสาลี 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ใช้แป้งสาลีน้อยลง คุกกี้ที่ผลิตได้จึงมีโปรตีนสูงขึ้น เนื่องจากแป้งสาลีมีปริมาณโปรตีนต่ำเพียง 14 เปอร์เซ็นต์ (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2539) ส่วนโอคารามีโปรตีนสูงถึง 28 เปอร์เซ็นต์ (Khare *et al.* 1995) และจะส่งผลต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตซึ่งจะลดลงตามไปด้วย โดยพบว่าคุกกี้เนยจะมีปริมาณ

คาร์โบไฮเดรตมากกว่าคุกกี้โอคาราทั้งสี่ชนิด นอกจากนี้ไขมันที่อยู่ในโอคาราก็มีส่วนสำคัญในการเพิ่มปริมาณไขมันในคุกกี้ โดยพบว่าคุกกี้ที่มีการใช้โอคาราทดแทนแป้งสาลีทั้งสี่ชนิด จะมีปริมาณไขมันสูงขึ้น เนื่องจากโอคาราที่นำมาใช้เป็นโอคาราที่มีไขมันเต็ม ไม่ได้ผ่านการสกัดเอาไขมันออก ทำให้คุกกี้โอคาราที่ผลิตได้มีปริมาณไขมันสูงกว่าคุกกี้เนยสูตรปกติ

สำหรับปริมาณเถ้าพบว่า คุกกี้เนยจะมีปริมาณเถ้าใกล้เคียงกับคุกกี้ที่ผลิตจากโอคาราแห้งจากโรงงาน และจะมีค่าต่ำกว่าคุกกี้ที่ผลิตจากโอคาราสดทั้งสามชนิด ส่วนปริมาณเส้นใยอาหารที่วิเคราะห์ได้พบว่า คุกกี้ที่ผลิตจากโอคาราทั้งสี่ชนิดมีปริมาณเส้นใยอาหารใกล้เคียงกันและมีมากกว่าในคุกกี้เนย แต่คุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือกจะมีปริมาณเส้นใยสูงที่สุด และจากการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีเส้นใยอาหารอยู่ในคุกกี้เนย นอกจากนั้นเมื่อนำคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกไปทำการวิเคราะห์ค่าไดเอทารีไฟเบอร์ (dietary fiber) เปรียบเทียบกับคุกกี้เนย (ตารางที่ 4.33) พบว่าคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกมีปริมาณไดเอทารีไฟเบอร์สูงกว่าคุกกี้เนยถึง 4.61 เท่า ดังนั้นการบริโภคคุกกี้เนยสูตรปกติจะไม่ได้รับเส้นใยอาหารเหมือนกับการบริโภคคุกกี้ที่ผลิตจากโอคาราทั้งสี่ชนิด

4.5 ผลการคำนวณการลดต้นทุนในการผลิตคุกกี้จากโอคาราสด

จากการทดลองที่ผ่านมาพบว่าการผลิตคุกกี้จากโอคาราสด ได้คะแนนการยอมรับดีกว่าคุกกี้โอคาราแห้ง ซึ่งปริมาณที่เติมได้มากที่สุดคือ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง และสามารถทดแทนเนยสดด้วยมาการีนได้ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่เนื่องจากการผลิตในครัวเรือน จะนิยมใช้ถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกในการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง เพื่อเป็นการสนับสนุนการใช้โอคาราซึ่งเป็นผลพลอยได้ (by product) จากครัวเรือน จึงคัดเลือกคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกนำมาคิดการลดต้นทุนเปรียบเทียบกับคุกกี้ที่เป็นตัวอย่างควบคุม หากคิดราคาของวัตถุดิบที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต้นทุนในการผลิตคุกกี้เนยตามปริมาณส่วนผสมของคุกกี้ ดังสูตรในตารางที่ 3.1 พบว่า ค่าใช้จ่ายของวัตถุดิบที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต้นทุนในการผลิตคุกกี้เนยสูตรควบคุมเท่ากับ 45 บาท (ตารางที่ 4.34) โดยมีผลผลิตเท่ากับ 74.87 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสม ส่วนการผลิตคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกโดยการทดแทนแป้งสาลี 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งและใช้มาการีนทดแทนเนยสด 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าใช้จ่ายของวัตถุดิบที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต้นทุนในการผลิตคุกกี้โอคาราเท่ากับ 10.88 บาท (ตารางที่ 4.34) โดยมีผลผลิตเท่ากับ 42.64 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสม ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบราคาของวัตถุดิบในการผลิตคุกกี้โอคารา 1 กิโลกรัม จะมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าคุกกี้เนยสูตรควบคุม 41.77 บาท

ตารางที่ 4.34 ราคาของวัตถุดิบในการผลิตคุกกี้เนยสูตรควบคุมและคุกกี้โอคาราสด

วัตถุดิบ	ราคาต่อกิโลกรัม (บาท)	ตัวอย่างคุกกี้ควบคุม		คุกกี้โอคาราสด 80 เปอร์เซ็นต์	
		ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
แป้งสาลี	30	300	9	60	1.80
โอคาราสด	-	-	-	240	-
เนยสด	158.60	227	36	-	9.08
มาการีน	40	-	-	227	-
ค่าใช้จ่ายรวม			45		10.88

4.6 ผลการศึกษาอายุการเก็บของคุกกี้โอคารา

ในการศึกษาอายุการเก็บ จะบรรจุคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกที่เลียนแบบการผลิตในครัวเรือน โดยแบ่งบรรจุเป็น 2 แบบ คือ แบบที่1 บรรจุแบบสุญญากาศในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และใส่สารดูดซับออกซิเจน แบบที่ 2 บรรจุแบบบรรยากาศในถุงพลาสติก PP เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ตรวจสอบสมบัติทางเคมีและตรวจสอบทางประสาทสัมผัส เป็นเวลา 40 วัน

4.6.1 ผลการตรวจสอบสมบัติทางเคมี

ในการศึกษาอายุการเก็บ จะทำการตรวจสอบความชื้นและค่า TBARS ซึ่งแสดงถึงการเกิดออกซิเดชันของไขมันทุก 5 วัน ตามลำดับ จากตารางที่ ฌ1 (ภาคผนวก ฌ) พบว่า ระยะเวลาในการเก็บ สภาวะการบรรจุ และอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการเก็บและสภาวะการบรรจุ มีผลต่อค่าความชื้น และ TBARS ผลการวิเคราะห์ทางเคมี แสดงดังตารางที่ 4.35 และ 4.36 พบว่า ในกรณีของการบรรจุแบบสุญญากาศในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และใส่สารดูดซับออกซิเจน ค่า TBARS และความชื้น ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จากวันเริ่มต้นถึงวันที่ 40 แต่ในกรณีของการบรรจุแบบบรรยากาศในถุง PP พบว่าความชื้นจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเก็บถึงวันที่ 30 และค่า TBARS จะเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเก็บถึงวันที่ 20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เนื่องจาก ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์เป็นถุงทึบแสง สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและความชื้น และมีสารดูดซับออกซิเจนที่ช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ในขณะที่ถุง PP เป็นถุงพลาสติกใส ทำให้แสง ความชื้น และก๊าซสามารถซึมผ่านได้ จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในคุกกี้โอคารามีมากขึ้น ค่า TBARS จึงสูงขึ้น และส่งผลให้คุกกี้มีความกรอบลดลง

ตารางที่ 4.35 ปริมาณความชื้นของคุกกี้โอคาราที่เก็บไว้ 40 วัน

วันที่	% ความชื้น	
	ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และใส่สารดูดซับออกซิเจน ^{ns}	ถุงโพลีโพรพิลีน
0	0.57 ± 3.39 E-02	0.57^{a} ± 3.39 E-02
5	0.60 ±1.53 E-02	0.60^{a} ± 0.11
10	0.66 ± 2.52 E-02	0.62^{a} ± 0.14
15	0.61 ± 8.33 E-02	0.59^{a} ± 6.51 E-02
20	0.66 ± 3.61 E-02	0.61^{a} ± 5.77 E-03
25	0.68 ± 1.53 E-02	0.65^{a}± 0.14
30	0.66 ± 4.58 E-02	0.98^{b} ± 9.87 E-02
35	0.63 ± 7.81 E-02	1.13^{b} ± 4.73 E-02
40	0.62 ± 9.50 E-02	1.29^{b}± 6.81 E-02

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.36 ค่าTBARS ของคุกกี้โอคาราที่เก็บไว้ 40 วัน

วันที่	TBARS	
	ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และใส่สารดูดซับออกซิเจน ^{ns}	ถุงโพลีโพรพิลีน
0	0.124 ± 1.73 E-03	0.124^{a} ± 1.73 E-03
5	0.125 ± 2.52 E-03	0.141^{a} ± 7.37 E-03
10	0.126 ± 4.51 E-03	0.153^{a} ± 6.81 E-03
15	0.128 ± 3.21 E-03	0.162^{a} ± 4.00 E-03
20	0.126 ± 2.52 E-03	0.228^{b} ± 3.00 E-03
25	0.127 ± 4.16 E-03	0.234^{b} ± 7.57 E-03
30	0.129 ± 3.06 E-03	0.260^{b} ± 5.03 E-03
35	0.128 ± 6.51 E-03	0.275^{b} ± 1.27 E-02
40	0.130 ± 2.00 E-03	0.307^{b} ± 1.08 E-02

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.6.2 ผลทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีเปรียบเทียบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม (difference from control) ทุกๆ 5 วันโดยดูการเปลี่ยนแปลงด้านความกรอบและกลิ่นหืน เช่นในด้านความกรอบ 0 หมายถึง ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม -5 หมายถึง กรอบน้อยมาก +5 หมายถึง กรอบมาก ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 4.37 และ 4.38 สำหรับการบรรจุแบบสุญญากาศในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และใส่สารดูดซับออกซิเจน และการบรรจุแบบบรรยากาศในถุง PP ตามลำดับ

ในกรณีของการบรรจุแบบสุญญากาศในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และใส่สารดูดซับออกซิเจน พบว่า ผู้ชิมไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างคุกกี้ที่ผลิตใหม่กับคุกกี้ที่เก็บรักษาไว้ในช่วงเวลา 40 วัน จะเห็นว่าผลของคะแนนมีความใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมซึ่งสอดคล้องกับการตรวจสอบทางเคมี (ตารางที่ 4.36) นั่นคือ คุกกี้โอคาราสามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องในการบรรจุแบบสุญญากาศในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และใส่สารดูดซับออกซิเจนได้นานถึง 40 วัน

ในกรณีของการบรรจุแบบบรรยากาศในถุง PP พบว่าผู้ชิมก็ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างคุกกี้ที่ผลิตใหม่กับคุกกี้ที่เก็บไว้ในช่วงระยะเวลา 40 วัน ถึงแม้ว่าผลวิเคราะห์ทางเคมีจะมีการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ในวันที่ 20 และความชื้น ในวันที่ 30 ก็ตาม แต่ความชื้นที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความกรอบของคุกกี้ลดลงเพียงเล็กน้อย และค่า TBARS ที่เพิ่มขึ้นก็ไม่ส่งผลให้ผู้ทดสอบสามารถตรวจสอบได้ เนื่องจากยังมีค่าต่ำทำให้ยังไม่เกิดกลิ่นที่รุนแรงที่ผู้ทดสอบสามารถรับรู้ได้

ตารางที่ 4.37 คะแนนผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้โอคาราที่เก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ และใส่สารดูดซับออกซิเจน

วันที่	ความกรอบ^{ns}	กลิ่นหืน^{ns}
5	-0.27 ± 2.76	-0.06 ± 2.40
10	-0.59 ± 1.56	-0.33 ± 1.18
15	-0.61 ± 1.65	-0.60 ± 1.45
20	-0.36 ± 2.31	-0.67 ± 1.62
25	-0.48 ± 2.16	-0.80 ± 2.45
30	-0.33 ± 1.75	-0.40 ± 1.59
35	-0.65 ± 1.41	-0.13 ± 2.20
40	-0.43 ± 2.18	-0.56 ± 2.12

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.38 คแนนผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้โอคาราที่เก็บในถุง PP

วันที่	ความกรอบ^{ns}	กลิ่นหืน^{ns}
5	-1.00 ± 2.78	-0.67 ± 1.99
10	-1.03 ± 1.73	-0.27 ± 0.96
15	-1.10 ± 0.86	-0.33 ± 1.54
20	-1.41 ± 1.72	-0.20 ± 1.42
25	-1.20 ± 1.74	-0.33 ± 2.09
30	-1.13 ± 1.92	-1.33 ± 1.64
35	-1.07 ± 1.94	-0.40 ± 1.64
40	-1.53 ± 1.68	-0.28 ± 1.47

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. การศึกษาการใช้โอคาราสดทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกและไม่กะเทาะเปลือกที่เลียนแบบการผลิตในครัวเรือนรวมทั้งโอคาราสดจากโรงงานที่ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนยที่ระดับ 60 70และ 80 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการใช้โอคาราสดทั้งสามชนิดทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆทำให้คุกกี้มีขนาดเล็กลง ค่าการแผ่ตัวมีแนวโน้มลดลง ค่าการดูดซับน้ำและค่าแรงตัดขาดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับค่าความสว่างมีค่าลดลง

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดในการทดแทนแป้งสาลี พบว่าสามารถใช้โอคาราสดทดแทนแป้งสาลีได้ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง โดยที่ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ใช้แป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์

ผลการปรับปรุงเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดในการทดแทนแป้งสาลี 80 เปอร์เซ็นต์ โดยเติมน้ำที่10 20 และ30 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักส่วนผสม พบว่าการเติมน้ำที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ได้รับการยอมรับดีที่สุด

ผลการใช้มาการีนแทนเนยสดพบว่าทดแทนได้ 100 เปอร์เซ็นต์

2. การศึกษาการใช้โอคาราแห้งจากโรงงานทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนย ที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเติมโอคาราไม่ทำให้ค่าแรงตัดขาด ค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลืองและปริมาตรของคุกกี้มีการเปลี่ยนแปลง แต่มีผลให้ค่าการดูดซับน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและทำให้มีการแผ่ตัวลดลง

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งในการทดแทนแป้งสาลี พบว่าสามารถใช้โอคาราแห้งทดแทนแป้งสาลีได้ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งโดยที่ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม

ผลการปรับปรุงเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏของคุกกี้ที่ใช้โอคาราแห้งในการทดแทนแป้งสาลี 30 เปอร์เซ็นต์ โดยเติมน้ำที่10 20 และ30 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักส่วนผสมพบว่าการเติมน้ำที่ระดับ 10เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับดีที่สุด

ผลการใช้มาการีนแทนเนยสดพบว่าทดแทนได้ 100เปอร์เซ็นต์

3. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าคุกกี้ที่ผลิตจากโอคาราทั้งสี่ชนิด มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าคุกกี้เนย ส่วนปริมาณเส้นใยอาหารที่วิเคราะห์ได้พบว่า คุกกี้ที่ผลิตจากโอคาราทั้งสี่ชนิดมีปริมาณเส้นใยอาหารใกล้เคียงกัน และไม่พบว่ามีเส้นใยอาหารอยู่ในคุกกี้เนย นอกจากนั้นเมื่อนำคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก ไปทำการวิเคราะห์ค่าไดเอทารีไฟเบอร์

(dietary fiber) เปรียบเทียบกับคุกกี้เนย พบว่าคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกมีปริมาณไดเอทารีไฟเบอร์สูงกว่าคุกกี้เนยถึง 4.61 เท่า

4. เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิต ระหว่างคุกกี้ที่ผลิตจากโอคาราสดกะเทาะเปลือกและคุกกี้เนยพบว่า ในการผลิตคุกกี้โอคาราสดให้ได้ปริมาณผลผลิต 1 กิโลกรัมเท่ากับคุกกี้เนย จะสามารถลดต้นทุนในการผลิตเท่ากับ 41.77 บาท

5. ผลการศึกษาอายุการเก็บของคุกกี้ที่ใช้โอคาราสดกะเทาะเปลือกทดแทนแป้งสาลี 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง ในการบรรจุแบบสุญญากาศในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และใส่สารดูดซับออกซิเจน พบว่าค่าความชื้นและค่า TBARS ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในช่วงเวลาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 40 วัน และผู้ชิมไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างด้านความกรอบและกลิ่นหืนระหว่างคุกกี้ที่ผลิตใหม่กับคุกกี้ที่เก็บรักษาไว้ในช่วงระยะเวลา 40 วัน

ในการบรรจุคุกกี้แบบบรรยากาศในถุง PP พบว่าค่า TBARS และความชื้น มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บรักษาคุกกี้ถึงวันที่ 20 และ 30 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามผู้ชิมไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างคุกกี้ที่ผลิตใหม่กับคุกกี้ที่เก็บรักษาไว้ในช่วงระยะเวลา 40 วัน

ข้อเสนอแนะ

ส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากโอคาราสดในผลิตภัณฑ์เบเกอรีชนิดอื่น ๆ เช่นทดลองใช้โอคาราสดในขนมปัง เพื่อเป็นการลดต้นทุนและเพิ่มเส้นใยอาหาร

บรรณานุกรม

กานดา แซ่จิว และกาญจนา จบศรี. 2545. "การศึกษาปริมาณแป้งฟลาวร์มันสำปะหลังเพื่อทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้และเปลือกพาย" ปัญหาพิเศษ. สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2539. *เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่4. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เจนจรัส เคมซัพพลาย. มปก. "คู่มือการใช้สารสารดูดซับออกซิเจน". กรุงเทพฯ : บริษัทเจนจรัสเคมซัพพลาย จำกัด.

ณัชชา สุพิชญางกูร. 2545. "การศึกษาคุณลักษณะโปรตีนจากโอคารา" วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ. 2541. *บรรจุภัณฑ์อาหาร*. กรุงเทพฯ : บริษัทแพคเมทส์ จำกัด.

เพลินใจ ตังคณะกุล พัชรี ตั้งตระกูล เนตรนภิส วัฒนสุชาติ พะยอม อัตถวิบูลย์กุล และบุญมา นิยมวิทย์. 2538. คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขนมปังและคุกกี้ที่มีใยอาหารสูง. *วารสารอาหาร*. 25 (2) : 95-107.

วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์. 2545. "การศึกษากระบวนการผลิตผงเต้าหู้และการใช้ประโยชน์ของผงเต้าหู้ในลูกชิ้นหมู " วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สินีนาถ จริยโชติเลส. 2528. *ภาชนะบรรจุอาหาร*. กรุงเทพฯ : บริษัทแพคเมทส์ จำกัด.

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2541. *เคมีอาหาร*. กรุงเทพฯ : ทีพีเอ็นเพรส.

อัญชลี กมลรัตนกุล. 2531. อายุการเก็บของอาหารประเภทไวต่อความชื้น. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง "*การบรรจุหีบห่อและพัฒนาคุณภาพอาหาร*". ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย.

AACC. 1983. *Approved method of American Association of Cereal Chemists*. 8th ed. American Association Cereal Chemists Inc., St. Paul, MN.

Akihiro, O., Takashi, A. and Makoto, S. 1993. Production of the Antifungal Peptide Antibiotic, Iturin by *Bacillus subtilis* NB22 in Solid State Fermentation. *J. of Fermentation and Bio engineering*. 75 (1) : 23 – 27.

Akihiro, O., Takashi, A. and Makoto, S. 1995. Effect of Temperature on Production of Lipopeptide Antibiotics, Iturin A and Surfactin by Dual producer, *Bacillus*

subtillis RB14, in Solid-state Fermentation. *J. of fermentation and bioengineering.* 80(5) : 517-519.

Akihiro, O., Takashi, A. and Makoto, S. 1996. Use of Soybean Curd Residue, Okara, for the Solid-state Substate in the Production of Lipopeptide Antibiotic,Iturin A, by *Bacillus subtilis* NB22. *Process biochemistry.* 31 (8) : 801- 806.

Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F. and Griffin, Jr. E.L. 1969. Gelatinization of Corn Grits by Roll-and Extrution-Cooking. *Cereal Science today.* 14 : 5.

AOAC. 1995. Official Method of Analysis. 15th ed. *The Association of Offical Analytical Chemists.* Arligton, Virginia.

Broody, A.L. 1986. Controlled Atmosphere Packaging. In : Bakker, M.(Ed.). *The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology.* New York : John Wiley& Sons.

Chen, H., Rubenthaler, G.L., Leung, H.K. and Baranowski, J.D. 1988. Chemical, physical, and Baking Properties of Apple Fiber Compared with Wheat and Oat Bran. *Cereal Chem.* 65(3) : 244-247.

Fujii, T. and Nakamura, H. 1997. *Method for Producing Solidfied Tofu Less and Combustion of Okara as Fuel.* Kohaf Tokkyo Koho JP.

Genta, H.D., Genta, M.L., Alvarez, N.V. and Santana, M.S. 2002. Production and Acceptance of a Soy Candy. *J. of Food engineering.* 53 : 199-202.

Haines, R.G. 1968. Food Preparation for Hotels, Resturants and Cafeterias. *American Technical Sotiety.* Chicago American Technology Society.

Hand, D.B., Steinkraus, K.H., Van, B.J.P., Hackler, L.R., Rawi, I. and Pallesen, H.R. 1964. Pilot – plant Studies on Soymilk. *Food Technol.* 18(12) : 139 – 142.

Hayashi, S., Matsuzaki, K., Kawahara, T., Takasaki, Y. And Imada, K. 1992. Utilization of Soybean Residue for the Production of β-fractofurasidase. *Biores. Technol.* 41: 231-233.

Kittikun, A. and Tani, Y. 1986. Preliminary Study on Microbial Production of Lipase Using Soybean Residue from Tofu Making Process. *Ann. Rep. ICBiotech.* 9: 275-276.

Kale, E.L. 1987. *Package Power. Proc. Am. Soc. Backery Engineers.* 64-73.

Khare, S.K., Jha, K., and Gandhi, A.P. 1994. Single Cell Production by Solid state Fermentation of Okara (soy-residue). *Poll. Res.* 13: 417-420.

Khare, S.K., Krishna, J. and Gandhi, A.P. 1995. Citric Acid Production from Okara (soy residue)by Solid - state Fermentation. *Bioresource Technol.* 54 : 323-325.

Kirk, R.S. and Sawyer, R. 1991. *Pearson's composition and analysis of foods.* Longman Scientific and Technical.

Kinoshita, S., H – Kittikun, A. and Pinthong, R. 1985. Production of Riboflavin from Waste of Tofu (soybean curd). *Annu. Rep. IC Biotech*, 8: 322-324.

Kotschevar, H. 1975. *Ouality Food Production.* 4 thed. United states of America, The Maple Press compary, York, Pennsylvania.

Ma, C.–Y., Liu, W.–S., Kwok, K.C. and Kwok, F. 1997. " Isolation and Characterization of Proteins from Soy Milk Residue (Okara)." *Food Res. Int.* 29(8) : 799 – 805.

Matz, S.A. 1992. *Bakery Technology and Engineering.* 3rd Ed. U.S.A. : Pann Tech International.

Nuntisak, R. 2001. *Formulation of Dietary fiber Enriched Bakery Products Containing Dried Okara and Defatted Dried Okara.* M.S. Thesis , Mahidol Unversity. Bangkok.

Noel A. 1988. *The Biscuit Making Process.* Elsevier Applied Science. London and New York.

O' Toole, D.K. 1999. Characteristics and Use of Okara, the Soybean Residue from Soymilk Production – A Review. *J. Agric. Food Chem.* 47 : 363 – 371.

Porner, F.E., and White, O.L. 1972. Save Time and Money by Running Tests in Proper Sequence. *Package Engineering.* 17(9) : 55-57.

Rinaldi, V.E.A. 1998. Utilization of Okara to Produce Extruded Cereal Products. *Agri. Food Sci. and Technol.* 37 (4) : 98.

Rooney, M.L. 1995. *Active Food Packaging.* London : Blakie Academic and Profressional.

Sacharow, S. and Griffin, R.C. 1980. *Principle of Food Packaging.* 2nd Ed. U.S.A. : The Avi Publishing company.Inc.

Shurtleff, W. and Aoyagi, A. 1979. *Tofu and Soymilk Production.* New Age Food Study Center, Lafayette, CA, USA.

Smith, J.P., Simpson, B.K. and Lambert, A. 1988. Use of Modified Atmosphere for Shelf life Extention of Food. *J. of Food Sci. and Technol.* 2 : 250-255.

Smith, J.P., Hosahalli, S.R. and Simpson, B.K. 1990. Developments in Food Packaging Technology. Part II : Storage aspects. *Trend in Food Sci. and Technol.* 11 : 111-118.

Takiguchi, A. 1996. Change in Free Amino Acid Composition caused by Lipid Oxidation in Pulverized Niboshi (boil and dried anchovy) During Storage. *Fisheries Sci.* 62 : 240-245.

