บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของวัตถุดิบ

5.1.1 สมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งสาลี

แป้งสาลีที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 2 ชนิด ได้แก่ แป้งสาลีเอนกประสงค์ และแป้งสาลีชนิดอ่อน จากผลการทดลองพบว่า แป้งสาลีเอนกประสงค์มีปริมาณโปรตีนและเถ้าสูงกว่าแป้งสาลีชนิดอ่อน และมีค่าสีเมื่อวัดในหน่วย KJ ติดลบน้อยกว่า ซึ่งหมายถึงมีสีคล้ำกว่าแป้งสาลีชนิดอ่อน เนื่องจากเป็นแป้งส่วนที่อยู่ติดกับรำมากกว่า การที่วัดค่าสีในระบบ Kent-Jones นี้เนื่องจากเป็นระบบที่ใช้กันในอุตสาหกรรมแป้งสาลี จากการศึกษาการเกิดโดของแป้งสาลีทั้ง 2 ชนิดพบว่าแป้งสาลีเอนกประสงค์มีความคงตัวของโด ความต้านการยืดตัวและการยืดของโดสูงกว่าแป้งสาลีชนิดอ่อน เนื่องจากแป้งสาลีเอนกประสงค์มีปริมาณโปรตีนสูงกว่า ในการเกิดโดซึ่งเป็นการรวมตัวของเม็ดแป้ง โปรตีน และน้ำเพื่อเกิดเป็นโครงร่างของโดนั้น แป้งที่มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าจะให้โดที่มีความแข็งแรงและมีความยืดหยุ่นมากกว่า ซึ่งสมบัติเหล่านี้เป็นลักษณะเฉพาะของแป้งทั้ง 2 ชนิด

5.1.2 สมบัติทางเคมีของแป้งข้าวเจ้า

ในการศึกษาสมบัติทางเคมีของแป้งข้าวเจ้าพบว่าแป้งข้าวเจ้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีปริมาณอะมิโลสอยู่ในช่วงของแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะมิโลสสูง ซึ่งเป็นแป้งที่เหมาะสมสำหรับนำมาทำเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยว (อรพิน ภูมิภมร, 2523)

5.1.3 สมบัติทางเคมีของแป้งถั่วเขียว

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของแป้งถั่วเขียวที่ใช้ในงานวิจัยนี้พบว่า ปริมาณโปรตีนลดลงมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโปรตีนในถั่วเขียวทั้งเมล็ดทั้งนี้เนื่องจากแป้งถั่วเขียวนี้ได้มีการแยกส่วนที่เป็นสตาร์ชออกมาเพื่อใช้งาน(ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ และเพ็ญขวัญ ขมปรีดา, 2541)

5.1.4 สมบัติทางเคมีและกายภาพของเส้นใยอาหาร

เส้นใยอาหารที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 2 ชนิด ได้แก่ microcrystalline cellulose และ resistant starch การที่เลือกใช้ microcrystalline cellulose เป็นเพราะ microcrystalline cellulose เป็นแหล่งของเส้นใยอาหารที่ดีคือมีปริมาณเส้นใยอาหารอยู่มากกว่า 90% และถ้าใช้ในรูปของเส้นใยอาหารจากแหล่งอื่น เช่น รำข้าว ก็อาจทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นที่ต้องการ เนื่องจากในรำข้าวจะมีเส้นใยอาหารในรูปของลิกนินซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความกระด้าง ไม่เหนียวนุ่มซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการในผลิตภัณฑ์อาหารเส้น ส่วนเหตุผลที่เลือกใช้ resistant starch นั้นเป็นเพราะมีงานวิจัยที่กล่าวว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการเติม resistant starch จะมีความกระด้างน้อยกว่าเมื่อใช้ microcrystalline cellulose เนื่องจาก resistant starch มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า microcrystalline cellulose (Huang, 1995) ซึ่งสอดคล้องกับผลการถ่ายภาพ Scanning Electron Microscope (SEM) เส้นใยอาหารทั้ง 2 ชนิด

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพพบว่าทั้ง microcrystalline cellulose และ resistant starch มีปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีนต่ำกว่าในแป้งซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตอาหารเส้น และเส้นใยอาหารทั้ง 2 ชนิดมีองค์ประกอบที่เป็นเส้นใยอาหารที่วิเคราะห์ในรูป total dietary fiber (TDF) อยู่มาก แต่ resistant starch มีปริมาณเส้นใยอาหารน้อยกว่า microcrystalline cellulose คือ resistant starch มีปริมาณเส้นใยอาหารประมาณ 1 ใน 3 ของ microcrystalline cellulose เท่านั้น จากผลการศึกษาปริมาณเส้นใยอาหาร โปรตีนและเถ้าของเส้นใยอาหารทั้ง 2 ชนิดพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับที่กำหนดไว้ใน specification ของเส้นใยอาหารทั้ง 2 ชนิด (ภาคผนวก จ) ส่วนผลการวัดสีที่วัดในระบบ Kent-Jones พบว่า microcrystalline cellulose มีสีขาวกว่า resistant starch เนื่องจาก microcrystalline cellulose มีค่าสีติดลบในขณะที่ resistant starch มีค่าสีไม่ติดลบ

5.2 <u>การทดแทนส่วนของแป้งสาลีด้วยเส้นใยอาหารในเส้นบะหมี่</u>

5.2.1 การหาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างแป้งสาลีเอนกประสงค์และแป้งสาลีชนิดอ่อน

เมื่อนำแป้งสาลีเอนกประสงค์ผสมกับแป้งสาลีชนิดอ่อนในสัดส่วนต่างๆกันแล้วนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพพบว่าแป้งผสมที่เกิดขึ้นมีองค์ประกอบเปลี่ยนแปลงไปตาม

ปริมาณของแป้งทั้ง 2 ชนิด คือเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งสาลีชนิดอ่อน แป้งผสมจะมีปริมาณโปรตีนและเถ้าลดลง เนื่องจากแป้งสาลีชนิดอ่อนมีปริมาณโปรตีนและเถ้าต่ำกว่าแป้งสาลีเอนกประสงค์ และในขณะเดียวกันแป้งผสมจะมีสีขาวขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งสาลีชนิดอ่อนทั้งนี้เพราะแป้งสาลีชนิดอ่อนมีสีขาวกว่าแป้งสาลีเอนกประสงค์

