การใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีในการผลิตแป้งชุบทอด

Substitution of wheat flour by rice flour in tempura mixes

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ละอองวรรณ ศรีจันทร์

บทคัดย่อ

ได้ศึกษาการพัฒนาสูตรแป้งชุบทอดโดยนำแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังมาทดแทนแป้งสาลี จากการพัฒนาสูตรจำนวน 3 ครั้งโดยใช้แผนการทดลองแบบ Mixture Design พบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังจะมีผลทำให้การพองตัวและความกรอบของแป้งลดลงและมีการอมน้ำมันมากขึ้น ส่วนการใช้แป้งข้าวเจ้าสามารถใช้ได้ในสัดส่วนที่สูงกว่าแป้งสาลีโดยใช้แป้งข้าวเจ้าได้ถึงร้อยละ 60 ของแป้งทั้งหมด อย่างไรก็ตามการใช้แป้งข้าวเจ้าในปริมาณที่สูงขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งมากขึ้น ดังนั้นจึงได้ศึกษาการเสริมโปรตีนลงไปเพื่อเพิ่มความอ่อนนุ่มและเพิ่มคุณค่าทางอาหารแก่ผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากการศึกษาการเติมโปรตีนไข่ขาวผงและโปรตีนถั่วเหลืองลงในสูตรแป้งผสม พบว่าโปรตีนถั่วเหลืองให้การพองตัวที่ดีกว่าโปรตีนไข่ขาว ผู้บริโภคให้การยอมรับคุณลักษณะด้านต่างๆทั้งด้าน ลักษณะปรากฏ สี ความกรอบและความชอบรวมอยู่ในเกณฑ์ดีและสูงกว่าโปรตีนไข่ขาว นอกจากนี้ได้มีการศึกษาการใช้แป้งข้าวเจ้าดัดแปร เพื่อช่วยเพิ่มคุณลักษณะด้านการเกาะตัวของแป้งกับวัตถุดิบที่ใช้ชุบทอด พบว่า แป้งข้าวเจ้าดัดแปรแบบพรีเจลฯจะมีการยึดเกาะที่ดีกว่าและสามารถดูดน้ำได้ดีกว่าแป้งครอสลิงค์

คำสำคัญ: แป้งชุบทอด แป้งข้าวเจ้า แป้งพรีเจลฯ แป้งครอสลิงค์ โปรตีนไข่ขาวผง โปรตีนถั่วเหลือง

ABSTRACT

Substitution of wheat flour by rice flour and cassava flour in tempura mixes was studied. After 3 times of Mixture Design , it showed that cassava flour decreased product expansion and crispiness, but increased oil apsorption . Rice flour increased crispiness and texture. The maximum amount of rice flour in the mixes was 60 %, but the more rice flour the more hardness occurred. Addition of soy protein and egg albumen in the mixes can improve texture of the battered products and soy protein is better than egg albumen. The substitution of modified rice starch : pre-gel and crossed –link starch to rice starch in the mixes also studied. It revealed that pre-gel starch was better than cross-linked starch in water apsorption, adhesion to the piece of chicken and more viscous.

Keywords: Tempura mixes, rice flour, pre-gelatinized starch, cross-linked starch egg albumen, soy protein

บทนำ

ข้าวเจ้าเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยมาเป็นเวลานานแล้ว แป้งข้าวเจ้าเป็นผลผลิตจากการแปรรูปข้าวประเภทหนึ่ง ซึ่งมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ มาเป็นเวลานานแล้วเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามพบว่าการนำแป้งข้าวเจ้าไปใช้ประโยชน์ยังขาดการพัฒนาให้เกิดประโยชน์สูงสุดหรือเพิ่มมูลค่าให้มากขึ้น ในขณะเดียวกันในแต่ละปีประเทศไทยยังนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศเข้ามาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆจำนวนมาก

เมื่อเปรียบเทียบราคาแป้งข้าวเจ้ากับแป้งข้าวสาลีแล้ว พบว่าแป้งสาลีมีราคาแพงกว่าแป้งข้าวเจ้า 2-3 เท่าตัว หากมีการนำแป้งข้าวเจ้ามาพัฒนาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารของประเทศไทยให้มากขึ้น ก็จะเป็นการลดต้นทุนการผลิต ใช้ผลผลิตในประเทศให้เกิดประโยชน์สูงสุด และลดการนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศลง ในปัจจุบันพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการบริโภคค่อนข้างมากและใช้แป้งเป็นองค์ประกอบหลักที่น่าสนใจ คือ ผลิตภัณฑ์แป้งผสมชุบทอด เช่น ไก่ กุ้ง ปลาหรือเนื้อสัตว์ประเภทต่างๆชุบแป้งทอด ซึ่งมักมีการใช้แป้งสาลีเป็นส่วนผสมหลัก หากมีการนำแป้งข้าวเจ้าไปทดแทนแป้งสาลีให้มากขึ้น ก็จะเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตข้าวเจ้า ซึ่งมีผลต่อเนื่องถึงเกษตรกรผู้ผลิตข้าวเจ้าในประเทศ และส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตแป้งข้าวเจ้าในประเทศให้ขยายตัวได้ดีขึ้น ซึ่งก็จะส่งผลต่อการพัฒนาความเป็นอยู่ของเกษตรกรอีกทางหนึ่ง ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาเพื่อพัฒนาสูตรแป้งชุบทอดโดยใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลี นอกจากนี้ยังศึกษาการใช้โปรตีนไข่และโปรตีนถั่วเหลืองในการปรับปรุงคุณภาพแป้งชุบทอด เนื่องจากแป้งข้าวเจ้าจะมีคุณสมบัติให้ความกรอบเมื่อทอด ดังนั้นหากใช้มากเกินไปจะให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็ง นอกจากนี้ยังสนใจที่จะใช้แป้งข้าวเจ้าดัดแปรเพื่อพัฒนาสูตรแป้งชุบทอดให้ดียิ่งขึ้น

สูตรของแป้งผสมชุบทอดจะไม่มีการกำหนดไว้อย่างแน่ชัด แต่จะขึ้นอยู่กับอาหารที่ใช้ชุบ และลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ดังนั้นการกำหนดสูตรจึงเป็นเรื่องที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอด แต่ได้มีการกำหนดช่วงปริมาณส่วนผสมชนิดต่างๆที่ใช้ในแป้งผสมชุบทอดสูตรทั่วไป ซึ่งจะมีแป้งสาลีร้อยละ 30-50 แป้งข้าวโพดร้อยละ 30-50 โซดาไบคาร์บอเนตไม่เกินร้อยละ 3 และมีส่วนผสมรองอื่นๆ เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งถั่วเหลือง นมผง กัม อีมัลซิไฟเออร์ เกลือ น้ำตาล สารปรุงรส เป็นต้น แป้งผสมชุบทอดบางสูตรอาจไม่เป็นไปตามนี้ก็ได้ (Loewe , 1996)

Suderman และ Cunningham (1983) กล่าวว่า ส่วนผสมของแป้งผสมชุบทอด มักจะแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกคือ กลุ่มที่ทำหน้าที่ให้ปริมาตรและขนาด ได้แก่ แป้ง ซึ่งจัดได้ว่าเป็นส่วนผสมหลัก เพราะให้คุณสมบัติพื้นฐานของแป้งผสมชุบทอด กลุ่มที่สอง คือกลุ่มที่ทำหน้าที่ให้คุณสมบัติพิเศษแก่ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สารประเภทกัม เครื่องเทศ และอื่นๆ ที่จัดอยู่ในประเภทส่วนผสมรอง ซึ่งจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติที่มีอยู่ให้ดีขึ้น เช่น ความหนืด การยึดเกาะ ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และสี ส่วนผสมเหล่านี้มักจะใช้ปริมาณน้อย

บทบาททางเคมีของโปรตีนในแป้งชุบทอดไม่ได้มีการพิสูจน์ให้เห็นชัดเจน แต่คาดว่าโปรตีนมันจะมีบทบาทคล้ายคลึงกับในผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆที่เป็นลักษณะเช่นเดียวกันกับแป้งชุบทอด เช่น Non Fat Dry Milk (NFDM) มีบทบาทในการดูดซับน้ำของแป้งซึ่งจะทำให้เพิ่มความหนืดของระบบ ช่วยเพิ่มคุณภาพการอบของแป้งที่มีโปรตีนต่ำ ทำให้มีโครงสร้างและเนื้อสัมผัสที่แข็งแรง ช่วยชะลอการสูญเสียความชื้น ช่วยเพิ่มสีและพัฒนารสชาติ

โปรตีนไข่จะช่วยให้โครงสร้างคงรูปและมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับสารให้ความหนืด แป้งจากธัญพืชจะช่วยสงเสริมคุณสมบัติของความหนืด ส่วนของโปรตีนถั่วเหลืองจะมีคุณสมบัติการเกิดอีมัลชัน รวมทั้งการดูดซับน้ำและไขมัน single-cell protein จะมีการใช้ในแป้งชุบทอดเพื่อที่จะเพิ่มการยึดเกาะ แต่พบว่ามีความเข้มข้นของกรดอะมิโนที่ประกอบด้วยซัลเฟอร์ต่ำ (Fennema,1996) อย่างไรก็ตาม โปรตีนถั่วเหลืองประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็น

ครบถ้วน เป็นโปรตีนที่ย่อยง่าย มีคุณสมบัติจับกับน้ำและไขมันได้ดี สามารถเกิดเจลได้ดีเมื่อให้ความร้อน (สุทธวัฒน์,2549) นอกจากนี้ยังสามารถให้ความหนืดและเกิดฟิล์มได้ดี จึงนิยมใช้โปรตีนถั่วเหลืองเพื่อเป็นสารเชื่อม(Binder)หรือให้ความหนืดในผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เนื้อ(ละอองวรรณ,2549)