Teerapapthamkul, S. 1991. Study on Formulation of High Fiber Cookies Containing Pine Apple Core. M.S. Thesis, Mahidol University, Bangkok.

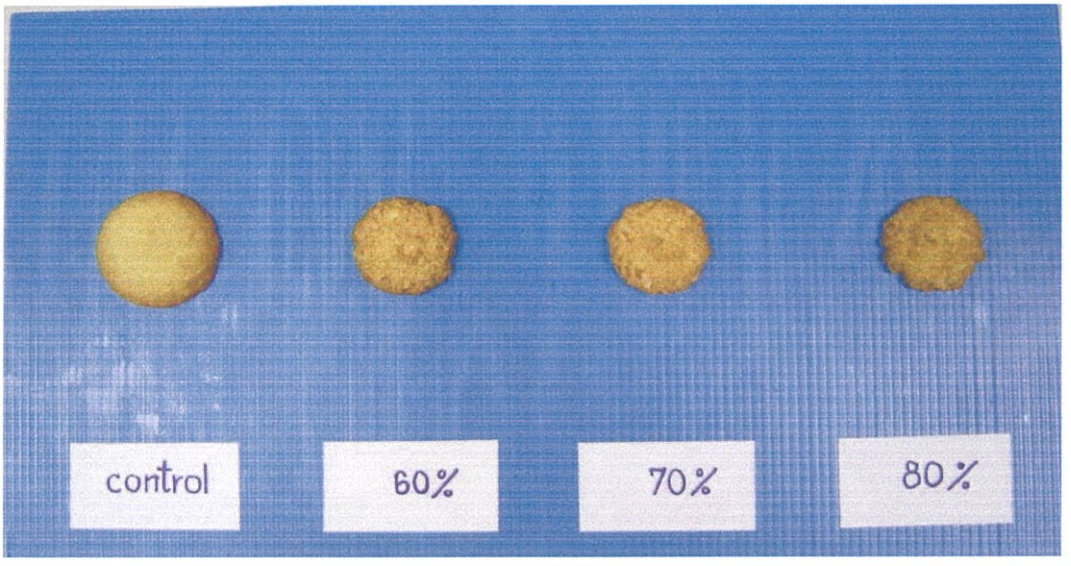
Wang, H.L. and Cavins, J.F. 1989. Yield and Amino Acid Composition of Fractions Obtained During Tofu Production. *Cereal Chem.* 66, 359 – 361.

Yamaguchi, F., Ota, Y. and Hatanaka, C. 1996. Extraction and Purification of Pectic Polysacharide from Soybean Okara and Enzymatic Analysis of Their Structures. *Carbohydrate polymer.* 30 : 265-273.

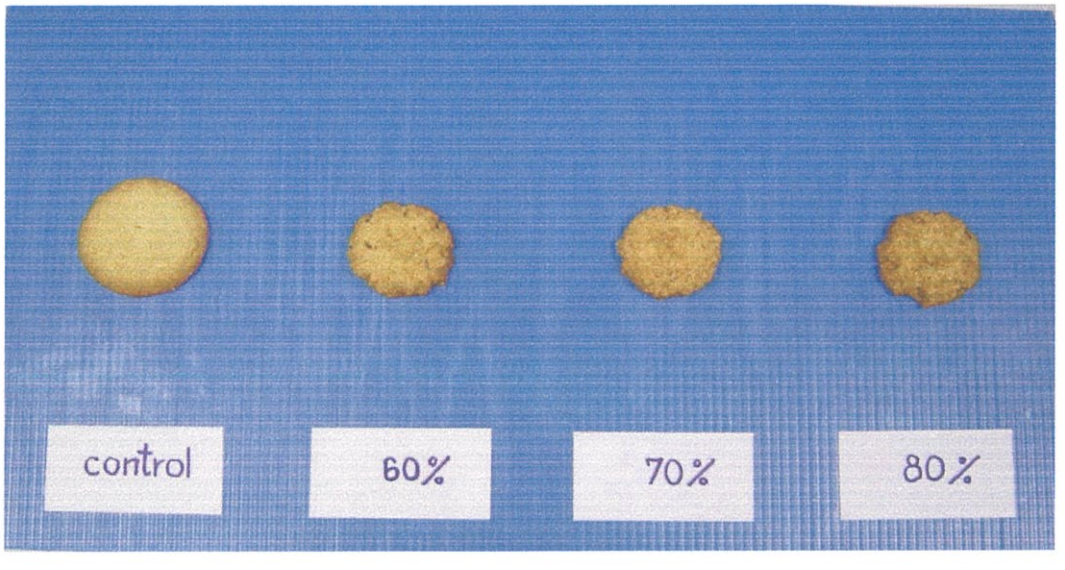
Yokata, T., Hottori, T., Ohishi, H., Ohami, H. And Watanabe, K. 1996. Effect of Oral Administation of Crude Antioxidant Prepareation form Fermentation Products of Okara. (bean curd residue) on Experimentally induced Inflammation. *Lebensm-Wiss u.-Techol.* 29 : 304-309.

Zee, J.A., Boudreau, A., Bourgeois, M. and Breton, R. 1988. Chemical Composition and Nutritional Quality of Faba bean (Vicia – faba L. Minor) based tofu. *J. Food Sci.* 53 : 1772 – 1774.

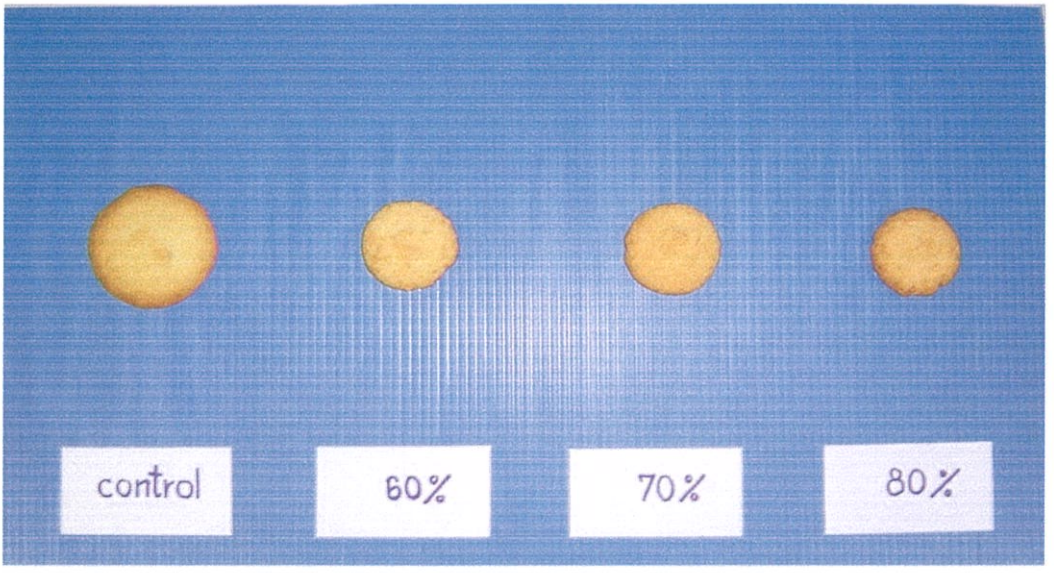
ภาคผนวก ก
รูปคุกกี้



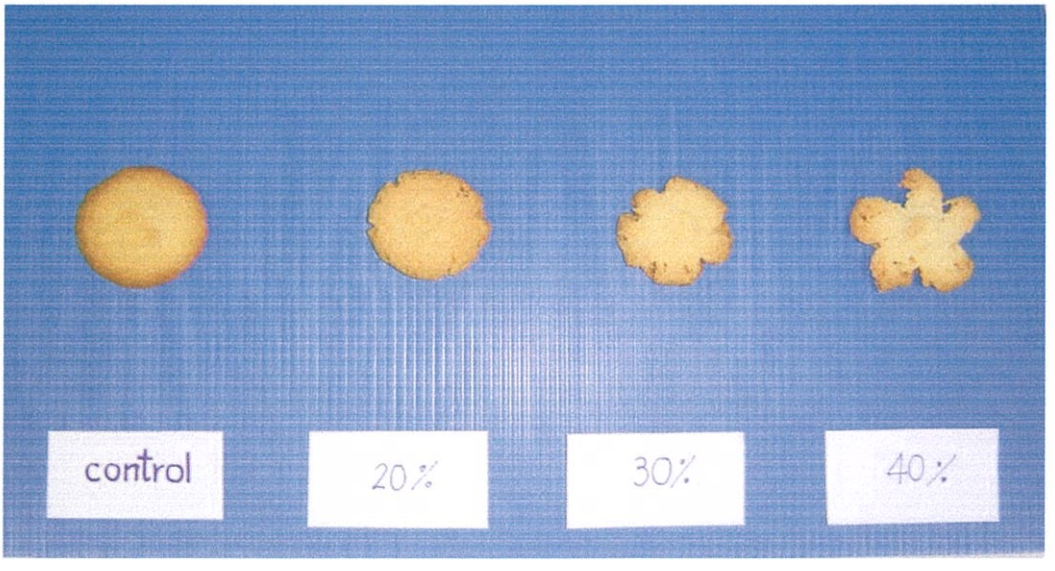
รูปที่ ก1 คุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือกที่ทดแทนแป้งสาลีในระดับต่าง ๆ



