

วิธีการแปรรูปแป้งฟลาวและแป้งสตาร์ชข้าวโพดให้เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทอาหาร

The method to process flour and starch as a food-type product

ภัควิไล ยอดทอง* จารุวรรณ บางแวก และ ชมดาว ลิกขะมณฑล¹

Phakwilai Yodthong Charuwan Bangweak and Chomdao Sikkhamondhol

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิตการเกษตร

Postharvest and Processing Research and Development Division

ABSTRACT

Study how to produce maize flour and starch as a food product. To produce for consumer with allergies to gluten and wheat flour. by experimenting with bread and pancakes from wheat flour and pasta dishes from starch dough such as: Also try to make Gluten-free biscuits by mixing two kinds of dough together. In the trial of the product, the combination of flour and starch dough can be made into gluten-free biscuits. From tasting Tests Found that both examples have no significant difference in statistics at the 0.05 level, both by the flavour, flavors, texture and overall liking. The color part of the biscuit has a slight difference, but by the overall, the two examples are different. In addition, Starrice starch is applied when made into Pregel dough and is produced as a liquid food product, found to have a good trend.

Keywords : Maize starch product

*Email: phakka@hotmail.com

¹ ฝ่ายเคมีและกายภาพอาหาร สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

ทำการศึกษาวิธีการแปรรูปแป้งฟลาวและแป้งสตาร์ชข้าวโพดให้เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทอาหาร โดยทดลองทำขนมปัง และแพนเค้กจากแป้งฟลาว อาหารประเภทเส้นจากแป้งสตาร์ช เช่น ซาหรึม และพาสต้า นอกจากนี้ยังทดลองทำบิสกิตปราศจากกลูเตนโดยผสมแป้งทั้งสองชนิดเข้าด้วยกัน จากการทดลองทำผลิตภัณฑ์พบว่า การผสมแป้งฟลาวและแป้งสตาร์ชเข้าด้วยกันสามารถนำมาทำเป็นขนมปังกรอบปราศจากกลูเตนได้ ซึ่งจากการทดสอบการชิม พบว่าทั้งสองตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งทางด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ส่วนสีของบิสกิตมีแตกต่างกันเล็กน้อย แต่โดยภาพรวมแล้วทั้งสองตัวอย่างไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้แป้งสตาร์ชข้าวโพดเมื่อนำไปทำเป็นแป้งพรีเจลและนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทอาหารเหลวพบว่ามีความนุ่มไปในทางที่ดี

คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แป้งสตาร์ช ผลิตภัณฑ์

คำนำ

ข้าวโพด มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* เป็นพืชตระกูลเดียวกับหญ้ามีลำต้นสูง โดยเฉลี่ย 2.2 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น 0.5-2.0 นิ้ว เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสัตว์ เพราะสามารถนำมาเลี้ยงสัตว์ได้ทั้งต้น ใบ และเมล็ด

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ประมาณ 94 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตข้าวโพดใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ของไทย ทุกวันนี้ประเทศไทยมีความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้นทุกปีแต่ผลิตได้น้อย ไม่พอต่อการผลิตอาหารสัตว์ ซึ่งต้องการถึง 8 ล้านตัน ทำให้โรงงานอาหารสัตว์นำเข้าข้าวสาลีราคาถูกปลอดภัยมาใช้ถึง 4.5 ล้านตัน ส่งผลให้ราคาข้าวโพดลดลงเหลือ 4-5 บาท/กก. (ประชาชาติธุรกิจ, 2561)

คุณค่าทางอาหารของข้าวโพด

มีแป้ง 65% เยื่อใยต่ำ มีพลังงานแบบเมตาโบไลซ์ (ME) สูงมีไขมัน 3-6% มีกากไขมันไม่อิ่มตัวสูง มีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดไขมันเหลวในสัตว์ได้ โปรตีนรวม 8-13% มีอยู่ 2 ชนิด คือซีนหรือ เซอิน (Zein) ซึ่งพบในเนื้อใน (Endosperm) ในปริมาณมาก แต่โปรตีนชนิดนี้ขาด (Lysine) และ (Tryptophan) ส่วนกลูเทินิน จะพบใน Endosperm น้อย และคัพภะ มีอยู่บ้าง แต่มีส่วนประกอบของ EAA ดีกว่า Zein เพราะมีไลซีนและทริปโตเฟน ประกอบอยู่ในปริมาณที่สูงกว่า (พันทิพา, 2547)

