หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 เครื่อง Brabender Visco-Amylograph รุ่น 8004 40, 8012 40, 700 cmg cartridge ของบริษัท Brabender-OHG Duishurg 1984 ประเทศเยอรมันตะวันตก

3.1.2 เครื่องทำปฏิกิริยา cross-linking ประกอบด้วยภาชนะแก้วรูปทรงกระบอกขนาด จุ 200 มิลลิลิตร และเครื่องกวน (stirrer) ที่สามารถปรับความเร็วของใบพัดได้ตั้งแต่ 10-110 รอบต่อนาที ภาชนะแก้ววางอยู่ในอ่างน้ำ (water bath) ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 30-110°C

3.1.3 เครื่องกรอง ประกอบด้วย Buchner funnel ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 เซนติเมตร ที่มีกระดาษกรอง Whatman No.1 อยู่ภายในและวางอยู่บน buchner flask ขนาด 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีท่อพลาสติกต่อกับเครื่องดูดอากาศ (vacuum pump)

3.1.4 Double Beam Spectrophotometer รุ่น UV 240 (P/N204-58000) ของบริษัท Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น สามารถปรับความยาวคลื่นได้ตั้งแต่ 190-900 นาโนเมตร

3.1.5 เครื่องอบลมร้อนแบบเป่าผ่าน (tray dryer) แบบจำลองที่ HA-20 ของบริษัท Kan Seng Lec Machinarry กรุงเทพฯ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งสามารถแปรได้ในช่วง 40-200°C ลมร้อนภายในเครื่องอบแห้งจะเคลื่อนที่แบบชนิดตามกัน (co-current)

3.1.6 เครื่องบด pin mill ที่มีตะแกรง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร

3.1.7 เครื่อง Texturometer (Mainframe Standard, T2001) ของบริษัท J.J.Lloyd Instrument Ltd. ประเทศอังกฤษ โดยใช้ใบมีดแบบเฉือนผ่านร่อง

3.2 ศึกษาสมบัติของแป้งชุบทอดทางการค้า

3.2.1 อุณหภูมิแป้งสุก การเปลี่ยนแปลงความหนืด และองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของแป้งชุบทอดทางการค้า

ศึกษาสมบัติของ paste แป้งชุบทอดทางการค้าที่จำหน่ายภายในประเทศ 5 ตัวอย่าง โดยพิจารณา อุณหภูมิแป้งสุก ค่าความหนืดสูงสุด ความหนืดที่อุณหภูมิ 95°C ความหนืดเมื่อ paste

เย็นลงจนมีอุณหภูมิ 50°C และจากการศึกษาเบื้องต้น โดยให้ paste ได้รับความร้อนที่ 95°C และเย็นลงจนมีอุณหภูมิ 50°C เป็นเวลานาน 20-60 นาที พบว่า ความหนืดของ paste คงที่ ดังนั้น จึงเลือกศึกษาโดยใช้เวลาที่ paste ได้รับความร้อนที่ 95°C และ 50°C นาน 20 นาที ด้วยเครื่อง Brabender Visco-Amylograph ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 8 รายละเอียดการวัดค่าต่างๆ แสดงในภาคผนวก ก1. รวมทั้งวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ ปริมาณอะไมโลส ตามวิธีที่แสดงในภาคผนวก ก4. (47) และโปรตีนตามวิธีวิเคราะห์ของ A.O.A.C.1980-2.062 (48) วิเคราะห์และประเมินผลโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (49) และทำการทดลอง 2 ซ้ำ

3.2.2 <u>ลักษณะคุณภาพทั่วไปของแป้งชุบทอดทางการค้า</u>

3.2.2.1 <u>ลักษณะทางกายภาพด้านแรงตัดขาดและการพองตัวภายหลังการทอด</u>

นำแป้งชุบทอดทางการค้าผสมน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ผสมให้เข้ากัน แล้วตัก batter ประมาณ 1 ช้อนชาใส่ในพิมพ์ที่ร้อนจัด ทอดแบบ deep-fat frying ที่อุณหภูมิ 190 ± 5°C นาน 6 นาที หลังจากนั้นนำขึ้นสะเด็ดน้ำมัน ทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 5 นาที และศึกษาลักษณะทางกายภาพด้านแรงตัดขาดด้วยเครื่อง texturometer พิจารณาค่าแรงตัดขาดจากกราฟโดยใช้ค่าแรงตัดขาดจุดแรกที่ใบมีดสัมผัสเนื้อผลิตภัณฑ์ และศึกษาการพองตัวภายหลังการทอดโดยพิจารณาค่า bulk density ตามวิธีที่แสดงในภาคผนวก ก5. วิเคราะห์และประเมินผลโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