รูปที่ ก2 คุกกี้ที่ใช้โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือกที่ทดแทนแป้งสาลีในระดับต่าง ๆ



รูปที่ ก3 คุกกี้ที่ทำจากโอคาราสดจากโรงงานที่ทดแทนแป้งสาลีในระดับต่าง ๆ



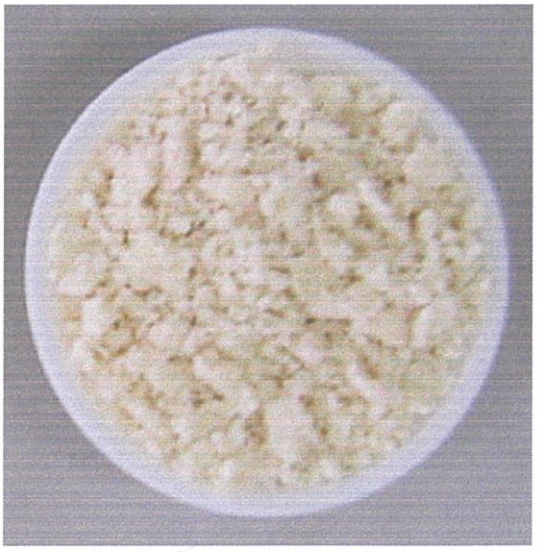
รูปที่ ก4 คุกกี้ที่ทำจากโอคาราแห้งจากโรงงานที่ทดแทนแป้งสาลีในระดับต่าง ๆ

ภาคผนวก ข

ลักษณะโอคาราและอุปกรณ์การผลิต

รูปที่ ข1 โอคาราสดจากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือก

รูปที่ ข2 โอคาราสดจากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก



รูปที่ ข3 โอคาราสดจากโรงงาน

รูปที่ ข4 โอคาราแห้งจากโรงงาน

รูปที่ ข5 เครื่องบดถั่วเหลือง

รูปที่ ข6 เครื่องแยกกากละเอียด

ภาคผนวก ค
อุปกรณ์และรูปแบบการบรรจุคุกกี้

รูปที่ ค1 สารดูดซับออกซิเจน

รูปที่ ค2 ลักษณะการบรรจุแบบสุญญากาศด้วยถุงอะลูมิเนียมฟอยล์

รูปที่ ค3 ลักษณะการบรรจุแบบบรรยากาศด้วยถุงPP

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์ทางเคมี

ง1.การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC. 1995)

อุปกรณ์

1. ตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส
2. โถดูดความชื้น
3. เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีการ

1.1 อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบ ใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้ จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

1.2 กระทำเช่นข้อ 1 ซ้ำ จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

1.3 ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1-3 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักแล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะที่ชั่งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{100 \times \text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

ง2. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC. 1995)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์สกัดไขมัน (Soxhlet apparatus) ประกอบด้วยบีกเกอร์สำหรับใส่ตัวทำละลาย เครื่องควบแน่น(condenser) และเตาให้ความร้อน (heating mantle)
2. หลอดใส่ตัวอย่าง (extraction thimble)
3. สำลี
4. ตู้อบไฟฟ้า
5. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด
6. โถดูดความชื้น

วิธีการ

2.1 อบบีกเกอร์สำหรับหาไขมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 150 มิลลิลิตรในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2.2 ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ประมาณ 1-2 กรัม ห่อให้มิดชิด แล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยสำลีให้สารละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ

2.3 นำหลอดตัวอย่างใส่ลงในซอคเลต

2.4 เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ ลงในบีกเกอร์หาไขมันปริมาณ 50 มิลลิลิตร แล้ววางลงบนเตาให้ความร้อน

2.5 ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 45 นาที โดยปรับความร้อนให้หยดของสารละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที

2.6 ระเหยจนเหลือสารละลายในบีกเกอร์เพียงเล็กน้อยด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลาย

2.7 นำบีกเกอร์ไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียสจนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

2.8 ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดจ่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{100x น้ำหนักไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

ง3. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ใช้วิธีเจลห์ดาล (AOAC. 1995)

อุปกรณ์

1. ขวดย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask) ขนาด 250-300 มิลลิลิตร
2. ชุดกลั่นโปรตีน (semi-microdistillation apparatus)
3. ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร (volumetric flask)
4. ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิกรัม (Erlenmeyer flask)
5. ปิเปต ขนาด 5, 10 มิลลิลิตร (volumetric pipette)
6. บิวเรต ขนาด 25 มิลลิลิตร (burett)
7. ลูกแก้ว
8. กระดาษกรอง

สารเคมี

1. กรดซัลฟุริกเข้มข้น
2. สารเร่งปฏิกิริยา ใช้คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) 1 ส่วนต่อโปแตสเซียมซัลเฟต (K_4SO_4) 9 ส่วน

3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 32 เปอร์เซ็นต์ ชั่งสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 32 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร
4. สารละลายกรดเกลือ เข้มข้น 0.02 นอร์มัล
5. อินดิเคเตอร์ fashiro indicator เตรียมเป็น stock solution ชั่งเมธิลลีนบลู (methelene blue) 0.2 กรัม ละลายในเอทธานอล (ethanol) 200 มล.และชั่งเมทิลเรด (methyl red) 0.05 กรัม ละลายในเอทธานอล 50 มิลลิลิตร นำมาผสมในอัตราส่วน stock solution 1 ส่วน : น้ำกลั่น 2 ส่วน

วิธีการ

3.1 ชั่งตัวอย่างอาหารบนกระดาษกรอง ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ประมาณ 1-2 กรัม ใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน (ขวด Kjeldahl)

3.2 เติมสารเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม และ กรดซัลฟุริกเข้มข้น 15 มิลลิลิตร

3.3 นำไปย่อยบนเตาไฟในตู้ควันจนกระทั่งได้สารละลายใส ปล่อยทิ้งให้เย็น

3.4 นำไปกลั่นโดยเติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร โซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 32 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 80 มิลลิลิตร

3.5 รองรับสิ่งที่กลั่นได้ด้วย 2 เปอร์เซ็นต์ของกรดบอริก 50 มิลลิลิตร

3.6 เติมอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด

3.7 กลั่นจนได้สารละลายในขวดจับก๊าซประมาณ 250

3.8 กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ

3.9 ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดเกลือ ที่มีความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จะได้ยุติเป็นสีชมพูอ่อน

3.10 ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 3.2-3.10

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(a-b) \times N \times 14 \times \text{factor}}{W}$$

โดยที่ a = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้เป็นมิลลิลิตร

b = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับ blank เป็นมิลลิลิตร

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือ เป็น นอร์มัล

W = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม

Factor = 6.25

(น้ำหนักกรัมสมมูลย์ของไนโตรเจน = 14.007)

ง4. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC. 1995)

อุปกรณ์

1. เตาเผา
2. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (muffle furnace)
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

วิธีการ

4.1 เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ปิดสวิตซ์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาลดลงก่อนแล้วนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้นปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก

4.2 เผาซ้ำอีกครั้งละประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้ง ติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิลิตร

4.3 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปเผาในตู้ควันหมดควัน แล้วจึงเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสและกระทำเช่นเดียวกันกับข้อ 4.1-4.2

การคำนวณ

$$(\text{เปอร์เซ็นต์}) = \frac{100 \times \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

ง5. การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหาร (Crude fiber) (AOAC. 1995)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ชุดอุปกรณ์หา crude fiber ประกอบด้วย
   - เตาชุด
   - beaker 600 ml
   - กรวยกรองแผ่นโลหะ
2. crucibles
3. rubber tipped glass rod
4. Erlenmeyer flask 250 ml
5. desiccator
6. muffle furnace
7. Hot air oven

8. เครื่องชั่งทดศนิยม 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริก(H_2SO_4) 1.25 เปอร์เซ็นต์
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1.25 เปอร์เซ็นต์
3. ไฮโดรคลอริก (HCl) 1 เปอร์เซ็นต์
4. เอธานอล 95 เปอร์เซ็นต์

วิธีการ

5.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม (ในกรณีตัวอย่างมีไขมันเป็นองค์ประกอบสูง ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันแล้ว) ใส่ใน beaker 600 ml ของชุดอุปกรณ์ crude fiber

5.2 เติมสารละลายกรดซัลฟิวริก เข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ 200 มิลลิลิตร

5.3 นำไปต่อเข้ากับเตาชุดของอุปกรณ์ของ crude fiber ต้มตัวอย่างให้เดือดนาน 30 นาที (ในระหว่างการต้มให้เปิดน้ำหล่อเย็นของเตาชุดด้วย)

5.4 นำตัวอย่างที่ผ่านการต้มด้วยกรด มากรองด้วยกรวยกรองแผ่นโลหะของชุดอุปกรณ์ crude fiber

5.5 ล้างตัวอย่างด้วยน้ำร้อน จนน้ำที่กรองได้หมดกรด (ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส)

5.6 ถ่ายตัวอย่างที่เหลือใส่บีกเกอร์ใบเดิม และเติมโซเดียมไฮดรอกไวด์ เข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ 200 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มต่อในเตาชุดนาน 30 นาที

5.7 กรองตัวอย่างด้วยกรวยกรองแผ่นโลหะอันเดิม และล้างด้วยน้ำร้อนเล็กน้อย

5.8 ล้างตัวอย่างด้วยกรดไฮโดรคลอริก 1 เปอร์เซ็นต์ จำนวณ 10 มิลลิลิตร จากนั้นล้างตัวอย่างด้วยน้ำร้อนต่อจนกระทั่งหมดกรด

5.9 ล้างตัวอย่างครั้งสุดท้ายด้วย เอธานอลl 95 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 10 มิลลิลิตร

5.10 ถ่ายตัวอย่างใส่ใน crucible (ที่ผ่านการอบแห้งแล้ว) จากนั้นนำตัวอย่างไประเหยเอธานอลออกบน water bath

5.11 นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ข้ามคืน (หรือ 140 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง)

5.12 นำตัวอย่างไปทำให้เย็นใน desiccator และชั่งน้ำหนัก (W_1)

5.13 นำตัวอย่างที่เหลือไปเผาหาเถ้าอีกครั้งหนึ่งที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง

5.14 ทำให้เย็นใน desiccator และชั่งน้ำหนัก (W_2)

5.15 คำนวณ เปอร์เซ็นต์ crude fiber จากสูตร

การคำนวณ

เปอร์เซ็นต์ crude fiber = $\frac{W_1 - W_2}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$

ง6. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตได้จากการคำนวณ ดังสูตร

% คาร์โบไฮเดรต = 100 – (% ความชื้น + % โปรตีน +% ไขมัน +% เถ้า +% เส้นใยอาหาร)

ง7. การวิเคราะห์ TBARS value ของผลิตภัณฑ์อาหาร (Kirk and Sawyer. 1991)

อุปกรณ์

1. เครื่องปั่นอาหาร
2. กระบอกตวง 50 ml
3. pipette 5 ml
4. อุปกรณ์ชุดกลั่น
5. volumetric flask 50 ml
6. หลอดทดลองขนาดเล็กพร้อมฝาปิด
7. Wortex mixer
8. Spectrophotometer

สารเคมี

1. ไฮโดรคลอริก 4 M
2. สารกันหืน
3. TBARS reagent

<u>วิธีเตรียม</u> ชั่ง TBARS 0.2883 กรัม ละลายใน glacial acetic acid 90 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรเป็น 100 ml

วิธีการ

7.1 ปั่นตัวอย่างอาหาร 10 กรัม ร่วมกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร นาน 2 นาที

7.2 นำตัวอย่างที่ปั่นถ่ายใส่ขวดกลั่น แล้วเติมน้ำกลั่น 47.5 ml

7.3 เติม ไฮโดรคลอริก 4 M 2.5 มิลลิลิตรl (เพื่อปรับ pH ให้เป็น 1.5)

7.4 เติมสารกันหืนและ glass beads

7.5 ต่อเข้ากับชุดกลั่นและรองรับที่ปลายชุดกลั่นด้วย volumetric flask 50 มิลลิลิตร

7.6 ทำการให้ความร้อนกับตัวอย่าง และกลั่นตัวอย่างจนกระทั่งได้สารละลายที่กลั่นได้ 50 มิลลิลิตรl (ไม่ควรใช้เวลาเกิน 10 นาที)

7.7 เขย่าขวดสารละลายที่กลั่นได้ให้เข้ากัน และปิเปตมา 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดขนาดเล็ก

7.8 เติม TBARS reagent 5 มิลลิลิตร ปิดฝา แล้วผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer

7.9 นำไปต้มในน้ำเดือดนาน 35 นาที แล้วทำให้เย็นทันที

7.10 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวเคลื่อน 538 nm โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer

7.11 คำนวณค่า TBARS value จากสูตร

การคำนวณ

TBARS value (mg. malonaldehyde / Kg. sample) = 7.8 D

D = ค่า Absorbance ของตัวอย่าง

ภาคผนวก จ

การคำนวณปริมาณสารดูดซับออกซิเจน

1. การคำนวณปริมาณสารดูดซับออกซิเจนที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

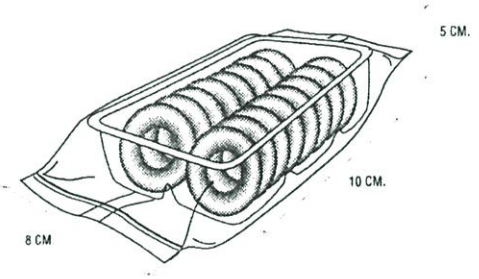
สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

1. ความถ่วงจำเพาะของอาหาร = 1
2. น้ำหนักของอาหาร = ขนาดความจุของอาหารโดยประมาณ
3. ปริมาณของออกซิเจนในอากาศโดยเฉลี่ยประมาณ 21% ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าภายในบรรจุภัณฑ์มีออกซิเจนอยู่ 1/5 ของอากาศทั้งหมด

1.1 การหาค่าออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ทรงสี่เหลี่ยม

ปริมาณออกซิเจน = { (กว้าง x ยาว x สูง) – น้ำหนักของอาหาร (กรัม) } x 1/5

แรงโน้มถ่วงจำเพาะ (1)



ภาพแสดงการหาค่าปริมาณของออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ทรงสี่เหลี่ยม

รูปที่ จ1 การหาปริมาณของออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ทรงสี่เหลี่ยม

ที่มา : เจนจรัส (มปก.)

ตัวอย่างการหาค่าของออกซิเจนของขนมในบรรจุภัณฑ์ทรงสี่เหลี่ยม

แรงโน้มถ่วงจำเพาะของอาหาร = 1

น้ำหนักของอาหาร = 200 กรัม

(10 x 8 x5 – 200/1) x 1/5 = 40 cc

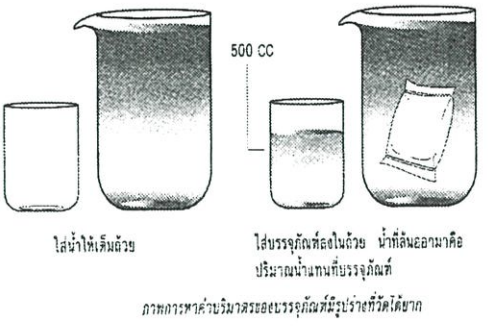
ดังนั้นต้องใช้วันเดอร์คีพไม่ต่ำกว่า RP- 40 เมื่อนำค่าไปเปิดตารางที่ จ1 พบว่าจะต้องใช้วันเดอร์คีพ RP-50

1.2 การหาค่าออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ที่มีรูปทรงที่วัดได้ยาก

ในกรณีที่บรรจุภัณฑ์มีรูปร่างที่วัดได้ยาก ให้ใส่บรรจุภัณฑ์ลงในน้ำแล้วใช้ค่าที่แตกต่างนั้นแทน แล้วใช้หลักสูตรดังนี้

ปริมาณออกซิเจน = { (กว้าง x ยาว x สูง) – น้ำหนักของอาหาร (กรัม) } x 1/5

แรงโน้มถ่วงจำเพาะ (1)



รูปที่ จ2 การหาปริมาตรของบรรจุภัณฑ์ที่มีรูปร่างวัดยาก

ที่มา : เจนจรัส (มปก.)

ตัวอย่างการหาค่าของออกซิเจนของขนมในบรรจุที่มีรูปทรงวัดได้ยาก

น้ำหนักของอาหาร = 350 กรัม

ปริมาณน้ำที่แทนที่บรรจุภัณฑ์ = 500 cc

ปริมาณออกซิเจน = (500 – 350/1) x 1/5 = 30 cc

ดังนั้นต้องใช้ วันเดอร์คีพไม่ต่ำกว่า X-30 ซึ่งมีค่าตรงกับตารางที่ จ2 ดังนั้นจึงเลือกใช้วันเดอร์คีพ X-30

2. ชนิดและขนาดต่าง ๆ ของวันเดอร์คีพ

วันเดอร์คีพจะมีชนิดและขนาดต่าง ๆ ซึ่งจำเป็นต้องเลือกใช้ตามความเหมาะสมดังตารางที่ จ1 และ จ2

ตารางที่ จ1 วันเดอร์คีพชนิดทำปฏิกิริยาด้วยตนเอง (Self Reacting) : รุ่น RP

ขนาด	P-20	P-30	P-50	P-100	P-200	P-300	P-400	P-500	P-600	P-700	P-1000	P-2000
การดูดซับออกซิเจน	20	30	50	100	200	300	400	500	600	700	1000	2000
ปริมาณอากาศ	100	150	250	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	5000	10000
ขนาดของซอง	40x30	40x35	40x40	50x40	50x60 65x50	65x65	65x70	65x80	90x60	95x65	100x75	130x95
จำนวนชิ้น/กล่องชั้นใน	400x30	200x40	200x30	100x30	100x15	100x15	100x10	50x20	50x20	50x20	50x10	10x25
จำนวนชิ้น/กล่องใหญ่	12,000	8,000	6,000	3,000	1,500	1,500	1,000	1,000	1,000	1,000	500	250
จำนวนในการดูดซับออกซิเจน 66-77 °F (20-25 °C)	12-24						32-48					
จำนวน ช.ม.ที่ถูกอากาศได้	4											
การทำปฏิกิริยาต่อน้ำ	น้อยกว่า 0.85											

ที่มา : เจนจรัส (มปก.)

ตารางที่ จ2 วันเดอร์คีพชนิดต้องการความชื้นเป็นตัวกระตุ้น (Moisture Activated) : รุ่น X

ขนาด	X-20	X-30	X-50	X-100	X-200	X-300
การดูดซับออกซิเจน	20	30	50	100	200	300
ปริมาณอากาศ	100	150	250	500	1000	1500
ขนาดของซอง	35x35	35x35	40x35	40x50	50x50	80x50
จำนวนชิ้น/กล่องชั้นใน	500x24	500x16	500x12	500x6	300x5	150x10
จำนวนชิ้น/กล่องใหญ่	12,000	8,000	6,000	3,000	1,500	1,500
จำนวนในการดูดซับออกซิเจน 66-77 °F (20-25 °C)	18-30					
จำนวน ช.ม.ที่ถูกอากาศได้	24					
การทำปฏิกิริยาต่อน้ำ	มากกว่า 0.80					

ที่มา : เจนจรัส (มปก.)

ภาคผนวก ฉ

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของคุกกี้

ฉ1. การแผ่ตัว (Spread ratio) (AACC. 1983)

ทำการวัดความกว้างของคุกกี้โดยวางคุกกี้ 6 ชิ้นเรียงให้ขอบชิดกัน วัดความกว้างของคุกกี้ทั้งหมด จับคุกกี้แต่ละชิ้นหมุนทำมุม 90 องศา วัดความกว้างอีกครั้ง หาค่าความกว้างเฉลี่ยของแต่ละชิ้นโดยมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

วัดความหนาของคุกกี้โดยวางคุกกี้ 6 ชิ้นซ้อนทับกัน วัดความหนาของคุกกี้ทั้งหมด จับคุกกี้วางเรียงใหม่ให้อยู่ในตำแหน่งต่างจากเดิม วัดความหนาอีกครั้งหนึ่ง หาความหนาเฉลี่ยของแต่ละชิ้นโดยมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

Spread ratio = ความกว้าง/ความหนา

ฉ2. การดูดซับน้ำ (Water Absorbtion Index ; WAI) (Anderson *et al.* 1969)

1. ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียด 2.5 กรัม เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร
2. คนตลอดเวลาเป็นเวลา 30 นาที
3. centrifuge ที่ 3000 x g เป็นเวลา 10 นาที
4. เทสารละลายส่วนใส (supernatant) ทิ้งไป
5. ชั่งน้ำหนักส่วนที่ตกตะกอน (gel) ที่ดูดซับน้ำเอาไว้ (g)
6. คำนวณ WAI โดยนำน้ำหนักของ gel ที่ชั่งได้มาหารกับน้ำหนักเริ่มต้น

ฉ3. ปริมาตร

1. วัดปริมาตรเมล็ดงาในภาชนะที่มีรูปร่างแน่นอน
2. เทเมล็ดงาออก จากนั้นใส่ตัวอย่างคุกกี้ลงไปแล้วเติมเมล็ดงาให้เต็มภาชนะ
3. วัดปริมาตรของเมล็ดงาที่เติมลงไป
4. หักลบปริมาตรของเมล็ดงาที่หายไป

ฉ4. เนื้อสัมผัส (Texture)

1. นำตัวอย่างคุกกี้มาวัดค่าแรงในการกดคุกกี้ให้แตก (Compression)
2. ค่าตั้งสภาวะการใช้งานและใส่หัววัด ดังภาคผนวก ช
3. ทำการวัด 15 ตัวอย่าง แล้วเลือกค่าที่ใกล้เคียงกัน 5 ค่า

ภาคผนวก ซ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

โดยวิธีเปรียบเทียบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม (Difference-From-Control Test)

ผลิตภัณฑ์ คุกกี้

ชื่อ..... วันที่.....

คำแนะนำ

1. ให้ผู้ทดสอบประเมินคุณลักษณะตัวอย่างคุกกี้ควบคุม "C" จนคุ้นเคยกับลักษณะต่างๆ ได้แก่ ความกรอบ และกลิ่นหืน แล้วปรับให้แต่ละคุณลักษณะที่กำหนดเป็น "0 "
2. ให้ผู้ทดสอบประเมินตัวอย่างคุกกี้ที่เสิร์ฟให้ตามลำดับ โดยประเมินเพียงครั้งเดียว
3. ให้ผู้ทดสอบบอกความแตกต่างของคุณลักษณะคุกกี้ควบคุม "C" กับตัวอย่างคุกกี้ที่เสิร์ฟให้ แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) เพื่อให้คะแนนตามความรู้สึกของท่าน

รหัสตัวอย่าง .....

1. ความกรอบ

-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
กรอบน้อยมาก					ไม่แตกต่างจาก " C"					กรอบมาก

2.กลิ่นหืน

-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
กลิ่นหืนน้อยมาก					ไม่แตกต่างจาก " C"					กลิ่นหืนมาก

รหัสตัวอย่าง .....

1. ความกรอบ

-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
กรอบน้อยมาก					ไม่แตกต่างจาก " C"					กรอบมาก

2.กลิ่นหืน

-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
กลิ่นหืนน้อยมาก					ไม่แตกต่างจาก " C"					กลิ่นหืนมาก

รหัสตัวอย่าง .....

1. ความกรอบ

-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
กรอบน้อยมาก					ไม่แตกต่างจาก " C"					กรอบมาก

2.กลิ่นหืน

-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
กลิ่นหืนน้อยมาก					ไม่แตกต่างจาก " C"					กลิ่นหืนมาก

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 9-point hedonic scale test

ผลิตภัณฑ์ คุกกี้

ชื่อ..... วันที่.....

คำแนะนำ

ท่านจะได้รับตัวอย่างที่มีรหัสกำกับ กรุณาชิมตัวอย่างและประเมินผลโดยพิจารณาถึง สี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม แล้วให้คะแนนตามระดับความชอบดังนี้

ระดับสเกลความชอบ 9 คะแนน

ชอบมากที่สุด	ให้คะแนนเท่ากับ	9
ชอบมาก	ให้คะแนนเท่ากับ	8
ชอบปานกลาง	ให้คะแนนเท่ากับ	7
ชอบเล็กน้อย	ให้คะแนนเท่ากับ	6
เฉยๆ	ให้คะแนนเท่ากับ	5
ไม่ชอบเล็กน้อย	ให้คะแนนเท่ากับ	4
ไม่ชอบปานกลาง	ให้คะแนนเท่ากับ	3
ไม่ชอบมาก	ให้คะแนนเท่ากับ	2
ไม่ชอบมากที่สุด	ให้คะแนนเท่ากับ	1

รหัสตัวอย่าง	สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม

ข้อเสนอแนะ .....

.....

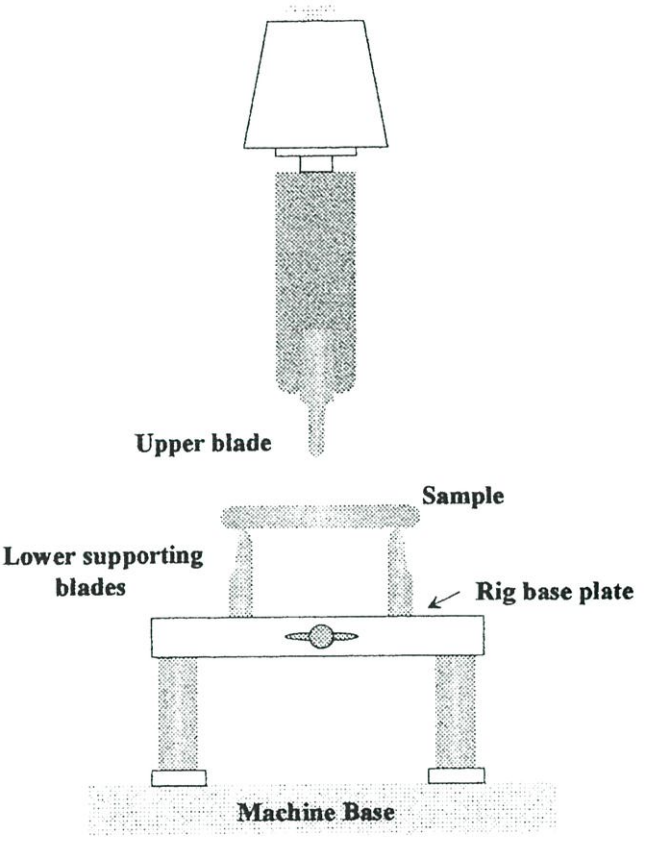
.....

ภาคผนวก ซ

การวัดเนื้อสัมผัส

การวัดเนื้อสัมผัสของคุกกี้

1. ใช้หัววัด HDP/3PB ประกอบเข้ากับเครื่องดังรูปที่ ซ1



รูปที่ ซ1 ลักษณะการประกอบเครื่องมือในการวัดค่าแรงตัดขาด

2. ทำการ calibrateเครื่องโดยใช้น้ำหนักมาตรฐาน 25 กิโลกรัม

3. ตั้งสภาวะการวัด ดังนี้

TA-XT2 Settings:	*Mode* :	Measure Force in Compression
	Option :	Return To Start
	Pre-Test Speed :	2.0 mm/s
	Test Speed :	0.5 mm/s
	Post-Test Speed :	10.0 mm/s
	Distance :	5 mm
	Trigger Type :	Auto – 20g
	Data Acquisition Rate :	400pps

4. นำตัวอย่างคุกกี้วางลงบนแท่น แล้วทำการกดเจาะคุกกี้ให้แตก

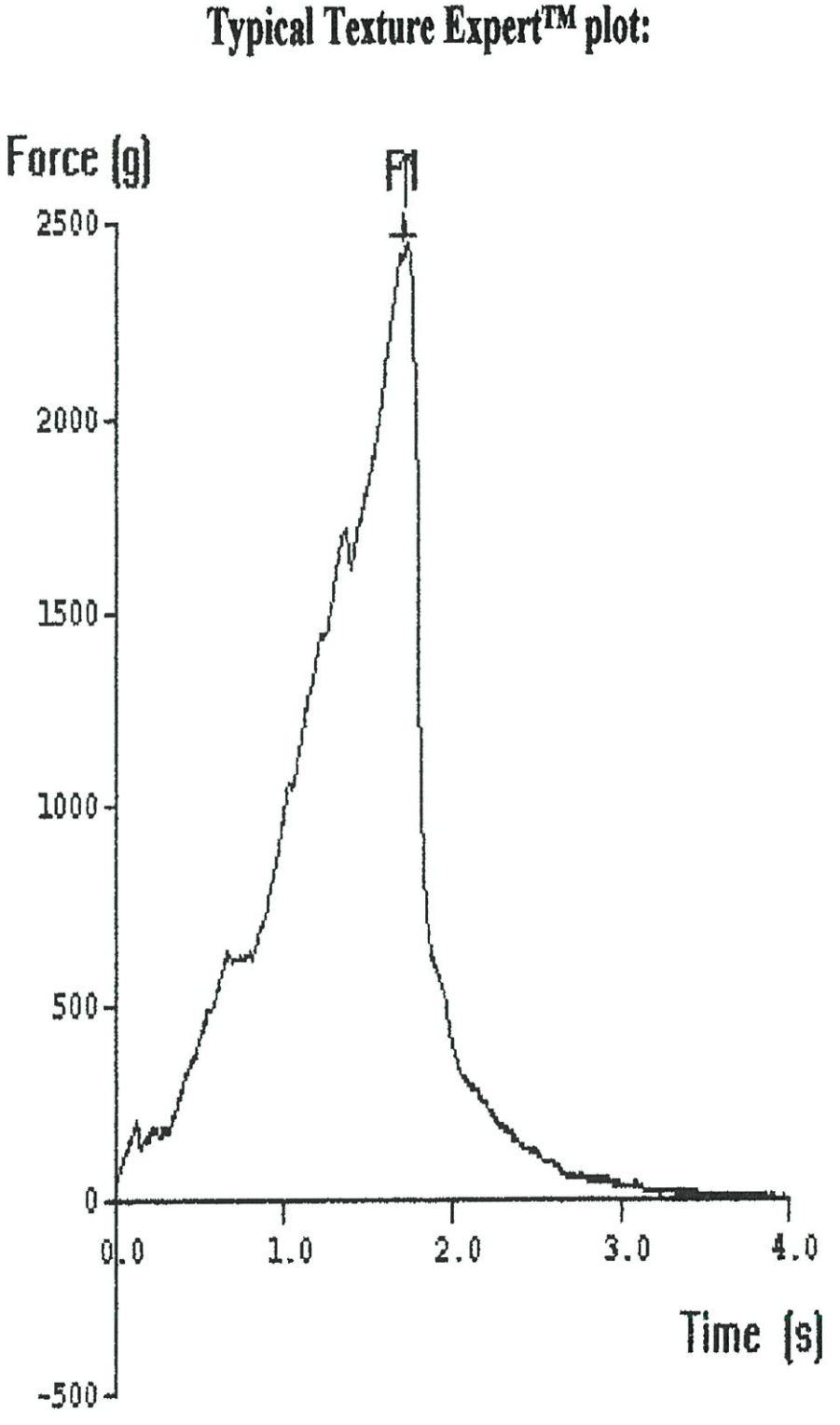
5. วิเคราะห์ผลโดยใช้คำสั่ง

GO TO : MAX FORCE

PROCESS DATA : MARK FORCE

PROCESS DATA : MARK DISTANCE

6. กราฟที่ได้มีลักษณะดังรูปที่ ซ2



รูปที่ ซ2 ลักษณะกราฟที่ได้จากการวัดเนื้อสัมผัสของคุกกี้

ภาคผนวก ฌ
ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตารางที่ ฌ1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความชื้น และ TBARS ของคุกกี้

Sov	df	P-Value	
		ความชื้น	TBARS
ระยะเวลา	8	0.000*	0.000*
Error	18		
สภาวะการบรรจุ	1	0.000*	0.000*
ระยะเวลา x สภาวะการบรรจุ	8	0.000*	0.000*
Error	18		
Total	53		

หมายเหตุ : * หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกานดา แซ่จิว เกิดวันที่ 3 กันยายน 2523 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วทบ.) สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร จากมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย เมื่อปี พ.ศ. 2545 และศึกษาต่อระดับวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วทม.) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2547