จากการศึกษาการเกิดโดของแป้งผสมระหว่างแป้งสาลีเอนกประสงค์และแป้งสาลีชนิดอ่อน พบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งสาลีชนิดอ่อนมีผลต่อสมบัติของโด คือทำให้ความคงตัวของโด (stability) ความต้านการยืดของโด (resistance) และการยืดของโด (elasticity) ลดลง เนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งสาลีชนิดอ่อน โปรตีนในแป้งผสมจะลดลง ดังนั้นความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของโดจึงลดลง (Edwards et al., 1996)

เมื่อนำแป้งผสมระหว่างแป้งสาลีเอนกประสงค์และแป้งสาลีชนิดอ่อนไปทำเป็นเส้นบะหมี่ แล้วทดสอบสมบัติของเส้น ได้แก่ สีและเนื้อสัมผัส พบว่าเส้นบะหมี่มีสีแตกต่างกัน โดยเส้นบะหมี่ที่ทำจากแป้งผสมที่มีแป้งสาลีเอนกประสงค์อยู่มากจะมีสีคล้ำมากกว่าเนื่องจากแป้งก่อนที่จะนำมาทำผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำกว่าอยู่แล้ว เมื่อนำมาทำเส้นบะหมี่ เส้นบะหมี่ที่ได้จึงมีสีคล้ำกว่า และเมื่อนำเส้นบะหมี่ไปวัดเนื้อสัมผัสพบว่าเส้นบะหมี่ที่ผลิตจากแป้งผสมที่มีแป้งสาลีเอนกประสงค์ในปริมาณมากมีค่าความต้านการดึงสูงกว่า สามารถดึงได้ยาวกว่า และมีความกระด้างมากกว่า เนื่องจากแป้งผสมที่มีแป้งสาลีเอนกประสงค์ผสมอยู่มากมีปริมาณโปรตีนมากกว่า โครงร่างของเจลที่เกิดขึ้นจึงแข็งแรงมากกว่า (Edwards et al., 1996)

ผลการประเมินผลทางประสาทสัมผัสเส้นบะหมี่พบว่า เส้นบะหมี่ที่มีส่วนของแป้งสาลีเอนกประสงค์ผสมอยู่มากมีคะแนนด้านสีน้อยกว่าเพราะมีสีคล้ำกว่าซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดสี (ตารางที่ 4.2.5) และเส้นบะหมี่ที่มีองค์ประกอบของแป้งเอนกประสงค์มากจะได้รับคะแนนด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่า ($p \leq 0.05$) แต่ตัวอย่างที่ใช้แป้งสาลีเอนกประสงค์ล้วนได้รับคะแนนด้านเนื้อสัมผัสต่ำกว่าตัวอย่างที่ผสมแป้งสาลีเอนกประสงค์ 25% ทั้งนี้ผู้ทดสอบให้เหตุผลว่าตัวอย่างที่ผสมแป้งสาลีชนิดอ่อน 25 % เส้นบะหมี่มีความเหนียวนุ่มในขณะที่ตัวอย่างที่ใช้แป้งสาลีเอนกประสงค์ล้วนมีความกระด้างสูงกว่า

ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกแป้งผสมระหว่างแป้งสาลีเอนกประสงค์ 75 %และแป้งสาลีชนิดอ่อน 25 % ไปใช้ในงานวิจัยขั้นต่อไป

5.2.2 การหาปริมาณเกลือและโซเดียมคาร์บอเนตที่เหมาะสมในการผลิตเส้นบะหมี่

ในการหาปริมาณเกลือและโซเดียมคาร์บอเนตที่เหมาะสมในการผลิตเส้นบะหมี่โดยการแปรปริมาณเกลือเป็น 1.0, 1.5 และ 2.0 % และแปรปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตเป็น 0.5, 1.0 และ 1.5 % ตามลำดับ และนำเส้นบะหมี่ที่ได้มาวัดสี เนื้อสัมผัส และประเมินผลทางประสาทสัมผัส

จากผลการวัดสีเส้นบะหมี่ที่เตรียมขึ้นโดยแปรปริมาณเกลือและโซเดียมคาร์บอเนต พบว่าปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตมีผลต่อสีของเส้นบะหมี่ คือโซเดียมคาร์บอเนตทำให้ค่าความสว่างและค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อฟลาโวนซึ่งเป็นสารให้สีอยู่ในสารละลายด่างจะให้สีเหลือง (Hutchings, 1994) การเพิ่มปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตจะทำให้ความเป็นด่างเพิ่มขึ้น จึงเกิดสีเหลืองมากขึ้น

เมื่อนำเส้นบะหมี่ที่ได้ไปวัดเนื้อสัมผัสพบว่า การเพิ่มปริมาณเกลือและโซเดียม-คาร์บอเนตทำให้เส้นบะหมี่มีความทนแรงดึงและสามารถดึงยืดได้มากขึ้น เนื่องจากเกลือมีผลต่อกลูเตนของโดโดยเพิ่มความแข็งแรงและแรงต้านการยืดของโด (Edwards et al., 1996) นอกจากนั้นเกลือยังช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ protease ทำให้โดคงความเหนียวและความยืดหยุ่นได้นาน ส่วนโซเดียมคาร์บอเนตจะมีผลต่อการอุ้มน้ำของโดและทำให้การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น ทำให้สตาร์ชในโดมีความหนืดเพิ่มขึ้น จึงทำให้โดยืดตัวได้มากขึ้น ส่วนความกระด้างของเส้นลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตนั้นเป็นผลมาจากโซเดียมคาร์บอเนตช่วยให้โดมีการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า การเพิ่มปริมาณโซเดียม-คาร์บอเนตทำให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนด้านสีเพิ่มขึ้นเนื่องจากเส้นบะหมี่มีสีเหลืองสวย แต่เมื่อเพิ่มปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตเป็น 1.5 % คะแนนด้านกลิ่นรสลดลงเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสของด่างแรงและผู้ทดสอบรู้สึกเฝื่อนลิ้น ทำให้ไม่ยอมรับตัวอย่างที่เติมโซเดียมคาร์บอเนต 1.5 % และเมื่อพิจารณาคะแนนความชอบรวมเพื่อหาปริมาณเกลือและโซเดียมคาร์บอเนตที่เหมาะสมสำหรับการผลิตบะหมี่พบว่าตัวอย่างที่ใช้เกลือ 1.5 % และโซเดียมคาร์บอเนต 1.0% มีคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด ดังนั้นจึงเลือกใช้เกลือ 1.5 % ของน้ำหนักแป้งร่วมกับโซเดียมคาร์บอเนต 1.0 % ของน้ำหนักแป้งสำหรับผลิตบะหมี่ในขั้นตอนต่อไป