3.2.2.2 <u>ลักษณะทางประสาทสัมผัส</u>

นำแป้งชุบทอดทางการค้าผสมน้ำตามอัตราส่วนที่ระบุไว้บนฉลาก แล้วนำกุ้งที่มีขนาดตัวใกล้เคียงกัน (น้ำหนักประมาณตัวละ 25-30 กรัม) และผ่านการลวกในน้ำเดือดเป็นเวลาประมาณ 15 วินาที ตั้งทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ นำไปชุบ batter ที่เตรียมไว้และทอดแบบ deep-fat frying ที่อุณหภูมิ 190 ± 5°C นาน 6 นาที และศึกษาคุณภาพทั่วไปด้านสี ความกรอบ การอมน้ำมันและการยอมรับรวมด้วยวิธี descriptive-analytical method (50) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึก 6 คน ประเมินลักษณะทั่วไป รายละเอียดการทดสอบแสดงในแบบสอบถามภาคผนวก ค1. วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวางแผนการทดลองแบบ randomized completely block design (RCBD) และทำการทดลอง 2 ซ้ำ

3.3 ศึกษาสมบัติของแป้งข้าวเจ้าจากโรงงานผลิตภายในประเทศ

3.3.1 อุณหภูมิแป้งสุก และการเปลี่ยนแปลงความหนืดของ paste แป้งข้าวเจ้าจากโรงงานผลิตภายในประเทศ

วัดอุณหภูมิแป้งสุก และการเปลี่ยนแปลงความหนืดเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ของ paste แป้งข้าวเจ้า (native rice flour) จากโรงงานผลิตภายในประเทศ 3 ตัวอย่าง ด้วยเครื่อง Brabender Visco-Amylograph ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 8 เช่นเดียวกับการศึกษาข้อ 3.2.1

3.3.2 วิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆที่สำคัญของแป้งข้าวเจ้าจากโรงงานผลิตภายในประเทศ

นำแป้งข้าวเจ้ามาวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

3.3.2.1 ความชื้น ตามวิธีวิเคราะห์ของ A.O.A.C. 1980-14.004

3.3.2.2 โปรตีน ตามวิธีวิเคราะห์ของ A.O.A.C. 1980-2.062

3.3.2.3 ไขมัน ตามวิธีวิเคราะห์ของ A.O.A.C. 1980-7.056

3.3.2.4 อะไมโลส ตามวิธีวิเคราะห์ของ Juliano (47)

3.3.2.5 pH ตามวิธีวิเคราะห์ของ A.O.A.C. 1980-14.022

คัดเลือกแป้งข้าวเจ้าจากโรงงานผลิตภายในประเทศ

โดยพิจารณา อุณหภูมิแป้งสุก การเปลี่ยนแปลงความหนืด และองค์ประกอบทางเคมี วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design) และทำการทดลอง 2 ซ้ำ เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยา cross - linking แป้งข้าวเจ้าด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต

3.4.1 ผลของความเร็วของเครื่องกวนในระหว่างการทำปฏิกิริยา cross-linking

3.4.1.1 ผลของความเร็วของเครื่องกวนในระหว่างการทำปฏิกิริยา cross-linking ต่อสมบัติของแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพเปรียบเทียบกับ native rice flour

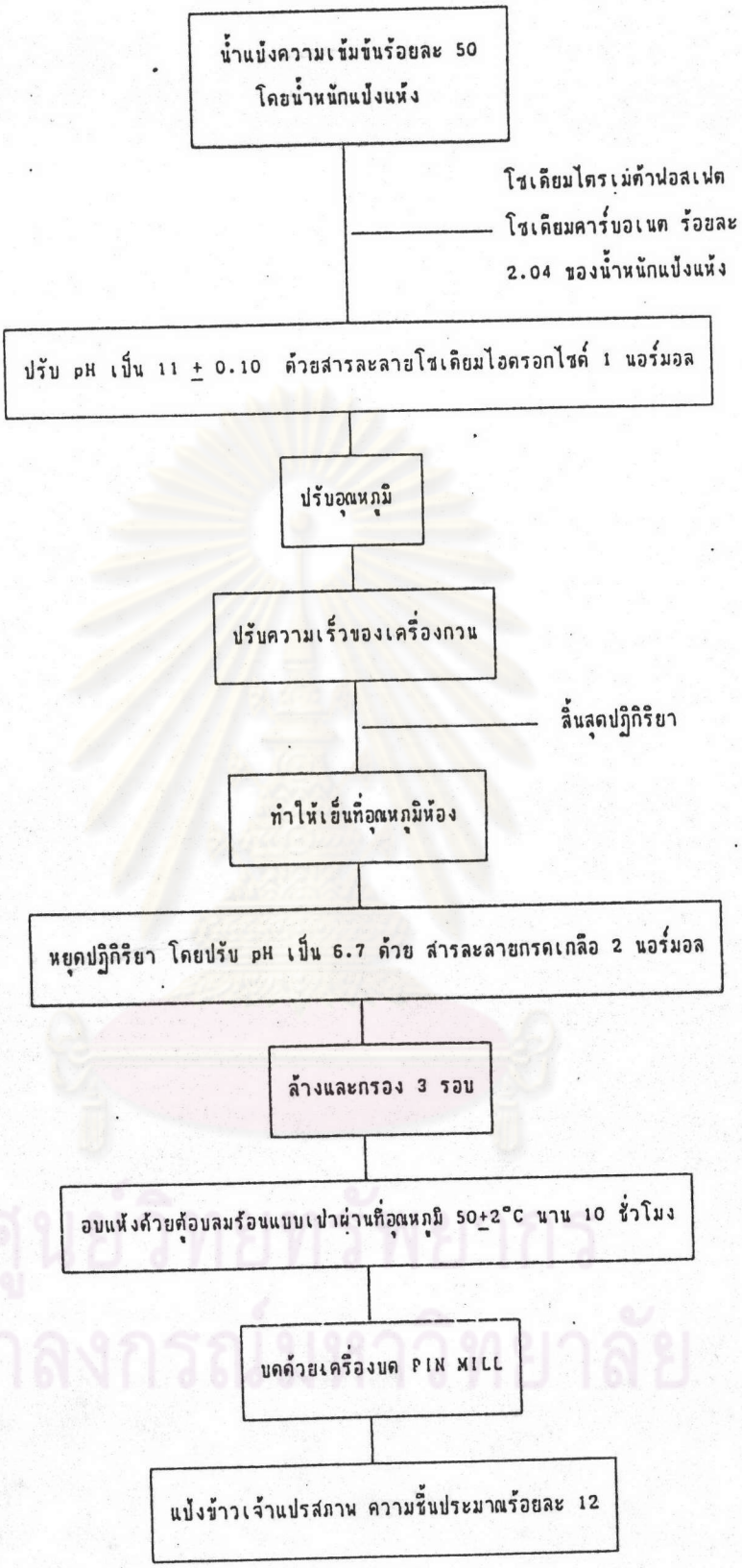
นำแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการคัดเลือกในข้อ 3.3 มาทำการแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ 1.4 ของน้ำหนักแป้งแห้ง ตามขั้นตอนในรูปที่ 8 โดยใช้ความเร็วของเครื่องกวน 2 ระดับ คือ 60 และ 110 รอบต่อนาที อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาทั้งที่ 50°C และ 55°C เวลา 1.5 ชั่วโมง

วิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติเช่นเดียวกับการศึกษาในข้อ 3.3

3.4.1.2 ผลของความเร็วของเครื่องกวนในระหว่างการทำปฏิกิริยา cross-linking ที่สภาวะต่างกัน

ศึกษาการแปรสภาพแป้งข้าวเจ้าด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต ตามขั้นตอนเดียวกับการศึกษาข้อ 3.4.1.1 โดยใช้ความเร็วของเครื่องกวนในการทำปฏิกิริยาทั้ง 2 ระดับเท่าเดิม แต่แปรปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 1.4 1.7 และ 2.0 ของน้ำหนักแป้งแห้ง อุณหภูมิในทำปฏิกิริยาทั้งที่ 50°C และ 55°C วางแผนการทดลองแบบ asymmetric factorial design (3x2) แต่ละ treatment combination ทำการทดลอง 2 ซ้ำ และประเมินผลเช่นเดียวกับการศึกษาข้อ 3.4.1.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 8 ขั้นตอนการแปรสภาพแป้งข้าวเจ้า โดยวิธี CROSS-LINKING

3.4.2 ผลของปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต อุณหภูมิ และเวลาต่อปฏิกิริยาcross-linking แป้งข้าวเจ้าโดยใช้ความเร็วของเครื่องกวน 110 รอบต่อนาที

3.4.2.1 ผลของปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต อุณหภูมิ และเวลาในการทำปฏิกิริยาต่ออุณหภูมิแป้งสุก และการเปลี่ยนแปลงความหนืดของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพ

ศึกษาการแปรสภาพแป้งข้าวเจ้าโดยวิธี cross-linking ตามขั้นตอนเดียวกับการศึกษาข้อ 3.4.1.1 โดยใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต 3 ระดับ คือ ร้อยละ 1.4 1.7 และ 2.0 ของน้ำหนักแป้งแห้ง อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 2 ระดับ คือ 50°C และ 55°C เวลา 3 ระดับ คือ 1.5 3.0 และ 4.5 ชั่วโมง โดยใช้ความเร็วของเครื่องกวน 110 รอบต่อนาที วางแผนการทดลองแบบ asymmetric factorial design (3x2x3) แต่ละ treatment combination ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์และประเมินผลเช่นเดียวกับการศึกษาข้อ 3.4.1.1

3.4.2.2 ผลของปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต อุณหภูมิ และเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อปริมาณฟอสฟอรัส และอะไมโลสในแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพ

นำตัวอย่างแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพในสภาวะต่างๆ จากการทดลองในข้อ 3.4.2.1 มาวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสและอะไมโลส ตามวิธีที่แสดงในภาคผนวก ก3. (51) และ ก4. ตามลำดับ และวิเคราะห์ผลโดยวางแผนการทดลองแบบ asymmetric factorial design (3x2x3) แต่ละ treatment combination ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

คัดเลือกแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพในสภาวะต่างๆ จากการทดลองในข้อ 3.4.2 เกณฑ์สำคัญในการประเมินผลได้แก่ อุณหภูมิแป้งสุกและปริมาณอะไมโลส เกณฑ์สำคัญลำดับรองได้แก่ ความหนืดที่ 95°C ความหนืดที่ 50°C และการคืนตัวของ paste ประกอบกับความเหมาะสมด้านราคาของแป้งชนิดอื่นที่ต้องใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอด เนื่องใช้ในการพัฒนาสูตรต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17311731

3.5 ศึกษาการพัฒนาสูตรแป้งชุบทอด ซึ่งใช้แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพเป็นส่วนผสมในอัตราส่วนต่างกัน

เนื่องจากปริมาณแป้งข้าวเจ้าที่ใช้เป็นส่วนผสมในสูตรแป้งชุบทอดทางการค้าที่ระบุในฉลากอยู่ระหว่างร้อยละ 4-9 ของน้ำหนักทั้งหมด และจากการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาปริมาณของแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพที่ใช้เป็นส่วนผสมในแป้งข้าวชุบทอด พบว่า ปริมาณสูงสุดของแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 40 ของน้ำหนักทั้งหมด จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืด การพองตัว และความกรอบอยู่ในเกณฑ์ที่ดี แต่ถ้าใช้ปริมาณสูงกว่านี้มีผลทำให้ความหนืด และการพองตัวของผลิตภัณฑ์ต่ำมาก รวมทั้งมีลักษณะแข็งกระด้างเกินไป ดังนั้น จึงกำหนดให้อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพอยู่ระหว่างร้อยละ 10-40 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ปริมาณแป้งข้าวโพดที่ใช้ในสูตรแป้งชุบทอดทางการค้าอยู่ระหว่างร้อยละ 4-15 ของน้ำหนักทั้งหมด แต่เนื่องจากแป้งข้าวโพดมีราคาแพง ดังนั้น จึงกำหนดให้อัตราส่วนแป้งข้าวโพดที่ใช้ผสมอยู่ระหว่าง ร้อยละ 5-10 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดเท่านั้น เพื่อลดต้นทุนการผลิต ดังนั้น ปริมาณแป้งสาลีที่ใช้เป็นส่วนผสมหลักจึงลดลงเหลือเพียงร้อยละ 50-85 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด

คำนวณหาอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพ แป้งสาลี และแป้งข้าวโพด ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณอยู่ในระดับดังกล่าวข้างต้น ด้วยวิธี mixture design (52) และคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมจากบริเวณพื้นที่ซึ่งมีความเป็นไปได้ (feasible area) จากกราฟรูปที่ 35 เพื่อศึกษาสมบัติด้านต่างๆ ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5.1 ศึกษาผลของแป้งสาลีชนิดเอนกประสงค์ และแป้งขนมปังต่อสมบัติของแป้งชุบทอดซึ่งใช้แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพเป็นส่วนผสมในอัตราส่วนต่างกัน

ศึกษาผลของแป้งเอนกประสงค์และแป้งขนมปัง ต่ออุณหภูมิแป้งสุก การเปลี่ยนแปลงความหนืด ปริมาณอะไมโลส และโปรตีนในแป้งชุบทอดซึ่งใช้แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพ และแป้งข้าวโพดในอัตราส่วนต่างกัน 5 สูตร คือ A-E มีส่วนผสมของแป้งเอนกประสงค์ และ A1-E1 มีส่วนผสมของแป้งขนมปัง กำหนดให้ส่วนผสมอื่น คือ น้ำตาล เกลือ และผงฟู มีปริมาณคงที่คือร้อยละ 4.0 1.5 และ 4.5 ตามลำดับ ศึกษาสมบัติต่างๆ โดยวิธีเดียวกับการศึกษาข้อ 3.2.1 วิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติโดยใช้ t-test และคัดเลือกชนิดของแป้งสาลีที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

3.5.2 ศึกษาสมบัติของแป้งชุบทอดซึ่งใช้แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพเป็นส่วนผสมในอัตราส่วนต่างกัน

3.5.2.1 อุณหภูมิแป้งสุก การเปลี่ยนแปลงความหนืด และองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ

ศึกษาอุณหภูมิแป้งสุกและการเปลี่ยนแปลงความหนืดของ paste แป้งชุบทอดซึ่งใช้แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพที่ผ่านการคัดเลือกในข้อ 3.4 และแป้งผสมระหว่าง แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพ แป้งสาลีที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 3.5.1 และแป้งข้าวโพด ในอัตราส่วนต่างกัน รวมทั้งปริมาณอะไมโลสและโปรตีน โดยวิธีเดียวกับการศึกษาข้อ 3.5.1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดและทำการทดลอง 2 ซ้ำ ประเมินผลโดยใช้สมบัติที่สำคัญของแป้งชุบทอดทางการค้าจากการศึกษาข้อ 3.2.1 เป็นเกณฑ์

3.5.2.2 ลักษณะคุณภาพทั่วไปของแป้งชุบทอดซึ่งใช้แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพเป็นส่วนผสมในอัตราส่วนต่างกัน

3.5.2.2.1 ลักษณะทางกายภาพด้านแรงตัดขาดและการพองตัวภายหลังการทอด

นำแป้งชุบทอดสูตรต่างๆ ผสมน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 และศึกษาค่าแรงตัดขาดด้วยเครื่อง texturometer และการพองตัวภายหลังการทอดโดยพิจารณาค่า bulk density วิธีเดียวกับการศึกษาข้อ 3.2.2.1 วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดและทำการทดลอง 2 ซ้ำ ประเมินผลโดยใช้สมบัติของแป้งชุบทอดทางการค้าจากการศึกษา

ข้อ 3.2.2.1 เป็นเกณฑ์

3.5.2.2.2 ลักษณะทางประสาทสัมผัส

เนื่องจากอัตราส่วนของปริมาณน้ำต่อแป้งที่ผสมมีความสำคัญ ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะการเกาะติดของ batter ที่ใช้ชุบอาหารก่อนทอด และจากการศึกษานี้ใช้แป้งชุบทอดที่มีอัตราส่วนของแป้งแต่ละชนิดแตกต่างกันซึ่งมีผลต่อปริมาณน้ำที่ใช้ผสม เพราะแป้งแต่ละชนิดที่ใช้นั้นมีความสามารถในการดูดซึมน้ำเย็นได้ต่างกัน จึงได้ศึกษาเบื้องต้นเพื่อหาอัตราส่วนของน้ำที่เหมาะสมสำหรับแป้งชุบทอดแต่ละสูตร โดยใช้ความหนืดของ batter แป้งชุบทอดทางการค้าเป็นเกณฑ์ รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ข1.

นำแป้งชุบทอดสูตร A1 B1 และ E1 ผสมน้ำในอัตราส่วนน้ำต่อแป้ง 1.25:1 สูตร C1 และ D1 ใช้อัตราส่วน 1.50:1 และสูตร F ใช้อัตราส่วน 1:1 ซึ่งได้จากการศึกษาเบื้องต้นดังกล่าว เพื่อใช้ศึกษาลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยวิธี descriptive-analytical method โดยใช้ผู้ทดสอบชิม และประเมินคุณภาพเช่นเดียวกับการศึกษาในข้อ 3.2.2.2 วางแผนการทดลองแบบ randomized completely block design (RCBD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ ประเมินผลโดยใช้สมบัติของแป้งชุบทอดทางการค้าจากการศึกษาข้อ 3.2.2.2 เป็นเกณฑ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย