สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

การใช้วัสดุเหลือทิ้งทางจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร เป็นแหล่งเส้นใยอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ

Agricultural Industrial Wastes as a source of Dietary Fiber in Health Foods

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ *
อรุณี ตรีศิริโรจน์ **
อาภัสรา สุขเจริญศักดิ์กุล *

26 มี.ค. 2552 BK0410768
249181

เริ่มบริการ
26 มี.ค. 2552

พ.ศ 2541

ภาควิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยบูรพา *
สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมอาหาร มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย **

บทคัดย่อ

การนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านต่าง ๆ นั้นไม่เพียงแต่จะเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหล่านี้ แต่ยังสามารถช่วยลดปริมาณขยะให้น้อยลงด้วย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาการใช้เปลือกเผือก เปลือกสับปะรด และเปลือกถั่วงอกที่ผ่านการแช่ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพื่อกำจัดลิกนิน มาเป็นแหล่งของเส้นใยอาหาร ใช้เติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเพิ่มคุณค่าอาหารให้กับผลิตภัณฑ์คือ ผลิตภัณฑ์คุกกี้ โดนัทยีสต์ และข้าวเกรียบกุ้ง ซึ่งในการผลิตคุกกี้จะใช้เส้นใยอาหารทดแทนแป้ง 0 10 20 และ 30 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักแป้ง ผลิตภัณฑ์โดนัทยีสต์ใช้ 0 1 2 3 และ 4 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักแป้ง และผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้งใช้ 0 2 4 และ 6 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักแป้ง ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยผู้ชิมที่ผ่านการฝึกฝน 10 คน และวัดค่าแรงตัดขาดของข้าวเกรียบกุ้งด้วยเครื่อง Texturometer และวัดอัตราการขยายตัวของโดของโดนัทยีสต์ที่เวลา 0 30 และ 60 นาที

จากการทดลองได้เลือกสภาวะความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1% pH 11.5 ทำการแช่เส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรด และเปลือกเผือก และ 0.5% pH 11.5 ในการแช่เปลือกถั่วงอก จะทำให้เส้นใยอาหารมีปริมาตรการพองตัวสูง และเมื่อทำการเติมลงในผลิตภัณฑ์คุกกี้ โดนัทยีสต์ และข้าวเกรียบกุ้ง จะพบว่า เส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรดสามารถเติมได้มากกว่าหรือเท่ากับเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วงอก และเปลือกเผือกในผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด โดยคุกกี้สามารถเติมลงในผลิตภัณฑ์ได้สูงสุด 20% โดนัทยีสต์ 3% และข้าวเกรียบกุ้ง $\geq$ 6%โดยน้ำหนักแป้ง สำหรับเปลือกเผือก สามารถเติมลงในคุกกี้ได้ 10% โดนัทยีสต์ 2% และข้าวเกรียบกุ้ง <2% โดยน้ำหนักแป้ง และเปลือกถั่วงอกสามารถเติมลงในคุกกี้ได้ 20% โดนัทยีสต์ <1% และข้าวเกรียบกุ้ง 2% โดยเส้นใยอาหารที่เติมลงไปจะมีผลต่อลักษณะสี เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวมของผู้ชิมมาก เส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วงอกสามารถลดปริมาณการอมน้ำมันของผลิตภัณฑ์คุกกี้และข้าวเกรียบกุ้งได้อีกด้วย ข้าวเกรียบกุ้งที่เติมเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วงอกจะมีค่าแรงตัดขาดสูงกว่าเส้นใยจากเปลือกเผือกและสับปะรดเล็กน้อย ค่าแรงตัดขาดของข้าวเกรียบกุ้งที่เติมเส้นใยอาหารที่ 2-6% จะมีค่าแรงตัดขาดใกล้เคียงกัน และอัตราการขยายตัวของโดของโดนัทยีสต์ในสูตรควบคุมจะสูงกว่าโดที่มีการเติมเส้นใยอาหาร แต่ที่ความเข้มข้น 1-4% อัตราการขยายใกล้เคียงกัน

กิติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลงได้โดยได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินปี 2538 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ.โอกาสนี้ในการส่งเสริมให้มีการพัฒนาความรู้และเทคโนโลยีให้เพิ่มมากขึ้น ขอขอบคุณนักศึกษาดังรายชื่อต่อไปนี้ คือ นส.ประไพพรรณ ล้อเจริญมงคล นส. นงนุช แสงแก้ว นส.กัณฑิมา แสงอารยะกุล และนายอรรถพล ณรงค์ฤทธิชัย นักศึกษามหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ที่มีส่วนช่วยในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

คณะผู้จัย

สารบัญ

บทที่	หน้า
1. บทนำ	1
2. เอกสารวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
3. ระเบียบวิธีวิจัย	14
3.1 การคัดเลือกวัตถุดิบและเตรียมวัตถุดิบ	
3.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดลิกนิน	
3.3 ศึกษาสมบัติทางเคมีของใยอาหาร	
3.4 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของใยอาหาร	
3.5 ศึกษาการนำใยอาหารมาเติมในผลิตภัณฑ์	
4. ผลการทดลอง	
4.1 คัดเลือกวัตถุดิบที่จะนำมาทำการผลิตเส้นใยอาหาร	18
4.2 สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดลิกนิน	18
4.3 สมบัติทางเคมีของวัตถุดิบ	20
4.4 สมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบ	21
4.5 การประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์	24
ก.ผลิตภัณฑ์คุกกี้	24
ข.ผลิตภัณฑ์โดนัทยีสต์	27
ค. ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้ง	31
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	36
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก ก.	40
ภาคผนวก ข.	43

บัญชีตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงปริมาตรการพองตัวของใยอาหารจากเปลือกถั่วงอก หลังจากแช่ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน	18
2	แสดงปริมาตรการพองตัวของใยอาหารจากเปลือกเผือก หลังจากแช่ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน	19
3	แสดงปริมาตรการพองตัวของใยอาหารจากเปลือกสับปะรด หลังจากแช่ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน	20
4	แสดงสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบใยอาหารก่อนการแช่ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	20
5	แสดงความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถในการดูดซับน้ำมันของใยอาหารแต่ละชนิด	21
6	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้เมื่อแปรชนิดและปริมาณเส้นใยอาหารที่เติมลงไป	24
7	แสดงปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน Crude fiber และคาร์โบไฮเดรตในผลิตภัณฑ์คุกกี้	27
8	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโดนัทยีสต์เมื่อแปรชนิดและปริมาณเส้นใยอาหารที่เติมลงไป	28
9	แสดงปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน Crude fiber และคาร์โบไฮเดรตในผลิตภัณฑ์โดนัทยีสต์	27
10	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบกุ้งเมื่อแปรชนิดและปริมาณ เส้นใยอาหารที่เติมลงไป	31
11	แสดงค่าแรงตัดขาดในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้งที่ผสมใยอาหารในปริมาณต่าง ๆ กัน	32
12	แสดงปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน Crude fiber และคาร์โบไฮเดรตในผลิตภัณฑ์คุกกี้	34

บัญชีรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1	เส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วงอกและเปลือกเผือกที่ผ่านการบดและอบแห้ง	22
2	ภาพถ่ายจากกล้อง Electron Microscope ที่กำลังขยาย 2000และ5000 เท่า	23
3	ลักษณะปรากฏของคุกกี้เนยที่เติมชนิดและปริมาณเส้นใยแตกต่างกัน	25
4	กราฟแสดงการขยายตัวของโดของโดนัทยีสต์ที่เวลา 0 30 และ 60 นาที	27
5	ลักษณะปรากฏของโดนัทยีสต์ที่เติมชนิดและปริมาณเส้นใยแตกต่างกัน	29
6	ลักษณะปรากฏของข้าวเกรียบกุ้งที่เติมชนิดและปริมาณเส้นใยแตกต่างกัน	33

บทที่ 1

บทนำ

แม้ว่าประเทศไทยจะพยายามพัฒนาประเทศจากประเทศเกษตรกรรมไปสู่ประเทศอุตสาหกรรม แต่ถ้าเรามองย้อนกลับไปดูว่าแหล่งวัตถุดิบที่มีมากในประเทศของเรานั้นคืออะไร เราจะพบว่าไม่ใช่เทคโนโลยี แต่เป็นผลผลิตทางการเกษตร ดังนั้นแผนการพัฒนาประเทศจึงจำเป็นที่จะต้องไม่ละเลยในการนำทรัพยากรและผลผลิตของประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ร่วมไปกับการพัฒนาเทคโนโลยี เนื่องจากผลผลิตทางการเกษตรที่มีมาก ดังนั้นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรของเราก็มีมากตามไปด้วย การนำวัสดุเหลือทิ้งเรานี้กลับมาใช้จะเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร และเป็นการใช้ผลผลิตของประเทศอย่างคุ้มค่าที่สุด ซึ่งปัจจุบันมีการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ อาทิเช่น แกลบ นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง และผลิตเป็น Activated carbon ฟางข้าวนอกจากจะใช้เลี้ยงสัตว์แล้ว ยังมีการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงด้วยเช่นเดียวกัน แต่เราก็ยังมีวัสดุเหลือทิ้งอย่างอื่นอีก เช่น เปลือกผลไม้ต่าง ๆ จากโรงงานผลไม้กระป๋อง ซังข้าวโพด เศษผักต่าง ๆ ในตลาด

เนื่องจากสังคมปัจจุบันเป็นสังคมที่เร่งรีบ พฤติกรรมการบริโภคอาหารเริ่มเปลี่ยนไป โดยผู้บริโภคเลือกรับประทานแต่อาหารที่ปรุงสะดวก ง่ายต่อการรับประทาน และหาซื้อได้ง่าย ซึ่งอาหารประเภทเหล่านี้ ก็หนีไม่พ้นอาหารฟาสต์ฟู้ด (Fast food) หรืออาหารสำเร็จรูปหรือกึ่งสำเร็จรูป เช่นบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป อาหารเหล่านี้มักเป็นอาหารที่ประกอบด้วยแป้ง และไขมันเป็นส่วนใหญ่ เส้นใยอาหารมีอยู่น้อยมาก ผู้บริโภคจึงได้รับแต่อาหารที่มีพลังงานสูงในปริมาณที่มากขึ้น เป็นเหตุสำคัญในการเกิดภาวะโภชนาการเกิน ซึ่งเป็นภาวะที่ร่างกายเก็บสะสมอาหารที่เหลือจากการนำไปใช้แต่ละวันอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการแสดงออกของโรคต่าง ๆ ได้แก่ โรคไขมันในเลือดสูง โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจขาดเลือด และโรคเบาหวาน (กรมอนามัย,2532) และจากการสำรวจถึงสาเหตุที่สำคัญของการตายของคนไทย พบว่าอัตราการตายของคนไทยด้วยโรคหัวใจและโรคเกี่ยวกับเส้นเลือดอยู่ในอันดับต้น ๆ ทั้งสิ้น ทั้งยังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี คนในสมัยก่อนหรือคนในชนบทกลับพบว่าป่วยเป็นโรคเหล่านี้น้อยมาก นอกจากสาเหตุของการบริโภคอาหารที่มีพลังงานสูงแล้ว อีกสาเหตุหนึ่งที่สำคัญคือการบริโภคเส้นใยอาหารที่น้อยลง เส้นใยอาหารประกอบด้วยเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (Soluble Dietary Fiber) และเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble Dietary Fiber) ซึ่งนักวิจัยพบว่าเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำสามารถควบคุมระดับน้ำตาลและไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ในเลือดได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลอีกด้วย และเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำจะอยู่ใน

กระเพาะอาหารได้นานเนื่องจากร่างกายไม่สามารถย่อยได้ จึงทำให้ผู้บริโภคอิ่มท้องนานขึ้น ดังนั้นจะเห็นว่าการบริโภคเส้นใยอาหารมากขึ้น จะสามารถช่วยลดอุบัติการณ์ของโรคความดันโลหิตสูง โรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด โรคเบาหวาน และโรคอ้วน นอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดความรุนแรงของโรคโดยควบคุมระดับของกลูโคสและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดอีกด้วย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการเติมเส้นใยอาหารจากแหล่งต่าง ๆ ลงในผลิตภัณฑ์อาหารหลายประเภท โดยเฉพาะเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่าง ซึ่งคนนิยมรับประทานกันมาก โดยเลือกมา 3 ชนิด คือ คุกกี้ โดนัท และข้าวเกรียบกุ้ง แม้ว่าจะมีงานวิจัยออกมามากในเรื่องการเติมใยอาหารลงในผลิตภัณฑ์ และผลที่ได้ก็แตกต่างกัน ดังนั้นจึงเป็นจุดสำคัญในงานวิจัยนี้ที่ต้องการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณใยอาหารที่จะสามารถเติมลงในผลิตภัณฑ์ได้

<u>วัตถุประสงค์</u>

1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดสารประกอบลิกนินออกจากเส้นใยอาหารจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร
2. ศึกษาการเติมเส้นใยอาหารจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรบางชนิดลงในผลิตภัณฑ์ขนมอบ คือ คุกกี้
3. ศึกษาการเติมเส้นใยอาหารจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรบางชนิดลงในผลิตภัณฑ์อาหารทอด คือโดนัทยีสต์ และดูความสามารถในการลดน้ำมันในผลิตภัณฑ์
4. ศึกษาการเติมเส้นใยอาหารจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรบางชนิดลงในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว คือข้าวเกรียบกุ้ง

<u>ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ</u>

1. เพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยนำมาผลิตเป็นใยอาหาร
2. จะได้ผลิตภัณฑ์อาหารว่างคือ คุกกี้ โดนัทยีสต์และข้าวเกรียบกุ้งที่มีคุณค่าอาหารเพิ่มขึ้นคือมีเส้นใยอาหารมากขึ้น
3. สามารถเปรียบเทียบเพื่อดูปัจจัยบางอย่างที่มีผลต่อปริมาณการเติมเส้นใยอาหารลงในผลิตภัณฑ์อาหารว่างแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน

บทที่ 2

เอกสารวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของเส้นใยอาหาร (Southgate, 1981)

เส้นใยอาหาร (Dietary Fiber) หมายถึง ปริมาณของโพลีแซคคาไรด์และลิกนินที่เอนไซม์ในร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้

2.2 องค์ประกอบของเส้นใยอาหาร

ส่วนประกอบของเส้นใยอาหารพบอยู่ที่ผนังเซลล์ของพืชมากที่สุด สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามหน้าที่ในพืช

2.2.1 โพลีแซคคาไรด์ที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง (Structural Polysaccharides) ได้แก่ เซลลูโลส (Cellulose) และโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่เซลลูโลส (Noncellulose Polysaccharides) เช่น เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) เพคติน (Pectin)

2.2.2 สารประกอบที่ไม่ใช่โพลีแซคคาไรด์แต่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง (Structural Non-polysaccharides) ได้แก่ ลิกนิน(Lignin)

2.2.3 โพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ได้ทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง (Nonstructural Polysaccharides) ได้แก่ กัม (Gums) มิวซิเลจส์ (Mucilages) มักพบอยู่ในเอนโดสเปิร์ม (endosperm)