จากผลในข้อ 5.2.1 และ 5.2.2 สรุปได้ว่าสูตรที่เหมาะสมสำหรับผลิตเส้นบะหมี่ คือ แป้งผสมระหว่างแป้งสาลีเอนกประสงค์ 75 % และแป้งสาลีชนิดอ่อน 25 % ซึ่งจะทำให้ได้แป้งสาลี

ผสมที่มีโปรตีน 10.16 % สำหรับปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตและเกลือที่เหมาะสมคือ โซเดียม-คาร์บอเนต 1.0 % และเกลือ 1.5 % ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Shelke และคณะที่พบว่า บะหมี่แบบจีนที่มีคุณภาพดีควรจะผลิตจากแป้งสาลีที่มีโปรตีน 10.0 - 11.5 % เกลือ 1.4 - 1.7 % และโซเดียมคาร์บอเนต 0.7 - 1.0 % (Shelke et al., 1990)

5.2.3 การทดแทนส่วนของแป้งสาลีด้วยเส้นใยอาหาร

ในการศึกษาการทดแทนส่วนของแป้งสาลีด้วยเส้นใยอาหารในเบื้องต้นได้มีการทดลองโดยทดแทนส่วนของแป้งสาลีด้วย microcrystalline cellulose และ resistant starch ในปริมาณต่างๆกับ แล้วนำแป้งที่ได้ทดแทนส่วนของแป้งสาลีด้วยเส้นใยอาหารทั้ง 2 ชนิดไปผลิตเป็นเส้นบะหมี่พบว่าในการรีดโดนั้นไม่สามารถรีดโดให้เรียบเนียนได้เพราะโดเกิดการฉีกขาด ซึ่งอาจเป็นเพราะปริมาณกลูเตนซึ่งเป็นโปรตีนส่วนใหญ่ที่พบในแป้งสาลีลดลงทำให้ไม่สามารถเกิดการรวมตัวกันเป็นโครงร่างที่แข็งแรงได้ จึงได้ทดลองนำ xanthan gum มาใช้เป็น binder เหตุผลที่เลือกใช้ xanthan gum เนื่องมาจากการที่ xanthan gum มีสมบัติในการเป็นเส้นใยอาหารด้วยโดยเป็นเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงได้ใช้ microcrystalline cellulose และ resistant starch ร่วมกับ xanthan gum

การทดแทนส่วนของแป้งสาลีด้วย microcrystalline cellulose นั้นได้แปรปริมาณ microcrystalline cellulose เป็น 2.5, 5.0 และ 7.5 % เนื่องจากไม่สามารถเพิ่มปริมาณ microcrystalline cellulose ได้สูงกว่านี้เพราะไม่สามารถรีดโดได้เนื่องจากโดเกิดการฉีกขาดซึ่งอาจเป็นเพราะเมื่อเพิ่มปริมาณ microcrystalline cellulose ปริมาณกลูเตนก็จะยิ่งลดลง และแปรปริมาณ xanthan gum เป็น 0.5 และ1.0 % เพราะถ้าใช้ xanthan gum น้อยกว่า 0.5% โดก็ยังเกิดการฉีกขาด แต่ถ้าใช้ xanthan gum สูงกว่า 1.0% โดก็จะมีลักษณะที่เหนียวติดมือเล็กน้อย

จากการศึกษาสมบัติของแป้งที่ทดแทนส่วนของแป้งสาลีด้วย microcrystalline cellulose และ xanthan gum พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ microcrystalline cellulose ปริมาณความชื้นและโปรตีนของแป้งลดลง เนื่องจาก microcrystalline cellulose มีปริมาณความชื้นและโปรตีนต่ำกว่าแป้งสาลี และเมื่อศึกษาการเกิดโดของแป้งดังกล่าวพบว่า ทั้งปริมาณ microcrystalline cellulose และ xanthan gum มีผลต่อการดูดซึมน้ำเนื่องจากทั้ง microcrystalline cellulose และ xanthan gum มีความสามารถในการอุ้มน้ำ (Huang, 1995 ; Edwards et al, 1995) นอกจากนี้ทั้ง microcrystalline cellulose และ xanthan gum ยังมีผลทำให้เวลาที่ใช้ใน

การเกิดโดเพิ่มขึ้น (Huebner and Wall, 1979) เนื่องจากเมื่อ gum รวมตัวกับน้ำจะทำให้เกิดความข้นหนืด ส่งผลให้การรวมตัวเป็นโครงร่างของสตาร์ช โปรตีน และ cellulose ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นใยยืดยาวเกิดได้ยากขึ้น ส่วนค่าความต้านการยืดตัวของโดพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากเจลระหว่าง gum กับน้ำทำให้เกิดโครงสร้างที่แข็งแรงขึ้น แต่การที่การยืดของโดลดลงอาจเป็นเพราะ cellulose ที่เติมเข้าไปนั้นเข้าไปแทรกในกลูเตน ทำให้โครงร่างของโดยืดตัวได้ยาก

จากการนำแป้งที่ทดแทนส่วนของแป้งสาลีด้วย microcrystalline cellulose และ xanthan gum ไปผลิตเป็นเส้นบะหมี่แล้วทดสอบสมบัติด้านสีและเนื้อสัมผัสพบว่า การเกิดสีคล้ำในเส้นบะหมี่เมื่อเก็บไว้ 24 ชั่วโมงนั้นน้อยลงเมื่อเพิ่มปริมาณ cellulose ซึ่งการเกิดสีคล้ำนี้เกิดเนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์ polyphenol oxidase กับ tyrosine หรือสารฟีนอลอื่นในแป้งแล้วให้สารสีน้ำตาล (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532) การเพิ่มปริมาณ cellulose ซึ่งมีความสามารถในการอุ้มน้ำ จึงอาจทำให้มีโมเลกุลอิสระของน้ำที่จะถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลลดลง บะหมี่ที่ทดแทนส่วนของแป้งด้วย cellulose มากขึ้นจึงมีสีคล้ำน้อยกว่า

เมื่อนำเส้นบะหมี่ที่ได้ไปวัดเนื้อสัมผัสพบว่าการเพิ่มปริมาณ cellulose ทำให้เส้นบะหมี่มีความต้านการดึงลดลง สามารถดึงยืดเส้นได้น้อยลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเมื่อทดแทนส่วนของแป้งด้วย cellulose มากขึ้นจะทำให้ส่วนของแป้งที่จะเกิด gelatinization ลดลงและอีกสาเหตุหนึ่งอาจเป็นเพราะการที่มีเส้นใยของ cellulose เข้าไปแทรกในโครงร่างของเจล ทำให้เจลที่เกิดขึ้นมีความเหนียวและความแข็งแรงลดลง (Rao, 1991) ส่วนการเพิ่มปริมาณ xanthan gum นั้นพบว่ามีผลต่อความต้านการดึงเพราะ gum จะช่วยทำให้เจลที่เกิดขึ้นมีความแข็งแรงมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการเพิ่ม xanthan gum ในระดับนี้ไม่มีผลต่อการยืดและความกระด้างของเส้นซึ่งอาจเป็นเพราะปริมาณที่ใช้นี้น้อยเกินไปจึงไม่เห็นผลดังเช่นในงานวิจัยอื่นที่ใช้ xanthan gum 2 % ในการผลิตพาสต้าแล้วทำให้เส้นพาสต้ามีความเหนียวและความกระด้างเพิ่มขึ้น (Edwards et al., 1995)

การประเมินผลทางประสาทสัมผัสเส้นบะหมี่ที่ทดแทนส่วนของแป้งสาลีด้วย micro-crystalline cellulose และ xanthan gum และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนด้านสี เนื้อสัมผัสทั้งด้านความนุ่มและความเหนียวความชอบรวมไม่แตกต่างกัน($p>0.05$) ทั้งในผลิตภัณฑ์ที่เติม cellulose และไม่เติม cellulose ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการใช้ cellulose ร่วมกับ gum นั้น gum จะช่วยทำให้เกิดการรวมตัวของสตาร์ช โปรตีน และ cellulose ขึ้นได้ และเจลที่เกิดเนื่องจาก gum ก็ทำให้โครงร่างมีความแข็งแรง เส้นบะหมี่ที่ได้จึงยังมีความนุ่มและความ

เหนียวอยู่แม้ว่าจะมีการทดแทนส่วนของแป้งด้วย cellulose ส่วนการใช้ xanthan gum 0.5 และ 1.0% นั้นพบว่าให้ผลไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าสามารถทดแทนส่วนของแป้งสาลีด้วย microcrystalline cellulose ได้ 7.5 % โดยใช้ร่วมกับ xanthan gum 0.5 %โดยน้ำหนัก

ในการทดแทนส่วนของแป้งสาลีด้วย resistant starch และ xanthan gum ก็เช่นเดียวกันคือได้ทดลองหาช่วงที่สามารถทดแทนส่วนของแป้งได้ก่อน โดยพบว่าสามารถแปรปริมาณ resistant starch เป็น 5, 10 และ 15 % และแปรปริมาณ xanthan gum เป็น 0.5 และ1.0 % ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับเมื่อทดแทนด้วย microcrystalline cellulose จากการศึกษาสมบัติของแป้งที่ทดแทนส่วนของแป้งสาลีด้วย resistant starch และ xanthan gum พบว่าแป้งดังกล่าวมีปริมาณความชื้นและโปรตีนลดลง เนื่องจาก resistant starch มีปริมาณความชื้นและโปรตีนต่ำกว่าแป้งสาลี ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณ resistant starch แทนส่วนของแป้งสาลีมากขึ้น แป้งที่ได้จึงมีปริมาณความชื้น และโปรตีนลดลง

เมื่อนำแป้งที่ทดแทนส่วนของแป้งสาลีด้วย resistant starch และ xanthan gum มาศึกษาการเกิดโดพบว่าทั้งปริมาณ resistant starch และ xanthan gum มีผลต่อการดูดซึมน้ำเนื่องจากทั้ง resistant starch และ xanthan gum มีความสามารถในการอุ้มน้ำ (Huang, 1995 ; Edwards et al., 1995) สำหรับเวลาที่ใช้ในการเกิดโดพบว่าการเพิ่มปริมาณ xanthan gum ทำให้เวลาที่เกิดโดเพิ่มขึ้น ส่วนการเพิ่ม resistant starch พบว่าจะทำให้เวลาที่ใช้ในการเกิดโดลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ resistant starch เมื่อเข้าไปแทรกในโครงร่างของโดแล้วทำให้ความข้นหนืดของเจลลดลง ทำให้ผลต่างไปจาก cellulose ซึ่งมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าเพราะมีลักษณะเป็นเส้นใยที่ยาว เมื่อเข้าไปแทรกในโครงร่างของโดจึงอาจจะมีการพันกัน ทำให้ใช้เวลาในการเกิดโดนานขึ้น ส่วนค่าความต้านการยืดตัวของโดพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนการยืดของโดลดลงเช่นเดียวกันกับเมื่อทดแทนด้วย microcrystalline cellulose

จากการนำแป้งที่ทดแทนส่วนของแป้งสาลีด้วย resistant starch และ xanthan gum ไปผลิตเป็นเส้นบะหมี่แล้วทดสอบสมบัติด้านสีและเนื้อสัมผัสพบว่า ให้ผลเช่นเดียวกันกับเมื่อทดแทนด้วย microcrystalline cellulose คือ สีคล้ำในเส้นบะหมี่เมื่อเก็บไว้ 24 ชั่วโมงนั้นเกิดขึ้นน้อยลงเมื่อเพิ่มปริมาณ resistant starch เนื่องจากการที่ resistant starch มีความสามารถในการอุ้มน้ำเช่นเดียวกัน จึงทำให้มีโมเลกุลอิสระของน้ำที่จะถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลลดน้อยลง บะหมี่ที่ทดแทนส่วนของแป้งด้วย resistant starch มากขึ้นจึงมีสีคล้ำน้อยกว่า

เมื่อนำเส้นบะหมี่ที่ได้ไปวัดเนื้อสัมผัสพบว่าการเพิ่มปริมาณ resistant starch ทำให้เส้นบะหมี่มีความต้านการดึงลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะเมื่อทดแทนส่วนของแป้งด้วย resistant starch มากขึ้นจะทำให้ส่วนของแป้งที่จะเกิด gelatinization ลดลงและ resistant starch เข้าไปแทรกในโครงร่างของเจล ทำให้เจลที่เกิดขึ้นมีความเหนียวและความแข็งแรงลดลง แต่การเพิ่มปริมาณ resistant starch นั้นพบว่าไม่มีผลต่อการยืดของเส้นและความกระด้างของเส้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ resistant starch มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า cellulose (Huang, 1995) จึงทำให้การขัดขวางการเกิดเจลของแป้งเกิดขึ้นน้อยกว่า ส่วนการเพิ่มปริมาณ xanthan gum นั้นพบว่าให้ผลเช่นเดียวกันกับเมื่อทดแทนด้วย microcrystalline cellulose คือ xanthan gum มีผลต่อความต้านการดึงเพราะ gum จะช่วยทำให้เจลที่เกิดขึ้นมีความแข็งแรงมากขึ้น

จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสเส้นบะหมี่ที่ทดแทนส่วนของแป้งสาลีด้วย resistant starch และ xanthan gum พบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนด้านสี เนื้อสัมผัสทั้งด้านความนุ่มและความเหนียวตลอดจนความชอบรวมไม่แตกต่างกันทั้งไม่ว่าจะเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่เติม resistant starch น้อยกว่าหรือไม่เติม resistant starch ซึ่งอาจอธิบายได้ทำนองเดียวกันกับเมื่อทดแทนส่วนของแป้งสาลีด้วย microcrystalline cellulose

ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าในการทดแทนส่วนของแป้งสาลีด้วย resistant starch นั้นสามารถทดแทนส่วนของแป้งสาลีด้วย resistant starch ได้ 15 % โดยใช้ร่วมกับ xanthan gum 0.5 % โดยน้ำหนัก

5.3. <u>การทดแทนส่วนของแป้งข้าวเจ้าด้วยเส้นใยอาหารในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว</u>

5.3.1 การหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำแป้ง

เมื่อนำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เตรียมจากน้ำแป้งความเข้มข้น 30, 32.5, 35 และ 37.5 % ไปทดสอบสมบัติด้านสี และเนื้อสัมผัส พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งมีผลต่อสีของเส้นก๋วยเตี๋ยว คือทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งข้าวเจ้าซึ่งเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการทำเส้นก๋วยเตี๋ยวนั้นมีสีขาวนวล เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งในน้ำแป้งแล้วให้ความร้อน เจลของแป้งที่เกิดขึ้นจึงมีความเป็นสีเหลืองมากขึ้น

การวัดเนื้อสัมผัสเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีค่าความต้านการดึงและสามารถดึงยืดได้มากขึ้นและเส้นมีความกระด้างเพิ่มขึ้น เนื่อง

จากการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งทำให้เจลของแป้งที่เกิดขึ้นมีความเหนียวและแข็งแรงมากขึ้น

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เตรียมจากน้ำแป้งความเข้มข้นต่างๆกันพบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวที่เตรียมจากน้ำแป้งความเข้มข้น 30 % ได้รับคะแนนด้านสีสูงที่สุดเนื่องจากมีสีขาวกว่าตัวอย่างอื่นซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดสีที่พบว่าตัวอย่างนี้มีค่า L สูงที่สุด แต่ในขณะเดียวกันตัวอย่างนี้ก็ได้รับคะแนนด้านความเหนียวน้อยที่สุดซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดเนื้อสัมผัสที่พบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากน้ำแป้ง 30 % มีความเหนียวและความกระด้างน้อยที่สุด และการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งทำให้คะแนนด้านความเหนียวไม่แตกต่างกันแต่มีความนุ่มลดลงเนื่องจากเมื่อเกิดเจลแล้วเจลมีความกระด้างเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาคะแนนความชอบรวมเพื่อเลือกความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวพบว่า ตัวอย่างที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดคือตัวอย่างที่เตรียมจากน้ำแป้งความเข้มข้น 32.5 % ($p \leq 0.05$) ดังนั้นในการทำเส้นก๋วยเตี๋ยวในงานวิจัยขั้นต่อไปจะใช้น้ำแป้งความเข้มข้น 32.5 %

5.3.2 การทดแทนส่วนของแป้งข้าวเจ้าด้วยเส้นใยอาหาร

ในการทดแทนส่วนของแป้งข้าวเจ้าด้วย microcrystalline cellulose โดยทดแทนส่วนของแป้งข้าวเจ้าด้วย microcrystalline cellulose 5, 10 และ 15 % ตามลำดับ แล้วนำแป้งที่ได้ไปผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยว แล้วนำไปวัดสีและเนื้อสัมผัส รวมทั้งนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เมื่อนำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เตรียมจากแป้งที่ทดแทนส่วนของแป้งข้าวเจ้าด้วย microcrystalline cellulose มาวัดสีพบว่าการเพิ่มปริมาณ microcrystalline cellulose ไม่มีผลต่อสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวเนื่องจาก microcrystalline cellulose มีสีใกล้เคียงกับสีของแป้งข้าวเจ้า

ผลการวัดเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทดแทนส่วนของแป้งข้าวเจ้าด้วย microcrystalline cellulose พบว่าการเติม microcrystalline cellulose มีผลต่อเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวคือทำให้ความต้านการดึงลดลง สามารถดึงยืดได้น้อยลง และความกระด้างของเส้นลดลง เนื่องจากเมื่อทดแทนส่วนของแป้งข้าวเจ้าด้วย microcrystalline cellulose แล้วจะทำให้มีส่วนของแป้งที่จะเกิดเจลลดลง เจลของแป้งที่เกิดขึ้นจึงมีความแข็งแรงลดลง ดังนั้นความต้านการดึง การยืดและความกระด้างของเส้นก๋วยเตี๋ยวจึงลดลงด้วย

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทดแทนส่วนของแป้งข้าวเจ้าด้วย microcrystalline cellulose พบว่าการเพิ่มปริมาณ microcrystailline cellulose เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้มีคะแนนด้านสีลดลง ในขณะเดียวกันก็มีคะแนนด้านความนุ่มและความเหนียวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาคะแนนด้านความชอบรวมเพื่อดูการยอมรับการทดแทนส่วนของแป้งข้าวเจ้าด้วย microcrystalline cellulose พบว่าตัวอย่างที่มีการทดแทนส่วนของแป้งด้วย microcrystalline cellulose 15 % มีคะแนนน้อยกว่าตัวอย่างอื่น เนื่องจากผู้ทดสอบให้เหตุผลว่าเมื่อทดสอบผลิตภัณฑ์แล้วเกิดความสากลิ้นได้จึงไม่ยอมรับตัวอย่างนี้ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าสามารถทดแทนส่วนของแป้งข้าวเจ้าด้วย microcrystailline cellulose ได้ 10% โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าล้วน ($p > 0.05$) ในการทดแทนส่วนของแป้งข้าวเจ้าด้วย microcrystalline cellulose นั้นพบว่า ไม่จำเป็นต้องใช้ร่วมกับ gum เนื่องจากในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวนั้นเป็นการทำให้น้ำแป้งเกิด gelatinization แล้วเกิดเจลของแป้งขึ้น แต่ในการทดแทนส่วนของแป้งสาลีด้วย microcrystalline cellulose ในเส้นบะหมี่จำเป็นต้องใช้ gum ด้วยเพราะวิธีการผลิตอาหารเส้น 2 ชนิดนี้แตกต่างกัน ซึ่งในการทำเส้นบะหมี่เราต้องผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เกิดเป็นโดก่อน ซึ่งในขั้นตอนนี้ยังไม่มีการให้ความร้อน เมื่อเราเติมเส้นใยอาหารลงไปจะทำให้โดที่เกิดขึ้นไม่แข็งแรง เมื่อนำไปรีดจะขาดง่าย ไม่สามารถรีดให้เป็นแผ่นและมีความเรียบเนียนได้ จึงต้องมีการนำ gum มาใช้ร่วมด้วย

การทดแทนส่วนของแป้งข้าวเจ้าด้วย resistant starch โดยแปรปริมาณ resistant starch เป็น 10, 15 และ 20 % แล้วทำเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยว นำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้ไปทดสอบสมบัติของเส้นและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เมื่อนำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทดแทนส่วนแป้งข้าวเจ้าด้วย resistant starch ไปวัดสี พบว่าการเพิ่มปริมาณ resistant starch ไม่มีผลต่อค่าความสว่างและค่า a แต่จะมีผลต่อค่า b คือเมื่อเพิ่มปริมาณ resistant starch จะมีผลทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีสีเหลืองมากขึ้น เนื่องจาก resistant starch มีค่าความเป็นสีเหลืองมากกว่าแป้งข้าวเจ้า (ค่า b ของแป้งข้าวเจ้า = 2.21 ± 0.02 , ค่า b ของ resistant starch = 5.32 ± 0.04) ซึ่งการที่ resistant starch มีค่าสีเหลืองมากนี้อาจเป็นผลมาจากในการทำให้สตาร์ชเกิด retrogradation เพื่อผลิต resistant starch ต้องมีการให้ความร้อนสูงด้วย autoclave (Eerlingen et al., 1993)

จากการวัดเนื้อสัมผัสเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทดแทนส่วนของแป้งข้าวเจ้าด้วย resistant starch พบว่าการเติม resistant starch มีผลต่อเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยว คือทำให้เส้น

ก๋วยเตี๋ยวมีความต้านการดึง การดึงยืดและความกระด้างลดลงเนื่องจาก resistant starch เข้าไปแทรกในโครงร่างของเจล ทำให้เจลที่เกิดขึ้นมีความแข็งแรงลดลง

การเพิ่มปริมาณ resistant starch มีผลต่อการยืดของเส้นก๋วยเตี๋ยวซึ่งแตกต่างไปจากผลที่พบเมื่อทดแทนส่วนของแป้งในเส้นบะหมี่ที่พบว่าการเพิ่มปริมาณ resistant starch ไม่มีผลต่อการยืดของเส้นก๋วยเตี๋ยว ทั้งนี้เป็นเพราะในเส้นบะหมี่มีการนำ gum มาใช้ร่วมด้วย ซึ่ง gum จะช่วยให้เจลที่เกิดขึ้นมีความแข็งแรงมากขึ้น

เมื่อนำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทดแทนส่วนของแป้งข้าวเจ้าด้วย resistant starch ไปประเมินคุณภาพทางประสาทพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ resistant starch ตัวอย่างจะได้รับคะแนนด้านสีและความเหนียวลดลง แต่มีความนุ่มไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาคะแนนด้านความชอบรวมพบว่าตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทดแทนส่วนของแป้งด้วย resistant starch 15 % มีคะแนนไม่ต่างจากตัวอย่างที่ไม่มีการทดแทนด้วย resistant starch ($p > 0.05$) แต่การทดแทนส่วนของแป้งด้วย resistant starch 20 % มีคะแนนความชอบรวมน้อยที่สุด($p \leq 0.05$) และผู้ทดสอบบางคนไม่ยอมรับตัวอย่างนี้เป็นเพราะผู้ทดสอบรู้สึกว่าผลิตภัณฑ์มีความสากลิ้นเล็กน้อย

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสามารถทดแทนส่วนของแป้งข้าวเจ้าด้วย resistant starch ในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวได้ 15 %

5.4 การทดแทนส่วนของแป้งข้าวเจ้าด้วยเส้นใยอาหารในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้

5.4.1 การหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำแป้งถั่วเขียว

ในการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำแป้งถั่วเขียวเพื่อผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้นั้น ได้ทดลองเตรียมน้ำแป้งที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 25% โดยน้ำหนักเปียก แล้วผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ แต่พบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ที่ได้มีความเหนียวน้อยมากและดึงแผ่นแป้งที่สุกออกจากถาดได้ยากเพราะแผ่นแป้งจะขาด ดังนั้นจึงได้เตรียมน้ำแป้งที่มีความเข้มข้นสูงกว่า 25% แต่เมื่อความเข้มข้นของน้ำแป้งถั่วเขียวสูงกว่า 30% ผลิตภัณฑ์จะแข็งและมีความกระด้างมาก ดังนั้นจึงได้แปรปริมาณน้ำแป้งถั่วเขียวเป็น 25, 27.5 และ 30 % ตามลำดับ

เมื่อผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้จากน้ำแป้งถั่วเขียวความเข้มข้น 25, 27.5 และ 30 % จะได้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้มีลักษณะใส มีสีเขียวเล็กน้อย แต่เมื่อนำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้นี้ไปวัดสีพบว่า

การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งถั่วเขียวไม่มีผลต่อค่าความสว่าง ค่าสีเขียวและค่าสีเหลือง ซึ่งอาจเป็นเพราะการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งถั่วเขียวนั้นได้เพิ่มแป้งถั่วเขียวในปริมาณน้อย คือ เพิ่มขึ้นทีละ 2.5% เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจึงพบว่าไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

ในการวัดเนื้อสัมผัสพบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งถั่วเขียวทำให้สามารถดึงยืดเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ได้มากขึ้น และเส้นมีความกระด้างเพิ่มขึ้น แต่จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งถั่วเขียวไม่มีผลต่อค่าความต้านทานการดึง ($p > 0.05$) ทั้งๆที่ควรจะทำให้ความต้านทานการดึงเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นเพราะการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งได้เพิ่มขึ้นในปริมาณน้อย

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ที่เตรียมจากน้ำแป้งความเข้มข้นต่างๆกันพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งถั่วเขียวไม่มีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์คือเส้นมีลักษณะใกล้เคียงกันคือ มีลักษณะใส มีสีเขียวเล็กน้อยซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากคลอโรฟิลล์ในเมล็ดและเปลือกถั่ว ความแตกต่างของคะแนนด้านสีนี้เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าไม่แตกต่างกัน ส่วนคะแนนเนื้อสัมผัสด้านความนุ่มและความเหนียวพบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งถั่วเขียว คะแนนด้านความนุ่มลดลงเนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งถั่วเขียวทำให้เจลของแป้งที่เกิดขึ้นมีความแข็งแรงมากขึ้น เส้นจึงมีความกระด้างเพิ่มขึ้น สำหรับคะแนนด้านความเหนียวพบว่าไม่แตกต่างกันซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดความต้านการดึงด้วยเครื่อง

เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบเพื่อเลือกความเข้มข้นของน้ำแป้งถั่วเขียวที่เหมาะสมสำหรับผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้พบว่า ตัวอย่างที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดคือตัวอย่างที่เตรียมจากน้ำแป้งถั่วเขียวความเข้มข้น 22.5 % ดังนั้นในการทำเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ในงานวิจัยขั้นต่อไปจะใช้น้ำแป้งความเข้มข้น 22.5 %

5.4.2 การทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วยเส้นใยอาหาร

ในการทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วย microcrystalline cellulose โดยทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วย microcrystalline cellulose 5, 10 และ 15 % ตามลำดับ แล้วนำแป้งที่ได้ไปผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ แล้วนำไปวัดสี เนื้อสัมผัส และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ที่เตรียมจากแป้งที่ทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วย micro-crystalline cellulose มีลักษณะปรากฏแตกต่างกันเล็กน้อย คือ เส้นมีความขุ่นเล็กน้อยและจะมีความขุ่นเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณ microcrystalline cellulose

เมื่อนำเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ที่เตรียมจากแป้งที่ทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วย microcrystalline cellulose มาวัดสีและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ micro-crystalline cellulose เส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้มีค่าสีเขียวลดลง ซึ่งการที่ค่าสีเขียวของเส้นลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณ microcrystalline cellulose นั้นเป็นเพราะเมื่อทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วย microcrystalline cellulose จึงทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในแป้ง(ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ และเพ็ญขวัญ ขมปรีดา, 2541) นั้นลดลงด้วยส่วนหนึ่ง

ในการวัดเนื้อสัมผัสเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ที่ทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วย micro-crystalline cellulose พบว่าการเติม microcrystalline cellulose มีผลต่อเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวคือทำให้ความต้านการดึงลดลง สามารถดึงยืดได้น้อยลง และความกระด้างของเส้นลดลง เนื่องจากเมื่อทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วย microcrystalline cellulose แล้วจะทำให้มีส่วนของแป้งที่จะเกิดเจลลดลง เจลของแป้งที่เกิดขึ้นจึงมีความแข็งแรงลดลง ดังนั้นความต้านการดึง การยืดและความกระด้างของเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้จึงลดลง

เมื่อนำเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ที่ทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วย microcrystalline cellulose ไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า การเพิ่มปริมาณ microcrystalline cellulose ไม่มีผลต่อคะแนนด้านสี เพราะผลิตภัณฑ์มีสีใกล้เคียงกัน ในขณะที่คะแนนด้านความนุ่มและความเหนียวลดลง เนื่องจากเจลของแป้งมีความแข็งแรงลดลง และเมื่อพิจารณาคะแนนด้านความชอบรวมเพื่อดูการยอมรับการทดแทนแป้งถั่วเขียวด้วย microcrystalline cellulose พบว่าตัวอย่างที่มีการทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วย microcrystalline cellulose 15 % มีคะแนนน้อยกว่าตัวอย่างอื่น ($p \leq 0.05$) และมีผู้ทดสอบบางคนไม่ยอมรับตัวอย่างที่ทดแทนด้วย micro-crystalline cellulose 15 % เนื่องจากเมื่อเคี้ยวตัวอย่างไปสักพักแล้วรู้สึกสากลิ้น ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าเราสามารถทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วย micro-crystalline cellulose ได้ 10 % โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังได้รับคะแนนความชอบไม่ต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแป้งถั่วเขียวล้วน

ในการทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วย resistant starch โดยแปรปริมาณ resistant starch เป็น 10, 15 และ 20 % แล้วทำเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้และนำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้ไปทดสอบสมบัติของเส้นและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการสังเกตลักษณะปรากฏเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ที่ทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วย resistant starch พบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ที่ได้มีลักษณะเดียวกันกับที่พบในเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ที่ทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วย microcrystalline cellulose คือเส้นจะมีความขุ่นเล็กน้อยและมีความขุ่นมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณ resistant starch

เมื่อนำเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ที่ทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วย resistant starch มาวัดสีและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าการเพิ่มปริมาณ resistant starch มีผลต่อค่าสีเขียวและค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์คือ ทำให้ค่าสีเขียวลดลงเนื่องจากการทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วย resistant starch ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในแป้งลดลง สำหรับค่าสีเหลืองนั้นพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ resistant starch ผลิตภัณฑ์มีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นเนื่องจากตัว resistant starch มีค่าสีเหลืองสูงกว่าแป้งถั่วเขียว

จากการวัดเนื้อสัมผัสเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ที่ทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วย resistant starch พบว่าการเติม resistant starch มีผลต่อเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ คือ ทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้มีความต้านการดึง การดึงยืดลดลงเช่นเดียวกันกับผลการทดแทนส่วนของแป้งข้าวเจ้าด้วย resistant starch ในเส้นก๋วยเตี๋ยวเนื่องจาก resistant starch เข้าไปแทรกในโครงร่างของเจล ทำให้เจลที่เกิดขึ้นมีความแข็งแรงลดลง แต่ผลของการวัดความกระด้างแตกต่างไป คือ ในเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ที่ทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วย resistant starch นั้นค่าความกระด้างไม่แตกต่างกันเมื่อเพิ่มปริมาณ resistant starch ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเจลของแป้งถั่วเขียวที่เกิดขึ้นมีความนุ่มและยืดหยุ่นมากกว่าเจลของแป้งข้าวเจ้า