แป้งพรีเจลาติไนซ์หรือแป้งพรีเจล เป็นแป้งดัดแปรทางกายภาพที่สามารถกระจายตัวได้ดีในน้ำเย็น ให้ความหนืดได้ทันทีและไม่เกิดเจล สามารถดูดซับน้ำได้มากกว่าแป้งดิบ นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารที่สามารถละลายแล้วให้ความหนืดทันทีโดยไม่ต้องผ่านความร้อน เช่น ซอส ส่วนผสมของซุปผง ใช้ในผลิตภัณฑ์เค้กเพื่อช่วยดูดซับน้ำและเก็บฟองอากาศได้ดีขึ้นทำให้เค้กมีความชุ่มชื้นและมีปริมาตรเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังใช้สำหรับเพิ่มความคงตัวในอาหารแช่แข็ง(กล้าณรงค์ และเกื้อกูล,2543) ส่วนแป้งครอสลิงค์หรือที่มีการเรียกชื่ออื่นๆว่า Crossbonded starch หรือ Inhibit starch เป็นแป้งดัดแปรที่ได้จากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่น(Esterification)หรืออีเทอริฟิเคชั่น(Etherification) พันธะโควาเลนต์จะช่วยเสริมให้พันธะไฮโดรเจนที่ยึดโครงสร้างของเม็ดแป้งไว้มีความแข็งแรงมากขึ้น ช่วยลดการพองตัวของเม็ดแป้ง เพิ่มความแข็งแรงแก่เม็ดแป้ง โดยเพิ่มความต้านทานต่อสภาวะความเป็นกรด ความร้อนและสภาวะที่มีแรงเฉือน เพิ่มความหนืดของแป้งเปียกที่ร้อน ทำให้แป้งเปียกมีลักษณะคล้ายขี้ผึ้ง เพิ่มความเหนียวแก่เม็ดแป้งที่พองตัว ทำให้เม็ดแป้งมีลักษณะเป็นหนึ่งเดียวกัน ไม่แตกออก มีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความข้นหนืด ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของแป้งให้เหมาะแก่การหุงต้ม เมื่อเพิ่มระดับการทำครอสลิงค์จะเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เม็ดแป้ง(กล้าณรงค์ และเกื้อกูล,2543)

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

1. วัสดุ

1.1 แป้งสาลี ตราพัดโบก

1.2 แป้งข้าวเจ้า ตราช้างสามเศียร

1.3 แป้งมันสำปะหลัง ตราปลามังกร

1.4 แป้งข้าวเจ้าดัดแปรแบบครอสลิงค์ จากบริษัท ซันฟลาว จำกัด

1.5 โปรตีนถั่วเหลือง จากบริษัท ฟู้ด อีคิว จำกัด

1.6 ไข่ขาวผง จากบริษัทกรุงเทพผลิตผลอุตสาหกรรมการเกษตร จำกัด(มหาชน)

1.7 กระเทียมผง จากบริษัท เจ.ดี. ฟู้ดโปรดักส์ จำกัด

1.8 เนื้อไก่

1.9 น้ำตาล เกลือ พริกไทย ผงฟู ผงชูรส

2. อุปกรณ์

2.1 เครื่องบด

2.2 อุปกรณ์เครื่องครัว เช่น กระทะ กะละมัง มีด เขียง

2.3 เครื่องชั่ง 2 และ 4 ตำแหน่ง

2.4 เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

2.5 เครื่องวัดสี

2.6 เครื่องวัดความหนืด

2.7 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer รุ่น TX2i

3. **วิธีการทดลอง** แบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้

3.1 **การพัฒนาสูตรของแป้งผสมชุบทอด** วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design โดยศึกษาสัดส่วนแป้ง 3 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า แป้งสาลี และแป้งมันสำปะหลัง ทำการพัฒนาสูตร 3 ครั้ง โดยเริ่มต้นจากการใช้แป้งสาลีร้อยละ 40-50 แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 30-45 แป้งมันร้อยละ 5-10 และมีส่วนผสมของเครื่องปรุงรสร้อยละ 10 โดยประกอบด้วยน้ำตาลร้อยละ 3 เกลือร้อยละ 4 พริกไทยร้อยละ 0.1 ผงฟูร้อยละ 3 ผสมแป้งผสมชุบทอดโดยผสมแป้งกับน้ำเข้าด้วยกันในอัตราส่วนแป้ง:น้ำ เท่ากับ 30:70 นำไก่เนื้อหน้าอก ที่หั่นชิ้นขนาด 1x3X1 เซนติเมตร มาชุบแป้งแล้วทอดที่อุณหภูมิประมาณ 180 องศาเซลเซียสจนสุก นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ มาทดสอบทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส โดยการวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer และทดสอบทางประสาทสัมผัส ให้คะแนนแบบ Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบ 20 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย โดยใช้ไก่ชุบแป้งทอดสูตรทางการค้า (แป้งตราโกกิ) เป็นตัวอย่างมาตรฐาน (Reference sample) ซึ่งจะเสนอโดยการเขียนรหัสว่า “ R ” และเสนอรวมกับตัวอย่างกุ้งชุบแป้งทอดจากแป้งข้าวเจ้าที่ผสมเอง ผู้ทดสอบจะทำการชิมตัวอย่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างมาตรฐาน ในลักษณะปรากฏ สี ความกรอบ การอมน้ำมัน และความชอบรวม และให้คะแนน 1-9 โดย 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบกว่าตัวอย่างมาตรฐานมากที่สุดและ9 คะแนน หมายถึง ชอบมากกว่าตัวอย่างมาตรฐานมากที่สุด

นำสูตรที่ดีที่สุดจากการทดลองครั้งแรก มาพัฒนาสูตรครั้งที่ 2 โดยคัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดและมีปริมาณแป้งข้าวเจ้าสูง มาพัฒนาเพื่อลดการใช้แป้งสาลี มาพัฒนาสูตรแบบMixture Design โดยใช้แป้งสาลีร้อยละ 40-45 แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 45-50 แป้งมันร้อยละ 5-10 โดยมีส่วนผสมอื่น เช่นเดียวกับในการศึกษาสูตรครั้งที่ 1 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส จากนั้นนำสูตรที่ดีจากการทดลองครั้งที่ 2 มาพัฒนาสูตรแบบ Mixture Design อีกครั้ง โดยใช้แป้งสาลี แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง และส่วนผสมอื่นเท่าเดิม แต่มีการเพิ่มส่วนผสมคือ กระเทียมผงร้อยละ 1.5 และไข่ขาวสดร้อยละ 20 ลงไป เพื่อเพิ่มโปรตีนและกลิ่นให้กับแป้งผสมชุบทอด นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสเช่นเดียวกัน