2.3 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยอาหาร

ใยอาหารมีส่วนประกอบดังนี้ คือ

2.3.1 เซลลูโลส เป็นองค์ประกอบสำคัญของผนังเซลล์พืช แต่ละโมเลกุลประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส (Glucose) มากกว่า 3000 หน่วย (units) เชื่อมต่อกันด้วย β-1,4 linkage ทำให้เซลลูโลสแตกต่างจากแป้ง (Starch) เพราะน้ำตาลกลูโคสในโมเลกุลของแป้งเชื่อมต่อกันด้วย α-1,4 linkage เซลลูโลสไม่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลส (Amylase) นอกจากนี้เซลลูโลสไม่ละลายในน้ำและในด่าง จากการศึกษาเส้นใยเซลลูโลสพบว่าบางส่วนของเส้นใยจับตัวกันหนาทึบเป็นเส้นใยหยาบ ประกอบด้วยเซลลูโลสแต่ละเส้นที่มีโมเลกุลเรียงตัวกันเป็นระเบียบไปทางเดียวกันต่อกับเส้นใยข้างเคียงซึ่งมีโมเลกุลเรียนกันในทิศทางตรงกันข้ามด้วยพันธะไฮโดรเจนทำให้พืชมีความแข็งแรง ในขณะเดียวกันพบว่า มีบางตอนที่มีโมเลกุลเรียงตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบ (Amorphous cellulose) จับกันไม่แน่น ในส่วนนี้สามารถดูดซับ (adsorb) โมเลกุลของน้ำได้ มีผลทำให้เกิดการพองตัว (swell) จากการที่เส้นใยเซลลูโลสมีองค์ประกอบทั้งสองส่วนนี้ ทำให้เส้นใยแข็งแรงแต่ยืดหยุ่น (flexible) ไม่แตกหักเมื่อโค้งงอ ตามทฤษฎีดังกล่าว เส้นใยเซลลูโลสจะมีคุณประโยชน์ต่อพืชมาก เพราะทำให้ลำต้นและใบของพืชแข็งแรง ไม่เปราะหรือหักง่าย

2.3.2 เฮมิเซลลูโลส อยู่ปะปนกับเซลลูโลสในผนังเซลล์ของพืช แยกออกจากกันได้ยาก แต่เป็นส่วนที่ละลายในด่างได้ และไม่มีการจับตัวเป็นเส้นใย โมเลกุลของเฮมิเซลลูโลสประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิด คือมีทั้งชนิดที่มีคาร์บอน 5 ตัว (pentose) และ 6 ตัว (hexose) นอกจากนี้ในโมเลกุลอาจมีหมู่เมทธิล (methyl group) มาจับที่โมเลกุลของน้ำตาล และกรดน้ำตาล (uronic acids) ซึ่งส่วนใหญ่คือ กรดกลูคิวโรนิค (Glucuronic acid) เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลอีกด้วย จำนวนหน่วยของน้ำตาลต่าง ๆ ในโมเลกุลของเฮมิเซลลูโลสมีน้อยกว่าเซลลูโลส แต่น้ำตาลเหล่านี้ส่วนใหญ่จับตัวกันเป็น Branch polysaccharide polymers น้ำตาลที่ประกอบเป็นโซ่หลัก (main chain) ได้แก่ น้ำตาลเฮกโซส (Hexose) แมนโนส (Mannose) กาแลคโตส (Galactose) และกลูโคส (Glucose) ส่วนน้ำตาลที่มีจับเป็นโซ่รอง (side chain) ได้แก่ น้ำตาลอะราบิโนส (Arabinose) กาแลคโตส (Galactose) และ กลูคิวโรนิค อัตราส่วนของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ เหล่านี้ไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ตัวอย่างเช่น เฮมิเซลลูโลสจากผักและผลไม้มีองค์ประกอบเป็นไซโลไกลแคน (Xyloglycans) เป็นส่วนใหญ่ ส่วนในธัญพืชมีองค์ประกอบที่เรียกว่า เพนโตแซน (Pentosans) ซึ่งมีน้ำตาลไซโลส (Xylose) และอะราบิโนส เป็นองค์ประกอบหลัก

2.3.3 เพคติน เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ส่วนกลาง (Middle lamella) ทำหน้าที่ยึดเซลล์ 2 เซลล์เข้าด้วยกัน โครงสร้างทั่วไปประกอบด้วยสารประกอบเชิงซ้อนของน้ำตาลและกรดน้ำตาลหลายชนิด ไม่ได้จับตัวเรียงกันเป็นเส้นใยแต่กันอย่างไม่เป็นระเบียบ โดยมีโซ่หลักประกอบด้วยกรดกาแลคยูโรนิค (Galacuronic acid) และมีโซ่รองเป็นน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ได้แก่ แรมโนส (Rhamnose) อะราบิโนส ไซโลส และฟูโคส (Fucose) นอกจากนี้หมู่กรด (acidic group) ของกรดกาแลคยูโรนิคบางตัวยังถูกแทนที่ด้วยหมู่เมทธิลอีกด้วย ซึ่งมีผลต่อสมบัติของเส้นใยอาหาร

2.3.4 ลิกนิน เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ของพืชที่ไม่ได้เป็นคาร์โบไฮเดรต ลิกนินมีองค์ประกอบเป็นโพลิเมอร์ของอะโรมาติกแอลกอฮอล์ (Aromatic alcohol) คือ ฟีนิลโพรเพน (Phenyl propane) ทำให้ผนังเซลล์มีความคงทนและแข็งแรง ไม่ละลายน้ำ ทนทานต่อปฏิกิริยาของกรดและด่าง ตลอดจนความร้อนจากการหุงต้ม ไม่ถูกย่อยด้วยจุลินทรีย์ในลำไส้ ลิกนินจะถูกสร้างมากขึ้นเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น ลิกนินอาจเชื่อมต่อกับเฮมิเซลลูโลสโดยพันธะเอสเทอร์ (ester bond) หรือพันธะไกลโคซิดิค (glycosidic bond) ซึ่งมีผลทำให้ผนังเซลล์ของพืชถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ได้น้อยลง

2.3.5 กัมและมิวซิลจส์ สารเหล่านี้ไม่ได้เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ของพืช มักจะถูกเติมลงในอาหารด้วยจุดประสงค์ต่าง ๆ กันตามสมบัติการนำไปใช้ แต่นักวิทยาศาสตร์หลายคนจัดโพลีแซคคาไรด์เหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของเส้นใยอาหารด้วย เพราะมีสมบัติทางชีวเคมีที่มีผลต่อร่างกายเหมือนกับเพคติน

กัม เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่พืชหลั่งออกมาเมื่อมีบาดแผล เมื่อผสมกับน้ำจะมีลักษณะเหนียว องค์ประกอบหลักของโมเลกุลคือ น้ำตาลกลูโคส กาแลคโตส แมนโนส อะราบิโนส แรมโนส และกรดยูโรนิค ซึ่งมีทั้งที่เป็นกลูคิวโรนิคและกรดกาแลคยูโรนิค ส่วนมิวซิเลจส์เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ได้จากเมล็ดพืช มีใช้ในอุตสาหกรรมในการทำให้เกิดความข้นและอยู่ตัวเช่นเดียวกับกัม โดยอาศัยสมบัติที่อุ้มน้ำและมีความหนืด

2.4 <u>ประโยชน์ของเส้นใยอาหาร</u>

นักวิทยาศาสตร์ให้ข้อสมมติฐานว่าการที่เส้นใยอาหารมีผลต่อการบำบัดและป้องกันโรคต่าง ๆ ได้นั้นขึ้นอยู่กับสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำ เพิ่มความหนืด ไม่ถูกย่อย ดูดซับและแลกประจุได้ ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น กวาดล้างอนุมูลอิสระ เป็นต้น

จากสมบัติของเส้นใยต่าง ๆ ทำให้มีการศึกษาเส้นใยอาหารกับอุบัติการณ์ของโรคต่าง ๆ และวิธีการรักษาหรือป้องกัน ตัวอย่างเช่น

2.4.1 เส้นใยอาหารกับโรคถุงโป่งพองในลำไส้

เนื่องจากเส้นใยอาหารสามารถกระตุ้นให้เกิดการยืดพองของลำไส้ อันเนื่องจากจุลินทรีย์ในลำไส้ทำปฏิกิริยาเคมีต่อเส้นใย เช่น เฮมิเซลลูโลส ทำให้เกิดก๊าซเป็นผลให้เกิดความดันภายในช่องลำไส้ และเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble Dietary Fiber) เช่น เซลลูโลส ลิกนิน และเฮมิเซลลูโลสบางชนิด จะเพิ่มมวลของอุจจาระ เนื่องจากเส้นใยเหล่านี้ไม่ถูกย่อยในระบบทางเดินอาหาร การอุ้มน้ำของเส้นใยยังมีส่วนในการเพิ่มปริมาณกากอาหาร ทำให้น้ำหนักของอุจจาระเพิ่มขึ้น ลดเวลาที่กากอาหารเดินทางจากปากถึงทวารหนักให้สั้นลง ทำให้มีการขับอุจจาระออกมาได้ง่ายขึ้น ลดอาการท้องผูกบ่อยจนกระทั่งเป็นถุงโป่งพองในลำไส้

2.4.2 เส้นใยอาหารกับมะเร็งในลำไส้ใหญ่

มะเร็งในลำไส้ใหญ่เกิดเนื่องจากแบคทีเรียบางชนิดในลำไส้ โดยเฉพาะเชื้อ *Closidia parapuprifucum* ซึ่งแบคทีเรียชนิดนี้จะสร้างสารบางอย่างมาทำปฏิกิริยากับน้ำดีในลำไส้ เกิดเป็นสาร Deoxycholic acid ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งชนิดหนึ่ง แต่เมื่อรับประทานเส้นใยอาหาร พบว่าเส้นใยอาหารมีส่วนช่วยลดการเกิดโรคได้โดย

- ช่วยให้มีการถ่ายอุจจาระจำนวนมาก โดยเฉพาะใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และเนื่องจากมะเร็งในลำไส้ใหญ่มักเกิดที่ส่วน Sigmoid และ rectum ดังนั้นการถ่ายอุจจาระออกมามากมีผลทำให้จุลินทรีย์ขาดอาหาร และขับจุลินทรีย์ออกมาด้วย จึงช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ให้น้อยลง การเกิดสารก่อมะเร็งในลำไส้ใหญ่ก็จะลดลงด้วย

- เมื่อรับประทานเส้นใยอาหารประเภทเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ (Soluble Dietary Fiber) เส้นใยอาหารเหล่านี้จะถูกย่อยสลายโดย Anaerobic Flora ได้บางส่วนในลำไส้

ใหญ่ได้สาร Short chain Fatty acid และก๊าซ ซึ่งสารเหล่านี้มีผลลดอัตราการเติบโตของเซลล์มะเร็งได้

- นอกจากนี้อาจเกิดจากเส้นใยทำหน้าที่เป็นสารกวาดล้างอนุมูลอิสระซึ่งคล้ายฤทธิ์ของยา Disulfiram หรือไปยับยั้ง 7-Dehydroxylase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ช่วยสร้าง Polycyclic aromatic compound

2.4.3 เส้นใยอาหารกับโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด

สาเหตุของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน (Coronary heart disease) เกิดเนื่องจากหลายตัวแปร และตัวแปรที่สำคัญคือ คอเลสเตอรอล จากการศึกษาของ Schneman (1986) พบว่าการรับประทานใยอาหารมีผลลดอาการของโรคดังนี้ คือ Apoproteins เป็นโปรตีนที่จะฟอร์มเป็น Lipoproteins ซึ่งตัวที่จะบ่งชี้ว่าผู้ป่วยมีอัตราการเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตันคือวัดปริมาณ Lipoproteins โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีนใน Low Density lipoprotein (LDL) คือ Apoprotein B และโปรตีนใน High Density Lipoprotein (HDL) คือ Apoprotein A ซึ่งการรับประทานใยอาหารมีผลลดปริมาณ Apoprotein B และเพิ่ม Apoprotein A ดังนั้นการรับประทานเส้นใยอาหารจะช่วยเพิ่มปริมาณ HDL และลดปริมาณ LDL ซึ่งสาร HDL จะช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดหลอดเลือดอุดตัน

จากประโยชน์ของใยอาหารดังกล่าว จึงมีการศึกษาการเพิ่มใยอาหารลงในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เพื่อเพิ่มคุณค่าของอาหาร ซึ่งใยอาหารแต่ละชนิดมีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันออกไป จึงเป็นเรื่องที่น่าศึกษาค้นคว้าถึงใยอาหารแต่ละชนิดในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่าง ๆ เช่น ประเภททอด ประเภทขนมอบ ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว เป็นต้น นอกจากนี้ Gould (1987) ได้ทำการศึกษาการแช่เส้นใยอาหารในสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 1% ซึ่งปรับ pH อยู่ในช่วง 11.5-11.8 เป็นเวลา 2-18 ชั่วโมง ซึ่งเวลาที่ใช้แตกต่างกันตามชนิดวัตถุดิบ ปฏิกิริยาที่เกิดเป็นปฏิกิริยาการกำจัดลิกนิน เนื่องจากลิกนินที่ติดอยู่กับเซลลูโลสในผนังเซลล์พืชถูกละลายออกไปประมาณ 50-60% เฮมิเซลลูโลสถูกละลายไปเพียงบางส่วน (น้อยกว่า 25%) ในขณะที่เซลลูโลสจะไม่ถูกละลายแต่พันธะไฮโดรเจนบางส่วนที่อยู่ระหว่างโมเลกุลของกลูโคสในโครงสร้างของเซลลูโลสถูกตัดทอนทำให้โครงสร้างผลึก (crystalline structure) ของเซลลูโลสหลวมขึ้น จะทำให้สมบัติทางเคมีและกายภาพเปลี่ยนไป กล่าวคือเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำส่วนที่เป็นเซลลูโลสจะเพิ่มขึ้นและมีโครงสร้างหลวมขึ้น มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงขึ้น ส่วนลิกนินจะลดลงและเมื่อดูดน้ำแล้ว เส้นใยจะมีลักษณะนุ่มและยุ่ย ดังนั้นการแช่ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อาจทำให้สามารถเติมเส้นใยอาหารลงได้มากขึ้น ซึ่งมีรายงานการเติมใยอาหารต่าง ๆ ลงในผลิตภัณฑ์อาหาร ดังนี้

2.5 <u>การใช้เส้นใยอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร</u>

2.5.1 ผลิตภัณฑ์ขนมอบ

ผลิตภัณฑ์ขนมอบมีหลายชนิด เช่น คุกกี้ ขนมปัง เค้ก ซึ่งผลิตภัณฑ์แต่ละอย่างก็ต้องการลักษณะปรากฏ และรสชาติที่แตกต่างกัน Pomeranz Y. และคณะ (1977) ได้ทำการเติมรำข้าวสาลี (Wheat bran) เปลือกข้าวโอ๊ต (Oat hulls) และเซลลูโลสลงในขนมปังขาว (White Bread) โดยได้ทดแทนแป้งที่ระดับความเข้มข้น 3 5 7 10 และ 15% โดยน้ำหนักแป้งสาลี พบว่าปริมาณเซลลูโลสที่เพิ่มมากขึ้นมีผลเพิ่มระยะเวลาในการนวดขนมปัง ซึ่งมีผลมากกว่าการเติมเปลือกข้าวโอ๊ต แต่ไม่มีผลต่อระยะเวลาในการนวดขนมปังเมื่อเติมรำข้าวสาลี นอกจากนี้ใยอาหารทั้ง 3 ชนิด ยังมีผลลดขนาดของปอนด์ของขนมปัง (Loaf Bread) ที่ทุก ๆ ปริมาณของใยอาหารและที่ 15% ของปริมาณใยอาหารทั้ง 3 ชนิด พบว่าเนื้อสัมผัสของขนมปังไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การเติมเปลือกข้าวโอ๊ตลงในขนมปังขาวมีผลทำให้สีของขนมปังเปลี่ยนไป ความนุ่มลดลงและความอุ้มน้ำของขนมปังมากขึ้น ดังนั้นเปลือกข้าวโอ๊ตจึงไม่เหมาะในการเติมลงในขนมปังขาว สำหรับรำข้าวสาลี มีผลทำให้สีและรสชาติของขนมปังเปลี่ยนไป และเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของขนมปังเช่นเดียวกับการเติมเซลลูโลส ซึ่งมีข้อกำหนดว่าขนมปังขาวไม่ควรมีน้ำเกินกว่า 38% ดังนั้นปริมาณที่เหมาะสมในการเติมเซลลูโลสหรือรำข้าวสาลีลงในขนมปังขาว คือ 5% - 7% โดยน้ำหนักแป้ง

Vratanina และ Zabik (1978) ผลิต Sugar-snap Cookies ชนิดเส้นใยอาหารสูง โดยใช้รำข้าวสาลีแดงและขาว ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 10 20 และ 30 โดยน้ำหนักแป้ง พบว่ามีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกัน แต่ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง จะมีความสากเล็กน้อยและมีกลิ่นรำข้าว

Baranowski (1988) พบว่ากากแอบเปิ้ลมีสมบัติ Strong Water Binding ทำให้โดของคุกกี้มีลักษณะแป้งและแผ่ขยายได้ไม่ดี คุกกี้จึงมีขนาดเล็กและหนา เมื่อเติมกากแอบเปิ้ลปริมาณร้อยละ 4 8 และ 12 ลงในส่วนผสมของคุกกี้ พบว่าปริมาณกากแอปเปิ้ลที่เพิ่มขึ้นทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางของคุกกี้ลดลง และความหนาของคุกกี้เพิ่มขึ้น

Jasberg K.B. และคณะ (1989) ศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำของเซลลูโลสและผนังเซลล์ของพืช (cell wall) พบว่าจะดูดซึมน้ำได้ดีเฉพาะผิวหน้าของอนุภาคของเส้นใยอาหาร แต่ส่วนในของอนุภาคไม่สามารถดูดซับน้ำได้ จึงมีผลต่อโดของขนมอบ เมื่อเติมลงไปในผลิตภัณฑ์ทำให้โดอ่อนตัว และยังไปทำให้สายกลูเตนสั้นลง แต่เมื่อนำเส้นใยต่าง ๆ ไปแช่ในไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในสภาวะที่เป็นด่าง จะทำให้ลิกนินละลายออกมา เส้นใยอาหารเหล่านี้จะมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้มากขึ้น ปริมาณการทดแทนแป้ง 10% โดยน้ำหนัก ไม่มีผลต่อขนาดปอนด์ของขนมปัง

เพลินใจ ตังคณะกุล และคณะ (2533) ได้ศึกษาผลิตภัณฑ์คุกกี้ผสมเส้นใยอาหารชนิดต่าง ๆ ได้แก่ กากมะพร้าว กากและเปลือกถั่วเหลือง เห็ดหูหนู ในปริมาณร้อยละ 20 30 40 50 และ

60 โดยน้ำหนักแป้ง และจมูกข้าวของข้าวสาลี (Wheat Germ) เมล็ดทานตะวัน ในปริมาณร้อยละ 30 40 50 60 และ 70 โดยน้ำหนักแป้ง พบว่าปริมาณกากมะพร้าว กากและเปลือกถั่วเหลือง เห็ดหูหนู จมูกข้าวสาลี และเมล็ดทานตะวัน ที่เหมาะสมที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้มีปริมาณร้อยละ 50 60 30 70 และ 70 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ ปริมาณเส้นใยอาหารในคุกกี้ผสมเส้นใยอาหารชนิดต่าง ๆ พบว่า คุกกี้ผสมกากและเปลือกถั่วเหลืองร้อยละ 60 โดยน้ำหนักแป้ง มีปริมาณเส้นใยอาหารมากที่สุด คือร้อยละ 20.82 รองลงมาคือ คุกกี้ผสมกากมะพร้าวร้อยละ 50 โดยน้ำหนักแป้ง ซึ่งมีปริมาณเส้นใยอาหารร้อยละ 15.74

กรุณา ชัยเสถียร (2536) ใช้รำข้าวเจ้าเป็นแหล่งเส้นใยอาหาร โดยผ่านกระบวนการแช่ด่างและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และเติมลงในผลิตภัณฑ์คุกกี้เปรียบเทียบกับรำข้าวเจ้าสกัดน้ำมัน ในอัตราส่วนของรำข้าวร้อยละ 10 20 30 และ 40 โดยน้ำหนักแป้ง ผลิตเป็นคุกกี้ชอคโกแลตชิพชนิดเส้นใยอาหารสูง พบว่าปริมาณรำข้าวที่เพิ่มขึ้นทำให้คุกกี้ที่ผลิตได้มีปริมาณเส้นใยอาหารรวมและค่าความแข็งเพิ่มขึ้น แต่ค่า Spread Factor ค่าพลังงาน และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสลดลง และไม่มีความแตกต่างจากคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีเอนกประสงค์ล้วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

<u>ผลิตภัณฑ์คุกกี้</u>

คุกกี้ หมายถึง ขนมปังกรอบที่มีรสหวาน โดยทั่วไปทำจากแป้งสาลีที่มีโปรตีนประมาณร้อยละ 8-9 ลักษณะของแป้งค่อนข้างอ่อน เช่น drop cookies, wire cut cookies, rotary cookies (มอก 742-2530.2530:1-2)

คุกกี้ สามารถแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ 2 ประเภท ตามวัตถุดิบที่ใช้ แต่ถ้าแบ่งตามวิธีทำจะแบ่งได้ 4 ประเภท

ก. แบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ มี 2 ประเภท คือ

- คุกกี้เนย มีสูตรโครงร่างเหมือนกับเค้ก แต่มีของเหลวน้อยกว่าเมื่อเทียบกับเค้ก เหตุที่ต้องลดของเหลวลงเพราะ คุกกี้จะต้องมีความแข็งพอที่จะหยอดให้เป็นรูปร่างตามต้องการได้
- คุกกี้ไข่ ต่างจากคุกกี้เนยทั้งวิธีการผสม และใช้ปริมาณไข่ที่มากกว่า เพื่อช่วยให้เก็บอากาศ และเป็นโครงร่างของคุกกี้

ข. แบ่งตามวิธีทำ แบ่งเป็น 4 ประเภท คือ

- คุกกี้หยอด คุกกี้ชนิดนี้จะมีรูปร่างไม่คงที่และไม่สม่ำเสมอ มีวิธีการทำง่าย ๆ โดยหยอดแป้งผสมลงบนถาดให้เป็นรูปต่าง ๆ ตามต้องการ
- คุกกี้ม้วน ทำจากโดที่นำมารีดเป็นแผ่นแล้วตัดด้วยที่ตัดคุกกี้ เพื่อทำเป็นรูปต่าง ๆ หรือม้วนให้เป็นแท่งแล้วตัดตามขวาง

- คุกกี้กด เป็นคุกกี้ที่เข้มข้นที่สุด มีปริมาณเนยในส่วนผสมสูง แล้วกดผ่านกระบอกกดคุกกี้หรือผ่านหัวบีบให้เป็นรูปต่าง ๆ ตามต้องการ ถ้าจะกดด้วยกระบอกกดคุกกี้ควรเพิ่มปริมาณของของเหลวเล็กน้อย เพื่อให้ส่วนผสมอ่อนตัวและกดง่าย แต่ยังคงรูปร่างได้ในระหว่างการอบ
- คุกกี้แท่ง ทำจากโดที่ค่อนข้างแข็ง นำมารีดออกเป็นเส้นยาว ๆ บนถาด ทาด้วยไข่หรือไม่ก็ได้ แล้วจึงอบ

2.5.2 ผลิตภัณฑ์อาหารทอด

อรวรรณ งามนา และสุธาทิพย์ แดนทอง (2536) ได้ทดลองเติมรำข้าวที่สกัดไขมันออกแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 เมช (mesh) ในส่วนผสมของแป้งชุบทอด ศึกษาผลการทดแทนบางส่วนของแป้งสาลีด้วยรำข้าวในปริมาณ 10-25% โดยน้ำหนักของแป้งสาลี ประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ความกรอบ ความชอบโดยรวมและการอมน้ำมัน จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีรำสกัด 10 และ 15% โดยน้ำหนักของแป้งสาลีมีคะแนนสี ความกรอบ ความชอบโดยรวมและการอมน้ำมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จึงเลือกสูตรที่มีรำสกัด 15% เป็นสูตรสำหรับผลิตแป้งชุบทอดผสมรำสกัด มาทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันของผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์กุ้งชุบแป้งทอดผสมรำสกัดมีปริมาณน้ำมันมากกว่าผลิตภัณฑ์กุ้งชุบแป้งทอดในสูตรที่ไม่ผสมรำสกัดเล็กน้อย และการวัดสี พบว่าผลิตภัณฑ์กุ้งชุบแป้งทอดผสมรำสกัดมีสีฟ้าและสีเหลืองน้อยกว่า ส่วนสีแดงมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ชุบแป้งทอดในสูตรที่ไม่ผสมรำสกัด

Meyers และ Conklin (1990) ทดลองเติมไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (Hydroxypropyl-methyl cellulose) ซึ่งมีปริมาณเมทธอกซิล (Methoxy) 27-30% และไฮโดรไซโพรพิล (Hydroxylpropyl) 4-12% ในส่วนผสมของแป้งชุบทอดเพื่อใช้สำหรับชุบไก่ ปลา และผัก พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากทอดนั้นอมน้ำมันน้อยลง และไฮดรอกซีลโพรพิลเมทิลเซลลูโลสช่วยเพิ่มความหนืดให้กับแป้งชุบทอดด้วย

Ang (1991) เติมเซลลูโลสผงในส่วนประกอบของอาหารเพื่อลดการอมน้ำมันในอาหารทอด และช่วยเพิ่มปริมาณใยอาหารในผลิตภัณฑ์ โดยทดลองใช้เซลลูโลสที่มีขนาดเส้นใยอาหารต่างกันคือ Solka floe UF-900 Fcc มีความยาวของเส้นใยประมาณ 280 ไมครอน ทดแทนแป้งในสูตรมาตรฐานการทำแป้งชุบทอดในปริมาณ 1% พบว่าอาหารชุบแป้งทอดที่เติมเซลลูโลสมีการอมน้ำมันน้อยลงหลังการทอด สาเหตุที่ทำให้อาหารชุบแป้งทอดที่มีส่วนประกอบของเซลลูโลสผงอมน้ำมันน้อยลงหลังจากทอดนั้น เนื่องจากเซลลูโลสผงมีสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) จึงทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนที่แข็งแรงระหว่างน้ำกับเซลลูโลสในอาหาร จึงมีผลให้ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ในอาหารชุบแป้งทอดน้อยลง และได้ทดลองใช้เซลลูโลสผง UF-900 Fcc เติมในโดนัท 2 ชนิด คือ

Rich cake doughnut ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลและไข่สูง กับ Lean cake doughnut ซึ่งมีปริมาณไข่และน้ำตาลต่ำ โดยใช้เซลลูโลสผงในลักษณะทดแทนปริมาณแป้ง และแปรปริมาณเป็น 1 2 และ 3% โดยน้ำหนักแป้ง จากการทดลองพบว่าปริมาณเซลลูโลส 1% โดยน้ำหนักแป้งสามารถลดปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซึมในอาหารได้ 10% แต่ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 7 % เมื่อใช้เซลลูโลสผงในปริมาณ 3% โดยน้ำหนักแป้ง ลดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์ได้ 20% แต่ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 16% และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าโดนัทที่เติมเซลลูโลสผงในปริมาณ 1 และ 2% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับโดนัทที่ไม่มีการเติมเซลลูโลสผง ส่วนโดนัทที่มีการเติมเซลลูโลสผง 3%โดยน้ำหนักแป้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับโดนัทที่ไม่มีการเติมเซลลูโลสผง และพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้เซลลูโลสผงจะมีปริมาตรใหญ่ขึ้นและสีอ่อนลง

ฉันทนา นันทิวัฒนวงศ์ (1994) ได้เลือกใช้เซลลูโลสผงจากกากอ้อยเติมลงในโดนัทยีสต์เปรียบเทียบกับเซลลูโลสผง Solka - floc® UF-900FCC และเมทิลเซลลูโลส (Methocel®) พบว่าเซลลูโลสผงทั้ง 3 ชนิดไม่สามารถลดการอมน้ำมันของโดนัทยีสต์ได้ เนื่องจากขั้นตอนการผลิตโดนัทยีสต์จะต้องใช้ปริมาณน้ำในการละลายส่วนผสมต่าง ๆ และแป้งจะดูดซับน้ำไว้ โปรตีนไกลอะดีนและกลูเตนินในแป้งจะรวมตัวกันเกิดเป็นกลูเตน ส่วนเซลลูโลสมีสมบัติในการดูดซับน้ำไว้ เพื่อลดการอมน้ำมัน ดังนั้นเมื่อใช้เซลลูโลสในผลิตภัณฑ์โดนัทยีสต์ ทำให้เกิดการแข่งขันแย่งน้ำภายในโด จึงทำให้เซลลูโลสทั้ง 3 ชนิดไม่สามารถลดการอมน้ำมันของโดนัทยีสต์ได้ และเมื่อทำการเติมเซลลูโลสในปริมาณสูงกว่าร้อยละ 3 ปริมาตรจำเพาะของโดนัทยีสต์จะลดลง เพราะโมเลกุลของเซลลูโลสจะดูดซับน้ำ ทำให้เม็ดแป้งดูดซับน้ำได้น้อยลง การพองตัวของเม็ดแป้งจึงน้อยลงด้วย และจากการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสพบว่าชนิดและปริมาณของเซลลูโลสที่ใช้มีผลต่อสีผิวนอก ลักษณะเนื้อภายใน ความชุ่มชื้น และความนุ่มเนื้อ แต่ไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏและสีเนื้อโดนัท อย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p<0.05$)

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเติมใยอาหารในผลิตภัณฑ์โดนัทยีสต์ ซึ่งโดนัทเป็นผลิตภัณฑ์ขนมทอดชนิดหนึ่ง

<u>โดนัท</u>

แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

■ โดนัทเค้ก (Doughnut cake) (Lawson 1985)

โดนัตชนิดนี้ใช้ผงฟูเป็นตัวทำให้ขึ้นฟู โดยแป้งที่ผสมเสร็จแล้วจะมีลักษณะคล้ายกับ batter ของเค้ก ซึ่งสามารถหยอดโดยใช้เครื่องหยอดเป็นรูปวงแหวน และลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์ที่ได้เหมือนกับเนื้อเค้กเช่นกัน

■ โดนัทยีสต์ (Doughnut yeast) (อรอนงค์ นัยวิกุล 2532)

โดนัทยีสต์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยีสต์ในการทำให้ขึ้นฟู โดยลักษณะของแป้งเมื่อผสมเสร็จแล้วจะคล้ายกับขนมปัง

ก. ส่วนผสมของโดนัทยีสต์

ก.1 แป้งสาลี เป็นตัวทำให้เกิดโครงสร้างของโดนัท แป้งที่ใช้ผลิตควรมีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 10-11 เถ้าร้อยละ 0.42-0.44 ซึ่งได้จากการนำแป้งชนิดโปรตีนสูง (hard wheat flour) และแป้งชนิดโปรตีนต่ำ (soft wheat flour) ผสมกัน ถ้าใช้แป้งชนิดโปรตีนต่ำมากเกินไป โดนัทที่ได้มีปริมาตรเล็ก แต่ถ้าใช้แป้งชนิดโปรตีนสูงมากเกินไป โดนัทที่ได้จะแห้งและแข็ง