เมื่อนำเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ที่ทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วย resistant starch ไปประเมินคุณภาพทางประสาทพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ resistant starch ตัวอย่างจะได้รับคะแนนด้านสีลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณ resistant starch ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเปลี่ยนไป คือ เส้นที่เกิดขึ้นมีความทึบแสงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยซึ่งอาจเป็นเพราะโมเลกุลของ resistant starch ที่เติมลงไปในแป้งทำให้การเกิดเจลของแป้งถั่วเขียวเปลี่ยนแปลงไป จึงทำให้คะแนนด้านสีลดลงเพราะสีเปลี่ยนไปจากที่เคยเป็น ส่วนคะแนนด้านความนุ่ม และความเหนียวพบว่าไม่แตกต่างกันซึ่งอาจเป็นเพราะโมเลกุลของ resistant starch มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับ microcrystalline cellulose เมื่อนำ resistant starch มาทดแทนในแป้งถั่วเขียวและทำเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ เส้นที่ได้จึงยังคงมีความนุ่มและความเหนียวอยู่ และเมื่อพิจารณาคะแนนด้านความชอบรวมพบว่าการเพิ่มปริมาณ resistant starch ไม่มีผลต่อคะแนนความชอบรวม แม้ว่าจะทดแทนส่วนของแป้งถั่ว

เขียวด้วย resistant starch 20 % เส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ที่ได้ก็ยังคงมีคะแนนไม่ต่างจากตัวอย่างที่ผลิตจากแป้งถั่วเขียวล้วน ($p > 0.05$)

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าในการทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วย resistant starch เพื่อผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวนั้นสามารถทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วย resistant starch ได้ 20 %

5.5 <u>การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ เส้นก๋วยเตี๋ยวและเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ที่ผลิตได้</u>

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเส้นบะหมี่ที่ทดแทนส่วนของแป้งสาลีด้วย microcrystalline cellulose 7.5% และ resistant starch 15% พบว่าเส้นบะหมี่ที่ทดแทนส่วนของแป้งด้วย cellulose 7.5% และ resistant starch 15% มีเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้นเป็น 11.42% และ 8.29% ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าที่พบในเส้นบะหมี่ที่ผลิตจากแป้งสาลีล้วนที่มีเส้นใยอาหารเพียง 3.57% เมื่อคำนวณปริมาณสารอาหารและพลังงานที่ได้รับจากผลิตภัณฑ์ 1 ส่วนบริโภค (serving) พบว่าเส้นบะหมี่ที่ทดแทนส่วนของแป้งสาลีด้วย cellulose 7.5% และ resistant starch 15% มีปริมาณเส้นใยอาหาร 2.97 และ 2.16 กรัม ซึ่งคิดเป็น 11.88% และ 8.64% ของค่ากำหนด RDI (Recommened Daily Intake) ที่กำหนดว่า ใน 1 วันควรบริโภคอาหารที่มีเส้นใยอาหารให้ได้ 25 กรัม และพลังงานจากเส้นบะหมี่ที่ทดแทนด้วย cellulose 7.5% และ resistant starch 15% จะให้พลังงานเพียง 85.77 และ 89.35% ของเส้นบะหมี่ที่ผลิตจากแป้งสาลีล้วน

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารในเส้นก๋วยเตี๋ยวพบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทดแทนส่วนของแป้งข้าวเจ้าด้วย cellulose 10%และ resistant starch 15% มีปริมาณเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้นเป็น 18.41% และ10.84% ตามลำดับ ในขณะที่เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าล้วนมีปริมาณเส้นใยอาหารเพียง 2.54% และเมื่อคำนวณปริมาณสารอาหารและพลังงานที่ได้รับจากเส้นก๋วยเตี๋ยว 1 ส่วนบริโภค พบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทดแทนส่วนของแป้งข้าวเจ้าด้วย cellulose 10% และ resistant starch 15% มีปริมาณเส้นใยอาหาร 3.10 และ 1.88 กรัม ซึ่งคิดเป็น 12.40 %และ 7.52 %ของค่ากำหนด RDI และพลังงานจากเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทดแทนด้วย cellulose 10% และ resistant starch 15% จะให้พลังงานเพียง 70.46 และ 78.91% ของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าล้วน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ที่พบว่าการทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วยเส้นใยอาหารทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นจาก

3.67% เป็น 19.19% เมื่อทดแทนด้วย cellulose 10% และเพิ่มเป็น 15.04% เมื่อทดแทนด้วย resistant starch 20% และเมื่อคำนวณปริมาณสารอาหารและพลังงานที่ได้รับจากเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ 1 ส่วนบริโภค พบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ที่ทดแทนส่วนของแป้งถั่วเขียวด้วย cellulose 10% และ resistant starch 20% มีปริมาณเส้นใยอาหาร 3.19 และ 2.57 กรัม ซึ่งคิดเป็น 12.76 %และ 10.28% ของ RDI และพลังงานจากเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ที่ทดแทนด้วย cellulose 10% และ resistant starch 20% จะให้พลังงานเพียง 72.86 และ 78.86% ของเส้นก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้ที่ผลิตจากแป้งถั่วเขียวล้วน

จากผลการทดแทนส่วนของแป้งด้วย microcrystalline cellulose และ resistant starch ในผลิตภัณฑ์อาหารเส้นทั้ง 3 ชนิดพบว่า ถ้าพิจารณาจากปริมาณเส้นใยอาหารและพลังงานที่ได้รับจากผลิตภัณฑ์แล้ว การทดแทนด้วย microcrystalline cellulose ให้ผลที่ดีกว่าเมื่อใช้ resistant starch คือ เมื่อทดแทนด้วย microcrystalline cellulose ผลิตภัณฑ์จะมีปริมาณเส้นใยอาหารสูงกว่าและให้พลังงานน้อยกว่าทั้งๆที่ทดแทนได้ในปริมาณที่น้อยกว่า ดังนั้นจึงควรจะเลือกใช้ microcrystalline cellulose ในการทดแทนส่วนของแป้งเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเส้นใยอาหารในปริมาณมากขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย