บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการศึกษาการสกัดโปรตีนรำข้าว

1.1 การสกัดน้ำมันออกจากรำข้าว

การสกัดไขมันออกจากรำข้าว เป็นขั้นตอนแรกในการเตรียมตัวอย่างก่อนสกัดโปรตีน เพื่อป้องกันการเกิดกลิ่นหืนในระหว่างการเก็บรักษา และเพื่อช่วยส่งเสริมให้การสกัดโปรตีนได้มากยิ่งขึ้น การสกัดไขมันออกจากรำข้าวทำได้โดยการใช้สารละลายเฮกเซน โดยได้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าวและรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน โดยผลการวิเคราะห์ แสดงดังตารางที่ 4.1 และภาพของรำข้าวทั้งสองแบบแสดงใน ภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าวสดและรำข้าวผ่านการสกัดไขมัน

องค์ประกอบทางเคมี(%)	รำข้าวสด(%)	รำข้าวสกัดไขมัน(%)
ความชื้น	8.43	12.12
โปรตีน	12.67	13.74
ไขมัน	20.85	2.23
เส้นใย	2.78	6.93
เถ้า	8.42	10.51
คาร์โบไฮเดรต	44.12	55.89

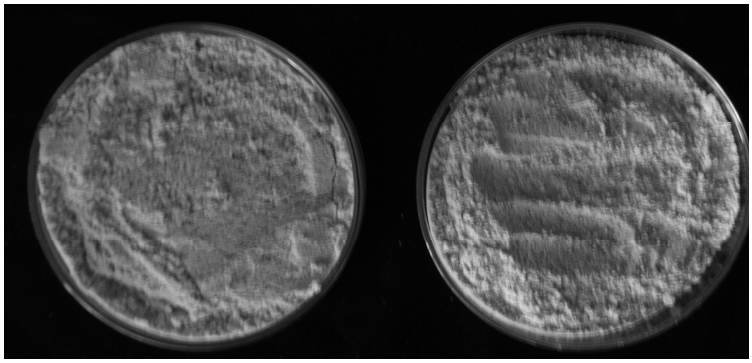
จากตารางที่ 4.1 ปริมาณไขมันในรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมัน จะมีปริมาณไขมันลดลงจาก 20.85% เป็น 2.23 % คิดเป็นปริมาณการลดลงประมาณ 90.31% ส่วนปริมาณสารอื่น ๆ ได้แก่ โปรตีน เส้นใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย นอกจากนี้ ลักษณะของสีจะต่างกัน คือ สีของรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันจะมีสีจางกว่ารำข้าวไขมันเต็ม (ภาพที่ 4.1)

Juliano (1985) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของรำข้าว โดยศึกษาคาร์โบไฮเดรตในรำข้าว พบว่าสตาร์ช (Starch) เป็นคาร์โบไฮเดรตหลักที่พบในรำข้าว สตาร์ชประกอบด้วยโครงสร้างของอะไมโลส และอะไมโลเพคติน สตาร์ชจะอยู่ในเม็ดสตาร์ชซึ่งเป็นเม็ดห้าเหลี่ยมขนาด 3 - 9ไมโครเมตร รวมกันอยู่เป็นกลุ่มในอะไมโลพลาสต์ (amyloplast) ที่มีลักษณะกลมรี มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 - 39 ไมโครเมตร โดยในแต่ละอะไมโลพลาสต์จะมีเม็ดสตาร์ชเกาะรวมกันอยู่ประมาณ 20 - 60 เม็ด (Juliano, 1985) นอกจากนี้คาร์โบไฮเดรตอีกส่วนคือ เซลลูโลส (cellulose) ซึ่งเป็น homopolymer

ที่ไม่ละลายน้ำ เซลลูโลสเป็นโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ และเป็นเส้นตรง เกิดการรวมตัวเป็นเส้นใย (fibrous) ของโครงสร้างที่คล้ายผลึก (crystalline) จึงทำให้โมเลกุลของน้ำไม่สามารถเข้าไปแทรกตัวอยู่ได้ ซึ่งโดยทั่วไปจะพบเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ โดยทั่วไปในรำข้าวมีเซลลูโลสอยู่ในช่วง 9.6 -12.8%

Barber and Benedito de Barber, 1980 ได้ศึกษาปริมาณโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนในรำข้าวพบว่า รำข้าวมีปริมาณโปรตีนประมาณ 13.3-15.5% และโปรตีนหลักในรำข้าวคือโปรตีนแอลบูมิน และโกลบูลิน ปริมาณไนโตรเจนในรำข้าวจะมีความแตกต่างกันประมาณ 1-3% และเมื่อปริมาณไนโตรเจนคูณกับ 5.95 จะเป็นปริมาณโปรตีนของรำข้าว ซึ่งไนโตรเจนที่เป็นโปรตีนจะมีปริมาณมากที่สุดจากปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในรำข้าว สารประกอบไนโตรเจนอื่นๆที่พบ ได้แก่ กัวนีน แซนทีน อะดีนีน แอมโมเนีย กรดนิโคตินิก เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในรำข้าวในการทดลองนี้ที่มีปริมาณโปรตีน 13.75 % ในรำข้าวที่สกัดไขมันออกแล้ว