3.2 **การศึกษาผลของโปรตีนไข่ขาวผงและโปรตีนถั่วเหลืองต่อคุณภาพแป้งผสมชุบทอด ทำดังนี้**

ศึกษาผลของโปรตีนไข่ขาวผงและโปรตีนถั่วเหลืองต่อคุณภาพแป้งผสมชุบทอดทำโดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design โดยศึกษาสัดส่วนของส่วนผสม 3 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า แป้งสาลี และโปรตีนไข่ขาวผง / โปรตีนถั่วเหลือง ทำการพัฒนาสูตรดังนี้

โดยใช้แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 55-60 แป้งสาลีร้อยละ 35-40 โปรตีนไข่ขาวผง/โปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 2-5 และมีส่วนผสมของเครื่องปรุงรสใน 100 กรัมของแป้งผสมโปรตีนไข่ขาวผง/โปรตีนถั่วเหลืองประกอบด้วย น้ำตาล 3 กรัม เกลือ 4 กรัม พริกไทย 0.1 กรัม ผงฟู 3 กรัม กระเทียมผง 2 กรัมและ โมโนโซเดียมกลูตาเมต 0.5 กรัม

จากนั้นผสมแป้งผสมชุบทอดตามสูตร โดยเติมน้ำ 100/120 กรัม/สูตรที่ใช้โปรตีนไข่ขาวผง/โปรตีนถั่วเหลืองตามลำดับ คนให้เข้ากันดีนำไปวัดความหนืดโดยใช้เครื่องวัดความหนืดแบบ Bostwick จะทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ นำแป้งผสมชุบทอดที่ได้มาทำผลิตภัณฑ์ไก่ชุบแป้งทอด ทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่างและให้คะแนนในลักษณะปรากฏด้านสี รสชาติ ความกรอบ การอมน้ำมัน และความชอบรวม และให้คะแนน 1 – 9 โดย 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คะแนนหมายถึงชอบมากที่สุด

3.3 การศึกษาการใช้แป้งข้าวเจ้าดัดแปรในการพัฒนาสูตรแป้งชุบทอด ทำโดย

คัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดจากการทดลองในข้อ 3.2 มา 1 สูตร จากนั้นพัฒนาสูตรโดยใช้แป้งดัดแปร 2 ชนิด ได้แก่ แป้งพรีเจลาติไนซ์และแป้งครอสลิงค์ โดยใช้แป้งทั้ง 2 ชนิดทดแทนแป้งข้าวเจ้าธรรมดา ในปริมาณร้อยละ 25,50 ,75และ 100 และมีสูตรที่ไม่ใช้แป้งดัดแปรเป็นชุดควบคุม โดยใช้แป้งข้าวเจ้าดัดแปรแบบครอสลิงค์ที่ได้รับการอนุเคราะห์จากบริษัทซันฟลาว จำกัด และแป้งพรีเจลฯ ที่ผลิตขึ้นเองโดยผลิตจากน้ำแป้งข้าวเจ้าที่มีความเข้มข้นร้อยละ 45 จากนั้นนำไปทำให้แห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง(Drum Dryer) บดให้ละเอียด แล้วร่อนผ่านตะแกรงร่อนก่อนนำมาใช้

3.4 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งผสมชุบทอดและผลิตภัณฑ์

3.4.1 วัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Juki Colorimeter รุ่น JC 801 S

3.4.2 วัดเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TX 2i

3.4.3 วิเคราะห์%การหลุดของแป้งชุบทอด โดยดัดแปลงจากวิธีของ Suderman และ Cunningham,1983)

3.4.4 วัดความหนืดโดยใช้เครื่องวัดความหนืดแบบ Bostwick

3.4.5 หาอัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์โดยการแทนที่ด้วยเมล็ดงา(Seed Displacement)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลการวิเคราะห์ความกรอบ ความเป็นรูพรุน ของผลิตภัณฑ์แป้งผสมชุบทอดในการพัฒนาสูตร

จากการทดลองหาความกรอบ ความเป็นรูพรุนของผลิตภัณฑ์แป้งผสมชุบทอดโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาสูตรแบบ Mixture Design ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าความกรอบและความเป็นรูพรุนของแป้งผสมชุบทอดมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) โดยผลิตภัณฑ์แป้งผสมชุบทอดในสูตรที่ 3 ซึ่งมีปริมาณแป้งข้าวเจ้าสูงและแป้งมันสำปะหลังต่ำจะให้ค่าความกรอบ และความเป็นรูพรุนมากที่สุด รองลงมาคือสูตรที่ 2 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งทั้งนี้น่าจะเนื่องมาจากคุณสมบัติเฉพาะตัวของแป้ง โดยแป้งข้าวเจ้าจะให้ความกรอบและแข็งส่วนแป้งมันสำปะหลังจะให้ความหนืดและยืดหยุ่นเมื่อนำไปทอด(กล้าณรงค์และเกื้อกูล,2543)

2. ผลของการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แป้งผสมชุบทอดในการศึกษาสูตรครั้งที่ 3

จากการนำผลิตภัณฑ์ชุบแป้งทอดในการศึกษาสูตรครั้งที่ 3 มาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบ 20 คน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์แป้งผสมชุบทอด ที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือสูตรที่ 3 ซึ่งค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) และสามารถใช้แป้งข้าวเจ้าได้ถึงร้อยละ 55 และใช้แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5

3.ผลของการใช้โปรตีนไข่ขาวและโปรตีนถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอด

จากการศึกษาเพื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเจ้าในสูตรแป้งชุบทอดให้ได้ถึงร้อยละ 60 พบว่าเมื่อใช้แป้งข้าวเจ้าเพิ่มขึ้นแป้งชุบทอดที่ได้จะให้เนื้อสัมผัสที่แข็ง ดังนั้นจึงได้เติมไข่ขาวผงและโปรตีนถั่วเหลืองลงในสูตรแป้งชุบทอดในปริมาณร้อยละ 2-5 เพื่อลดความแข็งของเนื้อสัมผัสและเพิ่มอัตราการพองตัว โดยใช้ไข่ขาวสดร้อยละ 20 ของสูตรเป็นชุดควบคุม

3.1 ผลของโปรตีนไข่และโปรตีนถั่วเหลืองต่อการพองตัวของผลิตภัณฑ์

จากการทดลองหาอัตราการพองตัว ของผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอด จะเห็นได้ว่าอัตราการพองตัวของแป้งผสมชุบทอดสูตรที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองจะมีการพองตัวมากกว่ากว่าสูตรที่ใช้ไข่ขาวผงและมีความแตกต่างกับสูตรควบคุม ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งจะเห็นว่าอัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์แป้งผสมชุบทอดทั้ง 2 สูตรคือสูตรที่ใช้โปรตีนไข่ขาวและสูตรที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)โดยแป้งผสมชุบทอดสูตรที่ผสมโปรตีนถั่วเหลืองสูตรที่ 5 มีอัตราการพองตัวมากที่สุดและพองตัวมากกว่าชุดควบคุม

3.2 ผลของโปรตีนไข่ขาวและโปรตีนถั่วเหลืองต่อการยึดเกาะของแป้งในผลิตภัณฑ์ไก่ชุบแป้งทอด

จากการทดลองหาค่าการยึดเกาะโดยวิธีของ Suderman and Cunningham (1983) ซึ่งวัด % การหลุดของแป้งในผลิตภัณฑ์ไก่ชุบแป้งทอดได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งจะเห็นว่า % การหลุดของผลิตภัณฑ์ไก่ชุบแป้งทอดในแต่ละ สูตรมีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ไก่ชุบแป้งทอดสูตรที่ผสมโปรตีนไข่ขาวผงสูตรที่ 4 และโปรตีนถั่วเหลืองสูตรที่ 5 มีค่าการยึดเกาะใกล้เคียงกับสูตรควบคุม มากที่สุด โดยสูตรควบคุม มีการหลุดจากแป้งน้อยที่สุด ซึ่งอาจเนื่องมาจากไข่ขาวสดให้ประสิทธิภาพในการยึดเกาะดีกว่าไข่ขาวผงและโปรตีนถั่วเหลือง

3.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แป้งผสมชุบทอดที่ผสมไข่ขาวผงและโปรตีนถั่วเหลือง

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของการพัฒนาสูตรของแป้งผสมชุบทอดผสมไข่ขาวผงและโปรตีนถั่วเหลือง โดยการเปรียบเทียบกับสูตรที่เติมไข่ขาวสด(control) พบว่าแป้งผสมโปรตีนถั่วเหลืองและโปรตีนไข่ขาวผงได้รับคะแนนการยอมรับในทุกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสมากกว่าสูตรควบคุม สูตรที่ได้คะแนนการยอมรับสูงสุดคือสูตรผสมโปรตีนถั่วเหลืองสูตรที่ 5 ซึ่งมีส่วนผสมคือ แป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า โปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 38, 58 และ 4 ตามลำดับ ส่วนแป้งที่ผสมไข่ขาวผง สูตรที่ 4 ได้รับคะแนนความสูงสุด แต่ได้รับคะแนนต่ำกว่าการเติมโปรตีนถั่วเหลืองในสูตรที่ 5 ดังแสดงในตารางที่ 5 ดังนั้นจึงเลือกโปรตีนถั่วเหลืองไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

4.ผลการใช้แป้งดัดแปรแบบครอสลิงค์และแป้งพรีเจลฯในสูตรแป้งชุบทอด

จากการเลือกสูตรแป้งผสมโปรตีนถั่วเหลืองสูตรที่ 5 ซึ่งมีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้า: แป้งสาลี :โปรตีนถั่วเหลือง เท่ากับ 58 :38:4 มาทดลองต่อ โดยใช้แป้งดัดแปรแบบครอสลิงค์และแป้งพรีเจลฯทดแทนแป้งข้าวเจ้าในสูตรแป้งชุบทอด ในปริมาณร้อยละ 100,75,50และ 25 โดยมีส่วนผสมที่ให้กลิ่นรสเท่าสูตรเดิม ได้ผลดังนี้

4.1 ความหนืดของส่วนผสม พบว่าแป้งพรีเจลฯสามารถดูดน้ำได้มากกว่าแป้งครอสลิงค์และให้ความหนืดสูงกว่าดังแสดงในตารางที่ 6 และสามารถเติมน้ำลงไปได้มากกว่าเพื่อให้มีความหนืดเท่ากัน อาจเนื่องจากความสามารถในการพองตัวได้มากกว่า(กล้าณรงค์และเกื้อกูล ,2543) อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าปริมาณแป้งครอสลิงค์และแป้งพรีเจลไม่มีผลต่อค่าความหนืด

