



ASTC2018

การประชุมวิชาการระดับชาติ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 6

Proceedings

“วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม
ก้าวตามศาสตร์พระราชาสู่การพัฒนาชาติอย่างยั่งยืน”

“Science, Technology and Innovation: Following the Wisdom of King for Sustainable National Development”

Conference Proceedings ASTC2018

วันพุธที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2561

ณ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (พื้นที่ส่วนขยาย มฉก.2)
ตำบลบางไฉลง อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ

รหัส	ชื่อเรื่อง	ผู้แต่ง	หน้า
AS-P05	การประยุกต์ใช้น้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ (<i>Mentha piperita</i>) ในการลดการปนเปื้อนของ <i>Escherichia coli</i> ในผักกาดหอม	อุมพร ทาโฮสง/ สุภาวดี ฤทธิบาล	AS-192
AS-P06	ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำตรัง	ศิริณรรณ ศรีสุนนท์/ ชยรัตน์ ศรีสุนนท์/จางานท์ ศรีเกตุ	AS-198
AS-P07	การศึกษาฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหยจากใบพลูต่อ <i>Salmonella</i>	อุมพร ทาโฮสง/อนุสรณ์ งามกระบวน	AS-203
AS-P08	ผลของความเป็นกรดต่อการอยู่รอดของ <i>Salmonella Typhimurium</i> ในน้ำพริกกะปิ	ศิริโฉม ทุ่งแก้ว/ธิดารัตน์ ทองภู	AS-210
AS-P09	ไอโซโทมการดูดซับความชื้นของผักแพวทอด	สิริมา ชินสาร/กฤษณะ ชินสาร	AS-217
AS-P10	การวิเคราะห์แอกติวิตีของเอนไซม์แอลกอฮอล์อะซีทิลทรานส์เฟอรัเลสในแตงไทย	อินทพูน ผางดี/วัฒนา อัจฉริยะโพธา	AS-222
AS-P11	ความสามารถในการเผชิญปัญหาและฝ่าฟันอุปสรรค และเจตคติต่อการเรียนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 ของนักศึกษาระดับปริญญาตรีมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์	ณัฐกาญจน์ นำพันธุ์วิวัฒน์/ กานต์ธิดา ต้นประเสริฐ/ วิริยาภรณ์ กล่อมสังข์เจริญ	AS-227
AS-P12	ผลของสภาวะกรดและต่างต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพ และสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนรำข้าว	พัชรพร พิพัฒน์สัตยาวงศ์/จิรนาถ บุญคง/ ภิญโญ แซ่เฮ้ง/นัชชา หงษ์สา	AS-234
AS-P13	คุณสมบัติและประสิทธิภาพของเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยกรดซิตริก	ทิพย์ธิดา หนูทรัพย์/ภัศราภรณ์ ขาวพุ่ม/ จิตติประภา พรหมดี/ปิยนุสรณ์ น้อยด่าง	AS-241
AS-P14	การพัฒนาสื่อการเรียนรู้เชิงปฏิสัมพันธ์ เรื่องภาษาอังกฤษพื้นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1	ทิพย์ธิดา หนูทรัพย์/ภัศราภรณ์ ขาวพุ่ม/ จิตติประภา พรหมดี/ปิยนุสรณ์ น้อยด่าง	AS-247
AS-P15	การใช้เมล็ดเจีย (<i>Salvia Hispanica L.</i>) เป็นสารทดแทนไข่ในผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกง	กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ /วรัตมา เกษรสิทธิ์	AS-253
AS-P16	ผลของการทดแทนเมล็ดขนุนที่มีต่อคุณภาพของขนมมันนึ่ง	วีระศักดิ์ ศรีลารัตน์/วิไลพร ก้านสุวรรณ์ /วรรณวิภา ผิวม่วง/ จันทร์ธิดา ผ่องผกา มาศ	AS-258
AS-P17	การศึกษาการใช้แป้งมันเทศสีส้มพันธุ์โอกูดทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์โดนัทเค้ก	พัชรลักษณ์ วัฒนไชย/ ฉัญลักษณ์ ประสานตรี/ ดวงรัตน์ ประดิษฐ์ธรรม/นพวรรณ จงบุตรดี	AS-263
AS-P19	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าฮวยข้าวกล้องงอก	อัมณา สุขลิ้ม/กมลชนก เหล่าถาวร/ วรรณภา พาณิชกรกุล/นันท์ภัทรี ทองคำ	AS-268
AS-P20	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เจลลี่ส้มจี๊ด	กนกวรรณ ปุณณะตระกูล/ อัมพล ฤทธิ์สุธี/วสุมิตรา กฤษพิยเดชา/ ประภาพร สันติเพชร	AS-274
AS-P21	ผลการเสริมกระเจียบแดงในน้ำดื่มต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่กระທ	ณัฐฉาน เพียรสุขเหลือ/รัตนชนก รุ่งกำจัด/ ราชาวดี ยอดเศรณี	AS-279

AS-P12

ผลของสภาวะกรดและด่างต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพ และสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนรำข้าว

Effect of acid and base on physico-chemical and functional properties

of rice bran protein

พัชรพร พิพัฒน์สัตยวงศ์ จิรนาถ บุญคง* ภัญโญ แซ่เฮ้ง และนัชชา หงษ์สา

Patcharaphorn Pipattanasattayawong, Jiranart Boonkong*, Pinyo Saeheang and Natcha Hongsa

หลักสูตรเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

*ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: jiranart.boon@siam.edu

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของพีเอชต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพ และสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนจากรำข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ 105 โดยทำการสกัดโปรตีนจากรำข้าวหอมมะลิที่สกัดไขมันออก จากนั้นนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมี-กายภาพ ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ปริมาณความชื้น ค่าปริมาณน้ำอิสระ ความสัมพันธ์ของค่าสี (CIE) ค่าพีเอช เทียบกับโปรตีนมาตรฐานสองชนิดคือ โปรตีนอัลบูมินไข่ขาว และโปรตีนถั่วเหลือง พบว่าโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ มีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าโปรตีนมาตรฐานทั้งสองชนิด ค่าปริมาณน้ำอิสระไม่แตกต่างจากอัลบูมินไข่ขาว มีค่าความสว่างต่ำสุดแต่มีค่าสีแดงมากที่สุด จากนั้นศึกษาผลของพีเอชต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน พบว่าโปรตีนทุกชนิดที่ค่า pH 9 มีสมบัติเชิงหน้าที่ ได้แก่ ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ ความสามารถในการจับน้ำ ความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟม รวมถึงความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันสูงสุด และโปรตีนอัลบูมินไข่ขาวมีสมบัติเชิงหน้าที่ทุกด้านสูงที่สุด โปรตีนรำข้าวหอมมะลิมีสสมบัติเชิงหน้าที่ใกล้เคียงกับโปรตีนอัลบูมินไข่ขาวในด้านความสามารถในการเกิดโฟม และความคงตัวของโฟม ในขณะที่มีสมบัติเชิงหน้าที่ในด้านความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันใกล้เคียงกับโปรตีนถั่วเหลือง จากการตรวจสอบประเภทของอิมัลชันของโปรตีน 3 ชนิด พบว่า เป็นอิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำ (O/W)

คำสำคัญ: โปรตีนรำข้าวหอมมะลิ, สมบัติเชิงหน้าที่, อัลบูมินไข่ขาว, โปรตีนถั่วเหลือง

Abstract

Effect of pH on physico-chemical and functional properties of protein from Hommali 105 cultivars rice bran was studied. The extraction of protein from defatted rice bran and then analyzed the physico-chemical characteristics of Hommali rice bran proteins (RBPH) such as moisture content, water activity, color (CIE) and pH value compared with two standard proteins, which were bovine serum albumin (BSA) and soy protein (SOY). The result revealed that RBPH had lower protein content than two standard proteins. The water activity was similar to BSA, brightness was lowest, but the redness was highest. Then studied on effect of pH to functional properties, compared with two standard proteins. The results found that all of proteins show the best functional properties in term of protein solubility, water binding, foam capacity, stability, emulsifying activity index and emulsion stability index at pH 9. BSA exposed the best functional properties, but it got low water binding. The RBPH showed the similar functional properties to BSA in term of foaming capacity and stability, but it showed the similar emulsifying activity index and emulsion stability to SOY. All of the proteins in this experiment were oil in water emulsion (O/W) type.

Keywords: Hommali rice bran protein, functional properties, bovine serum albumin, soy protein

บทนำ

“ข้าว” เป็นพืชในสกุลหญ้าที่พบมากในเอเชีย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* ข้าวเป็นธัญพืชซึ่งประชากรโลกบริโภคเป็นอาหารสำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปเอเชีย ข้าวเป็นธัญพืชซึ่งมีการปลูกมากเป็นอันดับสองทั่วโลก รองจากข้าวโพด ซึ่งจากกระบวนการสีข้าว ในขั้นตอนการขัดขาวและขัดมัน ส่วนที่ได้จากการขัดข้าวกล้องให้เป็นข้าวสาร ซึ่งประกอบด้วยชั้นเยื่อหุ้มเมล็ด และคัพภะ เป็นส่วนใหญ่ ได้มาจากกระบวนการสีข้าว คือ “รำข้าว” โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ รำหยาบ ซึ่งได้จากการขัดผิวเมล็ดข้าวกล้อง และรำละเอียด ได้จากการขัดขาวและขัดมัน รำข้าวมีคุณค่าทางอาหารประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน โยอาหาร เถ้า วิตามิน และเกลือแร่ต่างๆ ปัจจุบันมีการนำรำข้าวมาใช้ประโยชน์ เช่น น้ำมันรำข้าว เป็นน้ำมันสำหรับบริโภคที่มีคุณภาพดี มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ร้อยละ 77 เป็นกรดไขมันที่จำเป็น ร้อยละ 31.7 เป็นแหล่งของวิตามินอี มีสมบัติเป็นสารกันหืน รวมทั้งช่วยให้ระบบการหมุนเวียนของเลือดดีขึ้น น้ำมันรำข้าว เมื่อนำมาปรับปรุงคุณสมบัติด้วยกระบวนการเคมีฟิสิกส์ สามารถผลิตเป็นกะทิแปลงไขมันได้ และจากรายงานวิจัยซึ่งพบว่าปริมาณโปรตีนในรำข้าวนี้มีค่าอยู่ประมาณร้อยละ 10-16 (1) ซึ่งถือว่ามากเป็นอันดับ 2 รองจากไขมัน และรายงานวิจัยพบว่าโปรตีนจากรำข้าวสามารถจำแนกเป็น 4 ประเภท ตามความสามารถในการละลาย ได้แก่ อัลบูมิน (ร้อยละ 37) โกลบูลิน(ร้อยละ 31) โพรลามีน (ร้อยละ 2) และกลูเตลิน (ร้อยละ 27) (2)

จากการศึกษาปริมาณโปรตีนจากรำข้าว 6 สายพันธุ์ของ Hamada (3) พบว่ามีปริมาณโปรตีน 4 ชนิด ได้แก่ อัลบูมิน โกลบูลิน โพรลามีน และ กลูเตลิน เป็นต้น และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดอะมิโน พบว่าประกอบไปด้วยกรดอะมิโนชนิดที่จำเป็นต่อร่างกายในปริมาณที่สามารถเทียบเคียงได้กับโปรตีนเข้มข้นจากถั่วเหลืองและเคซีนในนม โดยพบว่าโปรตีนจากรำข้าวให้กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายบางชนิด (ฮิสทีดีน ทรีโอนีน วาลีน) ต่ำกว่าโปรตีนเข้มข้นจากถั่วเหลือง ในขณะที่กรดอะมิโนบางชนิดมีปริมาณเทียบเคียงได้กับเคซีนในนม (ฮิสทีดีน ทรีโอนีน ทรีปโตแฟน วาลีน) รำข้าวนอกจากประกอบไปด้วยโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นแล้ว ยังอุดมไปด้วยวิตามินซึ่งได้แก่ วิตามินอี ไทอามีน ไนอาซิน รวมไปถึงเกลือแร่ เช่น อะลูมิเนียม แคลเซียม คลอรีน เหล็ก แมงกานีส แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โซเดียม และสังกะสี อีกด้วย (1) นอกจากนี้โปรตีนรำข้าวยังประกอบด้วยสารออกฤทธิ์สำคัญที่ช่วยป้องกันโรคหัวใจและโรคมะเร็งในปริมาณที่สูงอีกด้วย (4)

มีรายงานการศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่และคุณสมบัติการทำงานของโปรตีนรำข้าวหลายงานวิจัย อาทิเช่น การสกัดโปรตีนเข้มข้นโดยการตกตะกอน จากรำข้าวที่สกัดไขมันออก 3 สายพันธุ์ และวิเคราะห์สมบัติเชิงหน้าที่ พบว่า รำข้าวที่ได้จากพันธุ์ Basmati 370 มีความสามารถในการจับน้ำอยู่ในช่วง 3.87-5.60 (กรัม/กรัม) คุณสมบัติการดูดซับน้ำมันอยู่ในช่วงระหว่าง 3.74 และ 9.18 (กรัม/กรัม) และมีความหนาแน่น (0.21 กรัม/มิลลิลิตร) และแสดงคุณสมบัติการเกิดโฟ คุณสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนจากรำข้าวเข้มข้นโดยการทำงานภายใต้สภาวะเกลือและน้ำตาลมีค่าระหว่าง ร้อยละ 24 และ ร้อยละ 74 ดังนั้นสมบัติการทำงานของโปรตีนเข้มข้นจากรำข้าวจึงมีความเทียบเคียงกันกับเคซีน (5) การศึกษาการสกัดโปรตีนโดยการทำให้เข้มข้นด้วยการตกตะกอนและการทำแห้ง โดยพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการสกัด คือ รำสกัดต่อน้ำ 1:4 (น้ำหนัก/ปริมาตร) พีเอช 9.5 กวนที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 45 นาที สามารถสกัดโปรตีนจากรำสกัดไขมันได้ถึง ร้อยละ 44.7-64.8 และรายงานวิจัยที่สกัดโปรตีนเข้มข้นจากรำข้าว และศึกษาผลของพีเอชต่อสมบัติเชิงหน้าที่ พบว่า ค่าพีเอช 9 มีความสามารถในการละลาย ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน และดัชนีความคงตัวของอิมัลชันสูงสุดเมื่อเทียบกับค่าพีเอชอื่น (6)

โปรตีนมีสมบัติเชิงหน้าที่หลายประการที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้ โดยสมบัติเชิงหน้าที่เหล่านั้น ได้แก่ ความสามารถในการละลาย ความสามารถในการเกิดเจล ความสามารถในการจับกับน้ำ ความสามารถในการเกิดโฟมหรือฟอง และความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ ซึ่งคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนดังที่กล่าวมา มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการทำหน้าที่ ของโปรตีน คือ สภาวะแวดล้อม ได้แก่ ค่าความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิ สารเติมแต่งในอาหาร เช่น เกลือ น้ำตาล เป็นต้น ดังนั้นโปรตีนที่มีคุณภาพดีจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้หลากหลาย โดยมีรายงานการใช้ประโยชน์ในทางอาหาร เช่น การใช้ในอาหารทารกหรืออาหารเด็กเล็ก เนื่องจากมีกรดอะมิโนจำเป็นที่เด็กต้องการและไม่ทำให้เกิดอาการแพ้ (7) อาหารเข้าธัญพืช อาหารเสริมโปรตีน เครื่องดื่ม และใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เนื้อและไส้กรอก (8) อีกทั้งยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และต้านมะเร็งได้อีกด้วย (9) รวมถึงการใช้โปรตีนเข้มข้นสกัดจากรำข้าวในขนมปัง พบว่าช่วยลดการสูญเสียน้ำระหว่างการอบ และลดจำนวนจุลินทรีย์ เพิ่มปริมาณโปรตีนและเยื่อใยขนมปัง (10) การใช้โปรตีนรำข้าวสกัดเข้มข้นในผลิตภัณฑ์บิสกิตเพื่อเพิ่มปริมาณสารอาหาร (Yadav และคณะ, 2011) เป็นต้น ดังนั้นจากข้อมูล