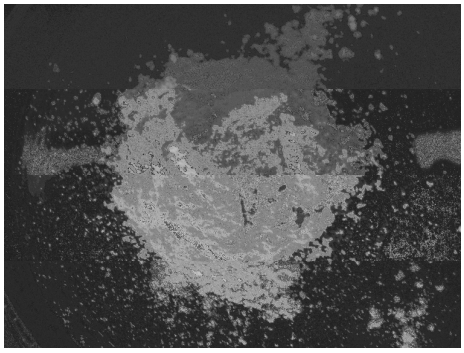
จากนั้นนำผลผลิตรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันออกแล้ว ซึ่งเรียกว่า รำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันมาทำการสกัดโปรตีนในขั้นต่อไป



ภาพที่ 4.1 รำข้าวไขมันเต็ม (ซ้าย) และรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันออก (ขวา)

1.2 การสกัดโปรตีนเข้มข้นจากรำข้าว

การสกัดโปรตีนเข้มข้นจากรำข้าว ได้ใช้วิธีการสกัดทางเคมี โดยการนำรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันแล้วมาทำการสกัดโปรตีน โดยทำการละลายโปรตีนออกจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดไขมันแล้ว ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ pH 11 แล้วทำการตกตะกอนโปรตีนด้วยกรดไฮโดรคลอริก ที่ pH 4.5 จากนั้นทำให้แห้งโดยเครื่อง Spray dryer ซึ่งผลผลิตที่ได้ คือโปรตีนเข้มข้นจากรำข้าว โดยจะมีลักษณะเป็นผงละเอียด มีสีครีม ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ลักษณะโปรตีนสกัดจากรำข้าว

จากนั้นนำโปรตีนรำข้าวที่สกัดได้ มาทำการวิเคราะห์ ปริมาณโปรตีน และเปอร์เซ็นต์ผลผลิต พบว่าโปรตีนรำข้าวที่ผลิตได้ มีปริมาณโปรตีนโดยเฉลี่ยร้อยละ 70.04 และคำนวณเปอร์เซ็นต์ผลผลิตได้เท่ากับ 10.17% ซึ่งเมื่อเทียบกับผลการทดลองการสกัดโปรตีนรำข้าวด้วยวิธีทางเคมีเช่นเดียวกันได้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตโปรตีนรำข้าว 12.2 % (ผศ.ดร.โชคชัย ธีรกุลเกียรติ :2546)

1.3 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนสกัดจากรำข้าว

นำโปรตีนรำข้าวที่สกัดได้ มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย เถ้า และไขมัน ผลการทดลอง แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนสกัดจากรำข้าว

องค์ประกอบทางเคมี (%)	โปรตีนรำข้าวที่สกัดได้
โปรตีน	70.04
คาร์โบไฮเดรต	22.13
ไขมัน	1.68
เส้นใย	5.36
เถ้า	0.78

จากตารางที่ 4.2 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนสกัดจากรำข้าว ซึ่งมีปริมาณโปรตีนโดยเฉลี่ย 70.04 % คาร์โบไฮเดรต 22.13% ไขมัน1.68% เส้นใย 5.36% และเถ้า 0.775% เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโปรตีน จะมีค่าที่ต่ำกว่าในการทดลองของ ผศ.ดร.โชคชัย ธีรกุลเกียรติ: 2546 ซึ่งได้ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ 72.69 %

ในการสกัดโปรตีนควรที่จะได้โปรตีนบริสุทธิ์ แต่เนื่องจากว่าวิธีการสกัดนั้นอาศัยคุณสมบัติการละลายและการตกตะกอนของโปรตีน ซึ่งเรียกว่า จุดไอโซอิเลกตริก นั้น อาจมีส่วนของคาร์โบไฮเดรต, เส้นใย, เถ้าและไขมัน บางส่วนที่สามารถละลายและตกตะกอนได้เช่นเดียวกับโปรตีน ผลผลิตสุดท้ายที่เรียกว่า โปรตีนรำข้าว จะมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีครีม เพื่อนำไปประยุกต์ใช้โดยการผสมในผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปต่อไป

ผลการศึกษาการประยุกต์ใช้โปรตีนสกัดจากรำข้าวเข้มข้นที่ผลิตได้ในผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป

1. การผลิตโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป

นำปลายข้าวพันธุ์หอมมะลิ มาผลิตเป็นโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป โดยใช้ตู้อบลมร้อน และบดด้วยเครื่องบดอาหาร ให้ความร้อนขั้นต้นด้วยเครื่อง Hot air oven ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาทีแล้วนำมาแช่น้ำในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาทีแล้วนำมาแช่ในน้ำร้อนอีกครั้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำมานึ่งด้วยไอน้ำให้สุก (15 นาที) นำข้าวที่นึ่งจนสุกมาล้างด้วยน้ำกลั่นให้หมดเมือกแล้วทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ นำข้าวที่สะเด็ดน้ำแล้วมาอบให้แห้งโดยจะอบ 2 ครั้ง ครั้งแรกอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ครั้งที่ 2 อบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมงจากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดอาหาร จะได้ข้าวกึ่งสำเร็จรูปในลักษณะโจ๊ก ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป ได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตและคุณสมบัติของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป

คุณสมบัติของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป	โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป
เปอร์เซ็นต์ผลผลิต	90.46
เวลาในการคืนตัวในน้ำร้อน (นาที)	5.40
อัตราการดูดน้ำกลับ (เท่า)	5.70
อัตราการขยายปริมาตร (เท่า)	4.78

จากตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป ได้แก่ ระยะเวลาในการคืนตัวในน้ำร้อน อัตราการดูดน้ำกลับ และอัตราการขยายปริมาตร พบว่ามีระยะเวลาการคืนตัวในน้ำร้อน 5.40 นาที อัตราการดูดน้ำกลับ มีค่าเท่ากับ 5.70 เท่า และอัตราการขยายปริมาตร มีค่าเท่ากับ 4.78 เท่า

2. การศึกษาการนำโปรตีนรำข้าวผสมในโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป

2.1 ผลการศึกษาการเติมโปรตีนสกัดจากรำข้าว ผสมในโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปในระดับที่เหมาะสม

ศึกษาการเติมโปรตีนสกัดจากรำข้าวในระดับที่เหมาะสม โดยปริมาณการเติมโปรตีนสกัดจากรำข้าวลงในโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป ได้แบ่งเป็น 6 ระดับ คือ ร้อยละ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9 Point Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ประเมินคุณภาพทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความสะดวก ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.4 และภาพโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปผสมโปรตีนรำข้าวแสดงดังภาพที่ 4.3

ภาพที่ 4.3 โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปผสมโปรตีนรำข้าว

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปผสมโปรตีนรำข้าว

ปัจจัยที่ทดสอบ	ตัวอย่าง					
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6
ลักษณะปรากฏ[ns]	7.54	7.54	7.57	7.54	7.49	7.66
สี[ns]	7.42	7.40	7.25	7.31	7.34	7.34
กลิ่น[ns]	7.34	7.40	7.25	7.31	7.34	7.31
เนื้อสัมผัส[ns]	7.31	7.40	7.25	7.31	7.34	7.31
ความสะดวก[ns]	6.70	6.51	6.60	6.60	6.63	6.60

หมายเหตุ ns = non significant ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วย วิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale พบว่า คะแนนที่ได้ของทุกสูตร ทางด้าน สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความสะดวกในการปรุง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ดังนั้น จึงเลือกโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปสูตรที่ 6 เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนที่มากที่สุดมาทำการพัฒนาเป็นโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปปรุงรสต่อไป

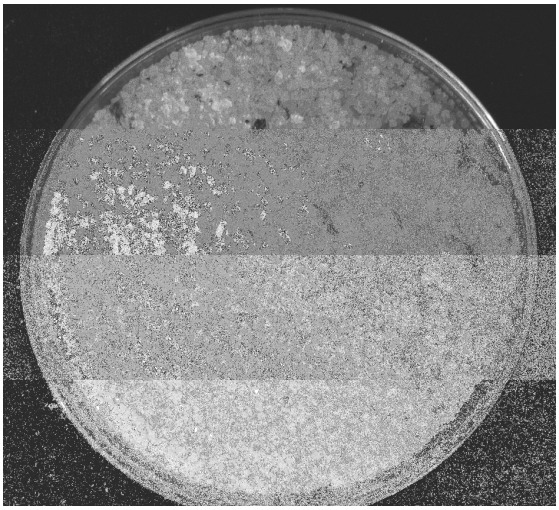
2.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปผสมโปรตีนรำข้าวปรุงรส

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปผสมโปรตีนรำข้าวปรุงรส โดยทำการปรุงรสและเติมวัตถุดิบอบแห้งดังนี้ แครอท 2 %, ฟักทอง 2 % และผักโขม 2 %ใส่สารปรุงรส 12 % (ดัดแปลงมาจากสูตรของ ภัทรชนก ธีรธิติ (2541)) ดังภาพที่ 4.4 แล้วทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9 Point Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ประเมินคุณภาพทางด้านทางด้าน สี รสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ผลการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปผสมโปรตีนรำข้าวปรุงรส แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปผสมโปรตีนรำข้าวปรุงรส

ผลิตภัณฑ์	ปัจจัยที่ทดสอบ				
	สี	รสชาติ	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปผสมโปรตีนรำข้าวปรุงรส	7.03	7.53	7.04	5.71	7.16

จากตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วย วิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale พบว่า คะแนนที่ได้ของผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปผสมโปรตีนรำข้าวปรุงรส ทางด้าน สี รสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวม มีคะแนน 7.03, 7.53, 7.04, 5.71และ 7.16 ตามลำดับ โดยคะแนนความชอบโดยรวมโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 7.16 จาก 9 ซึ่งเป็นระดับความชอบปานกลาง ภาพโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปผสมโปรตีนรำข้าวปรุงรสแสดงดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปผสมโปรตีนรำข้าวปรุงรส