4.2 ค่าสี พบว่าแป้งครอสลิงค์ให้ค่าสี L* ที่มีค่าใกล้เคียงกับแป้งชุดควบคุมและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ค่าความสว่างสูงกว่าแป้งพรีเจลฯ ดังแสดงในตารางที่ 7 อย่างไรก็ตามการทดแทนแป้งพรีเจลที่ระดับ 75,50 และ 25 ก็ให้ค่า L*ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ส่วนค่า a* และb*นั้นพบว่ามีค่าที่ไม่แตกต่างกันมาก สาเหตุที่แป้งครอสลิงค์มีค่า L* สูงกว่าแป้งพรีเจลฯ น่าจะเนื่องมาจากปริมาณน้ำในการผสมแป้งชุบทอด พบว่า แป้งพรีเจลฯ มีความสามารถในการดูดน้ำได้มากกว่าแป้งครอสลิงค์ ทำให้ต้องใช้น้ำในการผสมมากกว่า ซึ่งปริมาณน้ำที่มากขึ้นจะส่งผลให้ค่าสี L* ลดลง

4.3 เปอร์เซ็นต์การหลุดของแป้ง พบว่าไก่ที่ชุบแป้งครอสลิงค์มีการหลุดร่อนของแป้งออกมามากกว่าแป้งพรีเจลฯ ดังแสดงในตารางที่ 8 ทั้งนี้น่าจะมาจากแป้งพรีเจลมีความคงตัว ความเหนียวและเกาะตัวได้ดีกว่าแป้งครอสลิงค์(กล้าณรงค์และเกื้อกูล,2543)

กิตติกรรมประกาศ

การทำงานวิจัยครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีต้องขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์นครศรีธรรมราช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลที่ให้งบประมาณสนับสนุน รวมทั้ง บริษัท เจ . ดี ฟู้ดโปรดักซ์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์กระเทียมผง และบริษัท ซันฟลาวอุตสาหกรรม จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังและขอขอบคุณนางสาวทักษภรณ์ รอดชุม นางสาวจีรนันท์ สุขธระและนางสาวทัศนีย์ หนูจ้อย ซึ่งเป็นผู้ช่วยวิจัย ทำให้การทำงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงด้วยดี

สรุปผลการทดลอง

1.สามารถใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอดได้ในสัดส่วน แป้งข้าวเจ้าร้อยละ58-60 ต่อแป้งสาลีร้อยละ 38-40 โดยผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับอยู่ในเกณฑ์ดี

2.การใช้โปรตีนถั่วเหลืองจะให้ผลิตภัณฑ์ชุบทอดที่มีอัตราการพองตัวดีกว่าการใช้ไข่ขาวผง โดยเฉพาะเมื่อใช้โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 4 -5 แต่พบว่าการหลุดของแป้งชุบทอดในสูตรที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองและไข่ขาวผงจะมีมากกว่าการใช้ไข่ขาวสด

3.การใช้แป้งข้าวเจ้าพรีเจลฯในแป้งชุบทอดจะให้การยึดเกาะของแป้งต่อชิ้นเนื้อดีกว่าและให้ความหนืดที่สูงกว่าแป้งครอสลิงค์

เอกสารอ้างอิง

กมลทิพย์ มั่นภักดี .2542. การดัดแปรสตาร์ชในแป้งข้าวเพื่อทำแป้งผสมสำหรับประกอบ อาหารแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กรุงเทพฯ.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2543. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 292 น.

นุชรี เบญจานุวัตรา. 2533. อาหารและโภชนาการ .พิมพ์ครั้งที่ 5. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช กรุงเทพฯ. 602 น.

ปราณี วราสวัสดิ์. 2543. เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ธัญพืช. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้. เชียงใหม่.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช. 2533. อาหารและโภชนาการ. หน่วยที่ 1-7. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. กรุงเทพฯ.

ละอองวรรณ ศรีจันทร์. 2549. การแปรรูปอาหาร 2. เอกสารประกอบการสอนภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์นครศรีธรรมราช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

วิไล รังสาดทอง. 2545. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่2. สถาบันเทคโนโลยีพระจอม เกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 424น.

ศรินยา อนุเผ่า และ เอกชัย รักขันโท. 2542. การพัฒนาแป้งผสมสำเร็จรูปสำหรับผลิตภัณฑ์ชุบทอด. ใน ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร , คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา : 51 น.

ศิรินาถ ศรีอ่อนนวล. 2547. การตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์-รา. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชา จุลชีววิทยาอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์นครศรีธรรมราช มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย.2534.ทฤษฎีอาหารเล่ม3: หลักการทดลองอาหาร.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล.2549. ซูริมิ: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อปลาบด. โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮาส์, กรุงเทพฯ.327 น.

เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล. 2534. เคมีอาหารเบื้องต้น. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. สงขลา.

A.O.A.C. 1990. Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist, 13rd ed, Arlington Virginia.

Donahoo, P. 1970. Choosing the Right Batter and Breading, Processing of the Seventh Annual Poultry and Egg Further Processing Conference. 18p.

Fennema, O. R.1996. Food Chemistry. 2nd ed. Marcel Dekker, Inc. New York.

Loewe, R. 1993. Role of Ingredients in Batter System, Cereal Food World. 38p.

Mallikarjuman, P. and Y.C. Hung. 1997. Physical and Ultrastructural Measurements, pp.313-339. In M.C. Eriokson and Y.C. Hung (eds) Quality in Frozen Food. Chapman and Hall, New York.

