การเตรียมและคุณสมบัติของโปรตีนในแป้งข้าว

Preparation and properties of protein in rice flour

เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ[1] สุนีย์ โชตินีรนาท[1] รุ่งทิวา วันสุขศรี[2] และ กล้าณรงค์ ศรีรอต[2,3]
Kuakoon Piyachomkwan[1], Sunee Chotineeranat[1], Rungtiva Wansuksri,[2]
and Klanarong Sriroth[2,3]

บทคัดย่อ

ในการผลิตแป้งข้าวเจ้าโปรตีนต่ำ (rice starch) เพื่อเพิ่มมูลค่าของปลายข้าว ด้วยวิธีการใช้สารละลายเบสในการกำจัดโปรตีน จะทำให้โปรตีนในแป้งข้าวละลายอยู่ในสารละลายเบส ซึ่งสามารถตกตะกอนโปรตีนได้ด้วยวิธีการปรับพีเอช จุดมุ่งหมายของการวิจัยในครั้งนี้เพื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพทางโภชนาการ และคุณสมบัติทางหน้าที่ของโปรตีนข้าวซึ่งเป็นผลิตผลพลอยได้จากการผลิตแป้งข้าวโปรตีนต่ำ โดยจะทำการตกตะกอนโปรตีนด้วยกรดไฮโดรคลอริก 1 นอร์แมล หลังจากสกัดโปรตีน ภาวะของการสกัดโปรตีนจากปลายข้าวหอมมะลิด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.45 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง จะได้โปรตีนข้าวที่มีร้อยละของโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบเท่ากับ 89.92 โปรตีนข้าวที่สกัดได้จะมีไลซีนเป็นองค์ประกอบ 2.2 กรัมต่อโปรตีน 100 กรัม เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับน้ำพบว่า ความสามารถในการดูดซับน้ำของโปรตีนข้าว (3.48 กรัมต่อกรัม) สูงกว่าหางนม (0.50 กรัมต่อกรัม) และไข่แดง (2.50 กรัมต่อกรัม) แต่ความสามารถในการละลายของโปรตีนข้าวต่ำกว่า (ร้อยละของการละลายของโปรตีนข้าว และหางนมเท่ากับ 5.08 และ 93.44 ตามลำดับ) ในขณะที่ความสามารถในการเกิดฟองของโปรตีนข้าว (ร้อยละ 11.70) ต่ำกว่าหางนม (ร้อยละ 20) และไข่ขาว (25.46 เปอร์เซ็นต์) คุณสมบัติที่โดดเด่นที่สุดของโปรตีนข้าว คือ คุณสมบัติการเกิดอิมัลชัน เมื่อเทียบกับไข่แดงพบว่า โปรตีนข้าวจะมีคุณสมบัติการเกิดอิมัลชันที่ดีทั้งความสามารถช่วยการเกิดอิมัลชัน (64.20 เปอร์เซ็นต์) และความสามารถช่วยความคงตัวของอิมัลชัน (66.17 เปอร์เซ็นต์) ดีกว่าไข่แดง (ความสามารถช่วยการเกิดอิมัลชัน และความสามารถช่วยความคงตัวของอิมัลชัน 59.16 และ 30.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ซึ่งชี้ให้เห็นว่า โปรตีนข้าวสามารถใช้เป็นสารอีมัลซิไฟเออร์ที่ดีสามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้

ABSTRACT

To produce rice starch, a value-added product of broken rice, rice flour is treated with alkali solution for protein removal as most of rice protein can highly solubilize under alkaline condition. Rice protein can be then recovered by pH adjustment. The goal of this study was to evaluate nutritional and functional properties of recovered rice protein which is by-product of rice starch production. Rice protein was recovered by pH adjustment (pH = 4.5 using 1 N hydrochloric acid) of liquid waste (0.45% NaOH) obtained after incubating with rice flour for 24 hr. This protein (protein content = 89.92%) contained lysine about 2.2g/100g protein. Water absorption capacity of rice protein (3.48 g/g) was

1 หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปมันสำปะหลังและแป้ง ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ
2 สถาบันค้นคว้าพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3 ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

higher comparatively to skim milk (0.50g/g) and egg yolk (2.50 g/g) but lower solubility (solubility of rice protein and skim milk was 5.08 and 93.44%, respectively). Foamingcapacity of rice protein (11.70%) was inferior to that of skim milk (20%) and egg white (25.46%).Remarkably, rice protein had good emulsion capacity (64.20%) and emulsion stability (66.17%)relatively to egg yolk (emulsion capacity and stability was 59.16 and 30.97%, respectively), suggesting a potential application of rice protein as emulsifying agent in food products.

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ โดยมีปริมาณการผลิตถึง 22 ล้านตันต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2541) ซึ่งข้าวส่วนใหญ่หลังการขัดสีสำหรับบริโภคโดยตรง ทำให้เกิดปลายข้าวหรือข้าวท่อน ซึ่งมีมูลค่าต่ำเกิดขึ้น องค์ประกอบหลักที่สำคัญของข้าว คือ แป้ง (90%) และองค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ โปรตีน (7-8%), ไขมัน (0.4-0.6%), เยื่อใย (0.3-0.6%) และเถ้า (0.4-0.9%) (Marshall และ Wadsworth, 1994) โปรตีนข้าวในกระบวนการผลิตแป้งข้าวเจ้าบริสุทธิ์จะมีการใช้สารละลายเบสเพื่อกำจัดโปรตีน โปรตีนจะถูกกำจัดออกไปอยู่ในส่วนของของเหลว งานวิจัยนี้จึงมุ่งหมายที่จะตรวจสอบคุณสมบัติโปรตีนข้าวซึ่งเป็นผลิตผลพลอยได้ของขั้นตอนการผลิตแป้งข้าวเจ้าบริสุทธิ์จากปลายข้าวหอมมะลิ โดยจะทำการวิเคราะห์กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบ และคุณสมบัติทางหน้าที่ของโปรตีน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการใช้ประโยชน์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ : ปลายข้าวหอมมะลิของบริษัท ปทุมไรซมิล แอนด์ แกรนารี จำกัด มหาชน

โปรตีนข้าว : เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.45 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีพีเอชเท่ากับ 12.35 ลงในตัวอย่างแป้งข้าวหอมมะลิ โดยใช้อัตราส่วนข้าวต่อสารละลายเบสในอัตราส่วน 1 ต่อ 3 แล้วจึงนำไปเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการสกัดนาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลานาน 10 นาที เก็บส่วนใสมาทำการปรับค่าพีเอชให้เท่ากับ 4.5 โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 นอร์แมล เพื่อตกตะกอนโปรตีน ทำการล้างตะกอนโปรตีนด้วยน้ำซึ่งมีพีเอช 4.5 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลานาน 10 นาที ล้างตะกอนโปรตีน 2 ครั้ง นำตะกอนโปรตีนที่ได้ไปอบแห้งด้วยวิธีการอบแห้งแบบแช่แข็ง (Freeze dry) และนำไปวิเคราะห์ชนิด และปริมาณกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบ และศึกษาคุณสมบัติทางหน้าที่ของโปรตีน (Cornor และคณะ, 1976)

กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบ : การวิเคราะห์ทริปโตเฟน และกรดอะมิโนชนิดอื่นที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีนข้าว ทำการวิเคราะห์โดยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (Amino acid analyzer model LC-6A Shimadsu, Japan) สำหรับการวิเคราะห์ทริปโตเฟนทำการเตรียมตัวอย่างโดยวิธีการย่อยด้วยด่าง ส่วนการวิเคราะห์กรดอะมิโนชนิดอื่นใช้การย่อยด้วยกรด ใช้ปริมาตรตัวอย่าง 20 ไมโครลิตรในการวิเคราะห์ โดยฉีดผ่านเข้าคอลัมน์ Shim-pack ISC-07/S 1540 Na ใช้โซเดียมซิเตรทความเข้มข้น 0.6 นอร์มัลและกรดบอริกความเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์ เป็นเฟสเคลื่อนที่สำหรับการวิเคราะห์ทริปโตเฟน ควบคุมอัตราการไหลเท่ากับ 0.4 มิลลิลิตรต่อนาที ส่วนการวิเคราะห์กรดอะมิโนชนิดอื่นจะใช้เฟสเคลื่อนที่ 3 ชนิดผสมกัน คือ A (โซเดียมซิเตรทเข้มข้น 0.2 นอร์มัลซึ่งประกอบด้วยเอธานอลเข้มข้นร้อยละ 7), B (โซเดียมซิเตรทเข้มข้น 0.6 นอร์มัลและกรดบอริกเข้มข้น 0.2 นอร์มัล) และ C (โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.2 นอร์มัล) ควบ

คุมอัตราการไหลเท่ากับ 0.3 มิลลิลิตรต่อนาที ควบคุมอุณหภูมิคอลัมน์ที่ 55 องศาเซลเซียส และก่อนจะเข้าดีเทคเตอร์ชนิด FLD-6A จะเติม Reaction reagent ซึ่งจะควบคุมการไหลที่ 0.2 มิลลิลิตรต่อนาที ควบคุมอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาที่ 55 องศาเซลเซียส บันทึกโครมาโตรแกรมที่ได้ และค่าเวลา (RT) รวมถึงบันทึกค่าพื้นที่ใต้กราฟของกรดอะมิโน และคำนวณปริมาณเทียบกับสารมาตราฐานของกรดอะมิโน

คุณสมบัติทางหน้าที่ของโปรตีน : คุณสมบัติทางหน้าที่ของโปรตีนที่ทำการทดสอบ ได้แก่คุณสมบัติในการละลายของโปรตีน ตามวิธีการของ A0AC (1990) ความสามารถจับน้ำ และความสามารถดูดซับน้ำมัน ตามวิธีการของ Beuchat (1977) คุณสมบัติในการเป็นอิมัลชันตามวิธีการของ Yasumatsu และคณะ (1972) และคุณสมบัติในการเกิดฟองตามวิธีการของ Coffmann และ Garcia (1977) โดยจะทำการทดสอบคุณสมบัติทางหน้าที่ของโปรตีนข้าวที่สกัดได้เปรียบเทียบกับคุณสมบัติของโปรตีนที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร คือ ไข่และหางนม

ผล

โปรตีนข้าวที่ได้จากการสกัดได้ซึ่งมีร้อยละของโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบเท่ากับ 89.82 เมื่อนำมาวิเคราะห์ชนิด และองค์ประกอบของโปรตีนที่สกัดพบว่ากรดกลูตามิกจะเป็นกรดอะมิโนที่มีปริมาณมากที่สุด (12271.92 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม โปรตีน) รองลงมาคือ กรดแอสพาร์ติก (6965.64 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม โปรตีน) สำหรับกรดอะมิโนจำเป็นที่มีอยู่จำกัดของโปรตีนพืช ดังเช่น ไลซีน ทรีโอนีน และทริปโตเฟนจะพบเป็นองค์ประกอบเท่ากับ 2203.54, 2394 และ 900.49 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมโปรตีน ตามลำดับ มีกรดอะมิโนจำเป็นทั้งหมด 24.94 กรัมต่อ 100 กรัมโปรตีน (ตารางที่ 1)

สำหรับผลการศึกษาคุณสมบัติทางหน้าที่ของโปรตีนที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ คุณสมบัติในการละลายของโปรตีน, ความสามารถจับกับน้ำ, ความสามารถดูดซับน้ำมัน, คุณสมบัติในการเป็นอิมัลชัน และคุณสมบัติในการเกิดฟอง โดยทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางหน้าที่ต่างๆ ระหว่างโปรตีนข้าวกับโปรตีนที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งโปรตีนที่นำมาทดสอบเปรียบเทียบนั้นจะเป็นโปรตีนที่มีความเหมาะสมที่จะใช้เนื่องจากมีคุณสมบัติทางหน้าที่ที่เอื้อต่อลักษณะของอาหาร เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการใช้ประโยชน์ต่อไป

ผลการทดสอบดัชนีการละลายของไนโตรเจน (ตารางที่ 2) จะเห็นได้ว่าโปรตีนข้าวจะมีดัชนีการละลายของไนโตรเจนที่ต่ำมาก ค่าของ % Solubility มีค่าเท่ากับ 5.52 ดังนั้นโปรตีนข้าวจึงไม่สามารถนำไปใช้ในอาหารที่ต้องการโปรตีนซึ่งจะต้องมีคุณสมบัติในการละลายที่ค่าพีเอชเป็นกลางได้ หากต้องการให้โปรตีนมีความสามารถในการละลายเพื่อส่งเสริมลักษณะของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ใช้โปรตีนข้าวเป็นส่วนประกอบอาจจะต้องหาค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการละลายของโปรตีน นอกจากนี้อาจจะใช้สารละลายเกลือซึ่งมีความเข้มข้นที่เหมาะสมช่วยให้โปรตีนมีความสามารถในการละลายสูงขึ้นได้ (McWatters และ Holmes, 1979)

สำหรับผลของความสามารถในการจับกับน้ำ และไขมันเมื่อเทียบระหว่างโปรตีนข้าว หางนม และไข่แดง (ตารางที่ 3 และ 4) จะพบว่าค่าความสามารถในการจับกับน้ำ และค่าความสามารถดูดซับน้ำมันของโปรตีนข้าวจะสูงมากกว่าหางนม และไข่แดง โดยค่าความสามารถในการจับกับน้ำ และค่าความสามารถดูดซับน้ำมันของโปรตีนข้าวมีค่าเท่ากับ 3.78 และ 4.48 กรัมโปรตีนต่อกรัมน้ำ ตามลำดับ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อาหารบางอย่างซึ่งต้องการโปรตีนที่มีความสามารถในการจับกับน้ำและไขมัน (Damodaran, 1994)

ผลการทดสอบคุณสมบัติการเกิดอิมัลชันของโปรตีนข้าว ทำการเปรียบเทียบระหว่างไข่แดง และโปรตีนข้าว (ตารางที่ 5 และภาพที่ 1) พบว่าผลของความสามารถในการช่วยให้เกิดอิมัลชันของโปรตีนจากไข่

แดงกับโปรตีนข้าวจะมีค่าไม่ต่างกันมากนัก แต่สำหรับความสามารถในด้านความคงตัวของอิมัลชันที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 30 นาที พบว่าความสามารถในด้านความคงตัวของอิมัลชันของโปรตีนข้าว จะสูงมากกว่า แสดงว่าโปรตีนข้าวจะมีองค์ประกอบของกรดอะมิโนที่มีความคงตัวต่อความร้อนที่สูงกว่าไข่แดง และมีคุณสมบัติเป็นสารอีมัลซิไฟเออร์ที่ดี จึงมีแนวโน้มที่จะนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยอาจจะลดการใช้ส่วนประกอบจำพวก ไข่ และนมลงได้

จากผลการเปรียบเทียบความสามารถในการเกิดฟองระหว่างโปรตีนข้าวที่ได้จากการสกัด หางนม และไข่ขาว (ตารางที่ 6) พบว่าความสามารถในการเกิดฟองของโปรตีนข้าวมีค่าต่ำกว่าความสามารถในการเกิดฟองของหางนม และไข่ขาว ดังนั้นผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการคุณสมบัติในการเกิดฟอง จึงนำโปรตีนข้าวไปใช้เป็นส่วนประกอบหลักไม่ได้

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางหน้าที่ของโปรตีนข้าว แสดงให้เห็นว่าโปรตีนข้าวที่สกัดได้จากการใช้สารละลายเบส ขั้นตอนของการสกัดไม่ส่งผลทำให้โปรตีนสูญเสียสภาพ อีกทั้งคุณสมบัติทางหน้าที่ต่างๆ ที่มีอยู่จะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปเป็นแหล่งโปรตีนของผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้

สรุป

โปรตีนข้าวที่สกัดได้โดยใช้สารละลายเบส มีคุณสมบัติทางหน้าที่ที่โดดเด่นที่สุด คือ คุณสมบัติการเกิดอิมัลชัน เมื่อเทียบกับไข่แดงพบว่า โปรตีนข้าวจะมีคุณสมบัติการเกิดอิมัลชันที่ดีทั้งความสามารถช่วยการเกิดอิมัลชัน (64.20 เปอร์เซ็นต์) และความสามารถช่วยความคงตัวของอิมัลชัน (66.17 เปอร์เซ็นต์) ดีกว่าไข่แดง (ความสามารถช่วยการเกิดอิมัลชัน และความสามารถช่วยความคงตัวของอิมัลชัน 59.16 และ 30.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ซึ่งชี้ให้เห็นว่า โปรตีนข้าวสามารถใช้เป็นสารอีมัลซิไฟเออร์ที่ดีสามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2541. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2539/40. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 116 น.

Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis. 15 th ed., The Association : Virginia, U.S.A. 1101 p.

Beuchat, L.R. 1977. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour properties. J. Agric. Food Chem. 15 : 258-261.

Coffmann, C.W. and V.V. Garcia. 1977. Functional properties and amino acid content of protein isolate from mung bean flour. J. Food Technol. (U.K.). 12 : 473-485.

Conor, M.A., R.M. Saunders and G.O. Kohler. 1976. Rice bran protein concentrates obtained by wet alkaline extraction. Cereal Chemistry. 53 (4) : 488-496.

Marshall, W.E. and J. I. Wadsworth. 1994. Rice Science and Technology. Marcel Dekker Inc., New York. 470 p.

McWatters, K.H. and M.R. Holmes. 1979. Influence of pH and salt concentration on nitrogen solubility and emulsification properties of soy flour. J. Food Sci. 44 : 770-776.

Yasumatsu, K., K. Sawada, S. Moritaka, M. Misaki, J. Toda, T. Wada and K. Iskii. 1972. Whipping and emulsifying properties of soybean product. Agric. Biol. Chem. 36 : 719-727.

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ)

Table 1 Amino acid composition of protein in broken rice

Amino acid type	Amino acid content (mg/ 100 g protein)
Aspartic acid	6965.64
Threonine	2394.00
Serine	3459.39
Glutamic acid	12271.92
Proline	3061.09
Glycine	2998.29
Alanine	3954.81
Cystine	139.02
Valine	3162.57
Methionine	637.45
Isoleucine	1975.63
Leucine	5564.70
Tyrosine	2690.33
Phenylalanine	3317.53
Histidine	1989.04
Lysine	2203.54
Arginine	4577.65
Tryptophan	900.49

Table 2 Comparison of protein solubility, determined as % Nitrogen solubility, of rice protein and skim milk

Sample	Protein content (% dry basis)	Nitrogen solubility (%)
Rice protein	89.82	5.08
Skim milk	34.69	93.44

Table 3 Comparison of water absorption capacity of rice protein, egg yolk and skim milk

Sample	Water absorption (g/g)
Rice protein	3.78
Egg yolk	2.50
Skim milk	0.50

Table 4 Comparison of oil absorption capacity of rice protein, skim milk and egg yolk

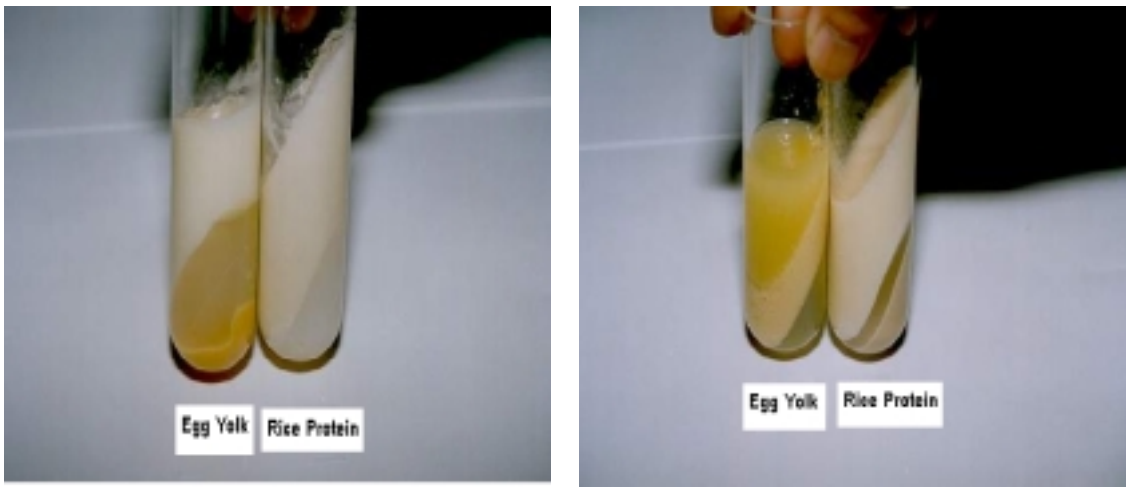
ตัวอย่าง	Oil absorption (g/g)
Rice protein	4.48
Skim milk	2.77
Egg Yolk	2.76

Table 5 Comparison of emulsion capacity and stability of rice protein and egg yolk

Sample	Emulsion capacity (%)	Emulsion stability (%)
Rice protein	64.20	66.17
Egg yolk	59.16	30.97

Table 6 Comparison of foaming capacity of rice protein, egg white and skim milk

Sample	Foaming capacity (%)
Rice protein	11.70
Egg white	25.46
Skim milk	20



(a) (b)

Figure 1 Comparison of emulsion capacity (a) and stability (b) of rice protein and egg yolk