แป้งข้าวโพด

แป้งข้าวโพด (corn flour อาจเรียกว่า maize flour) เป็นแป้ง (flour) ที่ผลิตจากเมล็ดข้าวโพดโดยการบดแห้ง (dry milling) มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว มีไขมันและโปรตีนสูงกว่าสตาร์ชข้าวโพด (corn starch) ซึ่งมีแต่คาร์โบไฮเดรต หรือสตาร์ชเท่านั้น แป้งข้าวโพดใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อแปรรูปเป็นอาหาร เช่น แผ่นข้าวโพดกรอบ (tortilla chip) (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2561)

การแปรรูปข้าวโพด

แป้งข้าวโพด

ได้จากเมล็ดข้าวโพดที่แก่และแห้งแล้ว ผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งข้าวโพดมีอยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น ขนมปังข้าวโพด หรือนำไปทำขนม ใช้เป็นแป้งข้าวโพดชุบผักหรือเนื้อทอด หรือจะใช้เป็นน้ำชุบชั้นราดบนอาหารหลายชนิด แป้งที่ได้จากการโม่เมล็ดข้าวโพดแบบแห้ง เรียกว่า คอรันมิล (cornmeal) เมื่อร่อนแยกขนาดและแยกเอมบริโอออก เรียกว่า คอรันฟลาวัวร์ (corn flour) มีโปรตีน และแร่ธาตุสูง เหมาะที่จะใช้ประกอบอาหาร คอรันสตาร์ช (cornstarch) ได้จากการนำเมล็ดข้าวโพดแช่น้ำเป็นเวลา 36-50 ชั่วโมง เพื่อให้เปลือกนุ่ม แล้วนำเมล็ดไปบดหยาบเพื่อแยกเปลือกชั้นนอกออก แล้วผ่านไปยังถังแช่น้ำเพื่อแยกเอมบริโอออก จะได้แป้งและโปรตีนกลูเตนได้จากการโม่เปียก โดยต้องแช่เมล็ดข้าวโพดในน้ำที่มีส่วนผสมของกำมะถันเผาที่อุณหภูมิ 50 (gluten) เป็นเม็ดขนาดเล็ก จากนั้นนำไปผ่านเครื่องเหวี่ยง จะได้แป้งในรูปสารแขวนลอยเข้มข้นที่มีโปรตีนกลูเตนปนอยู่เล็กน้อย เมื่อนำสารแขวนลอยมาปั่นแยกอีกครั้งด้วยเครื่องเหวี่ยงแรงสูงล้างแป้ง แล้วทำให้แห้งจะได้คอรัน สตาร์ช คอรันสตาร์ชช่วยทำให้อาหารข้น (thickener) ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ ซอส ใช้เป็นแป้งรีดผ้าและใช้ในอุตสาหกรรมการทอผ้า และผลิตเด็กซ์ทริน

น้ำมันข้าวโพด

เป็นน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดที่แก่และแห้งแล้ว ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว และมีกรดไขมันที่จำเป็นอยู่มาก น้ำมันข้าวโพดจัดเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดี และมีประโยชน์ ในการผลิตต้องแยกเอมบริโอออกจากเมล็ดโดยการนึ่งและบดก่อน เสร็จแล้วจึงนำเอมบริโอมาบีบหรือสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย

น้ำมันข้าวโพดมีสีเหลืองและกลิ่นหอม เมื่อเย็นจะไม่มีกลิ่น แต่ถ้าได้รับความร้อนมากขึ้นจะเริ่มมีกลิ่นของข้าวโพดบางๆ หากต้องการจะปรุงอาหารประเภทผัด น้ำมันข้าวโพดก็จะช่วยทำให้อาหารมีรสชาติอร่อย โดยยังคงคุณค่าของสารอาหารที่จำเป็น และสารธรรมชาติที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เพราะเป็นไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated vegetable oil) เช่นเดียวกับน้ำมันงา น้ำมันเมล็ดคั่วฝอย น้ำมันรำข้าว น้ำมันเมล็ดทานตะวัน และน้ำมันถั่วเหลือง เป็นต้น

ด้วยความที่น้ำมันข้าวโพดเป็นไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated vegetable oil) การบริโภคน้ำมันข้าวโพดจึงเป็นดีต่อสุขภาพ เพราะจะช่วยป้องกันโรคหลอดเลือดอุดตัน โรคหัวใจ และโรคมะเร็งได้

น้ำเชื่อมข้าวโพด

เป็นน้ำเชื่อมที่ได้จากการย่อยสลายแป้งข้าวโพดใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มประเภทน้ำอัดลม และขนมหวานต่าง ๆ เป็นสารให้รสหวาน ที่ผลิตโดยนำสตาร์ชข้าวโพดมาทำการไฮโดรไลซ์บางส่วนด้วยกรดที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส เป็นของเหลวข้นหนืดที่ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส มอลโทส เดกซ์ทริน มอลโทเตเด็กซ์ทริน และพอลิแซ็กคาไรด์อื่นๆ degree of hydrolysis จะขึ้นอยู่กับการนำน้ำเชื่อมข้าวโพดไปใช้ประโยชน์ เช่น น้ำเชื่อมข้าวโพดที่พันธะถูกไฮโดรไลซ์ประมาณ 40-60 เปอร์เซ็นต์ จะมี dextrose

equivalent (DE) ระหว่าง 40-60 มีรสหวานประมาณครึ่งหนึ่งของน้ำตาลซูโครส หาก degree of hydrolysis เพิ่มขึ้นน้ำเชื่อมข้าวโพดที่ได้จะมีรสหวานมากขึ้น (ปิยนันท์, 2561)

ผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจ

ขนมปังกรอบ (Biscuit)

เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ทำจากแป้งสาลีเป็นหลักกับส่วนประกอบอื่น อาจปรุงแต่งกลิ่นรสด้วยหรือไม่ก็ได้ มีรูปร่างขนาด ชื่อและวิธีการทำต่างๆกัน ขนมปังกรอบแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ แครกเกอร์ และคุกกี้ แต่ละประเภทแบ่งเป็น 2 ชนิดคือชนิดธรรมดาและชนิดปรุงแต่ง (มอก., 2538) โดยปกติในการทำผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบใช้แป้งสาลีเป็นหลัก ซึ่งแป้งสาลีจะมีกลูเตนที่เกิดจากการรวมตัวของโปรตีนในแป้งกับน้ำ ดังนั้น กลูเตนเป็นสิ่งที่มึลักษณะยางยืดหยุ่นได้ มีความเหนียวเป็นตัวกักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้แป้งโดพองตัวในเวลาหมัก คือตัวเนื้อขนมปัง (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2540)

กลูเตนเป็นโปรตีนส่วนผสมระหว่าง gliadins และ glutenin พบในข้าวสาลี ข้าวไรย์ ข้าวบาร์เลย์ ในขณะที่เดียวกันกลูเตนเป็นสารที่ก่อให้เกิดอาการแพ้ได้จึงเรียกโรคนี้ว่า โรคซีเลียค ดีซีส (Celiac disease) ซึ่งโรคนี้มีอาการท้องเดิน ปวดท้อง มีก๊าซในลำไส้ ท้องอืดเรื้อรัง ซีด อูจจาระมีกลิ่นผิดปกติหรือมีไขมัน น้ำหนักลดหรือเพิ่ม โลหิตจางอย่างไม่มีสาเหตุ ปวดกระดูก หรือข้อ ชาเสียวซ่าที่ขา กล้ามเนื้อเป็นตะคริว ชัก ฟันเหลืองหรือขาดเคลือบฟัน ขึ้นผื่นคัน เรียกว่า dermatitis herpetiformis (โรคผิวหนังอักเสบ ที่เกิดคล้ายเม็ดพุพอง) จากการค้นพบโรคดังกล่าวเป็นวินิจัยของ Dr. Griffin Rodger จาก National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases ซึ่งส่วนมากเป็นโรคที่พบในแถบยุโรป อเมริกา แต่ในเอเชีย เช่น ไทย จีน ญี่ปุ่น มีแนวโน้มรับประทานแบบตะวันตกมากขึ้น เช่น รับประทานขนมปัง เคียวซ่า แผ่นเคียว หรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งสาลีเป็นส่วนผสม มีโอกาสแพ้กลูเตนได้ (Groce, 2009) ทางผู้วิจัยได้ศึกษาผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งที่ไม่มีกลูเตน (gluten free) แทนแป้งสาลี เช่น แป้งข้าว แป้งข้าวโพด แป้งมัน แป้งมันฝรั่ง แป้งท้าวยาย้ม่อม แป้งถั่วเหลือง เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อผลิตเฉพาะให้ผู้บริโภคที่เป็นโรคแพ้กลูเตนจากแป้งสาลี ซึ่งได้ต่อยอดจากรายงานผลการวิจัยเรื่องการศึกษาสูตรที่เหมาะสมสำหรับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปังของชมดาว(2552)

วรรณวรงค์ และ กิตติพงษ์ (2545) ได้ทดลองผลิตคอร์นชิพจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าการใช้น้ำและแป้งข้าวโพดในปริมาณ 60 และ 37 % ตามลำดับ ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีการพองตัวที่เหมาะสม ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี

ดังนั้นจึงทำการศึกษาวิธีการแปรรูปแป้งพลาและแป้งสตาร์ชข้าวโพดให้เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทอาหาร และผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งที่ไม่มีกลูเตน (Gluten free) แทนแป้งสาลี เพื่อใช้แป้งข้าว แป้งมัน แป้งถั่วเหลือง หรือแป้งอื่นๆที่มีอยู่ในประเทศมาทดแทนแป้งสาลี และลดการนำเข้าโดยเพิ่มมูลค่าแป้งสาลี โดยผลที่คาดว่าจะได้รับ คือ ได้วิธีการแปรรูปแป้งพลาและแป้งสตาร์ชข้าวโพดให้เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทอาหาร และสามารถเผยแพร่สู่ผู้บริโภค และเกษตรกร การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตสูตรผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งข้าวโพดพลาและแป้งข้าวโพดสตาร์ช และเพื่อเพิ่มมูลค่าแป้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ CP508
2. เครื่องบดตัวอย่าง
3. อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ เช่น เครื่องวิเคราะห์ความหนืด เครื่องวิเคราะห์ไขมัน เมทานอล กรดซัลฟูริก เป็นต้น
4. อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำผลิตภัณฑ์
5. เครื่องวัดสี
6. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyser: TAXT.plus, Stable Micro Systems, USA.) โดยใช้หัว Cylinder (P/25) โดยใช้ Mode Force in compression, Pre-test Speed 1.0 mm/s, Test Speed 0.5 mm/s, Post Test Speed 10.0 mm/s, Distance 2mm

วิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ โดยมีอัตราส่วนของแป้งเป็นปัจจัย โดย

1. นำเมล็ดข้าวโพดมาทำเป็นแป้งฟลาวโดย อบเมล็ดให้แห้งที่ความชื้นร้อยละ 12 นำไปบดให้ละเอียด ร่อนด้วยตะแกรงขนาด 100 mesh

การทำแป้งสตาร์ชโดย นำแป้งฟลาวมาแช่น้ำพร้อมกวนทิ้งไว้ 1 คืน ให้แป้งตกตะกอน เทน้ำใสทิ้ง ทำเช่นนี้ 2-3 ครั้ง นำแป้งที่ตกตะกอนอบให้แห้งเหลือความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 นำไปบดแล้วร่อนด้วย ตะแกรงขนาด 100 mesh

2. นำแป้งทั้ง 2 ประเภท ทำผลิตภัณฑ์ประเภทอาหารแบบต่าง ๆ

ขนมปัง

- นำแป้งข้าวโพดฟลาวผสมกับแป้งสาลีในอัตราส่วน คือ 0:10 1:9 2:8 3:7 4:6 5:5 6:4 7:3 8:2 9:1

และ 10:0 โดยปรับส่วนผสมอื่นตามคุณสมบัติขนมปัง

แพนเค้ก

- นำแป้งข้าวโพดฟลาวผสมกับแป้งสาลีในอัตราส่วน คือ 0:10 1:9 2:8 3:7 4:6 5:5 6:4 7:3 8:2 9:1

และ 10:0 โดยปรับส่วนผสมอื่นตามคุณสมบัติแพนเค้ก

ขนมปังกรอบปราศจากกลูเตน

- ทดลองสูตรพื้นฐานผลิตขนมปังกรอบ (บิสกิต) โดยดัดแปลงสูตรของชมดาว (2552) โดยมี ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ แป้งมันฝรั่ง 10-13 % แป้งข้าวเจ้า 17-30% แป้งข้าวโพดสตาร์ช 5-11 % แป้ง ข้าวโพดฟลาว 5-11% นมสด 15-25% เนยขาวจากร้าข้าว 8-12% และปัจจัยคงที่ ได้แก่ แชนแทนกัม ผงฟู เบคกิ้งโซดา เกลือ น้ำตาลทรายป่น ไข่ไก่เบอร์ 2

ผลิตภัณฑ์ประเภทเส้น

- นำแป้งสตาร์ชข้าวโพดผสมกับแป้งสตาร์ชถั่วเขียวในอัตราส่วน 0:10 1:9 2:8 3:7 4:6 5:5 6:4 7:3 8:2 9:1 และ 10:0 นำไปทำวุ้นเส้น ลอดช่อง ซ่าหริ่ม ตามวิธีการของแต่ละผลิตภัณฑ์

- นำแป้งสตาร์ชข้าวโพดผสมกับสาหร่ายในอัตราส่วน 0:10 1:9 2:8 3:7 4:6 5:5 6:4 7:3 8:2 9:1 และ 10:0 นำไปทำเส้นพาสต้า

3. วัตถุประสงค์การผลิต คือ คุณค่าทางโภชนาการ เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่น สี ความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค จำนวนไม่ต่ำกว่า 25 คน

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ ตุลาคม 2560 – กันยายน 2561

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิต

การเกษตร

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการทดลองและวิจารณ์

คุณภาพทางเคมีของแป้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งฟลาวและแป้งสตาร์ชข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พบว่า

- แป้งฟลาว มีความชื้น 11.97 % ปริมาณคาร์โบไฮเดรต 68.18 % โปรตีน 7.03 % เส้นใย ไขมัน และเถ้า มีค่าเท่ากับ 1.60 8.79 และ 2.45 % ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

- แป้งสตาร์ช มีความชื้น 5.99 % ปริมาณคาร์โบไฮเดรต 80.19 % โปรตีน 7.03 % เส้นใย ไขมัน และเถ้า มีค่าเท่ากับ 2.53 5.03 และ 0.53 % ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

คุณภาพแป้ง

ปริมาณอมิโลส แป้งฟลาวและแป้งสตาร์ชมีปริมาณอมิโลส 21.75 และ 25.76 % ตามลำดับ แสดงว่าทั้งแป้งฟลาวและแป้งสตาร์ชของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความแข็งมาก (ตารางที่ 1)

ความหนืดแป้ง พบว่าแป้งฟลาวและแป้งสตาร์ชมีค่าความหนืดสูงสุด เท่ากับ 253 และ 442 BU ตามลำดับ ค่า set back เท่ากับ 10.5 และ 202.5 BU ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

Table 1 The chemical composition, amylose and the viscosity of flour and starch.