ข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะสกัดโปรตีนจากรำข้าวเจ้า และศึกษาผลของปัจจัยด้านความเป็นกรด-ด่างต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพ และสมบัติเชิงหน้าที่ โดยเปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การสกัดโปรตีนจากรำข้าวหอมมะลิ นำรำข้าวเจ้า สายพันธุ์ดอกมะลิ 105 จากโครงการโรงสีข้าว สำนักกิจการพิเศษ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต จังหวัดปราจีนบุรี ที่ผ่านการสกัดไขมันออกแล้วมาผสมน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:4 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ปรับค่าพีเอชของสารผสมให้เป็น 9 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2 โมลาร์ กวนผสมเป็นเวลา 30 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เพื่อแยกตะกอนรำข้าวออกจากส่วนใส จากนั้นนำส่วนใสไปปรับค่าพีเอชด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 4 โมลาร์ ให้ได้พีเอช 4.5 ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนโปรตีน ที่ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ล้างตะกอนโปรตีนที่ได้ด้วยน้ำกลั่น 2 รอบ นำตะกอนโปรตีนรำข้าวที่ได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 และเก็บที่ภาชนะปิดสนิทที่อุณหภูมิห้อง

2. การศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพเบื้องต้นของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ นำโปรตีนรำข้าวหอมมะลิจากข้อ 1 มาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน และ ปริมาณความชื้น ตามวิธี AOAC (11) วัดค่าสี ระบบ CIE (HunterLab รุ่น ColorFlex 4510) วัดค่าพีเอช (Eutech instrument รุ่น pH 510) วัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (Aqua Lab รุ่น Aw CX3TE) โดยเปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน คือ โปรตีนอัลบูมินไข่ขาว (Fluka Biohemika, สวิสเซอร์แลนด์) และโปรตีนถั่วเหลือง (Nutrition SC Co., Ltd., ประเทศไทย) โดยเตรียมที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับกับโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ (น้ำหนักฐานแห้ง)

3. การศึกษาผลของพีเอชต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ ศึกษาผลของพีเอชที่ระดับ 4 7 และ 9 ต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ ได้แก่ ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ ตามวิธีของ Morr และคณะ (12) ความสามารถในการจับน้ำ ตามวิธีของ Peters และคณะ (13) ความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟม ตามวิธีของ Kato และคณะ(14) ความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชัน ตามวิธีของ Pearce และ Kinsella (15) ประเภทของอิมัลชันตามวิธีของ จันทิมา และคณะ (16) โดยเปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน คือ โปรตีนอัลบูมินไข่ขาว และโปรตีนถั่วเหลือง

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

โปรตีนรำข้าวหอมมะลิ มีลักษณะเป็นแผ่นบางสีน้ำตาลอ่อนสามารถบดเป็นผงละเอียดได้ โปรตีนอัลบูมินไข่ขาวมีลักษณะเป็นผงหรือเกล็ดสีเหลืองอ่อน ขนาดเล็ก และโปรตีนถั่วเหลืองมีลักษณะเป็นผงสีเหลืองอ่อน ร่วน จับแล้วซากมีเล็กน้อย โปรตีนอัลบูมินไข่ขาวมีปริมาณโปรตีนมากที่สุด รองลงมาคือโปรตีนถั่วเหลือง ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 78.34 และ 60.39 ตามลำดับ ส่วนโปรตีนรำข้าวหอมมะลิมีปริมาณโปรตีนน้อยที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 40.99 (ตารางที่ 1) โปรตีนรำข้าวหอมมะลิ และโปรตีนอัลบูมินไข่ขาว มีค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity) เท่ากัน คือ 0.28 ในขณะที่โปรตีนถั่วเหลืองมีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 0.53 ทั้งนี้ค่า water activity เป็นค่าที่แสดงน้ำต่ำสุดในอาหารที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ทั้งนี้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ในอาหารที่ปราศจากน้ำหรืออาหารแห้ง เมื่ออาหารนั้นมีค่า water activity อยู่ในช่วง 0.6-0.7 หรือต่ำกว่า (17) จากการวัดสี พบว่าค่าความสว่าง (L^*) ของโปรตีนถั่วเหลืองมีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 58.35 รองลงมาคือโปรตีนอัลบูมินไข่ขาว เท่ากับ 83.58 และโปรตีนรำข้าวหอมมะลิมีค่าความสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 35.05 เมื่อพิจารณาค่า a^* พบว่าโปรตีนรำข้าวหอมมะลิมีค่าสีแดงมากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.14 รองลงมาคือโปรตีนถั่วเหลืองมีค่าเท่ากับ 0.47 ลำดับสุดท้ายคือโปรตีนอัลบูมินไข่ขาว มีค่าเท่ากับ -1.95 ซึ่งแสดงค่าไปในทางสีเขียวเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาค่า b^* พบว่า โปรตีนถั่วเหลืองมีค่าสีเหลืองมากที่สุด รองลงมาคือ โปรตีนอัลบูมินไข่ขาว และโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 22.36, 16.16 และ 10.04 ตามลำดับ โปรตีนรำข้าวมีค่าพีเอชเป็นกรดอ่อน ส่วนโปรตีนถั่วเหลืองและโปรตีนอัลบูมินไข่ขาวมีสถานะเป็นด่างเล็กน้อย โดยค่าพีเอชเท่ากับ 7.91 และ 7.25 ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมี-กายภาพของโปรตีนสกัดจากรำข้าวหอมมะลิ อัลบูมินไข่ขาวและโปรตีนถั่วเหลือง

สมบัติ	ชนิดของโปรตีน		
	รำข้าวหอมมะลิ (RBPH)	อัลบูมินไข่ขาว (BSA)	ถั่วเหลือง (SOY)
ปริมาณโปรตีน (%)	40.99±0.01 ^c	78.34±3.22 ^a	60.39±0.90 ^b
ปริมาณความชื้น (%)	5.45±0.06 ^b	2.07±0.92 ^c	9.12±0.03 ^a
Water activity	0.28±0.02 ^b	0.28±0.01 ^b	0.53±0.01 ^a
ค่าสี			
L*	35.05±0.40 ^c	83.58±0.07 ^b	85.99±0.15 ^a
a*	3.14±0.03 ^a	-1.95±0.04 ^c	0.47±0.13 ^b
b*	10.04±0.08 ^c	16.16±0.09 ^b	22.36±0.26 ^a
ค่าพีเอช	5.59	7.25	7.91

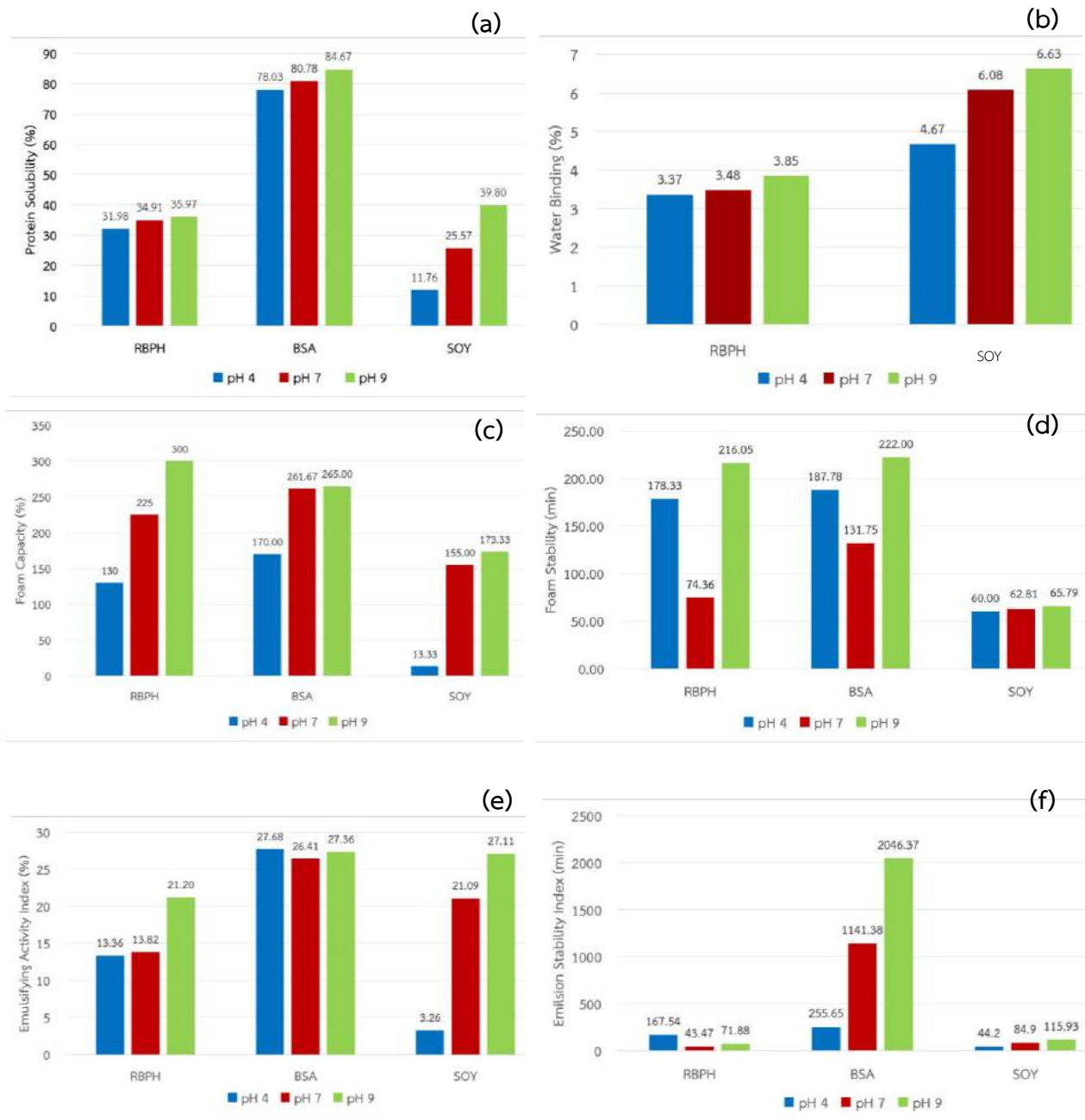
หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c ในแนวนอนมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค่าพีเอชมีผลต่อความสามารถในการละลายน้ำ โดยพบว่าที่ค่าพีเอชเท่ากับ 9 โปรตีนทุกชนิดมีความสามารถในการละลายน้ำได้สูงเมื่อเทียบกับค่าพีเอชอื่นๆ และเมื่อเปรียบเทียบชนิดของโปรตีนต่อความสามารถในการละลายน้ำ พบว่าโปรตีนอัลบูมินไข่ขาวมีความสามารถในการละลายสูงกว่าโปรตีนชนิดอื่น โดยมีความสามารถในการละลายน้ำสูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 84.67 ที่ค่าพีเอช 9 ส่วนที่ค่าพีเอชเท่ากับ 7 โปรตีนทั้ง 3 ชนิดสามารถละลายน้ำได้ปานกลาง ในขณะที่ค่าพีเอชเท่ากับ 4 โปรตีนทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณโปรตีนที่ละลายได้น้อยที่สุด (ภาพที่ 1a) ทั้งนี้ค่าพีเอชที่เป็นต่างจะมีผลต่อการละลายน้ำของโปรตีน เนื่องจากโปรตีนมีประจุลบ สามารถกระจายตัวและสร้างพันธะกับน้ำได้ดี (5) นอกจากนี้ผลการทดลองข้างต้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang และคณะ (18) ที่ศึกษาผลของพีเอชต่อปริมาณไนโตรเจนที่ละลายน้ำได้ พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่ละลายได้มีค่าต่ำสุดที่ พีเอช 4 และมีค่าสูงสุดที่ พีเอช 10 และจากการศึกษาผลของพีเอชต่อความสามารถในการจับน้ำ พบว่าที่ค่าพีเอชเท่ากับ 9 โปรตีนรำข้าวหอมมะลิ และโปรตีนถั่วเหลืองมีการจับน้ำสูงกว่าค่าพีเอชอื่น โดยโปรตีนถั่วเหลืองที่ค่าพีเอช 9 มีความสามารถในการจับน้ำสูงที่สุด เท่ากับ 6.63 กรัม/กรัม ส่วนโปรตีนรำข้าวมีความสามารถในการจับน้ำที่พีเอช 7 และ 9 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 1b) นอกจากนี้ ณ จุดที่พีเอชเป็นต่าง ซึ่งเป็นประจุลบที่ทำให้โปรตีนละลายและจับกับน้ำได้ดี ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chandhi และ Sogi (5) ที่ศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนเข้มข้นที่สกัดจากรำข้าวสกัดไขมัน พบว่าค่าของการจับกับน้ำอยู่ในช่วง 3.87-5.60 กรัม/กรัม และมีค่าสูงกว่างานวิจัยของ Yadav และคณะ (19) ที่พบว่าความสามารถในการดูดซับน้ำของโปรตีนรำข้าว เท่ากับ 2.9 กรัม/กรัม และเมื่อพิจารณาที่ค่าพีเอช 4 โปรตีนจะมีค่าความสามารถในการจับน้ำลดลง เนื่องจาก ณ จุดที่พีเอช เข้าใกล้ค่า isoelectric point (pI) โปรตีนจะจับกันเองมากกว่าจับกับน้ำ มีผลทำให้โปรตีนรวมกลุ่มหรือตกตะกอนและละลายน้ำได้น้อย (17) และจากการทดลองพบว่าโปรตีนอัลบูมินไข่ขาวไม่สามารถทำการตรวจสอบได้ เนื่องจากโปรตีนอัลบูมินไข่ขาวมีความสามารถในการละลายได้ดีและละลายหมดภายในระยะเวลาที่ทำการทดลองจึงไม่สามารถจับน้ำได้และไม่มีตะกอนโปรตีนที่เหลืออยู่

ค่าพีเอชมีผลต่อการเกิดโฟม หรือการขยายตัวของเชิงปริมาตรของโฟม โดยพบว่าโปรตีนทุกชนิดสามารถเกิดโฟมได้ดีที่พีเอชเท่ากับ 9 ถึงแม้ว่าในโปรตีนอัลบูมิน จะสามารถเกิดโฟมได้ดีที่ค่าพีเอช 7 และ 9 ก็ตาม แต่ค่าความสามารถในการเกิดโฟมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ที่ค่าพีเอชเท่ากับ 9 โปรตีนรำข้าวหอมมะลิมิมีความสามารถในการเกิดโฟมได้ดีที่สุด เท่ากับร้อยละ 300 (เกิดโฟมเป็น 3 เท่าของปริมาตรสารละลายโปรตีน) (ภาพที่ 1c) จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นได้ว่าโปรตีนทุกชนิดสามารถเกิดโฟมได้ดีที่พีเอชเป็นต่าง เนื่องจากที่สภาพความเป็นต่างโปรตีนสามารถละลายน้ำได้ดี (สอดคล้องกับผลการทดลองปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้) และเมื่อนำโปรตีนที่ละลายได้ดีมาปั่นด้วยแรงกลจะทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพ ส่งผลให้โปรตีนนั้นเกิดการคลายตัวของโครงสร้างโปรตีน เกิดเป็นฟิล์มและจับกับน้ำที่อยู่รอบๆได้ และจะหันด้านที่เป็น hydrophobic ออกมาด้านนอก ซึ่งเป็นส่วนของโครงสร้างโฟม เกิดเป็นฟิล์มบางๆที่สามารถกักเก็บอากาศไว้ได้ เป็นระบบที่ประกอบด้วยฟองอากาศหรือแก๊สกระจายตัวอยู่ในของแข็งหรือของเหลว ทั้งนี้โปรตีนที่มีความยืดหยุ่นที่สามารถเกิดโฟมได้ดี ต้องมี surface hydrophobicity สูง (17) ผลการทดลองข้างต้นสอดคล้องกับรายงานวิจัยที่มี

การศึกษาความสามารถในการเกิดโพลีเมอร์ของโปรตีนเข้มข้นที่สกัดจากรำข้าวสาคัดไขมันที่พีเอชต่างๆ พบว่าที่พีเอชเท่ากับ 9 มีความสามารถในการเกิดโพลีเมอร์สูงสุด (5, 19) นอกจากนี้ ค่าพีเอชมีผลต่อความคงตัวของโพลีเมอร์ โดยพบว่าค่าพีเอชที่เป็นค่าโพลีเมอร์ของโปรตีนทุกชนิดมีความคงตัวที่ดี โดยเฉพาะโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ และโปรตีนอัลบูมินไข่ขาว มีความคงตัวของโพลีเมอร์สูงสุด และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 216 และ 222 นาที ตามลำดับ (ภาพที่ 1d) นอกจากนี้ ยังพบว่าโพลีเมอร์ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิและโปรตีนอัลบูมินไข่ขาวมีความคงตัวสูงรองลงมาที่ค่าพีเอชเท่ากับ 4 ซึ่งเป็นค่าพีเอชที่เข้าใกล้ค่า pI ของโปรตีนรำข้าว และโปรตีนอัลบูมินไข่ขาว (pI เท่ากับ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ) ทั้งนี้ความคงตัวหรือความเสถียรของโพลีเมอร์ที่เกิดขึ้น อาจเนื่องจาก ณ จุดนี้ ประจุของโปรตีนที่เป็นประจุบวก และประจุลบมีค่าเท่ากัน โปรตีนจะจับกันเอง ทำให้การละลายลดลงและตกตะกอน ส่งผลให้โปรตีนที่เป็น hydrophobic หันออกสู่ด้านนอกมากขึ้น และฟิล์มที่เกิดขึ้นอยู่แล้ว มีความคงตัวมากขึ้นตามไปด้วย เมื่อพิจารณาความคงตัวของโพลีเมอร์โปรตีนถั่วเหลือง พบว่าค่าพีเอชไม่มีผลต่อการคงตัวของโพลีเมอร์ โดยค่าความคงตัวของโพลีเมอร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกค่าพีเอชที่ทำการทดลอง จากผลการศึกษาความสามารถในการเกิดโพลีเมอร์และความคงตัวของโพลีเมอร์ พบว่าโปรตีนรำข้าวหอมมะลิสามารถเทียบเคียงกับโปรตีนอัลบูมินไข่ขาวได้ และยังพบว่า โปรตีนรำข้าวหอมมะลิมีค่าความคงตัวของโพลีเมอร์ที่ค่าพีเอช 9 ซึ่งสูงกว่าโปรตีนรำข้าวสาคัดจากงานวิจัยของ Chandhi และ Sogi (5) พบว่า โปรตีนรำข้าว Basmati 370 และ Basmati 386 มีค่าการคงตัวของโพลีเมอร์ที่ค่าพีเอช 9 เท่ากับ 79.80 และ 150 นาทีตามลำดับ

ค่าพีเอชมีผลต่อความสามารถในการเกิดอิมัลชันในโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ และโปรตีนถั่วเหลือง ซึ่งมีค่าสูงสุดที่พีเอช 9 ส่วนโปรตีนอัลบูมินไข่ขาว สามารถเกิดอิมัลชันได้ดีในทุกค่าพีเอช (ภาพที่ 1e) โปรตีนถั่วเหลืองมีความสามารถในการเกิดอิมัลชันต่ำที่สุดที่พีเอช 4 เนื่องจากค่าพีเอชเข้าใกล้ค่า pI ทำให้โปรตีนตกตะกอน ซึ่งมีผลทำให้เกิดอิมัลชันได้น้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ ศิริวัฒน์ และคณะ (6) ที่ศึกษาความสามารถในการเกิดอิมัลชันของโปรตีนรำข้าวสาคัดที่ค่าพีเอช 2, 4, 7 และ 9 พบว่าที่พีเอช 4 มีความสามารถในการเกิดอิมัลชันต่ำที่สุด โปรตีนอัลบูมินไข่ขาวมีความสามารถในการเกิดอิมัลชันได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นโปรตีนถั่วเหลือง และโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ ตามลำดับ จากการศึกษาความคงตัวของอิมัลชัน พบว่าค่าพีเอชไม่มีผลต่อความคงตัวของอิมัลชันในโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ และโปรตีนถั่วเหลือง ซึ่งค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีผลต่อความคงตัวของอิมัลชันในโปรตีนอัลบูมินไข่ขาว โดยพบว่าค่าพีเอช 9 อิมัลชันมีความคงตัวมากกว่าพีเอช 7 และ 4 ตามลำดับ (ภาพที่ 1f) เมื่อพิจารณาผลของชนิดโปรตีนต่อความคงตัวของอิมัลชัน พบว่าโปรตีนอัลบูมินไข่ขาวมีความคงตัวของอิมัลชันมากที่สุด ส่วนโปรตีนรำข้าวหอมมะลิและโปรตีนถั่วเหลืองมีความคงตัวของอิมัลชันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และจากการทดสอบประเภทของอิมัลชันของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ โปรตีนอัลบูมินไข่ขาว และโปรตีนถั่วเหลือง ด้วยวิธีทดสอบด้วยกระดาษกรองชุบสารละลาย Cobalt chloride โดยเลือกสภาวะที่เหมาะสมต่อการเกิดอิมัลชัน (pH 9) พบว่าเป็นประเภท oil in water (O/W)



ภาพที่ 1 สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ (RBPH) โปรตีนอัลบูมินไข่ขาว (BSA) และโปรตีนถั่วเหลือง (SOY)

- a) ความสามารถในการละลายน้ำ b) ความสามารถในการจับน้ำ c) ความสามารถในการเกิดโฟม
d) ความคงตัวของโฟม e) ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน f) ความคงตัวของอิมัลชัน

สรุป

ค่าพีเอชมีผลต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนทุกชนิด โดยมีค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ ความสามารถในการจับน้ำ ความสามารถในการเกิดโฟม และความสามารถในการเกิดอิมัลชันสูงสุดที่ค่าพีเอช 9 ค่าความคงตัวของโฟม และความคงตัวของอิมัลชันสูงสุดที่พีเอช 9 และ 4 โปรตีนรำข้าวหอมมะลิที่สกัดได้มีความสามารถในการละลายได้ดีรองจากโปรตีนอัลบูมินไข่ขาว มีความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟมใกล้เคียงกับโปรตีนอัลบูมินไข่ขาว มีความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันใกล้เคียงกับโปรตีนถั่วเหลือง และเป็นอิมัลชันเป็นประเภท oil-in-water emulsion (O/W) จะเห็นได้ว่าโปรตีนรำข้าวหอมมะลิที่สกัดได้มีศักยภาพในการนำไปใช้เป็นสารเชิงหน้าที่ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการขึ้นฟูในสภาวะกลาง-ต่าง เช่น ผลิตภัณฑ์ขนม (ไอศกรีม) และใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอิมัลชันที่ต้องการความคงตัวที่สภาวะเป็นกรด เช่น ผลิตภัณฑ์น้ำสลัด เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

1. Saunders RM. The properties of rice bran as a food stuff. *Cereal Foods World*. 1990; 35(7): 632–62.
2. Fabian C, Ju HY. A Review on Rice Bran Protein: Its Properties and extraction methods. *Crit Rev Food Sci and Nutr*. 2011; 51(9): 816-27.
3. Hamada JS. Characterization of protein fractions of rice bran to devise effective methods of protein solubilization. *Cereal Chem*. 1997; 74: 662-68.
4. Ryan E.P. Bioactive food components and health properties of rice bran. *J. Am.Vet. Med. Assoc*. 2011; 238 (5): 593–600.
5. Chandi GK, Sogi DS. Functional properties of rice bran protein concentrates. *J Food Eng*. 2007; 79: 592-97.
6. ศิริวัฒน์ มงคลกาญจนศิริ, สิริ ชัยเสรี, โชคชัย ชีระกุลเกียรติ. การสกัดและสมบัติเชิงหน้าที่บางประการของสารสกัดโปรตีนจากรำข้าว. ใน: เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาเศรษฐศาสตร์ สาขาบริหารธุรกิจ. ครั้งที่ 44 วันที่ 30 มกราคม – 2 กุมภาพันธ์ 2549. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ; 2549. หน้า 489-96.
7. Shih FF. An update on the processing of high-protein rice products. *Nahrung*, 2003; 47(6): 420-24.
8. Prakash J. Rice bran proteins: properties and food uses. *Crit Rev Food Sci and Nutr*. 1996; 36(6): 552-57.
9. Kawamura Y, Muramoto M. Anti-tumorigenic and immunoactive protein and peptide factors in food stuff. 2. Antitumor genic factors in rice bran. In: Waldron KW., Johnson I.T., and Fenwick L.R., Eds., *Food and Cancer Prevention Chemical and Biological Aspects*. Cambridge. The Royal Society of Chemistry; 1993. p. 331–401.
10. Jiamyangyuen S, Srijesdaruk V, Harper JW. Extraction of rice bran protein concentrate and its application in bread. *SJSJ*. 2005; 27(1): 55-62.
11. AOAC. Official methods of analysis of AOAC International, 17thed. The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersberg, Maryland. 2000.
12. Morr C.V. Composition, physicochemical and functional properties of reference whey protein concentrate. *J Food Sci*. 1985. 50: 1406-11.
13. Peters PCM.J, Luyten H, Alting C.A, Boom MR, Goot JA. Effect of crosslink density on the water-binding capacity of whey protein microparticles. *Food Hydrocolloids*. 2015; 44: 277-84.
14. Kato H, Uno I, Ishikawa T, Takenawa T. Activation of phosphatidylinositol kinase and phosphatidyl inositol-4-phosphate kinase by cAMP in *Saccharomyces cerevisiae*. *J Biol Chem*. 1989; 264(6): 3116-21.
15. Pearce KN, Kinsella JE. Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique. *J Agricult Food Chem*. 1978; 26: 716-23.
16. จันทิมา ภูงามเงิน, นภาพร เชี่ยวชาญ, สุวิช ศิริวัฒน์โยธิน. ผลของสารเพิ่มความคงตัวบางชนิดต่อคุณภาพน้ำกะทิไขมันสูงบรรจุกระป๋อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ; 2547.
17. นิธิยา รัตนานพนธ์. หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์; 2544.
18. Wang M, Hettiarachchy NS, Qi M, Burks W, Sieben MT. Preparation and functional properties of rice bran protein isolate. *J Agricult Food Chem*. 1999; 47(2): 411-16.
19. Yadav RB, Yadav BS, Chaudhary D. Extraction, characterization and utilization of rice bran protein concentrate for biscuit making. *Brit J Food*. 2011; 113: 1173-82.