ก. 2 น้ำ เป็นส่วนผสมหลักสำคัญที่ทำให้แป้งกลายเป็น โดและมีผลต่อลักษณะของโดโดยตรง น้ำทำหน้าที่ละลายเกลือ ยีสต์ หรือส่วนผสมอื่น ให้สามารถผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันกับโดอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนั้นยังช่วยควบคุมอุณหภูมิของโดให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของยีสต์และการทำงานของเอนไซม์ อีกทั้งมีส่วนทำให้แป้งเกิดเป็นเจลเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ก. 3 ยีสต์ เป็นส่วนผสมสำคัญในการช่วยทำให้เกิดก๊าซภายในโดและให้กลิ่นรส ยีสต์ที่ผสมอยู่ในโดเจริญเติบโตได้โดยรับน้ำและอากาศจากการผสมโดยใช้น้ำตาลกับสารอาหารต่าง ๆ ในโดเป็นอาหาร ทำให้ยีสต์เพิ่มจำนวนมากขึ้น เอนไซม์ในยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แอลกอฮอล์ และพลังงาน

ก.4 ไขมัน ปริมาณที่ใช้ควรอยู่ในช่วงร้อยละ 10-20 ไขมันเป็นตัวช่วยให้เนื้อขนมนุ่มและเก็บได้นาน

ก.5 เกลือ ใช้ประมาณร้อยละ 1-1.5 เพื่อให้ได้รสชาติ และทำให้กลูเตนแข็งแรงขึ้นไม่แฉะ และช่วยควบคุมการทำงานของยีสต์ให้ช้าลง มีการหมักนานขึ้น ทำให้โดนัทขึ้นฟูสม่ำเสมอและมีโครงสร้างดี

ก. 6 น้ำตาล ใช้ประมาณร้อยละ 8-16 ปริมาณการใช้ขึ้นกับความนุ่มและสีของเปลือกที่ต้องการ

ก.7 นมผง ใช้นมผงชนิดขาดมันเนยร้อยละ 3-6 เพื่อทำให้เกิดสีของเปลือกนอก และให้รสชาติตามต้องการ

ก.8 ไข่ ปริมาณที่ใช้ร้อยละ 10-15 ช่วยให้โครงสร้างของเนื้อโดนัทดีขึ้น แต่ถ้าใช้มากเกินไปทำให้เนื้อโดนัทแห้ง

ข. ขั้นตอนการทำโดนัทยีสต์

ข.1 การผสม เวลาในการผสมอยู่ในช่วง ½-8 นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง ถ้าใช้แป้งสาลีชนิดโปรตีนสูงในส่วนผสมมาก ต้องใช้เวลาในการผสมนาน หากใช้เวลาในการผสมน้อยไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีปริมาตรต่ำและเนื้อสัมผัสหยาบ แต่ถ้าใช้เวลาในการผสมมากเกินไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีรูขนาดใหญ่ ผิวไม่เรียบ

ข.2 การหมัก ใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับสูตรส่วนผสม อุณหภูมิของโด และปัจจัยอื่น ๆ โดยที่อุณหภูมิ 25.5-29.5 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการหมักประมาณ 20-30 นาที ถ้าอุณหภูมิในการหมักสูงเกินไป ขนาดของโดไม่สม่ำเสมอและสีของเปลือกนอกจะอ่อน ต้องใช้เวลาในการทอดนาน แต่ถ้าอุณหภูมิในการหมักต่ำไป ทำให้โดขยายตัวไม่ดีเท่าที่ควร

ข. 3 การปั้นเป็นรูปร่าง ตัดโดเป็นก้อนให้มีน้ำหนักตามต้องการ คลึงให้เป็นรูปกลม และกดตรงกลางให้เป็นรูก่อนที่แป้งจะขึ้นเต็มที่เล็กน้อย

ข.4 การหมักขั้นสุดท้าย อุณหภูมิที่ใช้ในการหมักประมาณ 37 องศาเซลเซียส เวลา 20-25 นาที ถ้าใช้เวลาในการหมักนานเกินไป ทำให้โดนัทมีเนื้อหยาบ ปริมาตรไม่ขึ้นและอมน้ำมันมาก แต่ถ้าใช้เวลาในการหมักน้อยเกินไป ทำให้โดนัทมีเนื้อแน่นและอายุการเก็บสั้น

ข.5 การทอด อุณหภูมิที่ใช้ทอดโดนัททั่วไปประมาณ 185-193 องศาเซลเซียส

2.5.3 ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว อาทิเช่น ข้าวเกรียบ ขนมอบกรอบต่างๆ สำหรับในการทดลองนี้เลือกใช้ข้าวเกรียบกุ้งมาเป็นผลิตภัณฑ์ในการศึกษาอาหารประเภทขบเคี้ยว เนื่องจากเป็นที่นิยมมากอีกชนิดหนึ่ง

ศิริอร วัฒนพงศ์ศักดิ์ (1996) ได้ทำการทดลองนำใยอาหารจากเปลือกถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการแช่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1% เติมลงในข้าวเกรียบกุ้งโดยทดแทนแป้งมันสำปะหลัง พบว่าปริมาณที่เหมาะสมคือ 5% โดยน้ำหนักแป้ง จะไม่มีความแตกต่างจากข้าวเกรียบกุ้งที่ไม่ผสมเปลือกถั่วเหลือง ทางด้านกลิ่น รสชาติ สี ความสากลิ้น ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการอมน้ำมัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อปริมาณการเติมเปลือกถั่วเหลืองมากขึ้น คุณภาพของข้าวเกรียบกุ้งจะเปลี่ยนแปลงคือ อัตราการพองตัวลดลง ค่าความแข็งตัวเพิ่มขึ้น และการอมน้ำมันลดลง

<u>ข้าวเกรียบ</u>

ข้าวเกรียบเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากแป้งผสมกับวัตถุดิบที่ให้กลิ่น สี และอื่น ๆ ทำให้เรียกชื่อต่าง ๆ กัน ไปตามชนิดของวัตถุดิบที่ให้กลิ่นหรือนั้น ๆ เช่น ข้าวเกรียบกุ้ง ข้าวเกรียบงา ข้าวเกรียบเผือก เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้เครื่องปรุง สี กลิ่น รส และอื่น ๆ เพื่อให้น่ารับประทานยิ่งขึ้น เช่น กระเทียม พริกไทย ผงชูรส เป็นต้น (กรมวิทยาศาสตร์.2510: 121-124)

ก. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตข้าวเกรียบกุ้ง

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตข้าวเกรียบกุ้งประกอบด้วย แป้ง เกลือ พริกไทย น้ำ น้ำมัน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ คือ

แป้ง

แป้งเป็นวัตถุดิบหลักที่ช่วยให้ข้าวเกรียบเกิดการพองตัว ซึ่งมักใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นแป้งหลัก แป้งชนิดผลิตจากหัวมันสำปะหลัง เม็ดแป้งมีขนาด 15-25 ไมครอน มีอะไมโลสประมาณ 17% เม็ดแป้งดูดน้ำได้เร็วและแตกตัวง่าย ให้แป้งเปียกที่ใส หนืด

น้ำ

น้ำมีผลต่อการแตกตัวของแป้งมาก คือ ถ้าปริมาณน้ำมากแป้งก็จะแตกตัวมาก ทำให้เกิดเจลเหนียว ถ้ามีปริมาณน้ำน้อย เม็ดแป้งก็แตกตัวได้น้อยลง เกิดเจลน้อย ได้ก้อนแป้งคงรูปอยู่ได้

เครื่องปรุงกลิ่นรส

พริกไทยมีผลทางด้านกลิ่นรสของข้าวเกรียบมาก ส่วนเกลือช่วยเพิ่มรสชาติของข้าวเกรียบ เมื่อใส่ลงในแป้งทำให้ความหนืดของแป้งเปียกและเจลลดลง (Whister and Paschall 1969: 733) นอกจากนี้เกลือยังมีผลต่อโปรตีนด้วย ทำให้ไมโอซิน (Myosin) ละลายออกมา จะทำให้ส่วนผสมเหนียวมากขึ้นเมื่อได้รับความร้อน และการใส่เกลือยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูง

น้ำมัน

น้ำมันเป็นตัวนำความร้อนทำให้ข้าวเกรียบพองตัว ช่วยหล่อลื่นไม่ให้ข้าวเกรียบติดภาชนะที่ทอด ทั้งยังช่วยด้านสี และเพิ่มรสชาติของข้าวเกรียบ น้ำมันที่เหมาะในการทอดข้าวเกรียบจึงต้องบริสุทธิ์ ไม่สลายตัวง่าย

ข. กรรมวิธีการผลิตข้าวเกรียบ

ทำการเติมส่วนผสมต่าง ๆ และทำการปั่นผสม จากนั้นเติมแป้งสลับกับน้ำร้อนและนวด แป้งจะละลายในน้ำร้อนและเกิดการพองตัวได้ดีกว่าในน้ำเย็น เมื่ออุณหภูมิของน้ำแป้งเพิ่มขึ้น แรงที่เกาะกันระหว่างโมเลกุลของแป้งจะอ่อนลง ทำให้ดูดน้ำได้มากขึ้น หลังจากการผสมและนวดจนได้ที่จะแบ่งแป้งเป็นก้อน ๆ แต่ละก้อนมีน้ำหนักใกล้เคียงกัน และปั้นเป็นแท่งกลมยาว มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว นำไปนึ่งไฟปานกลาง หลังจากที่นึ่งจนก้อนแป้งสุกแล้วจะต้องทิ้งไว้ให้เย็นโดยใส่ตู้เย็น หรือทำให้เย็นโดยใช้น้ำเย็น หรือทิ้งไว้ค้างคืน การหั่นข้าวเกรียบจะต้องระวัง คือ ความหนา ถ้าแผ่นหนาเกินไป การพองตัวจะน้อย เนื้อแข็ง แต่ถ้ามีความหนาน้อย การพองตัวจะมาก อีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญคือ ปริมาณน้ำซึ่งจะมีผลต่อการพองตัวของข้าวเกรียบมาก ข้าวเกรียบที่มีน้ำมากเกินไป เมื่อนำไปทอดเกิดรูพรุนอยู่ทั่วไป จะไม่น่ารับประทาน เมื่อลดความชื้นลง รูพรุนจะค่อย ๆ หายไป ดังนั้นในการผลิตข้าวเกรียบจึงต้องควบคุมความชื้นสุดท้ายของข้าวเกรียบให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมและสม่ำเสมอ ซึ่งการทำแห้งเราสามารถทำได้ 2 วิธี คือการใช้แสงแดด และการใช้ตู้อบ หลังจากนั้นจึงนำไปทอด การทอดจะลดความชื้นให้ต่ำลง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะกรอบ

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ทำการคัดเลือกวัตถุดิบและเตรียมวัตถุดิบ

1. วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของวัตถุดิบ

2. หลังจากนั้นนำวัตถุดิบมาล้างน้ำและอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องตู้อบลมร้อน (tray dryer) เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วบดด้วยเครื่องบดอาหารแห้ง (Mourinex) และนำไปร่อนแยกขนาดด้วยเครื่อง Sieving Machine (Retch) เลือกขนาดใยอาหารที่ต้องการคืออยู่ในช่วง 75-186 ไมครอน (50-200 เมช)

3.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดลิกนิน

นำใยอาหารทั้ง 3 ชนิดที่ได้ไปแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง โดยแปรความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็น 5 ระดับ คือ 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0% และแปรสภาวะความเป็นกรด-ด่างในการแช่ใยอาหารเป็น 2 ระดับ คือ 7 และ 11.5 ปรับ pH ด้วย 4 N. NaOH วางแผนการทดลองแบบ Factorial Completely Randomized Design ขนาด 5*2 ทดลอง 2 ซ้ำ จากนั้นนำวัตถุดิบที่ได้มาทำให้เป็นกลางด้วย HCl และล้างน้ำ 2 ครั้งจึงนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°c ด้วยเครื่อง ตู้อบลมร้อน (Tray Dryer) และนำไปทำการทดสอบการพองตัว (Swollen Volume) ตามวิธีของ (Gould, 1986) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

3.3 ศึกษาสมบัติทางเคมีของใยอาหาร

ทำการเลือกความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ทำให้ใยอาหารมีการพองตัวสูงสุด มาทำการแช่ใยอาหารจากวัตถุดิบที่เลือกมา จากนั้นนำใยอาหารมาทดสอบสมบัติทางเคมีดังนี้ คือ

- วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน
- วิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหาร
- วิเคราะห์ปริมาณเถ้า

3.4 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของใยอาหารที่ผลิตได้

- water holding capacity
- oil retention time

- ตรวจดูโครงสร้างด้วยกล้อง scanning electron microscope ขนาดกำลังขยาย 2000 เท่า

3.5 ศึกษาการนำใยอาหารที่ผลิตได้มาเติมในผลิตภัณฑ์อาหาร

3 ประเภทคือ

ผลิตภัณฑ์ขนมอบ - คุกกี้เนย

ผลิตภัณฑ์ขนมทอด - โดนัทยีสต์

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว - ข้าวเกรียบกุ้ง

โดยแปรปริมาณใยอาหารที่เติมลงไปเป็น 4 ระดับ ซึ่งใช้ทดแทนแป้ง โดยปริมาณที่เติมจะแตกต่างกันตามผลิตภัณฑ์ดังนี้

- คุกกี้เนย จะเติมใยอาหารทดแทนแป้งเป็น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งสาลี

- โดนัทยีสต์ เติมใยอาหารทดแทนแป้งเป็น 0 1 2 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งอเนกประสงค์

- ข้าวเกรียบกุ้ง เติมใยอาหารทดแทนแป้งเป็น 0 2 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งมันสำปะหลัง

ประเมินผลการยอมรับของผู้บริโภคโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รส ชาติและเนื้อสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Randomized Complete Block Design และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างโดยใช้ Duncan's New Multiple Range test

3.5.1 สูตรผลิตภัณฑ์อาหารและวิธีการเตรียม

ก. สูตรคุกกี้เนยสด

ส่วนผสม	เปอร์เซ็นต์ (% flour basis)
แป้งสาลีเอนกประสงค์	100.0
น้ำตาลทรายแดง	20.0
น้ำตาลทรายขาว	30.0
นมข้นจืด	20.0
เนยสดชนิดเค็ม	50.0
เนยขาว	20.0
ไข่ไก่ทั้งฟอง	20.0
ผงฟู	2.1

โดยมีขั้นตอนการทำคุกกี้ดังนี้

- ร่อนแป้งและผงฟูเข้าด้วยกัน 2 ครั้ง พักไว้
- ร่อนน้ำตาลทรายแดง นำมาผสมกับน้ำตาลทรายขาวให้เข้ากัน
- ตีเนยขาวและเนยสดพอนุ่ม ใส่น้ำตาลทรายทีละน้อย ใช้ความเร็วปานกลาง ประมาณ 5 นาที
- เติมไข่ไก่ ตีต่อด้วยความเร็วปานกลาง ประมาณ 2 นาที
- เติมส่วนผสมของแป้งที่เตรียมไว้แล้ว สลับกับนมข้นจืด ผสมด้วยความเร็วต่ำ 1 นาที
- ตักส่วนผสมใส่ในกระบอกกดคุกกี้ กดส่วนผสมลงบนถาดที่ทาไขมันไว้แล้ว
- นำไปอบที่อุณหภูมิ 350°F เป็นเวลา 20 นาที
- แซะคุกกี้ออกจากถาดขณะที่ยังร้อนอยู่ ทิ้งให้เย็นประมาณ 15-20 นาที
- บรรจุใส่ถุงพลาสติกเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ข. สูตรการทำโดนีียีสต์

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)
แป้งอเนกประสงค์	100.0
ยีสต์	1.0
น้ำตาล	7.0
ไขมัน	16.0
นมผงขาดมันเนย	3.0
ไข่ไก่	10.0
ผงฟู	1.5
เกลือ	1.6
น้ำ (มิลลิลิตร)	50.0

โดยมีขั้นตอนการทำโดนัทยีสต์ ดังนี้

- ร่อนแป้ง ผงฟู และใยอาหาร (ในสูตรที่มีการเติมใยอาหาร) ผสมในเครื่อง Kenwood ด้วยความเร็วหมายเลข 1 เป็นเวลา 1 นาที
- ละลายน้ำตาล นมผงขาดมันเนย และเกลือผสมลงไป จากนั้นเติมไข่และไขมัน ปรับความเร็วในการผสมเป็นหมายเลข 2 เป็นเวลา 2 นาที
- หมักโดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- ตัดแบ่งโด ก้อนละ 30 กรัม จากนั้นปั้นให้เป็นรูปร่าง แล้วหมักอีก 45 นาที
- นำไปทอดด้วยกะทะทองเหลืองที่อุณหภูมิ 185 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำมัน 5 นาที

■ นำไปทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

■ ในขั้นตอนการหมักโด จะทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของโดที่เวลา 0 30 และ 60นาที

ค. สูตรข้าวเกรียบกุ้ง

ส่วนผสม	ปริมาณ
แป้งมันสำปะหลัง	250 กรัม
กุ้ง	100 กรัม
กระเทียมบดละเอียด	4 กรัม
พริกไทยป่น	2 กรัม
น้ำตาลทราย	2.8 กรัม
น้ำปลา	2.8 กรัม
เกลือป่น	1.4 กรัม
น้ำร้อน	40 กรัม

วิธีการเตรียม

- ผสมเนื้อกุ้งบดกับกระเทียม พริกไทย น้ำตาล น้ำปลา เกลือ ให้เข้ากันดีด้วยเครื่องผสมอาหาร
- เติมแป้งที่เตรียมไว้สลับกับน้ำร้อนทีละน้อยจนหมด
- นวดเป็นเวลาประมาณ 10-15 นาที ให้ส่วนผสมเข้ากันดี
- ใช้มือนวดผสมต่อจนเป็นก้อนใหญ่ (ลักษณะเหนียวนุ่ม ไม่เละ) ปั้นเป็นก้อนยาวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว ยาวประมาณ 10 นิ้ว
- นำไปนึ่งในหม้อนึ่งประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที หรือจนกว่าจะสุก
- นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18°c เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
- หั่นเป็นแผ่นให้มีความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร
- นำไปอบที่อุณหภูมิ 45-70 องศาเซลเซียส โดยใช้ตู้อบลมร้อน จนมีความชื้นประมาณ 6-12 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง
- นำข้าวเกรียบที่ได้ไปทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 180°c จนข้าวเกรียบพองตัว
- นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน

การวัดความแข็ง

ทำการวัดค่าความแข็งของข้าวเกรียบกุ้งด้วยเครื่อง Texturometer

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 <u>คัดเลือกวัตถุดิบที่จะนำมาทำการผลิตใยอาหารได้</u> 3 ชนิด คือ

- เปลือกเผือก เนื่องจากหาง่ายในท้องถิ่น คือ จังหวัดชลบุรี เนื่องจากเป็นแหล่งทำขนมเผือกฉาบขาย จึงเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมครัวเรือนของท้องถิ่น

- เปลือกถั่วงอก เนื่องจากเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่หาง่ายตามท้องตลาด

- เปลือกสับปะรด เนื่องจากเป็นวัสดุเหลือทิ้งในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตสับปะรดกระป๋อง และน้ำสับปะรดกระป๋องซึ่งมีมากในประเทศไทย

4.2 <u>สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดลิกนิน</u>

หลังจากที่อบแห้งและบดเส้นใยอาหารให้มีขนาดเล็ก จึงนำไปแช่ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน โดยแปรความเป็นกรด-ด่างที่ 7.0 และ 11.5 และดูผลจากปริมาตรการพองตัวของเส้นใยอาหาร

ตาราง 1 แสดงปริมาตรการพองตัวของใยอาหารจากเปลือกถั่วงอกหลังจากแช่ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ความเป็นกรด-ด่าง 7.0 และ 11.5

pH	$\%H_2O_2$	ปริมาตรการพองตัว (มิลลิลิตรต่อกรัม)	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
7	0	5.5^{e}	5.5^{e}
	0.25	6.0^{de}	6.0^{de}
	0.5	6.0^{d}	6.0^{d}
	0.75	6.0^{d}	6.0^{d}
	1.0	6.0^{d}	6.0^{d}
7	0	6.5^{d}	7.0^{d}
	0.25	8.0^{c}	8.0^{c}
	0.5	10.0^{b}	10.0^{b}
	0.75	10.0^{b}	10.0^{b}
	1.0	11.0^{a}	11.0^{a}

a,b,c,.. ตัวอักษรต่างกันของคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการทดลองจึงเลือกความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ 0.5% pH 11.5 ในการแช่เปลือกถั่วงอกเพื่อกำจัดลิกนิน เนื่องจากเป็นความเข้มข้นที่น้อยที่สุดที่สามารถกำจัดลิกนินออกได้มากทำให้ใยอาหารมีการพองตัวมากขึ้นอย่างชัดเจน

ตาราง 2 แสดงปริมาตรการพองตัวของใยอาหารจากเปลือกเผือกหลังจากแช่ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ และความเป็นกรด-ด่างที่ 7.0 และ 11.5

pH	% H_2O_2	ปริมาตรการพองตัว (มิลลิลิตรต่อกรัม)	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
7	0	10.0^{de}	10.5^{de}
	0.25	10.0^{de}	11.0^{de}
	0.5	11.0^{d}	11.0^{d}
	0.75	9.5^{f}	9.0^{f}
	1.0	10.0^{ef}	9.5^{ef}
7	0	12.0^{c}	12.0^{c}
	0.25	12.0^{c}	12.0^{c}
	0.5	13.0^{b}	13.0^{b}
	0.75	13.5^{b}	13.0^{b}
	1.0	15.0^{a}	16.0^{a}

a,b,c...อักษรต่างกันของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการทดลองจึงทำการเลือกความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 1% pH 11.5 ในการแช่เปลือกเผือกเพื่อทำการกำจัดลิกนิน

ตาราง 3 แสดงปริมาตรการพองตัวของใยอาหารจากเปลือกสับปะรดหลังจากแช่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ความเป็นกรด-ด่าง 7 และ 11.5

pH	% H_2O_2	ปริมาตรการพองตัว (มิลลิลิตรต่อกรัม)	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
7	0	8.0^{e}	8.0^{e}
	0.25	8.0^{de}	8.0^{de}
	0.5	9.0^{de}	8.5^{de}
	0.75	8.5^{bcde}	8.5^{bcde}
	1.0	8.0^{de}	8.0^{de}
7	0	8.0^{de}	8.0^{de}
	0.25	8.5^{cde}	8.0^{cde}
	0.5	9.0^{b}	9.0^{b}
	0.75	8.5^{bc}	9.0^{bc}
	1.0	11.0^{a}	10.5^{a}

a,b,c,..ตัวอักษรต่างกันของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการทดลองทำการเลือกความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่ 1% pH 11.5 ในการแช่เปลือกสับปะรดเพื่อการกำจัดลิกนิน

4.3 สมบัติทางเคมีของวัตถุดิบ

ตาราง 4 แสดงสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบก่อนการแช่สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

	เปลือกถั่วงอก	เปลือกเผือก	เปลือกสับปะรด
ปริมาณความชื้น	11.5	11.1	N.D
ปริมาณโปรตีน (%)	9.54	16.94	8.41
ปริมาณเส้นใยอาหาร (%)	77.42	53.99	89.72
ปริมาณเถ้า (%)	4.02	3.21	3.58

ND = non detect

4.4 สมบัติทางกายภาพของใยอาหาร

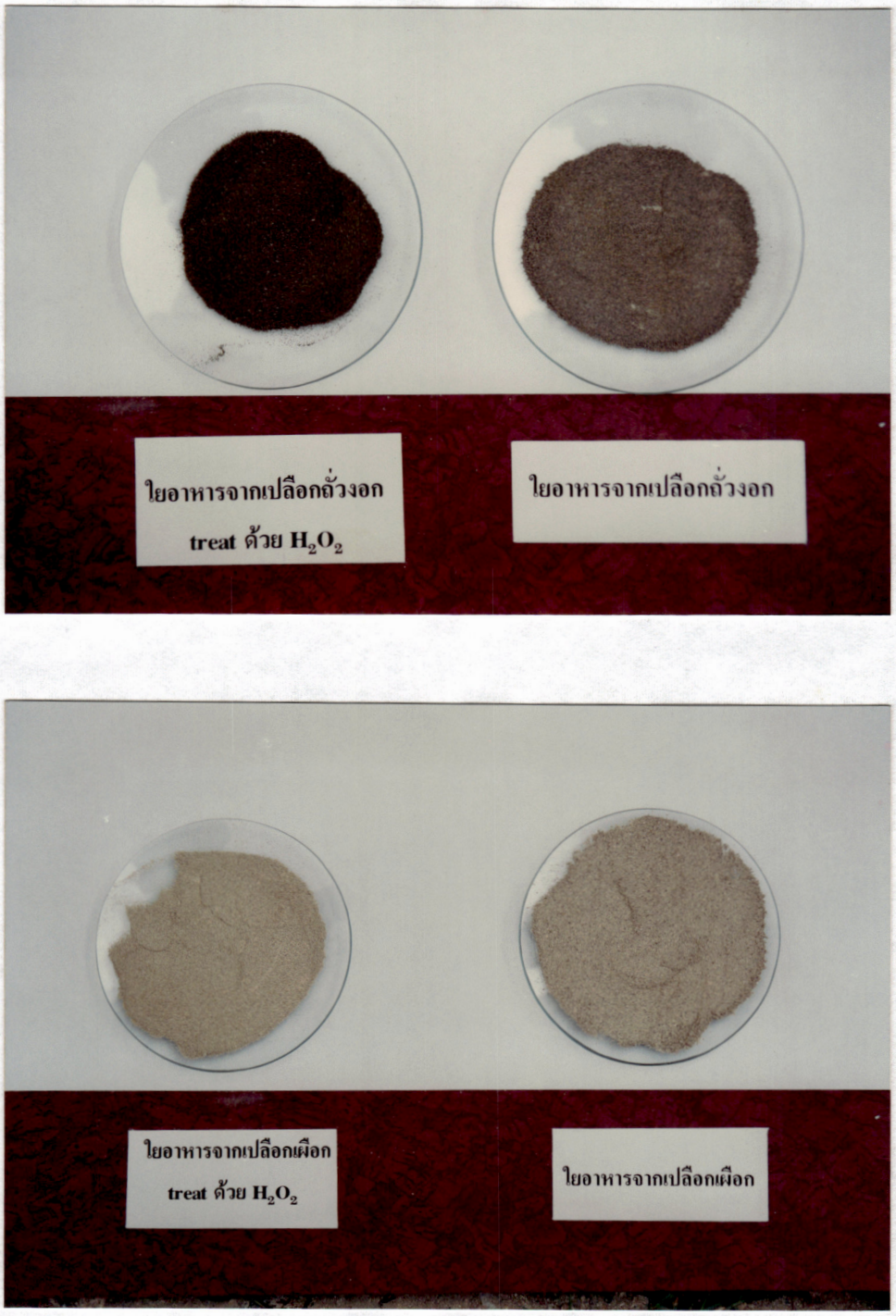
ในการทดลองศึกษาสมบัติทางกายภาพของใยอาหาร ได้เลือกศึกษาใยอาหารที่ผ่านการแช่ไฮโดรเจนไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมของใยอาหารแต่ละชนิดและทำการศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity) และความสามารถในการดูดซับน้ำมัน (Oil retention capacity) ได้ผลดังตารางที่ 5

ตาราง 5 แสดงความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถในการดูดซับน้ำมันของใยอาหารแต่ละชนิด

ชนิดของใยอาหาร	ความสามารถในการอุ้มน้ำ (กรัมน้ำ/100กรัมใยอาหาร)	ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน (กรัมน้ำมัน/100 กรัมใยอาหาร)
เปลือกถั่วงอก	415	80.46
เปลือกเผือก	466	94.87
เปลือกสับปะรด	712	89.46

จากตารางที่ 5 พบว่าเส้นใยอาหารจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรทั้ง 3 ชนิด สามารถอุ้มน้ำได้ดีกว่าน้ำมัน และโดยเฉพาะเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรดที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีกว่าเปลือกถั่วงอก และเปลือกเผือก จากงานวิจัยของ Ang และคณะ (1990) รายงานว่าเส้นใยเซลลูโลสที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี จะฟอร์มพันธะกับน้ำได้อย่างแข็งแรง และสามารถป้องกันไม่ให้น้ำมันซึมเข้าสู่ผลิตภัณฑ์อาหารขณะทอดได้ ดังนั้นจะสามารถช่วยลดการอมน้ำมันให้กับผลิตภัณฑ์

จากลักษณะสีภายนอกของเส้นใยอาหารทั้ง 3 ชนิด แสดงดังรูปที่ 1

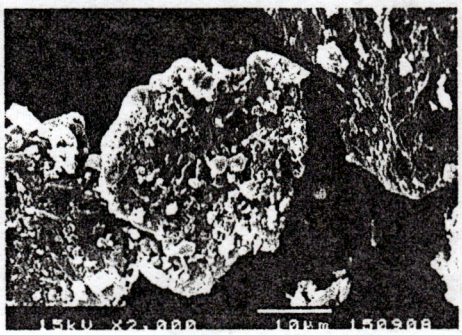


รูป 1 เส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วงอกและเปลือกเผือกที่ผ่านการบดและอบแห้ง

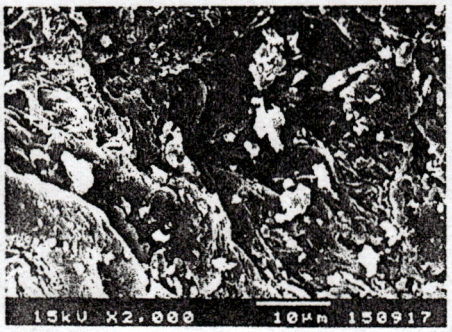
สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

■ โครงสร้างภายในของใยอาหารแต่ละชนิด

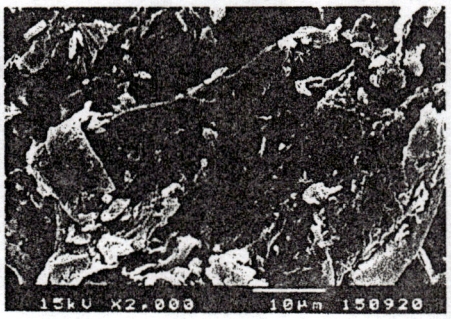
นำใยอาหารแต่ละชนิดมาบดให้มีขนาด 50-200 เมช และนำไปอบแห้ง ทั้งเส้นใยที่ผ่านการแช่ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ เปลือกเผือก และเปลือกสับปะรดแช่ที่ 1% H_2O_2 pH 11.5 เปลือกถั่วงอกแช่ที่ 0.5% H_2O_2 pH 11.5 เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง และเส้นใยอาหารที่ไม่ได้แช่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จากนั้นนำไปส่องด้วยกล้อง Electron Microscope กำลังขยาย 2000 เท่า ได้ผลดังรูป



ก)

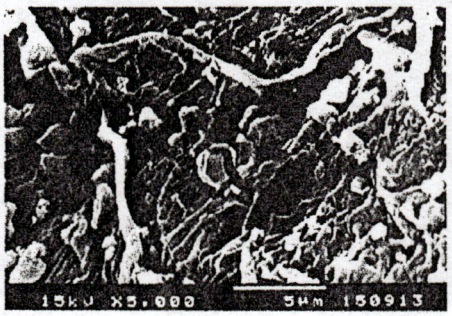


ข)

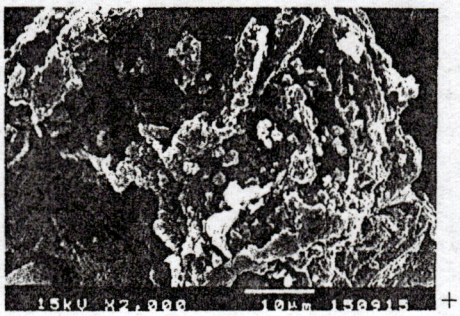


ค)

ง)



จ)



ฉ)

รูป 2 ภาพถ่ายจากกล้อง Electron Microscope ที่กำลังขยาย 2000 และ 5000 เท่า
ก) เส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วงอกที่ไม่ได้ผ่านการแช่ H_2O_2 และ ข) ที่ผ่านการแช่
ค) เส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรดที่ไม่ได้ผ่านการแช่ H_2O_2และ ง) ที่ผ่านการแช่
จ) เส้นใยอาหารจากเปลือกเผือกที่ไม่ได้ผ่านการแช่ H_2O_2และ ฉ) ที่ผ่านการแช่

249181

334.174
ก7280
ค.2

4.5 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมเส้นใยอาหาร

ก. ผลิตภัณฑ์คุกกี้

ตาราง 6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้เมื่อแปรชนิดและปริมาณของเส้นใยอาหารที่เติมลงไป

ชนิดของใยอาหาร	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
เปลือกเผือก					
0%	7.9^{a}	7.7^{a}	7.8^{ns}	7.4^{a}	8.0^{a}
10%	6.6^{b}	6.0^{b}	6.8^{ns}	7.2^{ab}	7.0^{a}
20%	6.8^{b}	6.1^{b}	6.5^{ns}	6.2^{b}	6.2^{ab}
30%	6.6^{b}	5.9^{b}	6.3^{ns}	5.7^{c}	6.0^{b}
เปลือกเผือก					
0%	7.9^{a}	7.5^{ns}	7.0^{ns}	7.1^{a}	7.6^{a}
10%	5.7^{b}	6.0^{ns}	6.7^{ns}	7.1^{a}	6.9^{a}
20%	4.8^{bc}	6.6^{ns}	6.4^{ns}	6.9^{a}	6.6^{ab}
30%	4.2^{c}	5.4^{ns}	6.4^{ns}	6.0^{ab}	5.9^{b}
เปลือกสับปะรด					
0%	8.0^{a}	7.6^{ns}	7.7^{ns}	7.3^{ns}	8.0^{a}
10%	6.4^{b}	6.9^{ns}	6.9^{ns}	7.3^{ns}	7.0^{a}
20%	6.1^{b}	6.2^{ns}	6.5^{ns}	7.0^{ns}	6.2^{ab}
30%	6.0^{b}	6.3^{ns}	6.4^{ns}	6.9^{ns}	6.0^{b}

a,b,c...อักษรต่างกันของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

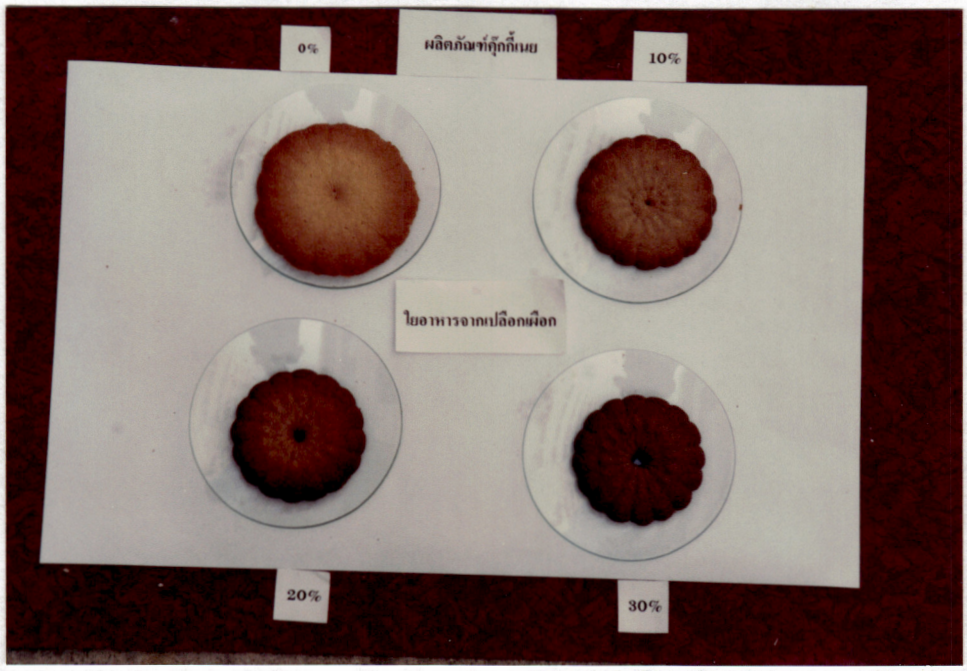
ns ของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

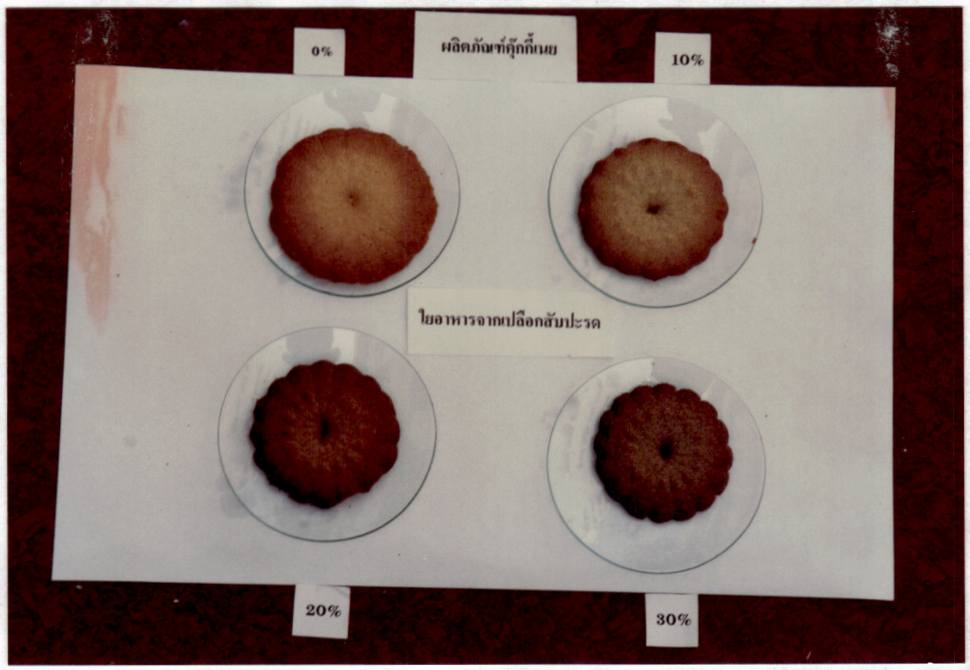
จากการทดลองให้ผู้ชิม 10 คน รับประทานคุกกี้ที่มีการเติมใยอาหารชนิดต่าง ๆ พบว่า คุกกี้ที่มีการเติมเส้นใยอาหารจากเปลือกเผือกลงไปที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน รสชาติของคุกกี้ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p> 0.05$) แต่คะแนนของสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกัน ปริมาณการเติมใยอาหารจากเปลือกเผือกที่ 10% โดยน้ำหนักแป้ง คะแนนของเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงเดียวกันกับที่ไม่มีการเติมเส้นใยอาหาร

คุกกี้ที่มีการเติมเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วงอกพบว่า กลิ่นและรสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อปริมาณเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้น และสำหรับคะแนนของเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีคะแนนอยู่ในช่วงเดียวกันเมื่อมีการเติมใยอาหารจากเปลือกถั่วงอก 10 และ 20% โดยน้ำหนักแป้ง และที่ไม่มีการเติมเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วงอก แต่สีของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกัน โดยคะแนนการยอมรับจะลดลงเมื่อมีการเติมเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วงอก จากรูปที่ 2 เราจะเห็นว่าคุกกี้มีสีเข้มขึ้นเมื่อมีการเติมเส้นใยอาหารลงไป

คุกกี้ที่มีการเติมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรด จะมีคะแนนของ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อมีการเติมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรดเพิ่มมากขึ้น ที่ปริมาณการเติมเส้นใยอาหาร 20% ของน้ำหนักแป้ง จะมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงเดียวกับที่ 10% และสูตรควบคุม สำหรับสีของผลิตภัณฑ์จะเข้มขึ้นเมื่อมีการเติมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรด แต่ที่ระดับการเติม 10-30% คะแนนจะอยู่ในช่วงเดียวกัน

รูป 3 ลักษณะปรากฏของคุกกี้เนยที่ชนิดและปริมาณการเติมเส้นใยอาหารที่แตกต่างกัน





รูป 3 (ต่อ) ลักษณะปรากฏของคุกกี้เนยที่มีการเติมชนิดและปริมาณเส้นใยอาหารที่แตกต่างกัน

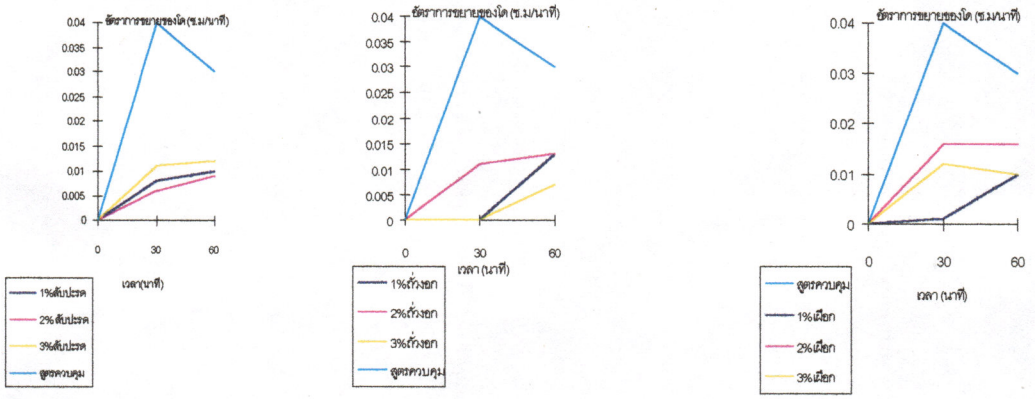
ตาราง 7 แสดงปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน Crude Fiber เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ในผลิตภัณฑ์คุกกี้

ผลิตภัณฑ์คุกกี้	สูตรควบคุม	เติม 10% เปลือกเผือก	เติม 20% เปลือกถั่วงอก	เติม 20% เปลือกสับปะรด
ปริมาณความชื้น	0.1600	0.4700	0.5455	0.3313
ปริมาณไขมัน	27.3893	25.9899	17.1171	34.0679
ปริมาณโปรตีน	2.5721	2.6758	5.3626	4.7153
ปริมาณ Crude Fiber	0.0036	0.0263	0.0660	0.0567
ปริมาณเถ้า	1.2813	1.6152	1.4085	1.6518
ปริมาณคาร์โบไฮเดรต	68.594	69.223	80.863	59.177

จากตารางที่ 7 พบว่าปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่มีการเติม 20% โดยน้ำหนักแป้งของเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วงอก มีปริมาณไขมัน 17.12% โดยน้ำหนัก ซึ่งต่ำกว่าสูตรควบคุมที่มีปริมาณไขมัน 27.39% ผลิตภัณฑ์คุกกี้ค่อนข้างมีปริมาณเส้นใยอาหาร (Crude Fiber) ต่ำคือ 0.004% แต่เมื่อเติมเส้นใยอาหาร 20% โดยน้ำหนักแป้ง จะทำให้ผลิตภัณฑ์คุกกี้มีเส้นใยอาหาร 0.06% โดยน้ำหนัก

ข. ผลิตภัณฑ์โดนัทยีสต์

หลังจากที่ทำการผสมส่วนผสมต่าง ๆ เข้าด้วยกัน คือ แป้ง ผงฟู น้ำตาล นมผงขาดมันเนย เกลือ และเส้นใยอาหาร ทำการหมักเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในระหว่างการหมักจะวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของโด 3 ค่ามาเฉลี่ยกัน เปรียบเทียบกับโดนัทยีสต์ที่ไม่ได้เติมเส้นใยอาหาร ได้ผลดังรูปที่ 4



รูป 4 กราฟแสดงการขยายตัวของโดของโดนัทยีสต์ที่เวลา 0, 30 และ 60 นาที

ตาราง 8 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโดนัทยีสต์เมื่อแปรชนิดและปริมาณของเส้นใยอาหารที่เติมลงไป

ชนิดของใยอาหาร	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความสากลิ้น	ความสม่ำเสมอของเซลล์	การอมน้ำมัน	ความแน่นเนื้อ	ความชอบโดยรวม
เผือก								
0%	7.77^{a}	6.07^{ns}	6.09^{ns}	6.22^{ns}	6.10^{ns}	5.55^{ns}	6.88^{a}	6.57^{a}
1%	6.84^{a}	5.68^{ns}	5.67^{ns}	6.01^{ns}	6.08^{ns}	5.23^{ns}	6.07^{a}	6.15^{a}
2%	5.12^{b}	6.06^{ns}	5.06^{ns}	4.87^{ns}	5.67^{ns}	5.81^{ns}	5.43^{b}	5.95^{ab}
3%	4.48^{b}	5.04^{ns}	4.71^{ns}	5.50^{ns}	5.56^{ns}	5.73^{ns}	4.43^{b}	5.15^{b}
4%	4.16^{b}	4.68^{ns}	3.77^{ns}	4.67^{ns}	5.45^{ns}	5.58^{ns}	3.59^{b}	3.80^{c}
ถั่วงอก								
0%	7.58^{a}	6.69^{a}	6.49^{a}	5.89^{ns}	6.14^{ns}	4.13^{ns}	6.47^{a}	6.89^{a}
1%	6.44^{a}	6.13^{a}	5.82^{ab}	5.01^{ns}	6.33^{ns}	4.12^{ns}	5.99^{ab}	6.14^{a}
2%	4.62^{b}	4.66^{b}	4.37^{b}	4.66^{ns}	6.03^{ns}	4.29^{ns}	5.05^{b}	5.63^{b}
3%	3.30^{b}	5.42^{b}	3.76^{b}	4.89^{ns}	5.49^{ns}	4.82^{ns}	4.70^{c}	3.96^{c}
4%	3.04^{b}	4.72^{b}	3.55^{b}	4.15^{ns}	5.09^{ns}	4.58^{ns}	4.60^{c}	3.79^{c}
สับปะรด								
0%	6.99^{a}	6.02^{ns}	6.63^{a}	6.61^{ns}	6.29^{a}	5.16^{ns}	6.73^{a}	6.28^{a}
1%	6.64^{ab}	5.82^{ns}	6.04^{a}	6.76^{ns}	6.38^{a}	5.51^{ns}	6.25^{a}	6.80^{a}
2%	4.32^{b}	4.78^{ns}	5.66^{ab}	6.39^{ns}	6.10^{a}	5.71^{ns}	6.11^{a}	5.93^{a}
3%	2.89^{c}	4.69^{ns}	4.63^{b}	5.71^{ns}	5.34^{b}	5.94^{ns}	5.75^{b}	5.13^{ab}
4%	2.02^{c}	4.57^{ns}	4.06^{b}	5.17^{ns}	4.28^{b}	5.23^{ns}	4.30^{b}	4.17^{b}

a,b,c....อักษรต่างกันของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns ..ของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ในผลิตภัณฑ์โดนัทยีสต์ที่มีการเติมเส้นใยอาหารจากเปลือกเผือก พบว่า กลิ่น รสชาติ ความสากลิ้น ความสม่ำเสมอของเซลล์ของโดนัท และการอมน้ำมัน มีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ความแน่นเนื้อ และสีเปลือกนอกของโดนัท ผู้ชิมสามารถยอมรับได้โดยมีคะแนนไม่แตกต่างกับโดนัทที่ไม่ได้เติมเส้นใยอาหาร คือที่ปริมาณ 1%โดยน้ำหนักของแป้ง

คะแนนความชอบโดยรวม ที่เปอร์เซนต์การเติมเส้นใยอาหาร 0-2% ของน้ำหนักแป้ง มีคะแนนอยู่ในช่วงเดียวกัน

โดนัทยีสต์ที่มีการเติมเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วงอกพบว่า ความสากลิ้น ความสม่ำเสมอของเซลล์ของโดนัทและการอมน้ำมัน มีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) และที่ 1%ของการเติมเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วงอก มีคะแนนของสีเปลือกนอก กลิ่น รสชาติ ความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงที่ผู้บริโภคยอมรับได้

และสำหรับการเติมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรดพบว่าชิมสามารถยอมรับได้มากขึ้น โดยสามารถเติมเส้นใยอาหาร 3%ของน้ำหนักแป้ง โดยที่คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงเดียวกันกับโดนัทที่ไม่เติมเส้นใยอาหาร และที่ 1% ผู้ชิมให้คะแนนมากกว่าสูตรควบคุม สำหรับรสชาติ ความสม่ำเสมอของเซลล์ ความแน่นเนื้อ ที่ระดับความเข้มข้นของการเติมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรด 0-2% โดยน้ำหนักแป้ง มีคะแนนอยู่ในช่วงเดียวกัน ผู้ชิมให้คะแนนของกลิ่น ความสากลิ้น และการอมน้ำมัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ที่ทุกความเข้มข้น

รูป 5 ลักษณะปรากฏของโดนัทยีสต์ที่มีการเติมชนิดและปริมาณเส้นใยอาหารที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

รูป 5 (ต่อ) ลักษณะปรากฏของโดนัทยีสต์ที่มีการเติมชนิดและปริมาณเส้นใยอาหารที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

ตาราง 9 แสดงปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน Crude Fiber เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ในผลิตภัณฑ์โดนัทยีสต์

ผลิตภัณฑ์โดนัท	สูตรควบคุม	เติม 2% เปลือกเผือก	เติม 1% เปลือกถั่วงอก	เติม 3% เปลือกสับปะรด
ปริมาณความชื้น	26.0482	25.2913	25.9293	26.5062
ปริมาณไขมัน	9.8382	15.1195	11.8099	20.8649
ปริมาณโปรตีน	11.1490	10.3762	10.8973	11.3936
ปริมาณ Crude Fiber	0.1167	0.9536	0.5781	1.5744
ปริมาณเถ้า	1.6607	1.8854	1.8727	1.8968
ปริมาณคาร์โบไฮเดรต	51.187	46.374	48.913	37.764

ค. ข้าวเกรียบกุ้ง

ตาราง 10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้งเมื่อแปรชนิดและปริมาณของใยอาหาร

ชนิดของใยอาหาร	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความสากลิ้น	การอมน้ำมัน	ลักษณะปรากฏ
เผือก							
0%	3.0^{a}	3.7^{a}	2.7^{ns}	3.0^{a}	2.9^{a}	2.8^{ns}	4.0^{a}
2%	2.2^{b}	3.2^{b}	2.8^{ns}	2.9^{b}	2.7^{b}	2.7^{ns}	3.5^{b}
4%	1.4^{c}	2.8^{d}	2.4^{ns}	2.3^{c}	2.5^{c}	2.9^{ns}	2.6^{c}
6%	1.2^{d}	3.0^{c}	2.5^{ns}	2.3^{c}	2.1^{d}	2.9^{ns}	2.5^{d}
ถั่วงอก							
0%	3.0^{a}	4.0^{a}	2.8^{ns}	3.0^{a}	2.9^{a}	2.6^{ns}	3.6^{ns}
2%	2.2^{b}	3.2^{b}	2.4^{ns}	3.0^{a}	2.7^{b}	2.8^{ns}	3.1^{ns}
4%	1.7^{d}	3.2^{b}	2.3^{ns}	2.3^{b}	2.3^{c}	2.7^{ns}	2.9^{ns}
6%	1.9^{c}	3.0^{c}	2.4^{ns}	2.0^{c}	2.1^{d}	2.9^{ns}	2.4^{ns}
สับปะรด							
0%	2.1^{c}	3.1^{ns}	2.5^{ns}	2.2^{ns}	2.3^{ns}	2.2^{ns}	3.5^{ns}
2%	2.9^{a}	3.5^{ns}	2.4^{ns}	2.8^{ns}	2.7^{ns}	2.4^{ns}	3.0^{ns}
4%	2.6^{b}	2.6^{ns}	2.5^{ns}	2.8^{ns}	2.5^{ns}	2.5^{ns}	2.9^{ns}
6%	1.7^{d}	2.6^{ns}	1.9^{ns}	2.5^{ns}	2.4^{ns}	2.5^{ns}	3.1^{ns}

a,b,c..อักษรต่างกันของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns ของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

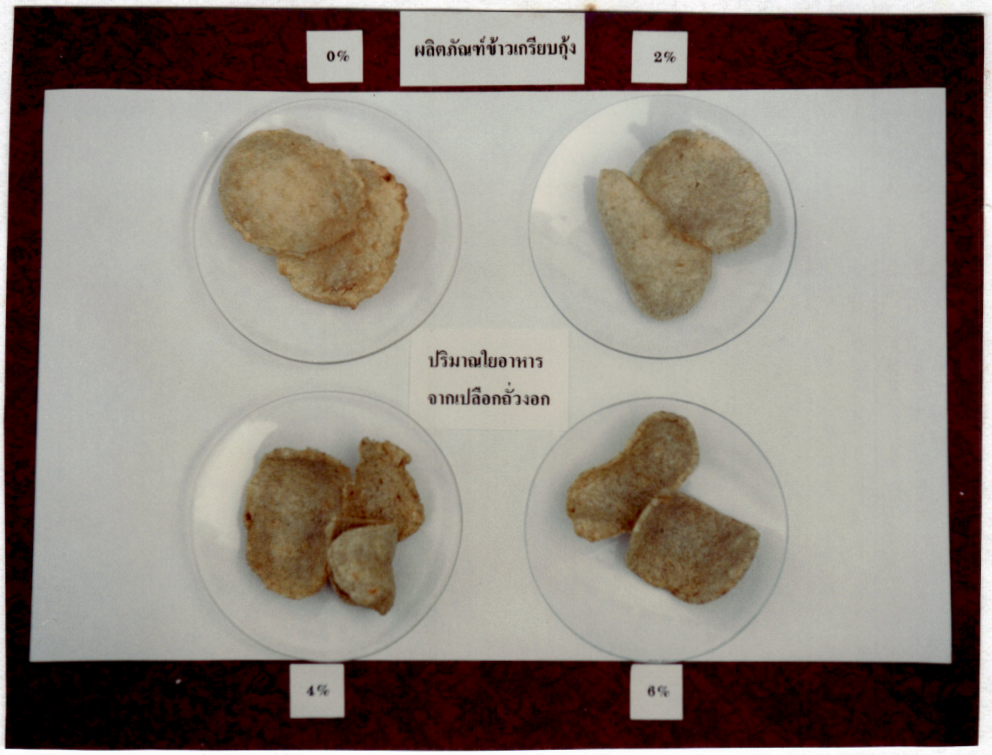
ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้งที่มีการเติมเส้นใยอาหาร พบว่าปริมาณเส้นใยอาหารมีอิทธิพลต่อสีของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อรสชาติ และการอมน้ำมันของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ชนิดของเส้นใยอาหารที่เติมลงในผลิตภัณฑ์มีผลต่อสี กลิ่น เนื้อสัมผัส ความสากลิ้น และลักษณะปรากฏ คือ

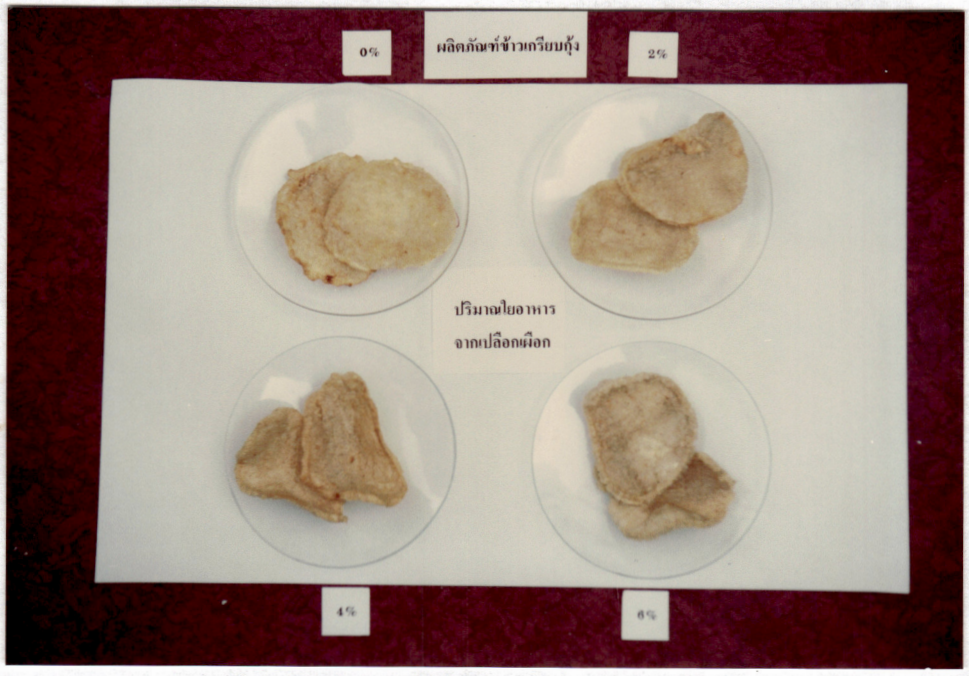
ข้าวเกรียบกุ้งที่มีการเติมเส้นใยอาหารจากเปลือกเผือกที่ปริมาณมากขึ้น คะแนนของสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และลักษณะปรากฏจะน้อยลง แต่สำหรับข้าวเกรียบกุ้งที่เติมเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วงอกพบว่าลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และคะแนนของเนื้อสัมผัสเท่ากันเมื่อมีการเติมเส้นใยอาหาร 2% เปรียบเทียบกับเมื่อไม่ได้เติมเส้นใยอาหาร เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้งที่เติมเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรด ผู้ชิมให้คะแนนลักษณะปรากฏ กลิ่น และเนื้อสัมผัส ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ที่ทุก ๆ ความเข้มข้นของเส้นใยอาหาร

ตาราง 11 แสดงค่าแรงตัดขาด (N.) ในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้งที่ผสมใยอาหารในปริมาณที่แตกต่างกัน

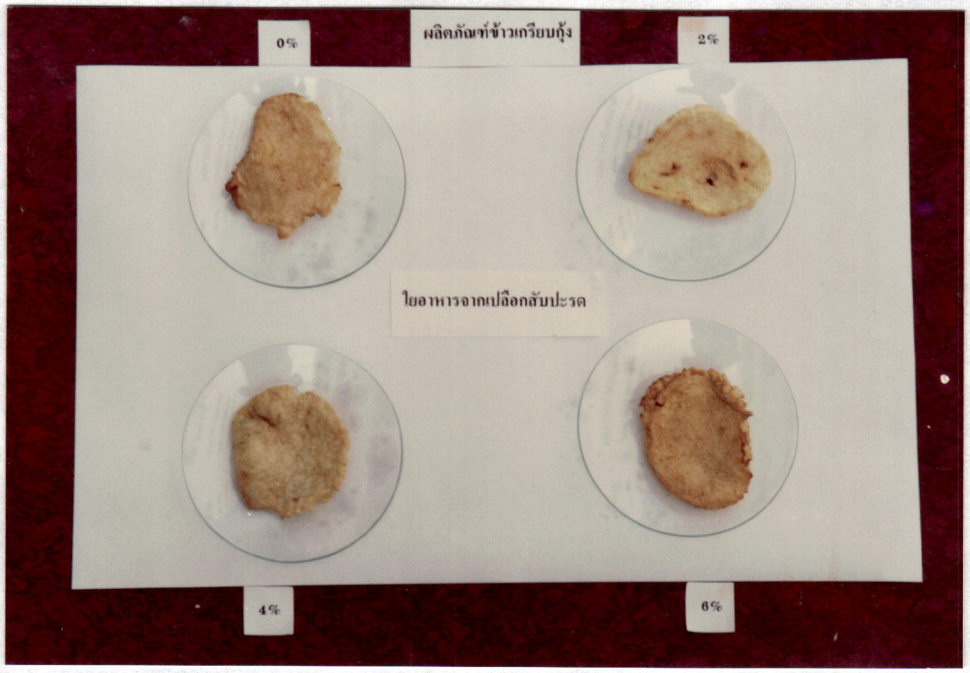
ปริมาณใยอาหารที่ทดแทน	เปลือกเผือก	เปลือกถั่วงอก	เปลือกสับปะรด
2%	1.102	1.566	0.819
4%	1.040	1.712	1.137
6%	1.048	1.301	1.191

ข้าวเกรียบกุ้งที่ไม่เติมเส้นใยอาหารจะมีค่าแรงตัดขาดเท่ากับ 0.7 นิวตัน และเมื่อเติมเส้นใยอาหารจะมีค่าแรงตัดขาดสูงขึ้น โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้งที่เติมเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วงอก แต่เมื่อเปรียบเทียบกับคะแนนของเนื้อสัมผัสจากผู้ชิม ผู้ชิมสามารถบอกความแตกต่างที่ปริมาณเส้นใยอาหาร 4%ขึ้นไป ซึ่งอาจจะมีปัจจัยบางอย่างมารบกวนทำให้ผู้ชิมให้คะแนนทางด้านเนื้อสัมผัสที่แตกต่างจากค่าแรงตัดขาดที่วัดได้





รูป 6 ลักษณะปรากฏของข้าวเกรียบกุ้งที่มีการเติมชนิดและปริมาณเส้นใยอาหารที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน



รูป 6 (ต่อ) ลักษณะปรากฏของข้าวเกรียบกุ้งที่มีการเติมชนิดและปริมาณเส้นใยอาหารที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

ตาราง 12 แสดงปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน Crude Fiber เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้ง

ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ	สูตรควบคุม	เติม 2% เปลือกเผือก	เติม 2% เปลือกถั่วงอก	เติม 6% เปลือกสับปะรด
ปริมาณความชื้น	0.1441	0.4688	0.5672	0.3247
ปริมาณไขมัน	29.1303	27.6882	20.8649	30.7324
ปริมาณโปรตีน	1.8822	2.8410	3.2294	2.3090
ปริมาณ Crude Fiber	0.1183	1.4010	1.2029	3.1066
ปริมาณเถ้า	1.6921	2.5559	3.0461	1.7280
ปริมาณคาร์โบไฮเดรต	67.033	65.045	71.090	61.799

จากตารางที่ 12 ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้งที่มีการเติมเส้นใยอาหาร 2%โดยน้ำหนักแป้งของเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วงอกมีปริมาณไขมันต่ำกว่าทุก ๆ สูตร ศิริอร วัฒนพงศ์ศักดิ์ (2539) รายงานว่าเมื่อเติมเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วเหลืองในปริมาณที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้ง ทำให้ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. จากการพิจารณาปริมาตรการพองตัวของเส้นใยอาหารพบว่า การแช่เส้นใยอาหารด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เปอร์เซนต์ความเข้มข้นที่ต่างกัน และ pH ของปฏิกิริยาที่ต่างกันมีผลต่อปริมาตรการพองตัวที่แตกต่างกัน คือ เส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วงอก เมื่อทำการแช่ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.5% pH 11.5 สามารถทำให้เส้นใยอาหารจากเปลือกเผือกมีปริมาตรการพองตัวสูง ซึ่งอาจจะต่ำกว่าที่ 1% เล็กน้อย แต่สำหรับเส้นใยอาหารจากเปลือกเผือกและเปลือกสับปะรด พบว่าที่ความเข้มข้น 1% และ pH 11.5 จะให้ปริมาตรการพองตัวสูงที่สุด
2. เส้นใยอาหารเมื่อผ่านการแช่ด้วยไฮโดนเจนเปอร์ออกไซด์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และมาทำการศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำ และน้ำมันของเส้นใย พบว่าเส้นใยทั้ง 3 ชนิด มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูงกว่าน้ำมันมาก โดยเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรดมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูงสุด และความสามารถในการดูดซับน้ำมันใกล้เคียงกัน
3. เมื่อทำการเติมเส้นใยอาหารลงในผลิตภัณฑ์คุกกี้ พบว่าชนิดของเส้นใยอาหารมีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ชิมที่ปริมาณที่แตกต่างกัน คือเส้นใยอาหารจากเปลือกเผือกสามารถเติมลงไปในผลิตภัณฑ์ได้ 10% โดยน้ำหนักแป้งสาลี และเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วเขียวและเปลือกสับปะรดสามารถเติมลงได้ 20% เมื่อพิจารณาจากรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณไขมันพบว่า คุกกี้ที่เติมเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วเขียวจะมีปริมาณไขมันต่ำกว่าทุกๆ สูตร รวมทั้งสูตรควบคุม
4. ในผลิตภัณฑ์โดนัทยีสต์ พบว่าชนิดของเส้นใยอาหารมีผลต่อความสามารถในการเติมลงในผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกัน โดยเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรดสามารถเติมลงในผลิตภัณฑ์ได้มากกว่าเส้นใยชนิดอื่น ๆ คือ 3% โดยน้ำหนักแป้งอเนกประสงค์ รองลงมาคือเส้นใยอาหารจากเปลือกเผือก และถั่วงอก คือ 2% และ 1% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวม ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของโดนัทยีสต์ที่เติมเส้นใยอาหารจะมีปริมาณไขมันมากว่าสูตรควบคุม

5. และในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้ง พบว่าเมื่อทำการเติมเส้นใยอาหารที่เปอร์เซนต์ความเข้มข้น 0-6% โดยน้ำหนักแป้งมันสำปะหลัง เส้นใยอาหารจากสับปะรด สามารถเติมลงในผลิตภัณฑ์โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาจากลักษณะปรากฏ รสชาติ กลิ่น และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ แต่เส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วงอก และเปลือกเผือกสามารถเติมลงในผลิตภัณฑ์ได้เพียง 2% โดยน้ำหนักแป้ง เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้ง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วงอกมีปริมาณไขมันต่ำกว่าทุก ๆ สูตร รวมทั้งสูตรควบคุม คือมีปริมาณ 20.9%โดยน้ำหนัก และสูตรควบคุมมีปริมาณไขมัน 29.1%โดยน้ำหนัก และปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้งที่เติมเส้นใยอาหารทั้ง 3 ชนิด ต่ำกว่าสูตรควบคุม

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาโครงสร้างของโมเลกุลและองค์ประกอบทางเคมีที่มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ และความสามารถในการดูดซับน้ำมันของเส้นใยอาหารแต่ละชนิด
2. ศึกษาองค์ประกอบบางอย่างในผลิตภัณฑ์ที่อาจจะมีผลต่อการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์เช่น ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ ชนิดและปริมาณของแป้งในผลิตภัณฑ์ และอื่น ๆ
3. ศึกษาเพิ่มเติมถึงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเส้นใยอาหารที่จะเป็นตัวบ่งบอกถึงความสามารถในการเติมลงผลิตภัณฑ์อาหาร

เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์.ผลการวิเคราะห์ข้าวเกรียบชนิดต่าง ๆ. กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม,2510.

กรุณา ชัยเสถียร. การใช้รำข้าวเป็นแหล่งเส้นใยอาหารในคุกกี้แคลอรี่ต่ำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

ฉันทนา นันทิวัฒนวงศ์. การเปรียบเทียบการใช้เซลลูโลสผงจากกากอ้อยกับเซลลูโลสอื่นในแป้งชุบทอดและโดนัตเพื่อลดการอมน้ำมัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ:จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

เพลินใจ ตังคณะกุล และคณะ. "คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขนมปังและคุกกี้ที่มีใยอาหารสูง" ใน รายงานผลการวิจัยประจำปี 2536. กรุงเทพฯ : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2536.

สุพัตรา ริ้วไพโรจน์. การใช้กากมะพร้าวเติมลงในผลิตภัณฑ์คุกกี้เพื่อใช้เป็นแหล่งเส้นใยอาหาร. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบันฑิต. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา, 2538.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมปังกรอบ มอก .742-2530. กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2530.

ศิริอร วัฒนพงศ์ศักดิ์. การปรับปรุงสมบัติเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วเหลืองเพื่อใช้ในข้าวเกรียบกุ้ง. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต. ชลบุรี : มหาวิทยาลัยบูรพา, 2539.

อนามัย, กรม. คู่มือการป้องกันและควบคุมภาวะโภชนาการเกิน. กรุงเทพมหานคร : กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2532.

อรอนงค์ นัยวิกุล. ข้าวสาลี:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2532.

Ang J.F., Miller, W.B., and Dunham, K.M. Reduced of fat in donuts containing a new form of powdered cellulose. In Presented at the Annuel Meeting of the Institute of Food Technologists . Anaheim, CA: James River, 1990.

Gould, J.M., Jasberg, B.K., Dexter, L.B., Hsu, J.T., Lewis S.M. and Fahey.Jr.,G.C. High-Fiber,Noncaloric Flour Substitute for Baked Foods. Properties of Alkaline Peroxide-Treated Lignocellulose. Cereal Chemistry. 66 (1989) : pp. 201-204.

Gould, F.M. Alkaline peroxide treatment of Agricultural Byproducts. United States Patent 4,806,475 (1989) : 5 p.

Pomeranze, Y.,Shogren, M.D.,Finney, K.F. and Bechtel, D.E. Fiber in Breadmaking Effects on Functional Properties. Cereal Chemistry. 54 (1977) : pp.25-41.

Trisiriroj, A.,Poorpuntuma, C., Wattanasrirungkul, S. Analysis of Quantities and Qualities of Dietary Fiber from Agricultural Wastes. Proceeding in 6th Asean Food Conferences. Singapore : p.

ภาคผนวก ก.

วิธีวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ

1. <u>การวัดค่า Water Holding Capacity</u> (AOAC,1990)

<u>วิธีการ</u>

1.ชั่งตัวอย่างให้รู้น้ำหนักแน่นอนอย่างน้อย 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลองหรือกระบอกเหล็กสำหรับปั่นที่ทราบน้ำหนักแน่นอน เติมน้ำกลั่นลงไปมากเกินพอ ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

2. นำไปปั่นแยกที่ 2000x g เป็นเวลา 15 นาที

3. รินเอาของเหลวออก และชั่งน้ำหนักของตัวอย่าง

<u>การคำนวณ</u>

water holding capacity = m2-m1/m

m = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

m1 = น้ำหนักของหลอดหรือกระบอกเหล็ก (กรัม)

m2 = น้ำหนักของตัวอย่าง+น้ำหนักของน้ำกลั่นที่เหลือ+น้ำหนักหลอด (กรัม)

2. <u>การวัดค่า Oil Retention Capacity</u>

<u>วิธีการ</u> ดัดแปลงจากวิธีของ Ang และคณะ (1990)

1.ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ในหลอดหรือกระบอกเหล็กที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้วผสมกับน้ำมันพืช 30 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ข้ามคืน

2. นำไปปั่นแยกที่ 2000 x g เป็นเวลา 15 นาที

3. กรองเอาของเหลวออก และชั่งน้ำหนักของตัวอย่าง

<u>การคำนวณ</u>

oil retention capacity = m2- m1/ m

m = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

m1 = น้ำหนักของหลอดหรือกระบอกเหล็ก (กรัม)

m2 = น้ำหนักของตัวอย่าง+น้ำหนักของน้ำมันพืชที่เหลือ+น้ำหนักของกระบอกเหล็ก

3. <u>การวัดปริมาตรการพองตัวของเส้นใยอาหาร</u>

<u>วิธีการ</u>

1. ชั่งเส้นใยอาหารที่ผ่านการร่อนแล้ว 1 กรัม ใส่ในบีกเกอร์
2. เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร (คนให้เข้ากัน)
3. เทใส่กระบอกตวงขนาด 50 มิลลิลิตร เขย่ากระบอกตวงแรง ๆ
4. ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 16-18 ชั่วโมง
5. วัดปริมาตรการพองตัว

4. ปริมาณความชื้น (AOAC . 1990)

วิธีการ

1. อบจากอลูมิเนียม และฝาที่อุณหภูมิประมาณ 130 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ ทิ้งให้เย็นใน Dessicator แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ให้รู้น้ำหนักที่แน่นอน ใส่ลงในจานอลูมิเนียที่อบแห้งแล้ว
3. นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ แบะอบเปิดฝาทิ้งไว้
4. หลังจากอบ ปิดฝาให้สนิทและนำไปใส่ใน Desicator เพื่อให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักที่เหลือ

การคำนวณ

ความชื้น (ร้อยละ) = (m1-m2)/m x 100

เมื่อ m = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

m1 = น้ำหนักตัวอย่างและภาชนะก่อนอบ (กรัม)

m2 = น้ำหนัก ภาชนะ (กรัม)

5. ปริมาณโปรตีน (AOAC. 1990)

วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl โดยใช้เครื่อง Gerhaldt

6. ปริมาณไขมัน (AOAC. 1990)

วิเคราะห์หาปริมาณไขมันด้วยเครื่อง Soxtherm

7. ปริมาณเถ้า (AOAC. 1990)

วิธีการ

1. เผา Crucible ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ และชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ให้รู้น้ำหนักที่แน่นอน ใส่ใน crucible อบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง

3. นำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ ทำให้เย็นใน Dessicator แล้วชั่งน้ำหนัก

<u>การคำนวณ</u>

ปริมาณเถ้า (ร้อยละ) = (m1-m2)/m x 100

เมื่อ m1 = น้ำหนักตัวอย่าง + น้ำหนัก Crucible หลังเผา (กรัม)

m2 = น้ำหนัก Crucible (กรัม)

m = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

ภาคผนวก ข

แบบประเมินผลทางประสาทสัมผัส

1. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้

ชื่อ ..... วันที่ .....

กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์คุกกี้และให้คะแนนสมบัติทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ตามเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

1. หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด
2. หมายถึง ไม่ชอบมาก
3. หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง
4. หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย
5. หมายถึง เฉย ๆ
6. หมายถึง ชอบเล็กน้อย
7. หมายถึง ชอบปานกลาง
8. หมายถึง ชอบมาก
9. หมายถึง ชอบมากที่สุด

หมายเหตุ คะแนนต่ำกว่า 4 หมายถึงไม่ยอมรับสมบัตินั้น ๆ ของผลิตภัณฑ์

ลักษณะที่ทดสอบ	ตัวอย่างหมายเลข			
1. สี				
2. กลิ่น				
3. รสชาติ				
4. เนื้อสัมผัส				
5. ความชอบรวม				

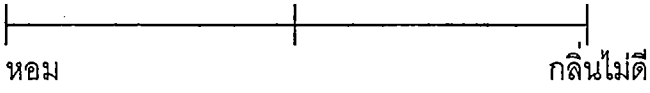
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดนัทยีสต์

ชื่อ ..... วันที่ .....

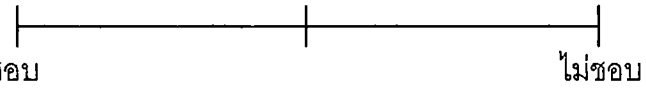
เพศ .....

ท่านจะได้รับตัวอย่างโดนัท 4 ตัวอย่าง ผู้ทดสอบเปรียบเทียบและให้คะแนนลักษณะทางกายภาพต่าง ๆ ตามหัวข้อต่อไปนี้

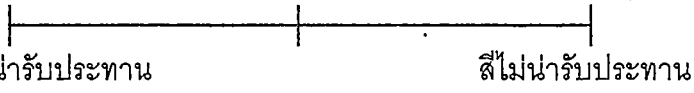
1. กลิ่น



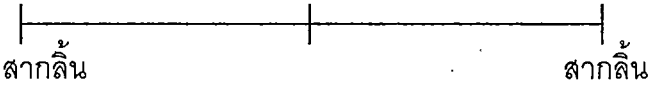
2. รสชาติ



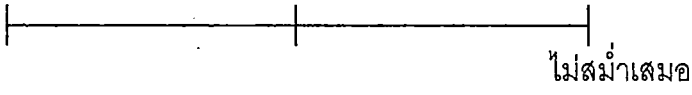
3. สี



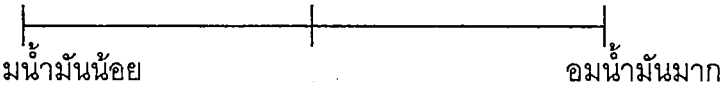
4. ความสากลิ้น



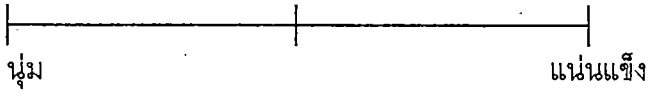
5. ความสม่ำเสมอของเซลล์



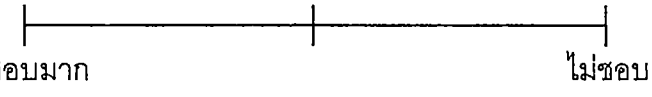
6. การอมน้ำมัน



7. ความแน่นเนื้อ



8. ความชอบโดยรวม



3. แบบสอบถามที่ใช้ในการประเมินผลทางประสาทสัมผัส

ชื่อ .....วันที่ .....

กรุณาทดสอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้งต่อไปนี้ แล้วให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น สี ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และความสากลิ้น ตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดให้

ลักษณะที่ทดสอบ	ตัวอย่างหมายเลข
	....

ลักษณะปรากฏ :

(4) พองตัวดี

(3) พองตัวปานกลาง

(2) พองตัวเล็กน้อย

(3) ไม่พองตัว

กลิ่น :

(4) กลิ่นหอมเครื่องเทศและกลิ่นกุ้ง

(3) กลิ่นเครื่องเทศแรงเกินไป

(2) กลิ่นคาวกุ้ง

(1) กลิ่นหืนน้ำมัน

สี :

(3) สีเหลืองนวล

(2) สีเข้มเกินไป

(1) สีไม่สม่ำเสมอ

ลักษณะเนื้อสัมผัส :

(3) กรอบดีแล้ว

(2) แข็งเล็กน้อย

(1) แข็งเกินไป

การอมน้ำมัน

(3) อมน้ำมันน้อย

(2) อมน้ำมันปานกลาง

(1) อมน้ำมันมาก

ลักษณะที่ทดสอบ	ตัวอย่างหมายเลข
	....
รสชาติ :	
(3) รสชาติกลมกล่อม	
(2) รสเข้มเกินไป	
(1) รสจืดเกินไป	
ความสากลิ้น	
(3) ไม่สากลิ้น	
(2) สากลิ้นเล็กน้อย	
(1) สากลิ้นมาก	