Dough type	MC (%)	Carbohydrate (%)	Protein (%)	Fat (%)	Fiber (%)	Ash (%)	Amylose (%)	Max vis. (BU)	Set back (BU)
Flour	11.97	68.18	7.03	8.79	1.60	2.45	21.75	253	10.5
Starch	5.73	80.19	5.99	5.03	2.53	0.53	25.76	442	202.5

ผลิตภัณฑ์จากแป้งพลาเว

- นำแป้งพลาเวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาทำขนมปัง ซึ่งจากเดิมที่ใช้แป้งสาลี นำมาปรับส่วนผสมในอัตราส่วนต่าง ๆ ซึ่งในการทำขนมปังพบว่า เมื่อนำมาทำขนมปังแบบก้อน ขนมปังที่ได้มีลักษณะแข็งกระด้าง ร่วน ไม่มีความนุ่มฟู (Figure 1) แต่เมื่อนำมาทดลองทำเป็นขนมปังแบบแผ่น พบว่าขนมปังที่ได้มีความเหนียว นุ่มฟู เมื่อผสมกับแป้งสาลีในอัตราส่วน 8 : 2 คล้ายกับขนมปังที่ทำจากแป้งสาลี 100 % แต่เนื้อขนมปังมีความแน่นมากกว่าขนมปังที่ทำจากแป้งสาลี (Figure 2)

- ทดลองทำแพนเค้ก โดยปรับส่วนผสมในอัตราส่วนต่าง ๆ ซึ่งในการทำแพนเค้กพบว่า การใช้แป้งข้าวโพดในอัตราส่วน 10:0 มีเนื้อสัมผัสเหมือนกับแพนเค้กที่ทำจากแป้งสาลีแต่มีรสขมเกิดขึ้น (Figure 3)

- ทดลองนำแป้งพลาเวมาทำแป้งพรีเจล จากนั้นนำมาทดลองทำอาหารเหลว โดยนำมาผสมกับนมและน้ำผึ้ง พบว่าละลายได้ดี เนื้อผลิตภัณฑ์มีความข้น ไม่ตกตะกอน ไม่แขวนลอยหรือแยกตัวกับนม

ผลิตภัณฑ์จากแป้งสตาร์ช

- นำแป้งสตาร์ชข้าวโพดผสมกับแป้งสตาร์ชถั่วเขียวในอัตราส่วนต่าง ๆ นำไปทำซ่าหริ่ม พบว่า เมื่อใช้แป้งสตาร์ชข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในอัตราส่วนตั้งแต่ 6 : 4 ขึ้นไป เส้นซ่าหริ่มที่ได้จะละเอียด สีเหลืองเข้ม แต่เมื่อใช้แป้งสตาร์ชข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในอัตราส่วนที่น้อยลง เส้นซ่าหริ่มที่ได้มีความยืดหยุ่น เหนียว นุ่ม มีสีที่ใสมากขึ้นตามลำดับ ซึ่งสามารถใช้แป้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ผสมกับแป้งถั่วเขียวในอัตรา 3 : 7 ลักษณะเส้นที่ได้มีความคล้ายเส้นซ่าหริ่มที่ทำจากแป้งสตาร์ชถั่วเขียว โดยเหนียว นุ่ม มีสีที่ใสมากขึ้น (Figure 4)

- นำแป้งสตาร์ชข้าวโพดไปทำเส้นพาสต้า พบว่า เมื่อใช้แป้งสตาร์ชข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 100 % ไม่สามารถรีดแป้งเป็นแผ่นและตัดเป็นเส้นได้ เนื่องจากแป้งมีลักษณะร่วน ไม่มีความเหนียว และไม่เกาะกันเป็นแผ่น เมื่อผสมแป้งอเนกประสงค์ลงในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า แป้งมีความเหนียวเพิ่มขึ้น แต่ไม่สามารถรีดเป็นเส้นได้ จึงทดลองเติมกัม อาราบิก จำนวน 3 % โดยน้ำหนักแป้งลงไป พบว่าในส่วนผสมแป้งในอัตราส่วน 5 : 5 เส้นมีความเหนียวมากขึ้นสามารถรีดเป็นแผ่นและตัดเป็นเส้นได้ แต่เมื่อนำไปต้มแล้วเนื้อสัมผัสที่ได้ยังมีความร่วนอยู่ (Figure 5) เมื่อผสมในอัตราส่วน 3 : 7 และเติมกัม อาราบิก 3% โดยน้ำหนักแป้ง พบว่าเส้นที่ได้มีความเหนียวเพิ่มขึ้น

ผลิตภัณฑ์จากแป้งสตาร์ชผสมแป้งพลาเว

- ทดลองทำบิสกิตปราศจากกลูเตนโดยนำแป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวเจ้า แป้งพลาเวข้าวโพด แป้งสตาร์ชข้าวโพด แชนแทนกัม ผงฟู เบคกิ้งโซดา น้ำตาลทรายป่น ผสมรวมกันในโถ ใช้ความเร็วต่ำ เติมน้ำมัน น้ำมันรำข้าว นวดให้แป้งเป็นเม็ดเล็กๆ จากนั้นเติมไข่ และนมที่ละลายกับเกลือแล้ว ผสมเป็นเนื้อเดียวกันเป็นก้อนโด จากนั้นนำมารีดเป็นแผ่นบางที่มีความหนาประมาณ 0.5 ซม. กดพิมพ์รูปต่าง ๆ และนำไปอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากการทดลองทำบิสกิตจำนวน 4 สูตร พบว่าตัวอย่าง A เนื้อสัมผัสของบิสกิตแข็งเกินไป กระด้าง และตัวอย่าง C บิสกิตที่ได้มีลักษณะกรอบ ร่วน แข็งเกินไป ไม่เหมาะสมเป็นบิสกิตข้าวโพด ตัวอย่าง B และ D บิสกิตที่ได้ลักษณะเนื้อสัมผัส แข็ง กรอบ ไม่หวานมาก (Table 2) จากนั้นจึงนำตัวอย่าง B และ D ไปทดสอบประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบระดับปฏิบัติการจำนวน 27 ราย พบว่าทั้งสอง

ตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสถิติที่ระดับ 0.05 ทางด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ส่วนสีบิสกิตมีความแตกต่างกันเล็กน้อย แต่โดยภาพรวมแล้วทั้งสองตัวอย่างไม่ต่างกันแต่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความคิดเห็นว่าตัวอย่าง B รับประทานแล้วไม่ฝืดคอ มีสีส้ม กลิ่นหอม จึงเลือกตัวอย่าง B เป็นสูตรที่ได้พัฒนาแล้ว (Table 3) จากนั้นนำไปทดสอบวัดสีและเนื้อสัมผัส พบว่า ตัวอย่าง B มีค่าแรงกดมากกว่าตัวอย่าง D แสดงว่าความแข็งมากกว่าแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นในขณะเดียวกันสีของบิสกิตข้าวโพดสองตัวอย่างไม่แตกต่างกัน (Table 4) เช่นเดียวกันในด้านคุณภาพทางเคมีซึ่งไม่มีความแตกต่างกันระหว่างทั้งสองตัวอย่าง (Table 5)

Table 2 Factors affecting the production of maize biscuit samples.

Components (%)	A	B	C	D
Potato starch	10	11	12	13
Rice flour	36	18	18	18
Maize starch	6	11	9	10
Maize flour	6	11	9	10
Fresh milk	25	17	15	18
White butter	8	10	12	10

Table 3 The sensory Feedback of maize biscuit.

Examples	color	Flavour	Flavors	Texture	Overall liking
B	6.04 ± 0.65*	4.96 ± 1.13	4.70 ± 1.30	4.41 ± 1.47	4.52 ± 1.19
D	6.19 ± 0.56	4.70 ± 1.27	4.33 ± 1.36	4.35 ± 1.34	4.35 ± 1.16

* The examples are compared by t-test, meaning there is a significant statistical difference at level 0.05

Table 4 The physical quality of biscuits.

Examples	L*	a*	b*	Compression (Kg)
B	71.5 ± 0.71	9.5 ± 0.71	32.5 ± 0.71	20.57 ± 2.47
D	70 ± 0.00	9 ± 0.00	32 ± 1.41	19.79 ± 2.83

Table 5 The chemical quality of biscuits.

Examples	Protein (%)	Fat (%)	Fiber (%)	Ash (%)
B	7.47	24.78	0.14	1.97
D	7.18	23.66	0.20	1.95



Figure 1 Bread from maize flour mix wheat flour compared with bread from wheat flour at 1.0 : 10 maize flour : wheat flour 2.5 : 5 maize flour : wheat flour 3.3 : 7 maize flour : wheat flour and 4.:10 : 0 maize flour : wheat flour



Figure 2 Bread from maize flour mix wheat flour compared with bread from wheat flour at a.10 : 0 maize flour : wheat flour b.5 : 5 maize flour : wheat flour c.2 : 8 maize flour : wheat flour and d.0 : 10 maize flour : wheat flour



Figure 3 Pancake from maize flour compared with pancake from wheat flour at a. 10 : 0 maize flour : wheat flour b. 0 : 10 maize flour : wheat flour and c. 9 : 1 maize flour : wheat flour



Figure 4 Sarim from maize starch mix mung bean starch compared with sarim from mung bean starch at a.0 : 10 maize starch : mung bean starch
 b.9 : 1 maize starch : mung bean starch c.10 : 0 maize starch : mung bean starch d.3 : 7 maize starch : mung bean starch e.2 : 8 maize starch : mung bean starch f.5 : 5 maize starch : mung bean starch and g.4 : 6 maize starch : mung bean starch



Figure 5 Pasta from maize starch mix wheat flour compared with pasta from wheat flour at a.5 : 5 maize starch : wheat flour b.10 : 0 maize starch : wheat flour c.0 : 10 maize starch : wheat flour



Figure 6 Biscuit gluten-free from maize starch

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองทำผลิตภัณฑ์พบว่า การผสมแป้งฟลาวและแป้งสตาร์ชเข้าด้วยกันสามารถนำมาผลิตเป็นขนมปังกรอบปราศจากกลูเตนที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้แป้งสตาร์ชข้าวโพดเมื่อทำเป็นแป้ง

ฟรีเจลแล้ว สามารถทำเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทอาหารเหลวได้ สรุปได้ว่าการใช้แป้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถใช้แทนแป้งข้าวโพดปกติที่ขายทั่วไปได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- จิรนาถ ทิพย์รักษา และ สุภักษร นุดวงแก้ว. 2552. พาสต้าเสริมเส้นใยจากแป้งถั่วแดงหลวง. วารสาร เทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มิถุนายน 2551- พฤษภาคม 2552.
- ชมดาว สิกขะมณฑล. 2552. การศึกษาสูตรที่เหมาะสมสำหรับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของบิสกิตสมุนไพรที่ไม่มีกลูเตน. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 35 หน้า.
- ประชาชาติธุรกิจ. 2561. จับตา...แก้ปมข้าวโพด. แหล่งที่มา <https://www.prachachat.net>. วันที่ 18 มีนาคม 2561.
- ปิยนันท์ ชาววงจักร. 2561. การผลิตข้าวโพดในประเทศไทยเพื่อการส่งออก. แหล่งที่มา <https://sites.google.com/site/karphlitkhawphod>. สืบค้นวันที่ 20 สิงหาคม 2561.
- พันทิพา พงษ์เพ็ญจันทร์. 2547. หลักการอาหารสัตว์ หลักโภชนศาสตร์และการประยุกต์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พิเชษฐ กฤตลอยมา และ สุรพงษ์ ประสิทธิ์วัฒนเสวี. 2547. เอกสารวิชาการข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. 116 หน้า.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนพานนท์. 2561. Corn flour/แป้งข้าวโพด. แหล่งที่มา www.foodnetworksolution.com. สืบค้นวันที่ 20 สิงหาคม 2561.
- มอก. 2538. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมปังกรอบ มอก.742-2538.
- วรรณวรรงค์ วัชรานันท์ และ กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2545. การผลิตคอร์นชิพจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. วารสาร เกษตรพระจอมเกล้า ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 หน้า 79-86.
- สิรินาถ ตัณฑเกษม. 2542 . สมบัติของแป้งจากเมล็ดทุเรียนและการนำไปใช้ประโยชน์. งานวิจัยสาขาวิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรมอาหาร มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2540. ข้าวสาลี : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะ อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. จำนวน 290 หน้า.
- Groce, V. 2009. Food Allergies. (online) Available : <http://foodallergies>.