Pinthus, E.J., P. Weinberg and L.S. Sagug. 1993. Criterion for Oil Uptake During Deep – Fat Frying. J. of Food Science. 58 (1) : 204 – 205.

Schiffmann. R.F. 1996. The Technology of Microwavable Coated Foods, pp., 153 -162. In K. Kulp and R. Loewe (eds). Batter and Breading in Food Processing. American Association of Cereal Chemist, Inc, Minnessota.

Suderman, D.R. and P.E. Cunningham. 1983. Batter and Breading. AVI Publishing Company, Inc., Connecticut. 223 p.

Toledo, R.T. ,อัศวิน อมรสิน, จุฑารัตน์ เศรษฐกุล, ประภาพร ขอไพบูลย์ และ อดิศร เศวตวิวัฒน์. 2549 . เอกสารประกอบการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ เรื่อง Processing Technique to Improve Quality and Safety of Muscle Foods. ณ อาคารเจ้าคุณทหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความกรอบ ความเป็นรูพรุนของผลิตภัณฑ์แป้งผสมชุบทอด ในการศึกษาสูตรครั้งที่ 3

สูตรที่	ลักษณะด้านเนื้อสัมผัส	
	ความกรอบ(กรัมต่อวินาที)	ความเป็นรูพรุน(กรัมต่อวินาที)
1	1750.22[b]	37.20[c]
2	1350.64[b]	106.92[bc]
3	2760.7[a]	243.48[a]
แป้งโกกิ	2610.58[a]	200.74[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรกำกับค่าเฉลี่ยที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

สูตรที่ 1 : แป้งสาลี :แป้งข้าวเจ้า : แป้งมันสำปะหลัง = 35:55:10

สูตรที่ 2 : แป้งสาลี :แป้งข้าวเจ้า : แป้งมันสำปะหลัง = 40:50:10

สูตรที่ 3 : แป้งสาลี :แป้งข้าวเจ้า : แป้งมันสำปะหลัง = 40:55:5

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แป้งผสมชุบทอดในการศึกษาสูตรครั้งที่ 3 โดยวิธี Hedonic Scale

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	สูตรที่		
	1	2	3
ลักษณะปรากฏ	5.80[b]	5.60[b]	8.45[a]
สี	5.75[b]	5.50[b]	7.95[a]
ความกรอบ	5.55[b]	5.65[b]	7.70[a]
การอมน้ำมัน	5.50[b]	4.90[b]	8.05[a]
ความชอบรวม	6.25[b]	5.95[b]	8.30[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรกำกับค่าเฉลี่ยที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

สูตรที่ 1 : แป้งสาลี :แป้งข้าวเจ้า : แป้งมันสำปะหลัง = 35:55:10

สูตรที่ 2 : แป้งสาลี :แป้งข้าวเจ้า : แป้งมันสำปะหลัง = 40:50:10

สูตรที่ 3 : แป้งสาลี :แป้งข้าวเจ้า : แป้งมันสำปะหลัง = 40:55:5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ตารางที่ 3 อัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์แป้งผสมชุบทอดที่ผสมโปรตีนถั่วเหลืองและไข่ขาว

สูตร	อัตราการพองตัว(เท่า)
โปรตีนไข่ขาวผง	
1	1.99^{ab}
2	1.84^{cd}
3	1.86^{bcd}
4	1.64^{e}
5	1.73^{de}
โปรตีนถั่วเหลือง	
1	1.95^{abc}
2	1.84^{cd}
3	1.69^{e}
4	1.92^{abc}
5	2.01^{a}
control	1.63^{e}

หมายเหตุ : ตัวอักษรกำกับค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

สูตรที่ 1 : แป้งข้าวเจ้า: แป้งสาลี :โปรตีนถั่วเหลือง/ไข่ขาวผง = 60 :38:2

สูตรที่ 2 : แป้งข้าวเจ้า: แป้งสาลี :โปรตีนถั่วเหลือง/ไข่ขาวผง = 58 :40:2

สูตรที่ 3 : แป้งข้าวเจ้า: แป้งสาลี :โปรตีนถั่วเหลือง/ไข่ขาวผง = 55 :40:5

สูตรที่ 4 : แป้งข้าวเจ้า: แป้งสาลี :โปรตีนถั่วเหลือง/ไข่ขาวผง = 60 :35:5

สูตรที่ 5 : แป้งข้าวเจ้า: แป้งสาลี :โปรตีนถั่วเหลือง/ไข่ขาวผง = 58 :38:4

ตารางที่ 4 ผลของโปรตีนไข่ขาวและโปรตีนถั่วเหลืองต่อการยึดเกาะของผลิตภัณฑ์ไก่ชุบแป้งทอด

สูตร	การหลุดของแป้ง (%)
โปรตีนไข่ขาวผง	
1	1.46^{cd}
2	2.14^{a}
3	1.28^{de}
4	1.12^{de}
5	1.42^{cde}
โปรตีนถั่วเหลือง	
1	2.12^{a}
2	2.03^{ab}
3	1.72^{bc}
4	1.44^{cd}
5	1.23^{de}
ชุดควบคุม(control)	1.04^{e}

หมายเหตุ : ตัวอักษรกำกับค่าเฉลี่ยที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

สูตรที่ 1 : แป้งข้าวเจ้า: แป้งสาลี :โปรตีนถั่วเหลือง/ไข่ขาวผง = 60 :38:2

สูตรที่ 2 : แป้งข้าวเจ้า: แป้งสาลี :โปรตีนถั่วเหลือง/ไข่ขาวผง = 58 :40:2

สูตรที่ 3 : แป้งข้าวเจ้า: แป้งสาลี :โปรตีนถั่วเหลือง/ไข่ขาวผง = 55 :40:5

สูตรที่ 4 : แป้งข้าวเจ้า: แป้งสาลี :โปรตีนถั่วเหลือง/ไข่ขาวผง = 60 :35:5

สูตรที่ 5 : แป้งข้าวเจ้า: แป้งสาลี :โปรตีนถั่วเหลือง/ไข่ขาวผง = 58 :38:4

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แป้งผสมชุบทอดในการพัฒนาสูตรโดยวิธี Mixture Design

สูตร	คุณลักษณะ				
	สี	ความกรอบ	รสชาติ	การอมน้ำมัน	ความชอบรวม
Control	6.56^{d}	6.36^{e}	6.60^{d}	5.33^{f}	6.23^{e}
โปรตีนไข่ขาวผง					
1	7.46^{cd}	7.23^{d}	7.10^{c}	6.76^{de}	7.43^{cd}
2	7.43^{c}	7.43^{cd}	7.10^{c}	6.70^{e}	7.36^{cd}
3	7.70^{abc}	7.43^{cd}	7.10^{c}	6.70^{e}	7.36^{cd}
4	7.33^{c}	7.50^{bcd}	7.33^{bc}	7.23^{bc}	7.76^{bc}
5	7.33^{c}	7.60^{bcd}	7.33^{bc}	7.20^{cd}	7.50^{cd}
โปรตีนถั่วเหลือง					
1	7.76^{abc}	7.26^{d}	7.40^{bc}	6.56^{e}	7.23^{d}
2	7.90^{ab}	7.40^{cd}	7.63^{b}	7.20^{cd}	7.46^{cd}
3	8.03^{a}	7.80^{bc}	8.16^{a}	7.46^{abc}	8.00^{ab}
4	7.96^{a}	7.90^{ab}	8.26^{a}	7.66^{a}	8.06^{ab}
5	8.03^{a}	8.23^{a}	8.23^{a}	7.80^{a}	8.21^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรกำกับค่าเฉลี่ยที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

สูตรที่ 1 : แป้งข้าวเจ้า: แป้งสาลี :โปรตีนถั่วเหลือง/ไข่ขาวผง = 60 :38:2

สูตรที่ 2 : แป้งข้าวเจ้า: แป้งสาลี :โปรตีนถั่วเหลือง/ไข่ขาวผง = 58 :40:2

สูตรที่ 3 : แป้งข้าวเจ้า: แป้งสาลี :โปรตีนถั่วเหลือง/ไข่ขาวผง = 55 :40:5

สูตรที่ 4 : แป้งข้าวเจ้า: แป้งสาลี :โปรตีนถั่วเหลือง/ไข่ขาวผง = 60 :35:5

สูตรที่ 5 : แป้งข้าวเจ้า: แป้งสาลี :โปรตีนถั่วเหลือง/ไข่ขาวผง = 58 :38:4

ตารางที่ 6 ความหนืดของแป้งผสมซุบทอดที่เติมแป้งดัดแปรแบบครอสลิงค์และแบบพรีเจลฯ ในปริมาณต่างกัน

ชนิดแป้ง	ปริมาณ(ร้อยละ)	ความหนืด(เซนติเมตร)
แป้งข้าวเจ้า(ชุดควบคุม)	100	16[a]
แป้งครอสลิงค์	100	16[a]
	75	14[b]
	50	14[b]
	25	13[b]
แป้งพรีเจลฯ	100	9.3[c]
	75	9[c]
	50	9[c]
	25	9[c]

หมายเหตุ : ตัวอักษรกำกับค่าเฉลี่ยที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ตารางที่ 7 ค่าสีของแป้งผสมซุบทอดที่เติมแป้งดัดแปรแบบครอสลิงค์และแบบพรีเจลฯในปริมาณต่างกัน

ชนิดแป้ง	ปริมาณ(ร้อยละ)	ค่าสี		
		L*	a*	b*
แป้งข้าวเจ้า(ชุดควบคุม)	100	87.04^{ab}	6.25^{a}	22.74^{a}
แป้งครอสลิงค์	100	89.42^{a}	5.86^{abc}	22.10^{a}
	75	88.71^{ab}	5.65^{abc}	22.00^{a}
	50	87.84^{ab}	6.04^{ab}	22.73^{a}
	25	86.2^{ab}	6.1^{ab}	23.14^{a}
แป้งพรีเจลฯ	100	80.21^{b}	5.20^{c}	21.45^{a}
	75	80.95^{ab}	5.47^{bc}	21.98^{a}
	50	82.3^{ab}	5.92^{abc}	22.35^{a}
	25	83.2^{ab}	6.16^{ab}	22.92^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรกำกับค่าเฉลี่ยที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

ตารางที่ 8 ค่าร้อยละการหลุดของแป้งผสมชุบทอดที่เติมแป้งดัดแปรแบบครอสลิงค์และ แบบพรีเจลฯ ในปริมาณต่างกัน

ชนิดแป้ง	ปริมาณ(ร้อยละ)	การหลุดของแป้ง(%)
แป้งข้าวเจ้า(ชุดควบคุม)	100	1.98[e]
แป้งครอสลิงค์	100	4.59[a]
	75	4.28[ab]
	50	4.04[bc]
	25	3.78[c]
แป้งพรีเจลฯ	100	2.86[d]
	75	2.82[d]
	50	2.81[d]
	25	2.39[e]

หมายเหตุ : ตัวอักษรกำกับค่าเฉลี่ยที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)