



รายงานการวิจัย

เรื่อง

การศึกษาากัถ์วลิสงหลังการบีบสกัดน้ำมัน : สมบัติเชิงหน้าที่และ
การนำมาใช้ประโยชน์

(Studying functional properties and applications of waste
peanut product after oil extraction)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นภัทิพย์ วงษ์ประทีป และคณะ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

พ.ศ. 2554

รายงานการวิจัย

เรื่อง

**การศึกษาากากั่วลิสงหลังการบีบสกัดน้ำมัน : สมบัติเชิงหน้าที่และ
การนำมาใช้ประโยชน์**

**(Studying functional properties and applications of waste
peanut product after oil extraction)**

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. น้าทิพย์ วงษ์ประทีป

ดร.สุขสมาน ลังโยคะ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา น้อยทัฬห

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

พ.ศ. 2554

ชื่อโครงการวิจัย	การศึกษาการถั่วลิสงหลังการบีบสกัดน้ำมัน : สมบัติเชิงหน้าที่และการนำมาใช้ประโยชน์
ชื่อผู้วิจัย	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป ⁽¹⁾ ดร.สุขสมาน สังข์โยคะ ⁽²⁾ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา น้อยทัฬห ⁽³⁾
หน่วยงานที่สังกัด	(1) คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (2) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (3) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา	2554

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษาคุณสมบัติทางหน้าที่และแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ของกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน สร้างผลิตภัณฑ์ใหม่จากวัตถุดิบท้องถิ่นที่มีศักยภาพเพื่อเพิ่มมูลค่าทั้งทางโภชนาการและมูลค่าของวัตถุดิบ และถ่ายทอดเทคโนโลยีตามต้องการของชุมชน วิธีการศึกษาโดยนำถั่วลิสงผ่านการบีบอัดให้มีขนาดความหนา 0.5 และ 1 เซนติเมตร จากนั้นลดขนาดอนุภาคให้มีขนาด 0, 50, 70 และ 100 เมช นำไปตรวจสอบสมบัติเชิงหน้าที่และนำไปทดลองเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม และผลิตภัณฑ์คุกกี้ จากนั้นทดสอบทางประสาทสัมผัสและตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ นำผลที่ได้ถ่ายทอดให้กับผู้ประกอบการ พบว่าความหนาของการบีบอัดที่เหมาะสมอยู่ที่ความหนา 0.5 เซนติเมตร ลดขนาดให้มีอนุภาค 100 เมช เนื่องจากความหนาที่น้อยสามารถทำการลดขนาดได้ง่าย และคุณสมบัติของแป้งที่ผ่านการลดขนาดจะมีสมบัติเชิงหน้าที่ ได้แก่ การละลายร้อยละ 70.92 ± 0.00 การเกิดอิมัลชันร้อยละ 88.00 ± 2.31 ความคงตัวของอิมัลชันร้อยละ 63.50 ± 1.91 ความสามารถในการอุ้มน้ำ 2.34 ± 0.07 (กรัม/กรัมโปรตีน) ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน 2.04 ± 0.04 (กรัม/กรัมโปรตีน) การเกิดฟองร้อยละ 78.20 ± 1.79 และการเกิดเจลร้อยละ 15 ที่น้อยที่สุดของความเข้มข้น และเมื่อนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมร้อยละ 10 พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับเนื่องจากมีกลิ่น และรสชาติหอมมัน รวมทั้งมีเนื้อสัมผัสที่ดี ส่วนการนำแป้งกากถั่วลิสงหลังการบีบอัดน้ำมันไปใช้ในผลิตภัณฑ์คุกกี้พบว่า สามารถใช้แป้งกากถั่วลิสงหลังการบีบอัดได้ร้อยละ 40 ของแป้งสาลีที่ใช้เป็นส่วนผสมหลัก โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสกรอบร่วน เนื้อแน่น รวมทั้งมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด เมื่อนำไป

(2)

ทดสอบทางประสาทสัมผัส ผู้บริโภคให้การยอมรับไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม และสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่ต่ำกว่า 5 เดือน โดยค่าที่วิเคราะห์ได้ทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนคอกี้ 118/2546 จากนั้นนักวิจัยได้ทำการถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยให้กับผู้ประกอบการ โรงงานชนวิน เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้ไปเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบ ทำให้เกิดธุรกิจในพื้นที่ เกิดการสร้างรายได้ เกิดการจ้างงาน เพื่อรักษารายได้ของกลุ่มที่มีการลงทุนและเพื่อนำไปสู่การแข่งขันและการพึ่งพาตนเอง

Research Title	Studying functional properties and applications of waste peanut product after oil extraction
Researcher	Miss Namthip Wongpratheep ⁽¹⁾ Miss Suksaman Sangyoka ⁽²⁾ Miss Paweenan Noitap ⁽³⁾
Organization	(1) Food and Agriculture Technology Pibulsongkram Rajabhat University (2) Science and Thechnology Pibulsongkram Rajabhat University (3) Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment Naresuan University
Academic Year	2011

ABSTRACT

The purpose of the research is to study properties of functions and the implementation of the residue after extraction of peanut oil. Create new products from local raw materials with the potential to add nutritional value and price to the raw materials. The technology of new created product was transferred to the community as they required. Study done by compressed peanut to be 0.5 and 1 cm and reduced the particles size 0, 50, 70 and 100 mesh. Functional properties were tested as well as in ice cream products and cookies as ingredients. Sensory physical, chemical and quality were excursed. The result will be to informed to the manufacturer. The appropriate compressed thickness was 0.5 cm and particle size was 100 mesh. Because the smallest can be reduced easily. Properties reducing was functional and solubility of dough after size $70.92 + 0.00$ for the emulsion of $88.00 + 2.31$. The stability of the emulsion were $63.50 + 1.91$, the ability to absorb $2.34 + 0.07$ (g/g, respectively. protein), the ability to absorb oil, $2.04 + 0.04$ (g/g of protein) was $78.20 + 1.79$ eggs per cent and 15 per cent gel at the minimum concentration. Ice cream recipe with 10 percent flour products found that 10 was accepted by the taster due to its aromatic smell and taste it, also yield a good texture. For the cookies recipe, 40% of starch residue of peanut oil compression was mixed with wheat flour. The products texture was crumbly and a high protein content. Result of sensory test showed no acceptance difference between consumer

(4)

and control. The physical chemical and microbiological analysis of cookies was done to examine the shelf life of cookies for 5 months. The test result was not exceed the community standard 118/2546. The researchers conducted a knowledge transfer from research to Thanawin business facilities. The research has been to add value to raw materials, conducted new businesses in the area, revenue created, employment. In order to maintain the income of the group with a view to investment and competition and self-reliance.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา รวมทั้งการอำนวยความสะดวกและสนับสนุนการดำเนินงานจากคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามอย่างดียิ่ง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ

โรงงานธนวิน ต.ทัพยายเชียง อ.พรหมพิราม จ.พิษณุโลก ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี และสุดท้ายขอสำนึกในพระคุณมารดาที่เป็นกำลังใจตลอดมาจนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป

ตุลาคม 2554

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(10)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	2
ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	3
ประโยชน์ที่ได้รับ	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
ถั่วลิสง	5
สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน	11
การใช้ประโยชน์แป้งกากถั่วลิสงในผลิตภัณฑ์อาหาร	26
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	28
ระเบียบวิธีวิจัย	28
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	31
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	32
บทที่ 4 ผลการการวิจัย และอภิปราย	33
การศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ของกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน	33
การศึกษาการนำโปรตีนจากกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันไปใช้ประโยชน์	39

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5	
สรุป และข้อเสนอแนะ	46
สรุป	46
ข้อเสนอแนะ	47
บรรณานุกรม	48
ภาคผนวก	66
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์	67
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์สมบัติเชิงหน้าที่และคุณภาพของผลิตภัณฑ์โปรตีน	70
ภาคผนวก ค แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	74
ภาคผนวก ช ประวัตินักวิจัย	76

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าทางโภชนาการของถั่วลิสงเปรียบเทียบกับถั่วชนิดอื่น	8
2.2	สมบัติเชิงหน้าที่ กับรูปแบบการทำงานของอาหารชนิดต่างๆ	11
4.1	สมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันจากการอัดแผ่นความหนาของแผ่นกากถั่วที่ความหนา 0.5 และ 1 เซนติเมตร	34
4.2	องค์ประกอบทางเคมีของแป้งกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันจากการอัดแผ่นความหนาของแผ่นกากถั่วที่ความหนา 0.5 ที่ขนาดอนุภาคต่างๆ	35
4.3	สมบัติทางกายภาพจุลินทรีย์ของแป้งกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันจากการอัดแผ่นความหนาของแผ่นกากถั่วที่ความหนา 0.5 ที่ขนาดอนุภาคต่างๆ	36
4.4	สมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันจากการอัดแผ่นความหนาของแผ่นกากถั่วที่ความหนา 0.5 ที่ขนาดอนุภาคต่างๆ	37
4.5	คุณลักษณะทางเคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมแป้งกากถั่วลิสง	38
4.6	องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุคิบ	39
4.7	สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์คุกกี้จากแป้งกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันที่อัตราส่วนต่อแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ	42
4.8	สมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์คุกกี้ จากแป้งกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันที่อัตราส่วนต่อแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ	42
4.9	สมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้ จากแป้งกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันที่อัตราส่วนต่อแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ	43
4.10	สมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์คุกกี้ จากแป้งกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันร้อยละ 40 ของแป้งสาลี	44

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
4.12 ปริมาณจุลินทรีย์ของตุ๊กกี้ที่ใช้แป้งกากถั่วลิสงหลังบีบน้ำมันร้อยละ 40 ของแป้ง สตาลี ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0 - 5 เดือน ณ อุณหภูมิห้อง	45

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4.1	ลักษณะของกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน (A) ขนาดความหนา 0.5 เซนติเมตร (B) ขนาดความหนา 1 เซนติเมตร	33
4.2	ลักษณะปรากฏ (A) ถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน (B) แป้งกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน	35
4.3	ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีส่วนผสมของแป้งกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน	38
4.4	ผู้วิจัยถ่ายทอดการผลิตทุกก็หยอดให้กับผู้ประกอบการ	45

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากปัญหาทางเศรษฐกิจของกลุ่มผู้ผลิตน้ำมันถั่วลิสงในเขตจังหวัดพิษณุโลก (โรงงานบีบน้ำมันธนวิน) ที่ต้องนำวัตถุดิบจากในเขตพื้นที่และบริเวณใกล้เคียงมารวบรวมเพื่อทำการบีบน้ำมันที่มีคุณภาพตามหลักเกณฑ์การผลิตที่ดี (GMP) เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัย และมีคุณสมบัติตรงความต้องการของกลุ่มลูกค้าที่ใช้ (โรงงานผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว) ซึ่งในการผลิตจึงจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบถั่วลิสง ที่ผ่านการคัดเลือก (ราคาวัตถุดิบถั่วลิสงสูง : เพื่อส่งเสริมรายได้กลุ่มเกษตรกรที่เพาะปลูกถั่วลิสงที่มีคุณภาพ) ประกอบกับกากถั่วลิสงหลังการบีบสกัดน้ำมันทางกลุ่มได้มีการจำหน่ายในรูปแบบของอาหารสัตว์ที่มีราคาต่ำ ทำให้การลงทุนในการบีบน้ำมันมีต้นทุนสูงส่งผลกระทบต่อภาวะการแข่งขันทางการตลาดน้ำมันไม่สามารถแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเกิดภาวะการขาดทุน จากการวิเคราะห์แนวทางการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบ (กากถั่วลิสงหลังการบีบสกัดน้ำมัน) ของนักวิชาการร่วมกับกลุ่มผู้ผลิตน่าจะทำให้มูลค่าการลงทุนของการบีบน้ำมันต่ำลงได้ ดังนั้นจึงมีแนวคิดเริ่มต้นเพื่อค้นหาคำตอบว่า กากถั่วลิสงหลังการบีบสกัดน้ำมันยังมีคุณภาพดีหรือไม่ ซึ่งพบว่า กากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันมีปริมาณโปรตีนสูงถึงประมาณร้อยละ 60 ส่วนปริมาณน้ำมันเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 5 วัตถุดิบกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันจึงเหมาะที่จะนำมาเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ที่เสริมคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งแนวทางการนำกากถั่วลิสงหลังการบีบสกัดน้ำมันไปใช้ประโยชน์จำเป็นต้องทราบคุณสมบัติทางหน้าที่ เพื่อการนำไปใช้ที่หลากหลาย ประกอบการเพื่อให้การดำเนินการควบคู่ทันต่อสถานการณ์การแข่งขันทางการตลาดน่าจะมีการนำกากถั่วลิสงทดลองไปใช้ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ด้วย โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากวัตถุดิบที่มีศักยภาพ และมีกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป รวมทั้งถ้าหากมีการลงทุนประกอบกิจการผลิตภัณฑ์ใหม่ต้องเป็นการลงทุนวัสดุ อุปกรณ์ และสถานที่ในสภาพที่สามารถลงทุนได้ ดังนั้นนักวิจัยจึงได้มีการรวมกลุ่มเพื่อดำเนินการวิจัยเพื่อตอบสนองต่อกลุ่มชุมชน จำนวน 2 โครงการ จำนวน 2 กิจกรรม ได้แก่ การศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ของกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน และการนำกากถั่วลิสงไปใช้ประโยชน์เพื่อพัฒนาและ/หรือผลิตผลิตภัณฑ์คุกกี จากข้อมูลหรือผลงานที่ได้จากงานวิจัยสามารถเป็นแนวทางการนำกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันไปใช้ประโยชน์ มีผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการ เป็นการเผยแพร่ภูมิปัญญาเกี่ยวกับการผลิตผลิตภัณฑ์ให้แก่เขต

พื้นที่จังหวัดอื่นที่มีแหล่งวัตถุดิบเดียวกัน เป็นแนวทางการนำทรัพยากรที่มีมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า และเพิ่มมูลค่าแก่วัตถุดิบ นอกจากนี้ยังช่วยสร้างธุรกิจใหม่ให้กับกลุ่มชุมชนทำให้เกิดการส่งเสริมภาวการณ์มีงานทำ เพิ่มรายได้ของกลุ่มผลิตฐานราก ก่อให้เกิดการสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจต่อชุมชนทำให้ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

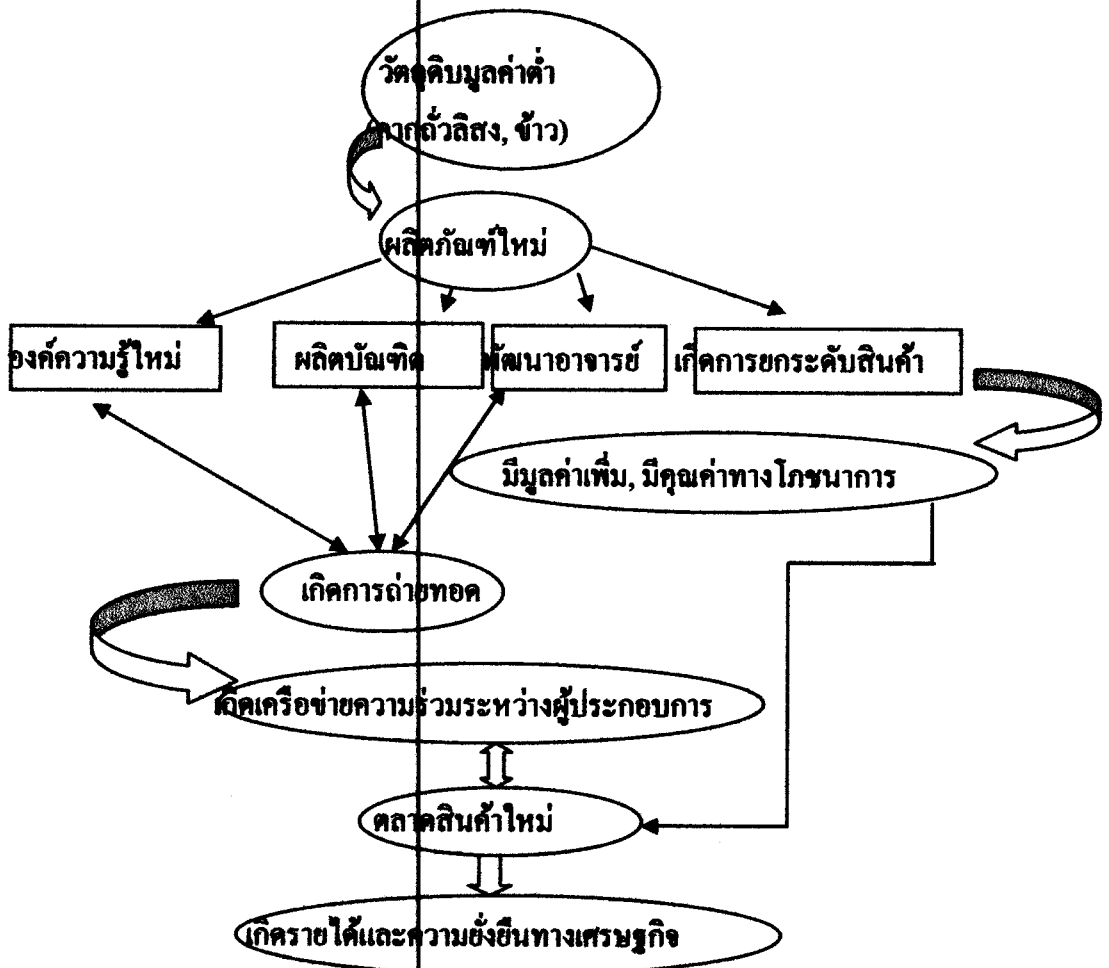
- 1) ศึกษาคุณสมบัติทางหน้าที่และแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ของกากถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมัน
- 2) สร้างผลิตภัณฑ์ใหม่จากวัตถุดิบท้องถิ่นที่มีศักยภาพเพื่อเพิ่มมูลค่าทั้งทางโภชนาการและมูลค่าของวัตถุดิบ
- 3) เพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีตามต้องการของกลุ่มชุมชนที่ต้องการเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบ ทำให้เกิดธุรกิจในพื้นที่ เกิดการสร้างรายได้ เกิดการจ้างงาน เพื่อรักษารายได้ของกลุ่มที่มีการลงทุนและเพื่อนำไปสู่การแข่งขันและการพึ่งพาตนเอง

ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตของการศึกษาวิจัย แบ่งเป็น 2 โครงการ ได้แก่

- 1) ศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งจากถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมัน และการนำแป้งจากถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมันไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ โดยมีระยะเวลาการศึกษา 12 เดือน และมีกลุ่มผู้ผลิตน้ำมันถั่วลิสง นักศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม และมหาวิทยาลัยนเรศวร เข้าร่วมโครงการวิจัย
- 2) ศึกษาการพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ตุ๋นที่ใช้แป้งจากถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมันเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ ให้เป็นผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการ และผู้บริโภคให้การยอมรับ โดยศึกษาอัตราส่วนของการใช้แป้งจากถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมันที่เหมาะสมต่อในสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ (เพื่อการจัดจำหน่ายเนื่องจากรสชาติถูกปากผู้บริโภค) ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส ตลอดจนศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (เพื่อหาค่าตอบสำหรับระยะเวลาของการจำหน่ายสินค้า) และจัดการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้จากผลงานวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย โดยกิจกรรมของการดำเนินงานวิจัยจะอาศัยกระบวนการแบบมีส่วนร่วม โดยคณะทีมวิจัยที่หลากหลายสาขา นักศึกษา ผู้เชี่ยวชาญ เครือข่ายร่วมดำเนินงาน และชุมชนหรือผู้ประกอบการ โดยมีระยะเวลาการวิจัย 12 เดือน

ทฤษฎี ฐานมูคิฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดแผนงานวิจัยการเพิ่มมูลค่าเชิงพาณิชย์ของกากถั่วลิสงหลังบีบน้ำมัน

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์แปรรูปถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน (กากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันบดละเอียดจนมีลักษณะคล้ายแป้ง) และผลิตภัณฑ์แปรรูปถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน (ตุ๊กกี้)
2. เพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์จากกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันของกลุ่มโรงงานธนวิน และชุมชนใกล้เคียงที่ใช้กากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์
3. สนับสนุนและสร้างองค์ความรู้สำหรับสมบัติหน้าที่ของกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันและการนำแป้งไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหาร

4. พัฒนานักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารของมหาวิทยาลัยราชภัฏ พิบูลสงคราม และนักศึกษาสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ให้เป็นนักวิจัยเรื่องของการแปรรูป การวิเคราะห์ที่สังเคราะห์ รวมทั้งการทำงานร่วมกับชาวบ้าน

5. พัฒนาผลิตภัณฑ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เป็นอาหารคู่ครัวโลกที่มีมาตรฐาน และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

6. ได้แนวทางค้นแบบการใช้ประโยชน์ การจัดการ การอนุรักษ์ และการใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด

7. เป็นแนวทางการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบและทรัพยากรที่มีในธรรมชาติ

8. ได้ข้อมูลรูปแบบการผลิตแปรรูปจากกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันที่เหมาะสม ข้อมูลการนำไปแปรรูปต่อไปเพื่อเพิ่มความหลากหลายให้แก่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แปรรูปเป็นส่วนประกอบ เพื่อเผยแพร่แก่ผู้ที่สนใจต่อไป

แก้ปัญหาในการดำเนินงานของหน่วยงานที่ทำการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย อาจารย์ได้มีการดำเนินการวิจัยเป็นต้นแบบของการศึกษาวิจัย

เป็นองค์ความรู้ในการวิจัยต่อไป

กลุ่มเป้าหมาย ผู้ผลิตแปรรูปจากกากถั่วลิสง โดยนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ อาจเป็นเรื่องของการทดแทน

บริการความรู้แก่ประชาชน และบริการความรู้แก่ภาคธุรกิจ

กลุ่มเป้าหมาย ผู้สนใจทั่วไป ผู้ผลิตแปรรูปจากถั่วลิสง แป้งข้าว และแป้งชนิดอื่นๆ

นำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์

กลุ่มเป้าหมาย กลุ่มผู้ผลิตผลิตภัณฑ์จากกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน ได้ทราบข้อมูลถึงการนำไปใช้ประโยชน์ มีการเผยแพร่ข้อมูลทำให้มีการเพิ่มการขยายตัวของกลุ่มผู้ผลิตชุมชนรูปแบบของอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ และการนำไปใช้ประโยชน์

เป็นประโยชน์ต่อประชากรกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย การศึกษาทำให้กลุ่มทราบถึงข้อดีของคุณสมบัติกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันที่มี ซึ่งสามารถนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ได้มากขึ้น

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อั่วถัสดง

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ถั่วถัสดง (Peanut หรือ Groundnut) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Arachis hypogaea* จัดเป็นพืชล้มลุก ตระกูลถั่ว มีถิ่นกำเนิดในบริเวณเขตร้อนของอเมริกาใต้ ลักษณะเด่นที่แตกต่างจากพืชในตระกูลเดียวกัน คือ ออกดอกเหนือพื้นดิน แต่มีฝักอยู่ใต้ดิน โดยฝักอาจขึ้นเดี่ยวๆ หรือขึ้นเป็นกลุ่มก็ได้ เมื่อฝักแก่จะมี ลักษณะแข็ง และเปราะมองเห็นลายเส้นที่เปลือกฝัก สีของฝักขาวนวล หรือน้ำตาลอ่อน ลักษณะภายในฝักมีเมล็ดภายในเรียงกัน 1 – 4 เมล็ด แต่ละเมล็ดมีเยื่อหุ้ม หรือเปลือกเมล็ดบางๆ (Seed coat หรือ Testa) ซึ่งเยื่อหุ้มนี้มีสีม่วงแดง แดง หรือขาวนวลตามลักษณะพันธุ์ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2522)

2. พันธุ์ของอั่วถัสดง พันธุ์ถั่วถัสดงมีหลายพันธุ์ เป็นพืชตระกูลถั่วมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Arachis Hypogaea* L. ชื่อสามัญคือ ground nut หรือ peanut ภาษาท้องถิ่นบางภาคเรียก ถั่วดิน หรือ ถั่วใต้ดิน ใน ประเทศไทยพบได้หลายพันธุ์

2.1 พันธุ์ขอนแก่น-5 (Khon Kaen-5) ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นพันธุ์ผสมระหว่างพันธุ์ไทนาน-9 กับพันธุ์RCM 387 มีลักษณะทรงต้นเป็นพุ่มกว้างลำต้นและใบมีสีเขียว ดอกสีเหลือง การติดฝักจะเป็นกระจุกที่บริเวณ โคนต้นทำให้ง่ายต่อการเก็บเกี่ยวโดยใช้มือถอน เยื่อหุ้มเมล็ดมีสีชมพูเข้มกว่าพันธุ์ไทนาน-9 อายุการเก็บเกี่ยว 85-115 วัน ลักษณะเด่น คือ มีขนาดฝักและเมล็ดโตกว่า หรือ มีน้ำหนักต่อ 100 เมล็ดสูงกว่าพันธุ์ไทนาน-9 ผลผลิตและคุณภาพสามารถปรับคว้ และ ให้ผลผลิตได้ดีกว่าพันธุ์ไทนาน-9 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 340 กิโลกรัมต่อไร่ โรคที่พบได้แก่ โรคไวรัส ยอดไหม้

2.2 พันธุ์ไทนาน-9 (Tainan-9) ลักษณะเด่นให้ผลผลิตสูงมีร้อยละการกะเทาะสูง เปลือกบางและสามารถปรับคว้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ผลผลิตทั้งฝักแห้งเฉลี่ย 260 กก.ต่อไร่ ถูสด 293 กก.ต่อไร่ ถูสุ่น 236 กก.ต่อไร่ ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 28.12 น้ำมันร้อยละ 50.70 ลักษณะประจำพันธุ์ คือ ฝักค่อนข้างเล็ก เปลือกบางมี 2 เมล็ดต่อฝักสั้นลาย บนฝักไม่เด่นชัด ฝักเรียบ งอขยปากเห็นได้ชัดเจน เยื่อหุ้มเมล็ดมีสีชมพู เมื่อเก็บรักษาไว้นานเกิน 1 เดือนจะเปลี่ยนเป็น

สีน้ำตาล น้ำหนักต่อ 100 เมล็ดหนักเท่ากับ 42.43 กรัม ไม่ต้านทานโรคราสนิมและ โรคใบจุด ฤดูปลูกที่เหมาะสม คือ ฤดูฝนเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน ฤดูแล้งเดือนมกราคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์

2.3 พันธุ์ขอนแก่น 60-3 (Khon Kaen 60-3) ลักษณะเด่น ขนาดเมล็ดและฝักโตกว่าพันธุ์ที่ใช้แนะนำอยู่เดิม โดยมีขนาดโตกว่าพันธุ์ไทนาน-9 ถึงร้อยละ 76 โดยน้ำหนักผลผลิต สูงกว่าพันธุ์ไทนาน-9 ร้อยละ 21 ผลผลิตและคุณภาพ ผลผลิตทั้งฝักแห้งเฉลี่ย 378 กก.ต่อไร่ ไร่โปรตีนร้อยละ 24.8 น้ำมันร้อยละ 49.3 ลักษณะประจำพันธุ์ จัดเป็นพวก Virginia ทรงต้นเป็นพุ่มแผ่ติดฝักค่อนข้างกระจายไป ตามกิ่งที่โน้มลงติดดิน เก็บเกี่ยวอายุ 110-120 วัน ฝักมีขนาดโตกว่าพันธุ์ไทนาน-9 เส้นผ่าศูนย์กลางและงอขปากเห็นได้ชัดเจน เนื้อหุ้มเมล็ดมีสีชมพูและสีส้มอ่อน เมื่อเก็บรักษาไว้นานเกิน 1 เดือนจะเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล น้ำหนักต่อ 100 เมล็ดเท่ากับ 76.2 กรัม ต้านทานต่อโรคราสนิมและโรคใบจุดมากกว่าพันธุ์ไทนาน-9 ฤดูปลูกที่เหมาะสม คือ ฤดูฝนเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน ฤดูแล้งเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์

2.4 พันธุ์ขอนแก่น 60-2 (Khon Kaen 60-2) ลักษณะเด่น ต้นเป็นทรงพุ่ม ลำต้นและใบสีเขียว ขนาดของฝักยาวและโตฝักค่อนข้างตรงมีจำนวนฝักที่มี 3 เมล็ดต่อฝักขึ้นไปสูงและมีขนาดเมล็ดโตกว่าพันธุ์สข.38 ผลผลิตฝักสดและฝักแห้งสูงกว่าพันธุ์สข. ร้อยละ 38, 12 และ 8 ตามลำดับ เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 96-100 วัน ผลผลิตและคุณภาพ ผลผลิตฝักสด 572 กก.ต่อไร่ ผลผลิตฝักแห้ง 266 กก.ต่อไร่ ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 27.43 น้ำมันร้อยละ 44.29 ลักษณะประจำพันธุ์ ฝักยาวโตและตรงกว่าพันธุ์สข.38 มีเมล็ด 2-4 เมล็ดต่อฝัก เส้นผ่าศูนย์กลาง และงอขปากเห็นได้ชัดเจนเนื้อหุ้มเมล็ดมีสีชมพู เมื่อเก็บรักษาไว้เกิน 1 เดือนจะเปลี่ยนสีน้ำตาล น้ำหนักต่อ 100 เมล็ดเท่ากับ 40.7 กรัม ไม่ต้านทานโรคราสนิมและโรคใบจุด ฤดูปลูกที่เหมาะสมคือ ฤดูฝนเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายนฤดูแล้งเดือนมกราคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์

2.5 พันธุ์ลำปาง (Lumpang) เป็นพันธุ์ที่ได้จากการรวบรวมพันธุ์ถั่วลิสงพื้นเมืองที่ปลูกใน ประเทศนำไปปลูกคัดเลือกและเปรียบเทียบผลผลิตที่สถานีทดลองร้อยเอ็ดให้ผลผลิตสูง ผลผลิต และคุณภาพ ผลผลิตทั้งฝักแห้ง 279 กก.ต่อไร่ มีโปรตีนร้อยละ 22.29 น้ำมันร้อยละ 50.28 ลักษณะประจำพันธุ์จัดเป็นพวก Spanish valencia ทรงต้นเป็นพุ่มตรง (bunch) ติด ฝักเป็นกระจุกที่โคนต้น ฝักเรียวยาวมี 2-3 เมล็ดต่อฝัก เส้นผ่าศูนย์กลางและงอขปากเห็นได้ชัดเจน เนื้อหุ้มเมล็ดสีชมพู เมื่อเก็บรักษาไว้เกิน 1 เดือนจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล น้ำหนักต่อ 100 เมล็ดเท่ากับ 40.64 กรัม ไม่ต้านทานโรคราสนิม และโรคใบจุด

2.6 พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (Kasetsart 50) ลักษณะเด่น เมล็ดโต เหมาะทำผลิตภัณฑ์อบทอด เจริญเติบโตในดินทุกประเภทที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ทรงต้นตั้งตรง เลื้อยนิคหน้อย ควบคุมหญ้าได้ช่วยลดค่าใช้จ่ายทำหญ้า ด้านทานต่อโรคใบจุดและแมลงพอสมควร การดูแลไม่ค่อยมีปัญหาอายุสาว ฉะนั้นจะฉีดสารหรือพ่นยาแมลงตามความจำเป็นโดยฉีดเมื่ออายุประมาณ 3 เดือน 1 ครั้งหรือใส่ไฮโครินและนิคอก อายุ 3 เดือนหรือ 4 เดือน ก่อนเก็บ 2-3 สัปดาห์ การดูแลคือใส่ปุ๋ยหรือปูนอซิฟัมเพื่อการเติบโตของฝักสูง ถ้าทำการเก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสมและ ตากหรือลดความชื้นที่ดี ถั่วลิสงนี้จะปลอดสารพิษอัลตราทอกซินที่จะปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์

แหล่งปลูกถั่วลิสงปลูกแทบทุกจังหวัดในทุกภาคของประเทศแต่แหล่งปลูกมาก คือ ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดที่มีการปลูกมากในแต่ละภาคได้แก่ ภาคเหนือ ได้แก่ อุตรดิตถ์ ลำปาง เชียงใหม่ กำแพงเพชร พะเยา แพร่และน่าน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ เลขบุรีรัมย์ นครราชสีมา กาฬสินธุ์ ขอนแก่น และสกลนคร ภาคกลาง ได้แก่ ชัยนาท ลพบุรี และสระบุรี ภาคตะวันออกได้แก่ ปราจีนบุรี จันทบุรี ระยองและชลบุรี ภาคตะวันตกได้แก่ กาญจนบุรี ประจวบคีรีขันธ์ และสุพรรณบุรี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2522)

3. คุณค่าทางอาหารของถั่วลิสง ถั่วลิสงเป็นแหล่งของสารอาหารประเภทโปรตีน และพลังงาน มีโปรตีนประมาณร้อยละ 25 - 30 ไขมันร้อยละ 45 - 50 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 20 โปรตีนในถั่วลิสงมีปริมาณเทียบเท่าถั่วชนิดอื่นๆหลายชนิด แม้ว่าจะมีปริมาณต่ำกว่าถั่วเหลือง และมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายต่ำกว่าที่ต้องการ คือ โลซีน ทรีโอนีน และเมธไทโอนีน และเมื่อยังทำให้สุกยังมีปริมาณต่ำลง การใช้ความร้อนสูงตั้งแต่ 145 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มทำให้คุณค่าทางโภชนาการน้อยลง แต่ไขมันในถั่วลิสงนั้นมีกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย คือ โอเลอิก และไลโนเลอิกสูงมาก คือ ประมาณร้อยละ 80 จึงเหมาะสำหรับใช้บริโภค นอกจากนี้ไขมันที่ได้จากถั่วลิสงยังมีอัตราส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัว ต่ำกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นทำให้เก็บรักษานานกว่า (อารีย์, 2544) องค์ประกอบทางเคมีของถั่วลิสงในด้านปริมาณกรดอะมิโนและน้ำตาลนั้นแตกต่างออกไปตามพันธุ์ และสถานที่ปลูก (จินตนา, 2538) คุณค่าทางอาหารของถั่วลิสง แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของถั่วลิสงเปรียบเทียบกับถั่วชนิดอื่น

คุณค่าทางโภชนาการ ต่อส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม	ถั่วลิสง	ถั่วเหลือง	ถั่วเขียว	ถั่วแดง
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	538	430	347	332
ความชื้น (กรัม)	11.4	11.1	11.5	14.2
โปรตีน (กรัม)	29.7	34	23.4	22.4
ไขมัน (กรัม)	38.7	18.7	1.3	1.2
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	17.7	31.4	60.3	58
crude fiber (กรัม)	2.1	4.7	4.3	4.3
เส้นใย (กรัม)	2.5	4.8	3.5	4.2
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	20	245	125	-
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	455	500	340	253
เหล็ก (มิลลิกรัม)	13.8	10	5.2	-
ไทอามิน (มิลลิกรัม)	0.59	0.73	0.38	0.73
ไรโบฟลาวิน (มิลลิกรัม)	0.09	0.19	0.21	0.23
ไนอาซิน (มิลลิกรัม)	2.2	1.5	2.6	0.9
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	8	14	0	0

ที่มา : กองโภชนาการ (2535)

4. การใช้ประโยชน์จากถั่วลิสง ถั่วลิสงมีคุณค่าทางอาหารสูง ทำให้มีการใช้ประโยชน์จากถั่วลิสงเป็นอาหารมนุษย์ใน รูปแบบต่างๆ ได้แก่

4.1 โปรตีนถั่วลิสง (Peanut Proteins) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นแหล่งอาหาร โปรตีนมีโปรตีนตั้งแต่ร้อยละ 25 – 95 ขึ้นกับปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีไขมันมาก ซึ่งทำให้มีโปรตีนต่ำลง

4.2 แป้งถั่วลิสง (Peanut flour) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากถั่วลิสงที่บีบน้ำมันออกแล้ว มีโปรตีนประมาณร้อยละ 50 – 60 และมีปริมาณน้ำมันต่ำ ประมาณร้อยละ 1

4.3 เนยถั่วลิสง (Peanut butter) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากถั่วลิสงคั่วจนสุก และบดให้ละเอียด ปูรงรตด้วยเกลือ และน้ำตาล ใช้สำหรับทาขนมปัง และเป็นไส้ขนมต่างๆ

4.4 อาหารเด็กอ่อนจากถั่วลิสง เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งถั่วลิสงมาผสมธัญพืช วิตามินและแร่ธาตุต่างๆ แล้วนำไปไม่แบบเปียก ทำให้แห้งด้วยอุณหภูมิต่ำ ร้อน บดละเอียด หรือผสมส่วนผสมต่างๆ

ให้เข้ากัน แล้วนำไปผ่านเครื่องอัดสุก ทำให้แห้งด้วยลมร้อน แล้วบดละเอียด ผลิตภัณฑ์ที่กล่าวมาเหล่านี้ยังไม่พบว่ามีการผลิตเป็นอุตสาหกรรมในประเทศไทย ทั้งที่เทคโนโลยีการผลิตไม่สูง และประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตพอสมควร ซึ่งหากในประเทศไทยมีการผลิตถั่วลิสงที่มีคุณภาพสูง ปราศจากสารพิษอัลฟาโทกซิน จะทำให้สามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารในระดับอุตสาหกรรมเพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภค โดยไม่ต้องสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ เหล่านี้จากต่างประเทศเลย

4.5 นมถั่วลิสง (Peanut milk) เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ผลิตจากถั่วลิสงคั่วสุก ถอกเยื่อหุ้มเมล็ด และแช่น้ำจนนุ่ม โม่จนละเอียดพร้อมทั้งน้ำ แล้วจึงกรองแต่น้ำ จากนั้นนำไปให้ความร้อนเค็มรสชาติได้ตามต้องการ คุณค่าทางอาหารของนมถั่วลิสงใกล้เคียงนมวัวในแง่ของโปรตีน ไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุบางชนิด แต่ปัญหาที่พบในผลิตภัณฑ์ คือ กลิ่นของผลิตภัณฑ์ยังไม่เป็นที่ยอมรับ มีกลิ่นแรงกว่านมถั่วเหลือง และติดล้ากว่า (ประทีป, 2521)

4.6 ถั่วลิสงป่น เป็นถั่วลิสงที่ผ่านการคั่ว และแยกเยื่อหุ้มเมล็ดออก บดให้มีขนาดเล็กนำไปใช้ประกอบอาหารได้หลายชนิด (วิชัยและเพ็ญขวัญ, 2540)

4.7 ถั่วลิสงเคลือบ เป็นผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว ผลิตจากถั่วลิสงกวนกับน้ำตาล และกะทิ จนกระทั่งน้ำตาลตกผลึกเคลือบเมล็ดถั่ว และกรอบ

4.8 ถั่วลิสงคั่ว เป็นขนมขบเคี้ยว ได้จากถั่วลิสงเคี้ยวกับน้ำตาลจนเหนียว เทใส่ถาดคั่วให้แบนและคั่วเป็นชั้นๆ โรยด้วยงา เมื่อเย็นจะแข็งและกรอบ

4.9 อาหารอื่นๆจากถั่วลิสง (อารีย์, 2544)

4.10 ถั่วลิสงคั่ว อบ ทอด คั่ว หรือคั่วแห้ง

4.11 ถั่วทอดแผ่น

4.12 ขนมคุกกี้ และกระยาสารท (วิชัย, 2534)

5. ปัญหาของถั่วลิสง ปัญหาสำคัญที่พบโดยทั่วไปของถั่วลิสง คือ สารพิษอัลฟาโทกซิน ซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Aspergillus flavus* สร้างขึ้นเมื่อเจริญเติบโตในสภาวะที่เหมาะสม สารพิษที่สร้างขึ้นมีด้วยกันหลายชนิดคือ B1, B2a, G1, G2, M1 และ M2 ซึ่ง 2 ชนิดหลังเป็นอนุพันธ์ของสารพิษอัลฟาโทกซิน B1, B2 แต่ชนิด B1 เป็นชนิดที่มีพิษร้ายแรงที่สุด (อารีย์, 2544) และอัลฟาโทกซินชนิด B1 ยังเป็นชนิดที่พบมากที่สุดอีก ด้วย รองลงมาได้แก่ B2, G1 และ G2 ตามลำดับ ในปัจจุบัน IARC (International Association Research Cancer) ได้จัดสารแอฟลาทอกซินเป็นสารก่อมะเร็ง ทำให้เกิดตับอักเสบ ตับแข็ง และเกิด เนื้องอก มะเร็งในตับ ซึ่งความเป็นพิษของสารพิษอัลฟาโทกซินเหล่านี้มีทั้งแบบเฉียบพลัน และเรื้อรัง เนื่องจากสารพิษนี้เป็นสารพิษที่มีความคงตัวสูง มีจุดหลอมตัวที่ 250 องศาเซลเซียส จึงยากต่อการทำลายหากมีการปนเปื้อนลงในอาหาร (อรุณศรี, 2542)

6. การตรวจสอบปริมาณสารพิษอัลฟาโทกซิน โดยทั่วไปหน่วยที่ใช้วัดปริมาณอัลฟาโทกซิน คือ ส่วนในล้านส่วน หรือ Part Per Billion เรียก ย่อว่า ppb (พีพีบี) ซึ่งมีค่าเท่ากับ ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม วิธีการตรวจสอบที่เป็นที่นิยม คือ การตรวจสอบด้วยมินิคอลัมน์ วิธีนี้สามารถตรวจสอบได้แม่นยำพอสมควร และบอกปริมาณสารพิษที่มีอยู่ได้จากการอ่านค่าความเข้มแสงเปรียบเทียบกับตัวอย่างมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นของอัลฟาโทกซินระดับต่างๆ เช่น 10, 50, 100 ppb วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้ตรวจสอบได้รวดเร็ว และ เสียค่าใช้จ่ายไม่สูงมาก (อรุณศรี, 2542)

6.1 การตรวจด้วยเครื่องวัดปริมาณสารพิษอัลฟาโทกซิน จัดว่าเป็นวิธีที่สามารถบอกปริมาณได้ละเอียด ว่ามีสารพิษกี่พีพีบี

6.2 การตรวจสอบด้วยวิธีการทางภูมิคุ้มกันวิทยา หรือวิธี ELISA วิธีนี้อาศัยปฏิกิริยาการแข่งขันระหว่างสารพิษที่ต้องการทดสอบ หรือสารพิษมาตรฐาน ซึ่งเป็นสารพิษอิสระกับสารพิษที่ผูกติดกับแอนติบอดี ในการจับเกาะกับแอนติบอดีที่เฉพาะเจาะจงกับสารพิษและถูกเคลือบไว้ในหลุมของภาชนะทดสอบ สารที่ไม่มีการเกาะจับจะถูกชะล้างออกไป และปริมาณแอนติบอดีที่เกาะอยู่บนภาชนะทดสอบ จะสามารถประเมินด้วยการบ่มไว้กับซับสเตรตที่จะทำให้ปฏิกิริยาเฉพาะเจาะจงกับแอนติบอดีนั้นๆ โดยแสดงความเข้มข้นของสีที่เกิดจากปฏิกิริยา ทำให้สามารถดูความเข้มของสีเปรียบเทียบกับสีของสารพิษมาตรฐานได้ ด้วยตาเปล่า หรือใช้เครื่องอ่านความเข้มของสี โดยความเข้มของสีจะมีความสัมพันธ์ตรงข้ามกับปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในตัวอย่าง คือ ถ้าสีเข้มมาก แสดงว่ามีสารพิษในปริมาณน้อย แต่ถ้าสีจางหรือขาวแสดงว่ามีปริมาณสารพิษมาก วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว ใช้ เวลาตรวจวิเคราะห์น้อยกว่า 1 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบสูง เพราะมีความไวในการ ตรวจรับสารพิษสูงมาก ต้นทุนการวิเคราะห์ต่อตัวอย่างต่ำ และสามารถวิเคราะห์ได้ทีละหลายๆ ตัวอย่างในเวลาเดียวกัน นอกจากนี้ยังสามารถตรวจสอบการปนเปื้อนของสารพิษที่มีปริมาณต่ำสุด 0.1 – 0.5 พีพีบีได้ด้วย (อมรา, 2541)

6.3 การกำจัดสารพิษอัลฟาโทกซิน การกำจัดสารพิษอัลฟาโทกซินนั้น สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่

6.3.1 ทางกล คือ การคัดแยกเมล็ดที่เป็นรอยดำหนีออก

6.3.2 การใช้ความร้อน การใช้ความร้อนภายใต้ความดันสามารถทำลายพิษของสารพิษ ได้บางส่วน แต่อุณหภูมิสูงมีกรรมคา ไม่สามารถทำลายสารพิษได้

6.3.3 ใช้สารทำลาย ได้มีการทดลองใช้สารทำลาย และพบว่าให้ผลดีหลายชนิด เช่น เมทธานอล เอทานอล อะซิโตน คลอโรฟอร์ม เบนซีน และเอควีต ไอโซโพรพานอล แต่จะส่งผลถึงคุณค่าทางโภชนาการของถั่วลิสงด้วย

6.3.4 ใช้สารเคมี โดยใช้สารเคมีทำปฏิกิริยาในโมเลกุลของอัลฟาทอกซิน ซึ่งทำลายได้ง่ายใน 2 จุด สารเคมีที่ใช้มีด้วยกันหลายชนิด เช่น ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (อารีย์, 2544)

6.3.5 ใช้จุลินทรีย์ โดยแบคทีเรีย *Flavobacterium* สามารถทำลายสารพิษอัลฟาทอกซินได้ แต่เป็นในปริมาณที่น้อยมาก

6.3.6 การใช้ดินฟอกสี มีการศึกษาการใช้ดินฟอกสีในการลดสารพิษออก โดยกวนดินแล้วกรองออก ซึ่งจะช่วยลดสารพิษอัลฟาทอกซินได้ระดับหนึ่ง และมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่ำ (กรรณิการ์ และคณะ, 2526)

ความเป็นพิษของอัลฟาทอกซินมีความรุนแรงมาก แม้ได้รับในปริมาณน้อย องค์การอนามัยโลก จึงได้มีการกำหนดระดับการปนเปื้อนของสารพิษอัลฟาทอกซินในอาหารได้ไม่เกิน 30 ppb ส่วนในประเทศไทยมีการกำหนดให้มีสารพิษอัลฟาทอกซินปนเปื้อนในอาหารได้ไม่เกิน 20 ไมโครกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ความประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องมาตรฐานที่มีสารปนเปื้อนข้อ 4 ฉบับที่ 98 พ.ศ. 2539 บัญญัติการเกิดสารพิษอัลฟาทอกซินในถั่วลิสง เกิดจากการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวไม่ดี หลังเก็บเกี่ยวจากไร่ จะพบปริมาณอัลฟาทอกซินเล็กน้อย และจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษา ส่วนถั่วเมล็ดที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดนั้น จะมีอะฟลาทอกซินต่ำกว่ามาตรฐาน แต่ถ้าเป็นถั่วป่นจะมีปริมาณสารพิษอัลฟาทอกซินสูงกว่ามาตรฐานมาก (อรุณศรี, 2542)

สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน

Kinsella (1976) ได้ให้คำจำกัดความของคำว่าสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน คือ “สมบัติทางกายภาพและเคมี ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติโปรตีนในอาหารระหว่างการแปรรูป การเก็บรักษา การจัดเตรียมเพื่อการบริโภค” หมายถึงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่มีอิทธิพลต่อหน้าที่ของโปรตีนในอาหาร รวมไปถึงเรื่องของขนาด รูปร่าง องค์ประกอบและการจัดเรียงตัวของกรดอะมิโน ประจุค่าซ่าย (net charge) การกระจายตัวของประจุ (charge distribution) ความไม่ชอบน้ำ (hydrophobicity) ความชอบน้ำ (hydrophilicity) โครงสร้างของโปรตีน (ทุติยภูมิ คติยภูมิ และจตุรภูมิ) หรือปฏิกิริยาที่เกิดกับส่วนประกอบอื่น ๆ ของอาหาร

ดังที่กล่าวโปรตีนเป็นสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการแล้วยังมีบทบาทสำคัญในเรื่องของการให้คุณลักษณะที่ผู้บริโภคสามารถบ่งบอกได้ด้วยประสาทสัมผัส เช่น สี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสของอาหาร โปรตีนที่ใช้เป็นส่วนประกอบหลักของอาหารสามารถแสดงคุณสมบัติทาง

ประสาทสัมผัสได้ เช่น คุณสมบัติทางเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่บอกถึงคุณสมบัติของความหนืด (viscoelastic) และคุณสมบัติการเกิดโครงรูปโด (dough-forming properties) ของโปรตีนกลูเตนข้าวสาลี คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของเค้กและขนมหวานที่ได้จากโปรตีนไข่ อย่างไรก็ตามหน้าที่ของโปรตีนในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ให้คุณลักษณะหน้าที่ที่แตกต่างกันดังนี้

ตารางที่ 2.2 สมบัติเชิงหน้าที่ กับรูปแบบการทำงานของอาหารชนิดต่างๆ

หน้าที่	รูปแบบการทำงาน	อาหารที่เกี่ยวข้อง	แหล่งของโปรตีน
การละลาย	ความชอบน้ำ	เครื่องคิม	เวย์โปรตีน
การจับตัวกับน้ำ	พันธะไฮโดรเจน ไอออน การรวมตัวกับน้ำ	ไส้กรอก เนื้อ ขนมปัง ปอนด์ ขนมเค้ก	โปรตีนเนื้อ โปรตีนไข่
การเพิ่มความหนืด	การจับตัวกับน้ำ แรงยึดติดกับน้ำ ขนาด รูปร่าง	ซูป น้ำเกรวี่ สลัดผลไม้	เวย์โปรตีน
การเกิดเจล	การเกาะติดกับน้ำและการแข็งตัว โครงสร้างตาข่าย การสร้างรูป	เนื้อสัตว์ เจล เค้ก ขนม อบ ชีส	โปรตีนเนื้อ โปรตีนไข่และ โปรตีนนม
การเกาะตัว- การเกาะติด	ความไม่ชอบน้ำ ไอออน และพันธะไฮโดรเจน	เนื้อสัตว์ ไส้กรอก พาสต้า ขนมอบ	โปรตีนเนื้อ โปรตีนไข่ เวย์โปรตีน
การเพิ่มความหยุ่น	พันธะไฮโดรโฟบิก การเชื่อมพันธะไดซัลไฟด์	เนื้อสัตว์ ขนมอบ	โปรตีนเนื้อ
การเกิดอิมัลชัน	การดูดซับบริเวณพื้นที่ผิวร่วม การเกิดโครงสร้างของฟิล์ม	ไส้กรอก ซูป เค้ก ขนมหวาน	โปรตีนเนื้อ โปรตีนไข่ โปรตีนนม
การดูดซับและ การเกาะตัวกับ สารให้กลิ่น	พันธะไฮโดรโฟบิก การเก็บกักกลิ่น	ชีสเนื้อเทียม ขนมอบ โคนัท	โปรตีนนม โปรตีนไข่
การเกิดฟอง	การทำให้เกิดฟิล์มรอบๆ ฟองอากาศ	วิปป์นึ่งที่อปปิ้ง ไอศกรีม เค้ก ขนมหวาน	โปรตีนไข่ โปรตีนนม

ดังนั้น คุณสมบัติเชิงหน้าที่ คือ สมบัติทางกายภาพและเคมีซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติโปรตีนในระบบอาหารในระหว่างกระบวนการแปรรูป การเก็บรักษา การจัดเตรียมเพื่อการบริโภค (Kinsella, 1976) โปรตีนมีหน้าที่สำคัญมากในอาหาร ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ หน้าที่เป็นสารอาหาร และหน้าที่เป็นสารปรุงแต่ง โดยหน้าที่ในการเป็นสารปรุงแต่งจะเกี่ยวข้องกับอาหารโดยตรง เป็นหน้าที่ที่ต้องอาศัยคุณสมบัติของโปรตีนที่เรียกกันว่า คุณสมบัติเชิงหน้าที่ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 5 ประการดังนี้

1. หน้าที่ทางด้านประสาทสัมผัส เช่น สี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัส โปรตีนส่วนใหญ่จะไม่มีกลิ่นรส หรือมี กลิ่นรสเพียงเล็กน้อย แต่เมื่ออยู่ในอาหารจะมีกลิ่นรสแรงขึ้น เนื่องจากได้ทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ เช่น สาร dicarbonyl สารที่ได้จากการสลายตัวของน้ำตาลจะทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนให้สารอัลดีไฮด์ที่เรียกว่า Strecker aldehyde และในที่สุดจะเปลี่ยนเป็นสาร pyrazines และ pyrroles (Weir, 1986) การที่โปรตีนมีกลิ่นรสที่ติดกับความรู้สึกที่เกิดจากการสัมผัส และลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหมาะสม จะทำให้ผู้บริโภคยอมรับ กลิ่นของโปรตีนจะเกิดมากขึ้นในขณะที่ให้ความร้อน มีทั้งสารประกอบกำมะถันและสารประกอบคาร์บอนิลส่วนสารให้รสเกิดจากกรดอะมิโนและสารเปปไทด์ รสที่เกิดจากกรดอะมิโนแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ รสหวาน รสขม รสเปรี้ยว กรดอะมิโนที่ให้รสหวานคือ โกลซีน อะลานีน เซรีน ทรีโอนีน โพรลีน รสขมเกิดจากกรดอะมิโนวาเลีน ลูซีน ไอโซลูซีน เมทไทโอนีน รสเปรี้ยวเกิดจากกรดอะมิโน แอสปาดิก และกรดกลูตามิก (Weir, 1986)

2. หน้าที่ด้านการละลาย การดูดน้ำ การทำให้อาหารกระจายตัว และการพองตัว โปรตีนมีโมเลกุลขนาดใหญ่ เมื่อใส่ลงในน้ำจะไม่เกิดสารละลาย แต่จะแขวนตัวอยู่ในรูปคอลลอยด์ การละลายน้ำของโปรตีนขึ้นอยู่กับ pH การสลายตัวเป็นไอออน ความเป็นฉนวนของน้ำ อุณหภูมิ คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนมักมีผลมาจากคุณสมบัติด้านการละลายและโคหามากแล้วจะไปมีผลต่อความข้นหนืด การเกิดฟอง การเกิดอิมัลชัน และการเกิดเจล ด้วยคุณลักษณะของโปรตีนนี้จึงนำมาประยุกต์ใช้ในอาหารชนิดต่าง ๆ ความสามารถในการละลายของโปรตีนเป็นสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกของความสมดุลระหว่าง ปฏิกิริยาของโปรตีน-โปรตีน และโปรตีน-สารละลาย (Damodaran, 1996) โดยลักษณะทางด้านการละลายของโปรตีนเกิดจากการเสียดสภาพของโปรตีนบางส่วนเมื่อ ผ่านกระบวนการแปรรูป โดยโปรตีนส่วนมากสามารถละลายได้น้อยที่สุดที่จุดไอโซอิเล็กทริก (isoelectric point) (ฉรงค์, 2538; Damodaran, 1996) เนื่องจากโมเลกุลของโปรตีนมีประจุรวมเป็นศูนย์ (Wong, 1989) Khalid *et al* (2003) ศึกษาผลของ pH และความเข้มข้นของเกลือที่มีต่อความสามารถ ในการละลายและคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเมลลิงกา พบว่าความสามารถในการละลายของโปรตีนต่ำสุดที่ pH 5.0 และสูงสุดที่ pH 3.0 ด้านความสามารถในการเกิดอิมัลชันและ

ความคงตัวคือพอๆกับความสามารถในการเกิดฟองและความคงตัวในการเกิดฟองซึ่งเป็นผลมาจาก ระดับ pH และความเข้มข้นของเกลือ โดยการปรับปรุ้งที่ pH เป็นค่า่างจะให้ความสามารถในการเกิดอิมัลชันดีกว่าที่ pH เป็นกรด ส่วนความเข้มข้นของเกลือก็พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0.2-1.0 โมลาร์ และ pH 5.0 เมื่อกงจะเพิ่ม ความสามารถในการเกิดอิมัลชันได้

Arogundate *et al.* (2004) ได้ทำการทดลองศึกษาถึงผลของการใช้ไซเดียมคลอไรด์กับ โปแทสเซียมคลอไรด์ แทนที่การใช้ไซเดียมคลอไรด์ ต่อคุณสมบัติการดูดซับน้ำของ *Colocynthis citrullus* L. ซึ่งเป็นผักชนิดหนึ่งที่เป็นแหล่งของโปรตีน โดย ทำการนำเมล็ดของผักชนิด นี้มา บดละเอียดและสกัดเอาไขมันออกทำให้แห้งและบดให้มีขนาด 50 เมช แล้วนำมาวิเคราะห์ ความสามารถในการละลายของโปรตีน ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการเกิดฟอง และความสามารถในการเกิดเจล พบว่า มีความเป็นไปได้ที่จะใช้โปแทสเซียมคลอไรด์แทนไซเดียมคลอไรด์ในสูตรอาหาร และความสามารถในการละลายของโปรตีนจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของเกลือ ส่วนความสามารถในการอุ้มน้ำมีค่าลดลงเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของเกลือ ด้านความสามารถในการเกิดฟองจะดีขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นของไซเดียมคลอไรด์ โปแทสเซียมคลอไรด์ ในช่วงไซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25-2.0 และโปแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25-1.75 ส่วนความสามารถในการเกิดเจลอยู่ที่ร้อยละ 14

3. หน้าที่เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ทำให้เกิดฟอง และทำให้เกิดการดูดซับ สำหรับการเกิดอิมัลชันพบว่าเกี่ยวข้องกับกรดอะมิโน ไม่มีซิวบนผิวโมเลกุลเท่านั้น ไม่ได้เกี่ยวข้องกับกรดอะมิโน ไม่มีซิวทั้งหมดในโมเลกุล เนื่องจากการเกิดอิมัลชันเป็นผลจากการดูดซับโมเลกุล โปรตีนไว้บนผิวของเม็คน้ำมัน กรดอะมิโนที่ไม่มีซิวจะทำให้โปรตีนสามารถเกาะตัวอยู่บนผิวของเม็คน้ำมันได้ โดยกรดอะมิโนชนิดนี้จะแทรกตัวเข้าไปอยู่บนผิวของเม็คน้ำมัน และหันส่วนที่มีซิวออกมาสัมผัสน้ำ ดังนั้นโปรตีนที่มีสัดส่วนของกรดอะมิโนไม่มีซิวสูงจะทำให้เม็คน้ำมันดูดซับได้มากอิมัลชันจึงเกิดได้ดี (Pomeranz, 1991) ประสิทธิภาพของการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ดีในแต่ละระบบขึ้นกับลักษณะหลายประการ ได้แก่ ปริมาณอิมัลซิไฟเออร์ที่น้อยที่สุดที่สามารถทำให้เกิดอิมัลชันที่คงตัว ความสามารถในการป้องกันไม่ให้หยดของน้ำมันเกิดการเกาะกลุ่มกันเมื่อเวลาผ่านไป ความเร็วในการถูกดูดซับ แรงดึงผิวที่ผิวรอยต่อ และความหนาและความยืดหยุ่นของผิวสัมผัสร่วม คุณสมบัติเหล่านี้ขึ้นกับระบบที่อิมัลซิไฟเออร์ปรากฏอยู่และสภาพแวดล้อมอันได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของไอออน ชนิดของไอออน ชนิดของน้ำมัน อุณหภูมิและการให้ แรงทางกลด้วยการกวน (McClements, 1999)

ความสามารถในการเกิดฟองและการทำให้ฟองคงตัว ไม่มีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของ กรดอะมิโนไม่มีซัลเฟอร์ของโปรตีน กล่าวคือความสามารถในการทำให้เกิดฟองของโปรตีนจะสูงขึ้นเมื่อ สัดส่วนของกรดอะมิโนไม่มีซัลเฟอร์เพิ่มจำนวนมากขึ้น การทำให้โปรตีนเปลี่ยนสภาพโดยใช้ความร้อน จะทำให้อาหารเกิดฟองได้ดีขึ้นถ้าโปรตีนนั้นมีสัดส่วนของกรดอะมิโนไม่มีซัลเฟอร์สูงมากพอ (Mitchell, 1976) โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดฟองของโปรตีน เช่น แหล่งของโปรตีน วิธีการเตรียมโปรตีน องค์ประกอบของโปรตีน การละลาย ความเข้มข้น pH อุณหภูมิ น้ำตาล และไขมัน (Kinsella, 1976)

การดูดซับ โปรตีนมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำหรือน้ำมันได้ การดูดซับเป็นปรากฏการณ์ที่ สารชนิดหนึ่งไปสะสมอยู่ที่ผิวของสารอีกชนิดหนึ่ง หรือสะสมอยู่ระหว่างหน้าสัมผัสของสาร 2 ชนิด สารที่ถูกดูดซับจะเรียกว่า "adsorbate" และสารที่ทำหน้าที่ดูดซับเรียกว่า "absorbent" แต่ถ้า อะตอมหรือโมเลกุลของสารชนิดหนึ่งกระจายเข้าไปในเนื้อของสารอีกชนิดหนึ่งเรียกว่า "การดูด ซึม" และเรียกของผสมที่ได้ว่าสารละลาย (Weiser, 1946)

Were *et al.* (1997) ทดลองปรับปรุงคุณสมบัติความสามารถในการเกิดฟองของ โปรตีนถั่ว เหลืองโคยโตต่างที่ pH 10.0 และเอนไซม์ปาเปน (papain-modified soy protein : PMSP) พบว่า ความสามารถในการเกิดฟองของ PMSP ดีที่สุด ซึ่งใกล้เคียงกับไข่ขาวที่ pH 7.0 และความคงตัวของ การเกิดฟองของ PMSP มากกว่าโปรตีนถั่วเหลืองที่ยังไม่ได้ผ่านการปรับปรุงแต่น้อยกว่าไข่ขาว ส่วนโปรตีนถั่วเหลืองที่โตต่างจะให้ความคงตัวต่ำที่สุด

4. หน้าที่การทำให้เกิดการเปลี่ยนรูป เช่น การเกิดเจล เจลประกอบไปด้วยโมเลกุลหลาย โมเลกุลเกิดการเชื่อมกันระหว่างพันธะโคเวเลนต์หรือที่ไม่ใช่พันธะ โคเวเลนต์จับกันเป็น โครงสร้าง 3 มิติ ที่สามารถอุ้มน้ำและกักเก็บส่วนผสมอื่นๆ ไว้ได้ (Damodaran, 1996) อาหารที่จะ เกิดเจลต้องได้รับความร้อนก่อน ความร้อนจะทำให้โมเลกุลโปรตีนเปลี่ยนสภาพ โดยการเปลี่ยน สภาพของโปรตีนแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือในระยะแรกโมเลกุลโปรตีนยึดตัวออกโดยพันธะที่เคย มีอยู่ในธรรมชาติแตกออก บางส่วน ต่อมาโมเลกุลเหล่านั้นจะเข้ามามีพันธะกันโดยจับตัวกันใน 3 ทิศทางเมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสม (ณรงค์, 2538) การเกิดเจลของรูปแบบโปรตีนมี 2 ชนิดคือ เจล ที่มีลักษณะทึบแสง (coagulum gels) และเจลที่มีลักษณะ โปร่งแสง (transparent gels) ชนิดของเจล ขึ้นกับอิทธิพลของ องค์ประกอบของกรดอะมิโนในคลอคอนสถานะของสารละลาย เช่น pH และการ สลายตัวเป็น ไอออน รวมถึงบทบาททางหน้าที่ของโปรตีนด้วย โปรตีนที่มีกรดอะมิโนกลุ่มไม่มีซัลเฟอร์ ในปริมาณสูงจะทำให้เจลมีลักษณะหนาทึบ ขณะที่โปรตีนที่มีกรดอะมิโนกลุ่มที่ไม่ชอบน้ำใน ปริมาณสูงจะให้เจลลักษณะ โปร่งแสง (Shimada and Matsushita, 1980)

Barbut (1995) ศึกษาผลของการใช้ระดับของไซเคียมตั้งแต่ 25-500 mM ที่ pH 7.0 ที่มีผลต่อสมบัติการเกิดเจลของเวย์โปรตีนไอโซเลต (whey protein isolate) จากการทดลองพบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของไซเคียมต่ำ ๆ เจลที่ได้จะเป็นเจลใส ซึ่งประกอบด้วยสายโปรตีนที่ละเอียดสานกัน จะให้ความสามารถในการอุ้มน้ำที่ดี เมื่อระดับความเข้มข้นของไซเคียมเพิ่มขึ้นความใสของเจลจะค่อยๆ ลดลง ที่ระดับความเข้มข้นมากกว่า 200 mM จะเกิดการตกตะกอนของเวย์โปรตีน เจลที่ได้จะมีความขุ่นและทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำไม่ดี เมื่อทำการส่องกล้องจุลทรรศน์แบบ Scanning electron microscope (SEM) และ Transmission electron microscope (TEM) พบว่า เจลที่ใช้ระดับความเข้มข้นของไซเคียม 500 mM ให้ลักษณะโครงสร้างเจลที่คล้ายกับการใช้แคลเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่ำ 25 mM รูปแบบการตกตะกอน ของเวย์โปรตีนจะสัมพันธ์กันกับการลดลงอย่างมีนัยสำคัญของความสามารถในการอุ้มน้ำและความแข็งแรงของเจล ซึ่งชี้ให้เห็นว่าโครงสร้างเจลที่ละเอียดจะสามารถกักเก็บความชื้นไว้ได้ดีกว่า โครงสร้างที่เกิดการตกตะกอน

5. หน้าที่ด้านอื่น ๆ เช่นการเป็นเอนไซม์ การเป็นสารยึดติด (adhesive) สารเกาะติด (cohesive) การทำให้เกิดเส้นใยและฟิล์ม (fiber and film making) เป็นต้น โคโยเนนไซม์คือกลุ่มโปรตีนที่มีหน้าที่พิเศษแตกต่างจากโปรตีน และมหชีวโมเลกุลทั่วไป กล่าวคือ มีความสามารถเร่งปฏิกิริยาในสิ่งมีชีวิต ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงกว่าตัวเร่งสังเคราะห์เป็นหลายล้านเท่า เอนไซม์มีความจำเพาะต่อสารที่ทำปฏิกิริยาซึ่งเรียกว่า สารตั้งต้น (substrate) และสามารถเร่งปฏิกิริยาโดยไม่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์อื่น คลอเจนเอนไซม์จะเพิ่มอัตราเร็วของปฏิกิริยาโดยลดพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาได้ ปัจจุบันได้มีการนำเอนไซม์มาใช้ในผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอาหารมากขึ้น เช่น การลดสารขมน้ำผลไม้ การเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลสำหรับหมัก การลดความหนืดของแป้ง และช่วยในการสกัดสารต่าง ๆ (ปราณี, 2543)

Chan and Ma (1999) ทำการปรับปรุงสภาพที่เหลือจากอุตสาหกรรมนมถั่วเหลืองหรือที่เรียกว่า โอการะ มาทำเป็นโปรตีนโอการะไฮโดรไลสและทำการไฮโดรไลส (hydrolyze) โดยใช้เอนไซม์ทริปซินประมาณร้อยละ 3-5 ในการทดลองพบว่าช่วยให้การละลายเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ความสามารถในการดูดซับน้ำและความสามารถในการเกิดอิมัลชันดีขึ้น นอกจากนี้โปรตีนโอการะมีคุณสมบัติเป็นแหล่งของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายและให้ปริมาณไลซีนเพิ่มขึ้น โปรตีนโอการะไฮโดรไลสที่ได้ช่วยปรับปรุงสมบัติด้านการละลายและสมบัติเชิงหน้าที่ด้านอื่นๆ ทำให้สามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมของโปรตีนที่มีราคาถูกในกระบวนการผลิตอาหารต่าง ๆ ได้

อย่างไรก็ตามความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนต่าง ๆ ในรูปแบบพื้นฐานยังมีไม่เพียงพอต่อการทำนายรูปแบบของอาหารได้อย่างแท้จริง

เนื่องจากการแปรสภาพของโปรตีนในระหว่างกระบวนการแปรรูป และการจัดเตรียมมีปัจจัยต่างๆ เข้ามามีเกี่ยวข้อง เช่น pH อุณหภูมิ สภาพของไอออน และปฏิกิริยาของส่วนประกอบอาหาร (ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือ ฯลฯ) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ไม่สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลง โครงสร้างของโปรตีนได้จากคุณสมบัติเชิงหน้าที่ นอกจากนี้วิธีการแยกโปรตีนยังเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดโครงสร้างพื้นฐานของโปรตีนหลากหลายรูปแบบ ซึ่งอาจไม่มีผลต่ออนุภาคของผลิตภัณฑ์อาหารทำให้เป็นการยากต่อการศึกษาลักษณะสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนภายใต้เงื่อนไขของความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและหน้าที่ของโปรตีน (Damodaran and Paraf, 1997)

ปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับน้ำ (Protein-water Interaction)

น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่มีอยู่ในอาหารเกือบทุกชนิด โดยโครงสร้างการจัดเรียงตัวของโปรตีนทางธรรมชาติมีความเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาที่เกิดจากตัวทำละลายน้ำอย่างใกล้ชิด จากข้อเท็จจริงในการทดลองเกี่ยวกับสมบัติเชิงหน้าที่ต่างๆ ของโปรตีนสามารถแสดงให้เห็นถึงการเกิดปฏิกิริยาของโปรตีนกับน้ำ เช่น ความสามารถในการแพร่กระจาย (dispersibility) ความสามารถในการจับน้ำ (wettability) การพองตัว (swelling) และการละลาย (solubility) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ทางเทอร์โมไดนามิก (thermodynamic) ของโปรตีนกับน้ำ ส่วนคุณสมบัติของการทำให้เกิดความข้นหนืด (thickening/viscosity) การเกิดเจล (gelation) การตกตะกอน (coagulation) เป็นคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับแรงการเคลื่อนตัวของของเหลว (hydrodynamic properties) ของโพลีเมอร์โปรตีนซึ่งมีผลมาจากขนาด รูปร่าง และการม้วนขดของโมเลกุลโปรตีนที่เกิดปฏิกิริยากับตัวทำละลายน้ำ ในทำนองเดียวกันคุณสมบัติการทำปฏิกิริยาที่พื้นผิว (surface-active properties) เช่น การเกิดฟองและการเกิดอิมัลชัน เป็นผลมาจากปฏิกิริยาความไม่สมดุลทางเทอร์โมไดนามิกของโปรตีนนอน โพลาร์ส่วนที่เปลือยออกในน้ำ (Damodaran and Paraf, 1997)

การเชื่อมโมเลกุลของน้ำกับโปรตีนทั้งกลุ่มที่ถูกน้ำล้อมรอบ (hydrophobic hydration) เป็นปฏิกิริยาคู่ของประจุไฟฟ้าลบและบวกที่เกิดจากส่วนที่มีขั้วกับมีขั้ว การเติมประจุ (charge-dipole) และการเหนี่ยวนำให้เกิดขั้ว อย่างไรก็ตามสถานะของสารละลาย เช่น pH การสลายตัวเป็นไอออน และอุณหภูมิ อาจมีผลต่อโปรตีนที่มีน้ำรวมอยู่ด้วย ซึ่งความสามารถของการรวมตัวกับน้ำมีค่าต่ำสุดที่ pH เท่ากับจุดไอโซอิเล็กตริก โดยประจุโปรตีนมีค่าเป็นศูนย์ และเกิดปฏิกิริยาระหว่างโปรตีน-โปรตีนสูงสุด ทำให้โปรตีนเกิดการตกตะกอน (Damodaran and Paraf, 1997)

ความสามารถในการอุ้มน้ำหรือความสามารถในการดูดซับน้ำของโปรตีนมีความสำคัญมากสำหรับการใช้ประโยชน์ในอาหาร โดยความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนขึ้นกับความสามารถ

ในการจัดเรียงตัวของโปรตีนซึ่งมีผลมาจากขนาดอนุภาคของโปรตีน เจลโปรตีน หรือโครงสร้างที่สามารถดูดซับหรือเก็บกักน้ำไว้จากแรงโน้มถ่วง รวมถึงพันธะที่เชื่อมต่อกับน้ำ แรงการเคลื่อนตัวของของเหลว ขนาดอนุภาคของน้ำที่มีขนาดเล็กๆ และการยึดติดกับน้ำทางกายภาพ ซึ่งการยึดติดกับน้ำทางกายภาพของโปรตีนเป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากการยึดติดดังกล่าวให้ลักษณะของความชุ่มน้ำ (juiciness) และความเหนียวนุ่ม (tenderness) ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (Damodaran and Paraf, 1997)

ความสามารถในการละลาย (Solability)

ความสามารถในการละลายของโปรตีนมีผลต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน เช่นการทำให้เกิดความข้นหนืด การเกิดฟอง การเกิดอิมัลชัน และการเกิดเจล ซึ่งความสามารถในการละลายของโปรตีนมีความสำคัญเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของความชอบน้ำและความไม่ชอบน้ำของโปรตีน (hydrophilicity/hydrophobicity balance) ดังนั้นองค์ประกอบของกรดอะมิโนของโปรตีนที่มีอยู่มีผลต่อลักษณะการละลายของโปรตีน เพราะการละลายของโปรตีนเป็นการบ่งชี้ถึงความแตกต่างในเรื่องของพลังงานปฏิกริยาระหว่างโปรตีนกับโปรตีน และโปรตีนกับสารละลาย ซึ่งมีนักวิจัยรายงานว่าค่าเฉลี่ยของความไม่ชอบน้ำของกรดอะมิโนที่มีอยู่ และอัตราความถี่ของประจุเป็นปัจจัยสำคัญของการตัดสินใจความสามารถในการละลายของโปรตีน กล่าวคือ จำนวนของความไม่ชอบน้ำของโปรตีนที่มีค่าเฉลี่ยต่ำ และมีจำนวนความถี่ของประจุสูงทำให้โปรตีนมีความสามารถในการละลายได้สูง อย่างไรก็ตามความสามารถในการละลายและลักษณะการละลายของโปรตีนอาจเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของพื้นที่ผิวของโปรตีน (อาจไม่จำเป็นต้องเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโนทั้งหมด) และเทอร์โมไดนามิกของปฏิกริยาที่พื้นที่ผิวของโปรตีนกับตัวทำละลาย ในทางตรงกันข้ามลักษณะความไม่ชอบน้ำและความชอบน้ำที่บริเวณพื้นที่ผิวของโปรตีนเป็นปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะการละลายของโปรตีน (Damodaran and Paraf, 1997)

ความสามารถในการละลายของโปรตีนในตัวทำละลายของเหลวขึ้นกับ pH และที่ pH สูงหรือต่ำกว่าที่จุดไอโซอิเล็กตริก (pI) ของตัวทำละลายโปรตีนมีการแพร่กระจายของประจุที่มีแรงผลักของไฟฟ้าสถิตย์ทำให้โปรตีนเกิดการละลายน้ำ โปรตีนส่วนใหญ่มีค่าการละลายต่ำสุดที่ pH เท่ากับจุดไอโซอิเล็กตริก เนื่องจากแรงผลักของไฟฟ้าสถิตย์ของไอออนน้ำมีค่าต่ำสุด และปฏิกริยาความไม่ชอบน้ำระหว่างบริเวณพื้นที่ผิวส่วนอนโพลาร์มีค่าสูงสุด อย่างไรก็ตามโปรตีนบางชนิด เช่น โปรตีนเวย์ (α -lactalbumin, β -lactoglobulin และ bovine serum albumin) (pI=4.8-5.2) มีการละลายสูงสุดที่จุดไอโซอิเล็กตริกเนื่องจากบริเวณพื้นที่ผิวของโปรตีนที่มีอยู่ถูกเปิดออกทำให้มีอัตราส่วนของกลุ่มที่ชอบน้ำต่อกลุ่มที่ไม่ชอบน้ำสูง ถึงแม้ว่าโปรตีนเวย์ในธรรมชาติมีจำนวนประจุ

มากที่จุดไอโซอิเล็กทริกและไม่มีประจุที่ขอบน้ำที่บริเวณพื้นที่ผิวก็ตาม แต่การให้ความร้อนสามารถทำให้เกิดการสร้างแรงผลักระหว่างโมเลกุลน้ำเกิดขึ้นมีผลให้เกิดการรวมกลุ่มของโปรตีนส่วนที่ไม่ชอบน้ำ เนื่องจากการให้ความร้อนทำให้เกิดการแปรสภาพโดยทำให้ความชอบน้ำและความไม่ชอบน้ำของโปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาความสมดุลของโปรตีน-โปรตีน และ โปรตีน-ตัวถูกละลาย (Damodaran and Paraf, 1997)

ผลของเกลือที่มีต่อการละลายของโปรตีนมี 2 ลักษณะที่แตกต่างกันขึ้นกับลักษณะทางเคมีกายภาพของพื้นที่ผิวโปรตีน โดยปกติที่ค่าไอออนต่ำ (low ionic strength) (น้อยกว่า 0.5 โมลต่อลิตร) ความสามารถในการละลายของโปรตีนที่มีส่วนความไม่ชอบน้ำถูกเปิดออกทำให้การละลายลดลง (salting out) และการละลายของโปรตีนที่มีพื้นที่ผิวที่ชอบน้ำเพิ่มสูงขึ้น (salting in) ด้วยการเพิ่มค่าไอออน นั่นคือ ลักษณะของ salting-in และ salting-out ของโปรตีนที่เกิดจากเกลือที่มีความเกี่ยวข้องกับค่าไอออนและความไม่ชอบน้ำของโปรตีนที่บริเวณพื้นที่ผิว (Damodaran and Paraf, 1997)

การทำให้เกิดความหนืดและเข้มข้น (Viscosity and Thickening)

การยอมรับของผู้บริโภคสำหรับอาหารที่มีลักษณะเป็นของเหลวกึ่งของแข็ง (เช่น น้ำเกรวี่ ชุป เครื่องดื่ม) ขึ้นกับความข้นหนืดหรือระดับความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ ความข้นหนืดของสารละลายส่วนมากเกี่ยวข้องกับชนิดของตัวถูกละลาย สารละลายที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง สายโพลีเมอร์ที่มีขนาดใหญ่ทำให้มีความข้นหนืดสูงขณะที่ความเข้มข้นต่ำ ทั้งนี้ขึ้นกับคุณสมบัติของโมเลกุลต่าง ๆ เช่น ขนาด รูปร่าง การมีน้ำหนักของโมเลกุล และการดูดซับน้ำของโปรตีน สารละลายที่โพลีเมอร์มีลักษณะการเคลื่อนที่ป็นอิสระมีความข้นหนืดมากกว่าสารละลายที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันแต่ลักษณะของโพลีเมอร์มีการมีน้ำหนักกันแน่น ดังนั้นกับโพลีแซคคาไรด์ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ มีสายโพลีเมอร์มีน้ำหนักของส่วนที่ไม่ชอบน้ำสูงทำให้มีค่าความข้นหนืดสูงขณะที่ความเข้มข้นต่ำ ลักษณะของไฮโดรคอลลอยด์ดังกล่าวนิยมใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการทำให้เข้มข้นเหนียวแน่น ซึ่งโปรตีนที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เช่นนี้เช่น เจลาติน ไมโอซิน เป็นต้น (Damodaran and Paraf, 1997)

การเพิ่มความเข้มข้นของโปรตีนมีผลต่อความข้นหนืดของสารละลายโปรตีนเพิ่มขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลโปรตีนที่เกาะกับน้ำเพิ่มขึ้น รวมถึงความสามารถการดูดซับน้ำและการพองตัวของโปรตีนที่มีผลต่อความข้นหนืด นอกจากนี้การแปรสภาพบางส่วนของโพลี

เมอร์จากการให้ความร้อนยังเป็นสาเหตุทำให้ขนาดของแรงการเคลื่อนตัวของของเหลวของโปรตีนเพิ่มขึ้นทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นอีกด้วย (Damodaran and Paraf, 1997)

สภาวะที่มีผลต่อความหนืดของโปรตีนได้แก่ pH กำลังไอออน และอุณหภูมิ ความหนืดของสารละลายโปรตีนกลอบูลาร์โดยทั่วไปที่ pH ที่จุดไอโซอิเล็กทริกมีค่าลดลง การให้ความร้อนบางส่วนแก่หน่วยโปรตีนทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น การเพิ่มกำลังไอออนโดยทั่วไปทำให้สารละลายมีความหนืดลดลง เนื่องจากการเพิ่มกำลังไอออนมีผลต่อความสามารถในการยึดน้ำไว้ในสารประกอบ (Damodaran and Paraf, 1997)

การจับตัวกับสารให้กลิ่น (Flavor Binding)

ความสามารถในการจับตัวกับสารให้กลิ่นของโปรตีนเกี่ยวข้องกับปฏิริยาระหว่างน้ำหนักโมเลกุลขนาดเล็กของสารให้กลิ่นต่อช่องว่างหรือรอยแยกบริเวณส่วนที่ไม่ชอบน้ำที่บริเวณพื้นที่ผิวของโปรตีน (Damodaran and Kinsella, 1980) ดังนั้นการเกาะติดลักษณะนี้ขึ้นกับจำนวนของกลุ่มที่ไม่ชอบน้ำที่มีต่อพื้นที่ผิวของโปรตีน นอกจากนี้ปฏิริยาของความไม่ชอบน้ำแล้วอาจขึ้นกับสารให้กลิ่นกับกลุ่มโพลาาร์ที่เชื่อมตัวกับ โปรตีนด้วยพันธะไฮโดรเจน หรือ ปฏิริยาทางไฟฟ้าสถิตอีกด้วย (Damodaran and Paraf, 1997)

ความสามารถทางธรรมชาติในการจับตัวกับองค์ประกอบสารให้กลิ่นของโปรตีนมีทั้งกลิ่นที่พึงปรารถนาและกลิ่นที่ไม่พึงปรารถนา เช่น กลิ่นอัลดีไฮด์และคีโตนที่เกิดจากการออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวของพืชน้ำมัน ซึ่งการเชื่อมตัวของโปรตีนไปขัดขวางการเคลื่อนย้ายกรดไขมันในระหว่างตัวทำละลายของอาหาร ตัวอย่างเช่น กลิ่นฉุนที่เกิดจากโปรตีนตัวเหลืองเข้มข้นหรือโปรตีนตัวเหลืองไอโซเลทเกิดพันธะเชื่อมต่อกับเฮกซานอล (hexanal) ขณะที่เกิดพันธะที่บริเวณพื้นที่ผิวส่วนที่ไม่ชอบน้ำของโปรตีน เฮกซานอลอาจแพร่กระจายเข้าไปภายในของส่วนที่ไม่ชอบน้ำทำให้ไปขัดขวางการเคลื่อนตัวระหว่างการสกัดด้วยสารละลายอินทรีย์ (Damodaran and Paraf, 1997)

โปรตีนสามารถใช้ปรับปรุงกลิ่นรสของอาหารได้ด้วย โดยเฉพาะโปรตีนพืชที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อดังเช่น การใช้โปรตีนที่สามารถเกาะตัวกับสารให้กลิ่นที่เหมาะสมในระหว่างกระบวนการแปรรูป อย่างไรก็ตามโปรตีนไม่สามารถเกาะติดกับสารให้กลิ่นทั้งหมดได้อย่างเพียงพอ เพราะความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของสารให้กลิ่นชนิดต่างๆ ในผลิตภัณฑ์อาหารมี

ความแตกต่างกันจากการเค็มสารให้กลั่นก่อนกระบวนการแปรรูป ซึ่งมีผลต่อลักษณะของสารให้กลั่นในผลิตภัณฑ์ (Damodaran and Paraf, 1997)

โปรตีนสามารถปรับปรุงลักษณะกลิ่นของผลิตภัณฑ์อาหารได้โดยการเลือกจับตัวกับสารให้กลั่นบางอย่าง ตัวอย่างเช่น ลักษณะกลิ่นของไฮเกิร์ตที่มีส่วนประกอบของเวย์โปรตีน เพราะว่าเวย์โปรตีนมีเบต้าแลคโตบูลิน (β -lactoglobulin) ที่สามารถเชื่อมติดกับองค์ประกอบของสารให้กลั่นในไฮเกิร์ตได้อย่างแข็งแรง นอกจากนี้ในระหว่างการรับประทานการจับตัวกับสารให้กลั่นของโปรตีนที่เหนียวแน่นจะถูกปลดปล่อยออกมาจำนวนมากขณะที่อยู่ภายในปาก ดังนั้นจึงทำให้มีผลต่อลักษณะกลิ่นของไฮเกิร์ต (Damodaran and Paraf, 1997)

การจับตัวกับสารให้กลั่นของโปรตีนไม่ช่วยในเรื่องของรสชาติและกลิ่นรส แต่ช่วยปลดปล่อยสารให้กลั่นอย่างรวดเร็วในระหว่างการเคี้ยวในปาก ดังนั้นสิ่งที่ควรทำความเข้าใจคือเรื่องของกลไกการเกิดปฏิกิริยาในการจับตัวกับสารให้กลั่นต่าง ๆ ของโปรตีนภายใต้สภาวะต่าง ๆ ในกระบวนการแปรรูปในรูปแบบต่าง ๆ เนื่องจากเป็นถึงจำเป็นต่อการสร้างกลิ่นของผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีนเป็นส่วนประกอบ และการคาดคะเนผลของวิธีการกำจัดสารให้กลั่นที่ไม่พึงปรารถนาออกจากผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีนเป็นส่วนประกอบ (Damodaran and Paraf, 1997)

การเกิดเจล (Gelation)

การเกิดเจลเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพของโปรตีนในสภาพโซลให้กลายเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นเจลด้วยการให้ความร้อนหรือสารประกอบอื่นๆ (Damodaran, 1989) การเกิดเจลของรูปแบบโปรตีนมี 2 ชนิดคือ เจลที่มีลักษณะทึบแสง (coagulum gels) และเจลที่มีลักษณะโปร่งแสง (transparent gels) ชนิดของเจลขึ้นกับอิทธิพลขององค์ประกอบของกรดอะมิโน ตลอดจนสถานะของสารละลาย เช่น pH และการสลายตัวเป็นไอออน รวมถึงบทบาททางหน้าที่ของโปรตีนด้วย โปรตีนที่มีกรดอะมิโนกลุ่มนอนโพลาร์ในปริมาณสูงทำให้ลักษณะเจลมีลักษณะหนาทึบ (Shimada and Matsushita, 1980) ขณะที่โปรตีนที่มีกรดอะมิโนกลุ่มที่ไม่ชอบน้ำในปริมาณสูงให้ลักษณะเจลมีลักษณะโปร่งแสง Shimada and Matsushita (1980) พบว่า เมื่อจำนวนของกรดอะมิโนวาเลิน (valine) โพรลีน (proline) ลูซีน (leucine) ไอโซลูซีน (isoleucine) ฟีนีลอะลานีน (phenylalanine) และทริปโตเฟน (tryptophan) ของโปรตีนมีมากกว่า 31.5 โมลเปอร์เซ็นต์ ทำให้เจลมีลักษณะหนาทึบ ระดับขององค์ประกอบกรดอะมิโนส่วนที่มีขั้วสูงทำให้มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโปรตีน-โปรตีนที่มีการสลายตัวจากการให้ความร้อนอย่างจำกัดมากกว่า

ปฏิกริยาระหว่างโปรตีน-น้ำ (คว่ำท่าละลาย) ทำให้เกิดลักษณะของเจลที่มีโครงสร้างที่อ่อนแอ (Damodaran and Paraf, 1997)

การให้ความร้อนสามารถขัดขวางความคงตัวของเจลโพลีเมอร์ทั้งหมด รวมถึงเจลที่ได้จากโพลีเมอร์สังเคราะห์ด้วย และกลไกการกระตุ้นมีขึ้นกับจำนวนการเชื่อมพันธะต่อสายโพลีเมอร์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ จากทฤษฎีที่ว่าด้วยโครงสร้างคาข่ายของเจลมีความคงตัวต่อเมื่อจำนวนของพลังงานการเกิดปฏิกริยาของสารโพลีเมอร์ที่อยู่ในคาข่ายมีมากกว่าพลังงานความร้อนที่ได้รับจากการให้อุณหภูมิ เมื่อมีการให้พลังงานความร้อนแก่สายโพลีเมอร์ที่มีขนาดใหญ่ในระดับต่ำกว่าสายโพลีเมอร์ที่มีขนาดเล็กทำให้โครงสร้างคาข่ายของเจลของโพลีเมอร์ที่มีขนาดใหญ่มีค่าความคงตัวมาก อีกทั้งโครงสร้างคาข่ายเจลที่มีการเชื่อมพันธะของสายโพลีเมอร์ที่มีสายยาวมีความคงตัวมากกว่าสายโพลีเมอร์ที่มีสายสั้น เนื่องจากโพลีเมอร์ที่มีสายยาวทำให้จำนวนปลายสายของโพลีเมอร์น้อยลง ซึ่งปลายสายโพลีเมอร์ดังกล่าวไม่ทำให้เกิดพันธะเชื่อมข้าม (Damodaran and Paraf, 1997)

โครงสร้างเจลโปรตีนที่มีส่วนประกอบของน้ำอยู่ในปริมาณสูงถึงร้อยละ 85-90 ขึ้นกับปริมาณความเข้มข้นของโปรตีน จากหลักฐานการทดลองแสดงให้เห็นว่าเจลโปรตีนมีความสามารถทางเคมีที่เก็บกักของเหลวไว้ภายในโครงสร้างร่างแห ลักษณะกลไกดังกล่าวเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพของน้ำที่เป็นของเหลวให้เป็นลักษณะกึ่งของแข็งโดยน้ำถูกยึดไว้ภายในโครงสร้างร่างแหที่ให้น้ำไม่มีการเคลื่อนที่ไหลออกมา ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวเป็นการยากที่จะเข้าใจได้ อย่างไรก็ตามสิ่งที่ทราบเกี่ยวกับเจลที่มีลักษณะโปร่งแสง เช่น เจลที่ได้จากเจลาตินสามารถยึคน้ำได้มากกว่าเจลที่มีลักษณะทึบแสง โครงสร้างร่างแหของเจลโปร่งแสงมีการยึดด้วยพันธะไฮโดรเจนด้วยปฏิกริยาทางไฟฟ้าสถิตย์ (electrostatic interactions) ของปฏิกริยาความไม่ชอบน้ำเพียงอย่างเดียว (hydrophobic interactions) ดังนั้นลักษณะการเก็บกักน้ำไว้ภายในโครงสร้างร่างแหเจลอาจเป็นการม้วนขดของพันธะไฮโดรเจนกับกลุ่มโพลีเมอร์ของสายโพลีเปปไทด์หลัก (polypeptide backbone) และกลุ่มสายโซ่ที่มีประจุ (Damodaran and Paraf, 1997)

การเกิดฟอง (Foaming)

ฟองเป็นฟองอากาศ (air bubbles) ขนาดเล็กที่แพร่กระจายภายในเฟสต่อเนื่องของของเหลวในระบบคอลลอยด์ ชนิดของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกระบวนการแปรรูปอาหารมีหลากหลายชนิด เช่น วิปปิ้งครีม ไอศกรีม เค้ก มาการิน ขนมปัง เมลมาโล เป็นต้น ในผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีโปรตีนเป็นสารประกอบหลักในการเกิดปฏิกริยาบริเวณพื้นที่ผิวที่ช่วยทำให้เกิดฟองและฟองมี

ความคงตัวของเฟสก๊าซที่แพร่กระจายอยู่ โปรตีนสามารถเป็นสารทำให้เกิดฟองได้เนื่องจากโปรตีนมีความสามารถเก็บกักอากาศ-น้ำที่บริเวณพื้นที่รอยต่อได้อย่างรวดเร็วในระหว่างการตี (whipping) หรือการเกิดฟอง และมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและจัดเรียงตัวใหม่อย่างรวดเร็วภายใต้ระหว่างพื้นที่ผิวร่วม และลดแรงตึงผิวอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเกิดฟองที่ดี นอกจากนี้ยังมีรูปร่างที่เกิดการเกาะติดและเป็นฟิล์มที่มีความยืดหยุ่นจากการทำปฏิกิริยากันภายในโมเลกุล ซึ่งมีความสำคัญต่อการเกิดฟอง ดังนั้นโปรตีนมีคุณสมบัติเด่นเรื่องความสามารถในการเกิดฟองและความคงตัว โดยขณะที่ความสามารถในการเกิดฟองเกี่ยวข้องกับจำนวนของพื้นที่ผิวร่วมต่อความเข้มข้นของโปรตีน ความคงตัวของฟองเกิดฟองเกี่ยวข้องกับความสามารถของโปรตีนที่คงตัวอยู่ได้ในสภาวะแรงกดดันจากแรงดึงดูดของโลก เช่น เบต้า-เคซีน (β -casein) สามารถเกิดฟองที่ดีได้ เนื่องจากมีการม้วนขดของโมเลกุล แต่ฟองที่เกิดขึ้นมีความคงตัวน้อย เพราะมีคุณสมบัติความยืดหยุ่นน้อย นอกจากนี้โปรตีนกลอบูลาร์ดังเช่น ไคโซไซม์มีความสามารถในการเกิดฟองที่ไม่สมบูรณ์ แต่ฟองที่ได้มีความคงตัวคือว่าฟองเบต้า-เคซีน (Graham and Phillips, 1976) ดังนั้นลักษณะคุณสมบัติโมเลกุล (molecular properties) จึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อความสามารถในการเกิดฟองและความคงตัวที่ดีแตกต่างกัน

ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของฟองมีหลายปัจจัย ประกอบด้วยคุณสมบัติของการไหล (rheological properties) เช่นความหนืด ความคงตัวต่อแรงดัน ความยืดหยุ่นของฟิล์ม และขนาดของแรงดันที่ทำให้เกิดรอยแยกระหว่างผนังโปรตีน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อความคงตัวของฟอง โดยมีผลทำให้ของเหลวไหลออกจากผนังฟิล์ม Rodriguez Patino, et al. (1995) รายงานว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวและกลไกความแข็งแรงของสารละลายฟองโปรตีนไม่เพียงขึ้นกับคุณสมบัติภายในของโปรตีนเท่านั้น ยังขึ้นกับสภาวะแวดล้อมอีกด้วย เช่น อุณหภูมิ ความเข้มข้นของโปรตีน pH ปริมาณของเอธานอลและน้ำตาลที่เติมลงไป ในผลิตภัณฑ์ เป็นต้น สภาวะดังกล่าวมีผลทำให้ฟองมีกลไกความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพิ่มจำนวนการทำปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับโปรตีน แต่ไม่มีผลต่อการเพิ่มความคงตัวของฟอง

ความสามารถในการละลายของโปรตีนมีอิทธิพลต่อลักษณะปรากฏของสารละลายของเหลวที่ทำให้เกิดอิมัลชันและความคงตัว และการเกิดฟองและความคงตัว ปฏิกิริยาส่วนที่ไม่ชอบน้ำสามารถบอกถึงความคงตัวของโครงสร้างโปรตีนในระบบของของเหลว และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างโปรตีนกับไขมัน ไอออนที่มีประจุลบไปลดคุณสมบัติความมีขี้ของโครงสร้างโปรตีน ดังนั้นปฏิกิริยาส่วนที่ไม่ชอบน้ำลดลงทำให้การละลายของส่วนประกอบที่มีความเป็นขี้เพิ่มขึ้น

คุณสมบัติการไหลของฟิล์มโปรตีนสามารถช่วยให้ฟองมีความคงตัว โดยเกี่ยวข้องกับกลไกแรงกดดันของปฏิกิริยาภายในโมเลกุลและโครงสร้างของโปรตีนภายในฟิล์ม นอกจากนี้จำนวนของปฏิกิริยานอนโควาเลนต์ยังเป็นสิ่งบ่งชี้ถึงปฏิกิริยาขั้นพื้นฐานภายในโมเลกุลในฟิล์ม เช่น แรงไฟฟ้าสถิต ส่วนที่ไม่ชอบน้ำ และพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลโปรตีน การคลายตัวบางส่วน of โครงสร้างโปรตีนขั้นที่สามมีผลทำให้ลักษณะพื้นที่ผิวร่วมระหว่างอากาศ-น้ำมีความหนาและมีความคงตัวสูง โดยโครงสร้างที่เกิดการคลายตัวส่วนมากแขวนลอยภายในพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นรูป (loop) ซึ่งไปสนับสนุนทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างโปรตีน-โปรตีน จึงเกิดโครงรูปเป็นโครงร่างค้ำยันที่มีลักษณะคล้ายเจลจากการทำให้เกิดการยึดติดกับน้ำด้วยแรงเครียดที่สูง

คุณสมบัติโมเลกุลสามารถบ่งชี้ถึงความสามารถในการเกิดฟองของโปรตีนได้ คุณสมบัติดังกล่าวได้แก่ การม้วนขดของโมเลกุล (molecular flexibility) ความหนาแน่นของประจุ (charge density) และส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobicity) ส่วนที่ไม่ชอบน้ำของโปรตีนสามารถแบ่งออกได้เป็นส่วนที่ไม่ชอบน้ำบริเวณพื้นที่ผิวและส่วนที่ไม่ชอบน้ำส่วนของโมเลกุล Bigelow (1967) กล่าวว่า ส่วนที่ไม่ชอบน้ำบริเวณพื้นที่ผิวเกี่ยวข้องกับขนาดของบริเวณส่วนที่ไม่ชอบน้ำต่อพื้นที่ผิวของโปรตีน ขณะที่ส่วนที่ไม่ชอบน้ำส่วนของโมเลกุลเกี่ยวข้องกับค่าเฉลี่ยส่วนที่ไม่ชอบน้ำของกรดอะมิโนที่มีอยู่ในโปรตีน

นอกจากนี้การแปรสภาพของโปรตีนจากการให้ความร้อนยังมีผลต่อการปรับปรุงคุณสมบัติการเกิดฟอง (de Wit, 1989; Haggett, 1976) เนื่องจากการให้ความร้อนทำให้ส่วนที่ไม่ชอบน้ำมีพื้นที่เพิ่มขึ้นและโปรตีนมีการม้วนขดจากการแปรสภาพของโปรตีน อย่างไรก็ตามการแปรสภาพของโปรตีนจากการให้ความร้อนอาจทำให้โปรตีนมีประจุบวก หรือประจุลบที่มีผลต่อคุณสมบัติการเกิดฟอง นอกจากนี้คุณสมบัติภายในของโปรตีนยังอาจมีผลต่อคุณสมบัติการเกิดฟองของโปรตีนอีกด้วย เช่น เกลือ ไขมัน และส่วนประกอบอื่นๆ ของอาหาร เป็นต้น

การเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifying)

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติการเกิดอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนคล้ายกับปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติการเกิดฟอง ซึ่งประกอบด้วยอัตราของการดูดซับที่ระหว่างรอยต่อของน้ำกับน้ำมัน ปริมาณการดูดซับของโปรตีน การจัดเรียงตัวใหม่ของโครงสร้างที่บริเวณรอยต่อพื้นที่ผิวร่วม ระดับการแลกเปลี่ยนไฮโดรเจนในพื้นที่ผิวร่วมและ โครงรูปการยึดติดของฟิล์ม

ส่วนที่ไม่ชอบน้ำของโปรตีนมีผลต่อคุณสมบัติการเกิดอิมัลชันไฟซ์ของโปรตีน อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ที่มีอิทธิพล พบว่าไม่เพียงแต่พื้นที่ผิวของส่วนที่ไม่ชอบน้ำกับความสามารถในการเกิดอิมัลชันไฟซ์เท่านั้นยังรวมถึงค่าเฉลี่ยของโมเลกุลส่วนที่ไม่ชอบน้ำด้วย (Nakai, 1983) ซึ่งจากการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าโปรตีนที่ไม่เกิดการละลายตัวที่พื้นที่ผิวร่วมระหว่างน้ำมันกับน้ำซึ่งไปขัดขวางสถานะของการเกิดฟอง ถึงแม้ว่าโปรตีนมีประจุบวกที่มีอิทธิพลระหว่างพื้นที่ผิวส่วนที่ไม่ชอบน้ำกับคุณสมบัติการเกิดอิมัลชันไฟซ์ก็ตาม ตัวอย่างเช่น คุณสมบัติการเกิดอิมัลชันไฟซ์ของ เบต้าแลคโตโกลบูลิน (β -lactoglobulin) ที่มี pH มากกว่า 7 คือค่าที่ pH 3 ขณะที่พื้นที่ผิวส่วนที่ไม่ชอบน้ำที่ pH 3 มีมากกว่าที่ pH 7 (Shimizu, et al., 1985) ดังนั้นสิ่งที่บ่งบอกถึงคุณสมบัติการเกิดอิมัลชันไฟซ์นอกเหนือจากพื้นที่ผิวส่วนที่ไม่ชอบน้ำ คือ ปัจจัยของโมเลกุลอื่นๆ ประกอบด้วยแรงที่ทำให้เกิดการแยกด้วยแรงไฟฟ้าสถิตย์ แรงที่ทำให้เกิดการผลัดสารประกอบน้ำ และแรงที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาตติรระหว่างลูป(loop) ของโมเลกุลโปรตีนที่ลู่เข้าบริเวณพื้นที่ผิวร่วม (Kitchener and Mussellwhite, 1968) นอกจากนี้ความคงตัวของอิมัลชันโปรตีนที่แรงไฟฟ้าสถิตย์และแรงผลัดค้ำน้ำสูงสุด มีค่าคงตัวที่ pH ห่างจากจุดไอโซอิเล็กทริกของโปรตีน (Das and Kinsella, 1989)

นอกจากพื้นที่ผิวส่วนที่ไม่ชอบน้ำแล้วยังมีการละลายที่แสดงให้เห็นถึงบทบาทของ คุณสมบัติการเกิดอิมัลชันไฟซ์ของโปรตีน (Kinsella, et al., 1985) โปรตีนที่สามารถละลายได้ค่าทำให้คุณสมบัติการเกิดอิมัลชันไฟซ์ไม่ดี อย่างไรก็ตามจากข้อพิสูจน์ความสามารถในการละลายนั้นไม่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติการเกิดอิมัลชันไฟซ์ (Voutsinas, et al., 1983) ถึงแม้ความคงตัวของฟิล์มโปรตีนที่พื้นที่ผิวร่วมระหว่างน้ำมันกับของเหลวเป็นปฏิกิริยาที่ทำให้สายโปรตีนบริเวณเฟสที่เป็นของเหลวกับน้ำมันที่มีในสารละลายโปรตีนมีความสมดุลเหมาะสมระหว่างกลุ่มที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำก็ตาม ความสมดุลระหว่างกลุ่มที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำมีผลทำให้เกิดคุณสมบัติของการเกิดอิมัลชันไฟซ์ที่ดี ส่วนการแปรสภาพของโปรตีนบางส่วนไม่ใช่สาเหตุของความสามารถในการไม่ละลาย แต่โดยปกติเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติการเกิดอิมัลชันไฟซ์ของโปรตีน (Kato, et al., 1983) เนื่องจากการแปรสภาพบางส่วนเป็นการเพิ่มส่วนที่ไม่ชอบน้ำ อย่างไรก็ตามการแปรสภาพที่มากเกินไปอาจเป็นสาเหตุทำให้ความสามารถในการละลายลดลงเป็นผลให้ไปขัดขวางคุณสมบัติการเกิดอิมัลชันไฟซ์ (Damodaran, 1994)

การใช้ประโยชน์แป้งจากข้าวตอกในผลิตภัณฑ์อาหาร

ลูกก็ เป็นขนมอบชนิดหนึ่ง ที่มีลักษณะกรอบ่วนเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดพอคำหรือหยิบกัดได้สะดวก มีรสหวาน ไม่จัดนัก บางชนิดใช้พิมพ์กดเป็นรูปต่างๆ และตกแต่งด้วยน้ำตาลอย่างสวยงาม บางชนิดมีรูปร่าง รสชาติ แตกต่างกันได้ สามารถเก็บได้นานกว่าขนมอื่น

ขั้นตอนในการทำลูกก็เริ่มจากการผสมแป้งลูกก็ ซึ่งต้องใช้ความเข้าใจและความระมัดระวังเป็นพิเศษ เพราะลูกก็ที่ผสมไม่ดีอาจแข็ง เหนียว มีลักษณะไม่น่ารับประทาน กระด้าง สำหรับการผสมลูกก็หลักทั่วๆ ไปต้องตีเนยกับน้ำตาลให้ขึ้นฟูแล้วเติมไข่ไก่ที่ทะพอง ตีต่อไปให้เข้ากัน ใตักล้นและเนยตีให้เข้ากัน (ควรใตักล้นและเนย ในขั้นนี้เพราะเป็นของเหลวชนิดที่มีไขมันอยู่และมีปริมาณน้อย ไม่ทำให้ส่วนผสมเสียโครงสร้าง) ใตแป้งผสมเบาๆ เร็วๆ เพื่อไม่ให้เกิดการผสมนานเกินไป เพราะถ้าผสมนาน กฎเกณฑ์ที่เกิขึ้นจะทำให้ส่วนผสมแห้งและเหนียว เมื่อนำไปหยอดลูกก็ก็จะแข็ง ถ้าต้องการลูกก็ที่ร่วน มันควรผสมไขมันน้ำตาลของเหลวให้เข้ากันแล้วจึงผสมแป้ง การผสมควรทำโดยเร็ว นำมากลเป็นรูปต่างๆ

กนกวรรณ (2542) ศึกษาการใช้แป้งจากเมล็ดขนุนเพื่อทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ลูกก็ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากเมล็ดขนุนพันธุ์เหลืองบางเคยในผลิตภัณฑ์ลูกก็ โดยมีขั้นตอนดังนี้ คือ เตรียมแป้งจากเมล็ดขนุนที่ผ่านการลวกที่เวลา 30 วินาที 90 วินาที และ 150 วินาที จากนั้นนำไปทดแทนสาลีในระดับร้อยละ 0, 10, 15, 20, 25 และ 30 ในผลิตภัณฑ์ลูกก็และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส จากนั้นทำการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งและสตาร์ชจากเมล็ดขนุน จากการทดลองพบว่า เมื่อใช้เวลาในการลวกตั้งแต่ 90 วินาทีขึ้นไป เยื่อสีน้ำตาลจะร้อนหลุดได้ง่ายขึ้น และเมื่อนำแป้งเมล็ดขนุนไปทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ลูกก็ ผู้ทดสอบจะยอมรับได้ที่ร้อยละ 20 (จากผู้ทดสอบ 20 คน) โดยพบว่าจะมีรสขมติดอยู่ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งไม่สามารถกำจัดได้เมื่อลวกเมล็ดขนุนเป็นเวลานานขึ้น

มาลี (2541) ได้ศึกษาการพัฒนาลูกก็ให้มีใยอาหารสูงและพลังงานต่ำ เป็นวิธีการหนึ่งที่จะเพิ่มปริมาณใยอาหารและลดพลังงานในลูกก็ ทำให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์จากการรับประทานลูกก็ ในการทดลองพบว่า สามารถใช้แป้งไรทในอัตราส่วนร้อยละ 50 แทนแป้งสาลีชนิดอ่อนประเภทสังคีในสูตรลูกก็เนย และการเพิ่มปริมาณถั่วแดง เห็ดหูหนูขาว มะเขือเทศเข้ส้ม และลูกเกด ในปริมาณร้อยละ 70 ของน้ำหนักแป้งโดยที่ผู้บริมนให้คะแนนการยอมรับ ใยอาหารสามารถทำได้โดยตรงโดยการใช้แหล่งวัตถุดิบที่เป็นแหล่งของใยอาหารที่เตรียมได้จากกากถั่วเหลือง แขนงสับประรด ถั่วแดงรวม

เมล็ดถั่วลิสงอุดมด้วยไขมันชนิดต่าง ๆ ที่สำคัญคือ oleic และ linoleic รวมกันประมาณร้อยละ 80 ของไขมันทั้งหมด และมีโปรตีนโดยทั่วไปประมาณร้อยละ 25-30 แต่มีคาร์โบไฮเดรตและกากต่ำ ดังนั้นจึงนิยมใช้น้ำมันบรีโกล และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อเป็นแหล่งอาหาร โปรตีน ในสหรัฐอเมริกาใช้ถั่วลิสงที่ผลิตได้ประมาณร้อยละ 60 สำหรับบรีโกลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น เนยถั่วลิสง ถั่วอบ หรือคั่วใส่เกลือ ขนมใส่ถั่ว และถั่วทั้งคั่วคั่วใส่เกลือเป็นต้น การบรีโกลเนยถั่วลิสงใส่ขนมปังจำนวนประมาณ 2 ซ้อนโต๊ะ จะได้โปรตีนประมาณ 8 กรัม คาร์โบไฮเดรต 6 กรัม ไขมัน 16 กรัม โยเคียมน้อยกว่า 10 มิลลิกรัม พลังงาน 160 แคลอรี (ฮารีซี, 2544)

อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ อายุการเก็บรักษา หมายถึง ช่วงเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ยังมี คุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ความสำคัญของการตรวจสอบอายุการเก็บ รักษาผลิตภัณฑ์ คือ ทำให้ผู้ผลิตสามารถกำหนดวันหมดอายุของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผู้บริโภคทราบ และเป็นประกันว่าผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลานี้มีคุณภาพตรงกับที่แจ้งไว้ในฉลาก อายุการเก็บรักษา จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อทั้งผู้ผลิต และผู้บริโภค ทั้งในด้านการปลอดภัยของผู้บริโภค และอาจนำมาสู่ปัญหาด้านกฎหมาย ความปลอดภัย และค่าเสียหายที่ต้องจ่ายชดเชย (รุ่งนภา, 2540)

วัตถุประสงค์ของการหาอายุการเก็บรักษาอาหาร เพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมสำหรับช่วงเวลาที่ต้องการ ภายใต้สภาวะการเก็บ และการขนส่ง เนื่องจากอายุการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสมอาจนำไปสู่การไม่ยอมรับ และการร้องเรียนจากผู้บริโภค ซึ่งความไม่พอใจนี้ย่อมมีผลต่อการยอมรับ และยอดขายของสินค้า (รุ่งนภา, 2540)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย

นิยามศัพท์

แป้งจากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน หมายถึง แป้งจากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันผ่านการบดให้มีขนาดอนุภาคเล็กๆ ที่มีลักษณะเป็นผง

ขั้นเตรียมการ

ศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากเอกสาร งานวิจัยในประเด็นสำคัญ คือ การผลิต การศึกษาวิจัยต่างๆ เกี่ยวกับการผลิตแป้ง สมบัติเชิงหน้าที่ และการนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ที่มีแป้งเป็นส่วนผสม เป็นต้น

ขั้นดำเนินการการศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งจากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน

1. ศึกษารูปแบบการผลิตจากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันให้มีคุณลักษณะที่สามารถนำแปรรูปโดยง่าย โดยมีการดำเนินงานแบบมีส่วนร่วมกับผู้ประกอบการ เพื่อผลิตแป้งจากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน ซึ่งทำการศึกษาที่พื้นที่ของผู้ประกอบการ (โรงงานธนวิน) นักศึกษา และอาจารย์
2. ศึกษาถึงขนาดอนุภาคของแป้งจากถั่วลิสงที่ระดับ 30, 50, 70 และ 100 เมชที่มีผลต่อคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งจากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันที่ผลิตได้ โดยทำการเปรียบเทียบดังนี้

2.1 สมบัติทางเคมี

- การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งจากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เชื้อไข เถ้า และคาร์โบไฮเดรต โดยวิธี AOAC (1990)
- ค่าความเป็นกรดค่า

2.2 สมบัติทางกายภาพ

- ค่าสีในระบบ Hunter Lab

2.3 สมบัติทางจุลินทรีย์ และชีวภาพ

การตรวจสอบสมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ทำการตรวจสอบในห้องปฏิบัติการคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม และคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อหาแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป โดยการศึกษาอาศัยความร่วมมือจากหน่วยงานที่ทำการทดสอบคุณสมบัติแป้ง ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 3 เดือน

2.4 สมบัติเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์

2.4.1 สมบัติการละลาย (Nitrogen solubility) ทดสอบสมบัติการละลายตามวิธีการของ Chavan et al. (2001)

2.4.2 สมบัติการเกิดอิมัลชันและความคงตัว โดยรายงานเป็นค่า Emulsion Activity และ Emulsion Stability ตามวิธีการของ Beuchat (1977)

2.4.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำ โดยรายงานค่าเป็นกรัมต่อกรัมของผงแป้ง ตามวิธีการของ Quinn and Paton (1979)

2.4.4 ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน ทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมัน โดยรายงานค่าเป็นกรัมต่อกรัมของผงแป้งตามวิธีการของ Sosulski (1976)

2.4.5 สมบัติการเกิดฟอง ทดสอบสมบัติการเกิดฟอง โดยรายงานเป็นค่า Foaming Activity และ Foaming stability ตามวิธีการของ Johnson and Brekke (1983) และ Liccaga-Gesualdo and Li-Chan (1999)

2.4.6 สมบัติการเกิดเจล (Gelation) ทดสอบความสามารถในการเจล โดยรายงานค่าการเกิดเจลที่ เปอร์เซ็นต์น้อยที่สุดของปริมาณผงแป้งกากลั่วหลังจากการบีบน้ำมันที่สามารถเกิดเจลได้ ตามวิธีการของ Coffmann and Garcia (1977)

3. นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ได้จากข้อ 2 หาแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ โดยศึกษาทิศทางและแนวทางการนำแป้งกากลั่วหลังจากการบีบน้ำมัน ไปใช้ประโยชน์แทนนมถั่วเหลืองในสูตรการผลิตร้อยละ 10 ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมตามวิธีการของ ฉวีรุณี บัวใหญ่ (2551) ในห้องปฏิบัติการคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลโดยทำการตรวจสอบทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ ตามวิธีการของ น้ำทิพย์ (2552) และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน และวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) โดยวิเคราะห์ความ

แปรปรวนและ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) และรายงานความแตกต่างจากค่ากลางที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ

4. สรุปและวิเคราะห์ จัดทำรายงาน

ขั้นดำเนินการการศึกษาการนำโปรตีนจากกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันไปใช้ประโยชน์ ตอนที่ 1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

โดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน และ แป้งสาลี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน โยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ AOAC (2000) โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD จากนั้นทดลองผลิตลูกก๋วยเตี๋ยวมาตรฐาน ตามวิธีการของ ปริยานุช (2552)

ตอนที่ 2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการนำแป้งกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันไปใช้ในผลิตภัณฑ์

โดยใช้อัตราส่วนแป้งกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 ของแป้งหลักที่ใช้ในสูตรมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยว จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ดังนี้

2.1 ทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะการขึ้นรูป ความหนาแน่นทั้งหมด (น้ำทิพย์, 2551) สีของผลิตภัณฑ์ (โดย Hunter lab) เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (โดย Texture analyzer)

2.2 ทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการของ AOAC (2000)

2.3 ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค โดยใช้เกณฑ์การประเมินการยอมรับด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม แบบวิธี 9-point Hedonic Scale โดยคะแนนเท่ากับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และคะแนนเท่ากับ 1 หมายถึงความไม่ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบ 50 คน

2.4 สถิติที่ใช้ในการประเมิน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้ววิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ANOVA (Analysis of variance) จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบ Duncan's new multiple range test และวิเคราะห์ผลทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Randomized Completely Block Design (RCBD) โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD สำหรับข้อ 2.1 และ 2.2 และ RCBD สำหรับข้อ 2.3

2.5 ทำการคัดเลือกสูตรการผลิตที่มีการผสมแป้งจากถั่วฯ ที่เหมาะสมโดยดูจากค่าที่วิเคราะห์ได้ทางกายภาพ เคมี และคะแนนที่ผู้บริโภคให้การยอมรับและสรุปผล เพื่อเลือกสูตรการผลิตที่ดีที่สุดเพื่อนำไปใช้ศึกษาในขั้นตอนต่อไป (ตอนที่ 3)

ตอนที่ 3 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ

วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ในตอนที่ 3 ได้แก่ ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร น้ำตาล และโซเดียม เพื่อจัดทำฉลากโภชนาการ

ตอนที่ 4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากตอนที่ 3 มาตรวจสอบอายุการเก็บรักษา ดังนี้
บรรจุทุกถ้ำจากตอนที่ 3 จำนวน 1 ตัวอย่าง ลงในบรรจุภัณฑ์ชนิด ถุงพลาสติกหนา (PP) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่างๆ 1 เดือน จนกว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพไม่ผ่านเกณฑ์ มพร.ศก.ก. (118/2546) เพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาในการจำหน่าย โดยทดสอบ

4.2.1 ทางกายภาพ ได้แก่ สี (โดย Hunter lab) เนื้อสัมผัส (โดย Texture analyzer)

4.2.2 ทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ตามวิธีการของ AOAC (2000)

4.2.3 ทางจุลินทรีย์ เช่น ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และ ยีสต์และรา ตามวิธีการของ กุมาลี (2543)

ตอนที่ 5 ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมาย

จัดให้มีการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง “การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมัน” แก่เกษตรกร ผู้ประกอบการ กลุ่มวิสาหกิจชุมชน SMEs และผู้ที่สนใจทั่วไป

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. วัสดุ ประกอบด้วย แป้งจากถั่วลิสง และแป้งสาลี ทรายขาวแดง น้ำ เกลือป่น น้ำตาล เนยขาว เนยสด ไข่ และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. อุปกรณ์ ประกอบด้วย เครื่องผสม เครื่องนวด ถาดขนมอบ กระทะไฟฟ้า ตู้อบ เครื่องปั้น เครื่องชั่ง เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง Hot air oven: Memmert, Desiccator, Micro-kjeldahl: Buchi, Soxtec apparatus: Soxtec system HT 1043 Exaction unit, Muffe-furnance: Gallenkamp, Crucible, Hand refragtrometer อุปกรณ์เครื่องแก้วต่างๆ ที่จำเป็น และ อุปกรณ์งานครัวต่างๆ เช่น มีด เขียง กะละมัง ฯ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต
2. สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน ได้แก่ สมบัติการละลาย สมบัติการเกิดอิมัลชันและความคงตัว ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน สมบัติการเกิดฟองและความคงตัว สมบัติการเกิดเจล
3. การตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

ตัวอย่างทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD (Completely Random Design) และ Factorial in CRD โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) และรายงานความแตกต่างจากค่ากลางที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($P \leq 0.05$) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ของกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน

4.1 ผลของรูปแบบการผลิตกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันให้มีคุณลักษณะที่สามารถนำแปรรูปโดยง่าย

จากการศึกษารูปแบบการผลิตกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน โดยการทดลองใช้เครื่องอัดผ่านเกลียวแบบสกรูเดี่ยวเป็นเครื่องมือ เครื่องมือดังกล่าวมีการตั้งปรับระยะห่างของสกรูที่หมุน 2 ระยะ คือ การปรับระยะห่างของสกรูเพื่อทำการบีบถั่วลิสงหลังการคั่วให้มีขนาดความหนาของแผ่นกากถั่วลิสงขนาด 0.5 เซนติเมตร (แรงดันโดยเครื่อง Hydraulic Press 160 บาร์) และ 1 เซนติเมตร (แรงดันโดยเครื่อง Hydraulic Press 200 บาร์) พบว่า ลักษณะของแผ่นกากถั่วลิสงหลังการบีบให้มีขนาด 0.5 เซนติเมตร มีสีเหลืองขาว ส่วนการบีบอัดแผ่นกากถั่วลิสงให้มีขนาด 1 เซนติเมตรมีสีค่อนข้างดำ (ภาพที่ 4.1) สาเหตุเนื่องจาก การบีบอัดให้มีขนาดแผ่นความหนา 1 เซนติเมตร ใช้แรงในการบีบอัดสูง ทำให้เกิดความหนาแน่นของแผ่นมากและความร้อนสูงในระหว่างกระบวนการบีบ ความร้อนที่สูงมีผลทำให้วัตถุคิบบีตึคดำ เนื่องจากเกิดการไหม้ แต่อย่างไรก็ตามการบีบที่ใช้แรงสูงมีผลทำให้ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการบีบมีปริมาณผลผลิตสูงขึ้น

A

B



ภาพที่ 4.1 ลักษณะของกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน (A) ขนาดความหนา 0.5 เซนติเมตร (B) ขนาดความหนา 1 เซนติเมตร

เมื่อนำแผ่นกากั่วลิสงทั้ง 2 ขนาด ไปผ่านการบด พบว่า แผ่นกากั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันที่มีขนาด 0.5 เซนติเมตร สามารถทำการบดเป็นแป้งได้ง่ายกว่าแผ่นกากั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันที่มีขนาด 1.0 เซนติเมตร เนื่องจากแผ่นกากั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันที่ความหนา 1 เซนติเมตร มีความหนาแน่น และความแข็งมากกว่าแผ่นกากั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน และเมื่อนำผงแป้งของกากั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันที่ความหนา 0.5 และ 1 เซนติเมตร ขนาดอนุภาค 100 เมช ไปวิเคราะห์หาสมบัติเชิงหน้าที่ พบว่า ผงแป้งของกากั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันที่ความหนา 0.5 ให้คุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่ดีกว่าผงแป้งของกากั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันที่ความหนา 1 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.1) อาจเนื่องมาจากการแรงบีบอัดที่สูงทำให้เกิดความร้อนสูง ความร้อนที่สูง มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพของโปรตีนที่มีอยู่ในส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งความร้อนมีผลทำให้เกิดการสนับสนุนการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไขมันกับโปรตีนเกิดการรวมตัวกันและถูกแยกมาพร้อมกับส่วนอื่น ๆ ในสารละลายโปรตีน (Potter and Hotchkiss, 1995) ดังนั้นในการทดลองต่อไปจึงเลือกขนาดความหนาของแผ่นกากั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันที่ 0.5 เซนติเมตรทำการทดลองต่อไป

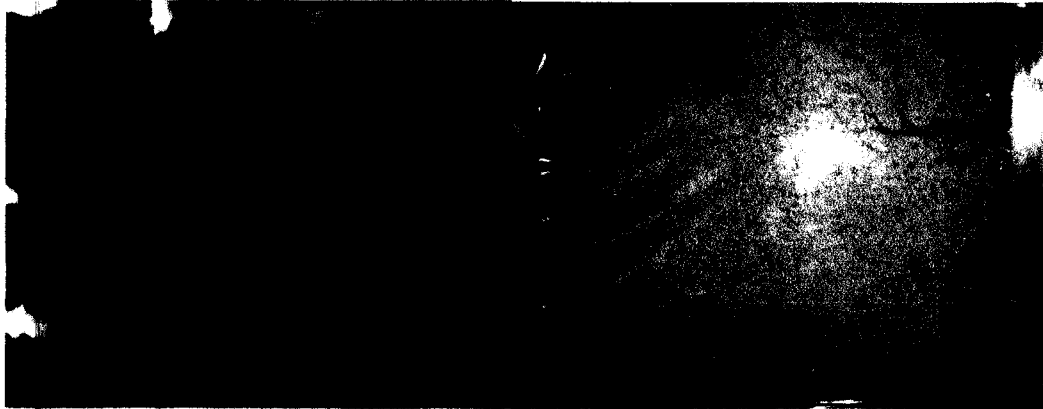
ตารางที่ 4.1 สมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งกากั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันจากการอัดแผ่นความหนาของแผ่นกากั่วที่ความหนา 0.5 และ 1 เซนติเมตร

สมบัติเชิงหน้าที่	ผงแป้งที่ได้จากแผ่นกากั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน*	
	ความหนา 0.5 เซนติเมตร	ความหนา 1 เซนติเมตร
การละลาย: NS(%)	70.92 ^a ± 0.00	64.25 ^b ± 0.00
การเกิดอิมัลชันและ: EA (%)	88.00 ^a ± 2.31	79.75 ^b ± 2.06
ความคงตัวของอิมัลชัน: ES (%)	63.50 ^a ± 1.91	61.50 ^b ± 1.00
ความสามารถในการอุ้มน้ำ:	2.34 ^a ± 0.07	2.03 ^b ± 0.07
WHC (g/g of protein)		
ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน:	2.04 ^a ± 0.04	1.97 ^b ± 0.04
OBC (g/g of protein)		
การเกิดฟอง: FA (%)	78.20 ^a ± 1.79	69.39 ^b ± 0.00
การเกิดเจล:	15 ^a	15 ^a
GEL (% least gelation concentration)		

ab.. ตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05)

* ใช้การวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบ T-test

4.2 ผลของขนาดอนุภาคของแป้งกาถั่วลิสงที่ระดับ 30, 50, 70 และ 100 เมชที่มีผลต่อคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งกาถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันที่ผลิตได้



A

B

ภาพที่ 4.2 ลักษณะปรากฏ (A) ถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันความหนา 0.5 เซนติเมตร (B) แป้งกาถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันขนาด 70 เมช

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งกาถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันจากการอัดแผ่นความหนาของแผ่นกาถั่วที่มีความหนา 0.5 ที่ขนาดอนุภาคต่างๆ

องค์ประกอบทางเคมี	ขนาดอนุภาคของแป้งกาถั่วลิสง (เมช)			
	30	50	70	100
ความชื้น	7.50±0.22	7.56±0.21	7.49±0.23	7.52±0.21
โปรตีน	59.11±0.46	59.21±0.49	59.19±0.42	59.17±0.44
เถ้า	3.83±0.22	3.77±0.21	3.79±0.20	3.80±0.21
ไขมัน	3.71±0.18	3.72±0.19	3.70±0.18	3.73±0.17
เส้นใย	3.59±0.21	3.61±0.22	3.65±0.23	3.62±0.22
คาร์โบไฮเดรต	22.26±0.21	22.13±0.23	22.18±0.25	22.16±0.21

หมายเหตุ: ตัวอย่างทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ แสดงค่ากลางเฉลี่ย

จากตารางที่ 4.2 พบว่า แป้งกาถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันที่ระดับอนุภาคขนาดต่างๆ มีองค์ประกอบทางเคมีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ มีปริมาณความชื้นร้อยละ 7.5 เถ้าร้อยละ 3.8 เส้นใยอาหารร้อยละ 3.7 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 22.0 นอกจากนี้ยังมีปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนสูงถึงร้อยละ 59.0 ขณะที่ปริมาณของน้ำมันต่ำประมาณร้อยละ 3.0-4.0 (น้ำมันมีผล

ต่อการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเป็นสาเหตุของการหืนของผลิตภัณฑ์) แสดงให้เห็นว่าแป้งกากถั่วลิสงให้ประโยชน์คุณค่าทางโภชนาการเรื่องของโปรตีน ซึ่งเป็นสารอาหารที่ร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้ ดังนั้นแป้งกากถั่วลิสงจึงเหมาะสมในการใช้เป็นแหล่งของโปรตีนที่มีคุณภาพต่อร่างกาย

ตารางที่ 4.3 สมบัติทางกายภาพจุลินทรีย์ของแป้งกากถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมันจากการอัดแผ่น ความหนาของแผ่นกากถั่วที่ความหนา 0.5 ที่ขนาดอนุภาคต่างๆ

ลักษณะทางกายภาพ และจุลินทรีย์	ขนาดอนุภาคของแป้งกากถั่วลิสง (เมซ)			
	30	50	70	100
ค่าสี				
L	57.49 ^d ±0.25	60.21 ^c ±0.20	65.90 ^b ±0.18	72.52 ^a ±0.08
a	6.78±0.37	6.54±0.18	6.28±0.22	6.01±0.05
b	13.48 ^c ±0.05	14.92 ^c ±0.32	16.21 ^b ±0.21	17.36 ^a ±0.07
จุลินทรีย์ทั้งหมด (Cfu/g)	82	80	80	81
ยีสต์และรา (Cfu/g)	63	62	63	65
<i>E. coli</i> (Cfu/g)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
<i>S. aureus</i> (Cfu/g)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

หมายเหตุ: ตัวอย่างทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ แสดงค่ากลางเฉลี่ย

ab.. ตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.3 เมื่อนำแป้งกากถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมันความหนาของแผ่นกากถั่วที่ความหนา 0.5 ที่มีขนาดอนุภาค 30, 50, 70 และ 100 เมซ ไปตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ และจุลินทรีย์พบว่า แป้งกากถั่วลิสงที่มีขนาดอนุภาคเล็กลง มีผลทำให้ลักษณะทางกายภาพของสีมีความสว่างเพิ่มขึ้น เนื่องจากขนาดอนุภาคที่เล็กลงมีผลทำให้พื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้นและเกิดช่องว่างระหว่างอนุภาคเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้เกิดการกระเจิงแสงได้มากขึ้น (Fellows, 1990) อย่างไรก็ตามขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันไม่มีความแตกต่างกันของคุณสมบัติทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา *E. coli* และ *S. aureus*

เมื่อนำแป้งกากถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมันความหนาของแผ่นกากถั่วที่ความหนา 0.5 ที่มีขนาดอนุภาค 30, 50, 70 และ 100 เมซ ไปตรวจสอบสมบัติเชิงหน้าที่ พบว่า แป้งกากถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมันที่มีขนาดอนุภาคเล็กลง มีค่าการละลาย การเกิดและการคงตัวของอิมัลชัน ความสามารถ

ในการดูดซับน้ำ และความสามารถในการเกิดฟองเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.4) เนื่องจากแป้งกาถั่วลิสงที่มีขนาดเล็กลง ทำให้มีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น การที่มีพื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้นส่งผลต่อการละลายของโปรตีนที่มีในองค์ประกอบของแป้งสามารถละลายได้ดีขึ้น โปรตีนที่ละลายออกมาได้มากทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวทำให้เกิดความคงตัวของฟองที่ดี รวมทั้งยังทำให้ความสามารถในการรวมน้ำกับน้ำมันได้ดีด้วย (Kinsella, 1976; Pomeranz, 1991; Damodaran, 1996)

ตารางที่ 4.4 สมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งกาถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมันจากการอัดแผ่นความหนาของแผ่นกาถั่วที่มีความหนา 0.5 ที่ขนาดอนุภาคต่างๆ

สมบัติเชิงหน้าที่	ขนาดอนุภาคของแป้งกาถั่วลิสง (เมซ)			
	30	50	70	100
การละลาย (%)	64.25 ^d ± 0.00	65.11 ^c ± 0.00	68.21 ^b ± 0.01	70.92 ^a ± 0.00
การเกิดอิมัลชัน (%)	78.75 ^b ± 2.04	80.91 ^b ± 2.01	86.21 ^a ± 1.02	88.00 ^a ± 2.31
ความคงตัวของอิมัลชัน (%) ^{ns}	61.50 ± 1.37	62.17 ± 1.11	63.41 ± 1.07	63.50 ± 1.91
ความสามารถในการอุ้มน้ำ (g/g of protein) ^{ns}	2.03 ± 0.07	2.16 ± 0.06	2.24 ± 0.04	2.34 ± 0.07
ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน (g/g of protein) ^{ns}	1.99 ± 0.04	2.01 ± 0.00	2.02 ± 0.01	2.04 ± 0.04
การเกิดฟอง (%) ^{ns}	69.39 ± 0.00	72.91 ± 0.00	74.33 ± 0.01	78.20 ^a ± 1.79
การเกิดเจล (% least gelation concentration) ^{ns}	15	15	15	15

ab.. ตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ns ตัวอักษรแสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

4.3 แนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ ของแป้งกาถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

เมื่อนำแป้งกาถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมันที่ขนาดอนุภาค 70 เมซ (เนื่องจากมีคุณสมบัติทางหน้าที่การเกิดอิมัลชันที่ดี ซึ่งเหมาะสมกับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์มีไขมัน) ไปทดลองใช้ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม พบว่า ลักษณะเนื้อไอศกรีมค่อนข้างหยาบ (ภาพที่ 4.3) แต่ให้เนื้อสัมผัสเมื่อรับประทานจะให้เนื้อสัมผัสกรุบกรุบ และมีความมัน รวมทั้งมีกลิ่นถั่วลิสงด้วย เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ได้มีค่าปริมาณความชื้นร้อยละ 73.52 ± 1.33 โปรตีนร้อยละ 2.95 ± 0.03 จุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 6.3×10^2 cfu/g ยีสต์และราเท่ากับ 1.21×10^2 cfu/g และเมื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคจะ

ได้ผลดังตารางที่ 4.5 คะแนนอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (7.61 ± 1.49) อย่างไรก็ตามจากค่าคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีส่วนผสมของแป้งกากถั่วลิสงผู้บริโภคริให้การยอมรับ จึงนับได้แป้งถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมันสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้



ภาพที่ 4.3 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีส่วนผสมของแป้งกากถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมัน

ตารางที่ 4.5 คุณลักษณะทางเคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมแป้งกากถั่วลิสง

คุณลักษณะทางเคมี* จุลินทรีย์* และประสาทสัมผัส**	ผลการทดสอบ
ปริมาณของแข็งทั้งหมด(%)	1.72 ± 0.13
pH	5.36
ความชื้น (%)	73.52 ± 1.33
โปรตีน (%)	2.95 ± 0.03
จุลินทรีย์ทั้งหมด (Cfu/g)	6.3×10^2
ยีสต์และรา (Cfu/g)	1.21×10^2
สี	6.48 ± 1.15
กลิ่น	6.59 ± 1.84
รสชาติ	6.72 ± 1.59
เนื้อสัมผัส	6.9 ± 1.81
ความคงตัว	7.53 ± 1.63
ความชอบรวม	7.61 ± 1.49

หมายเหตุ : * ตัวอย่างทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ แสดงค่ากลางเฉลี่ย

** ทำการวิเคราะห์จากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสจำนวน 50 คน

การศึกษาการนำโปรตีนจากกากถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมันไปใช้ประโยชน์

4.4 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

ตารางที่ 4.6 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

องค์ประกอบทางเคมี	แป้งสาลี	แป้งกากถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมัน
ความชื้น	12.66±0.06	7.52±0.21
โปรตีน	10.72±1.05	59.17±0.44
เส้นใย	2.39±0.02	3.80±0.21
ไขมัน	0.37±0.03	3.73±0.17
เส้นใย	0.86±0.12	3.62±0.22
คาร์โบไฮเดรต	73.00±0.12	22.16±0.21
ปริมาณอะไมโดส	25.44±0.16	-
สารอัลฟาโทกซิด	-	น้อยกว่า 20

หมายเหตุ: ตัวอย่างทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ แสดงค่ากลางเฉลี่ย
สัญลักษณ์ (-) หมายถึง ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

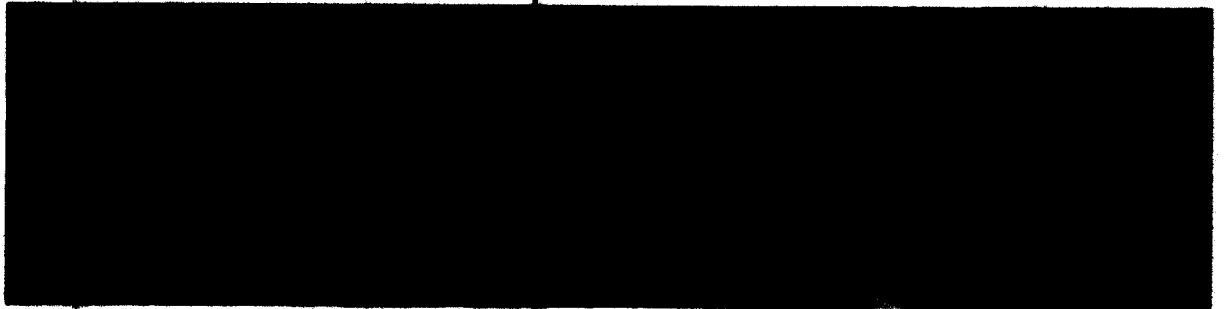
จากตารางที่ 4.6 พบว่า แป้งกากถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมัน มีปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนสูงถึงร้อยละ 59.0 ขณะที่ปริมาณของไขมันต่ำประมาณร้อยละ 3.0-4.0 (น้ำมันมีผลต่อการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเป็นสาเหตุของการหืนของผลิตภัณฑ์) แสดงให้เห็นว่าแป้งกากถั่วลิสงให้ประโยชน์คุณค่าทางโภชนาการเรื่องของโปรตีน ซึ่งเป็นสารอาหารที่ร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้ ดังนั้นแป้งกากถั่วลิสงจึงเหมาะสมในการใช้เป็นแหล่งของโปรตีนที่มีคุณค่าประโยชน์ต่อร่างกาย เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งสาลีที่มีปริมาณองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ 73.0) อย่างไรก็ตามการใช้แป้งกากถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมันควรคำนึงถึงปริมาณการใช้ของแต่ละผลิตภัณฑ์ด้วย เนื่องจากแป้งกากถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมันมีอัตราการฟองตัวที่ต่ำมาก เนื่องจากมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำ คาร์โบไฮเดรตหรือแป้งจะมีคุณสมบัติของการฟองตัวที่ดี (อรอนงค์, 2547)

4.5 อัตราส่วนที่เหมาะสมของการนำแป้งจากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน ไปใช้ในผลิตภัณฑ์ การศึกษาถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมของการนำแป้งจากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน ไปใช้ใน ผลิตภัณฑ์ทุกถัษนิกหขอด โดยขั้นตอนการผลิตทุกถัษนิกหขอดสามารถทำได้ดังวิธีต่อไปนี้

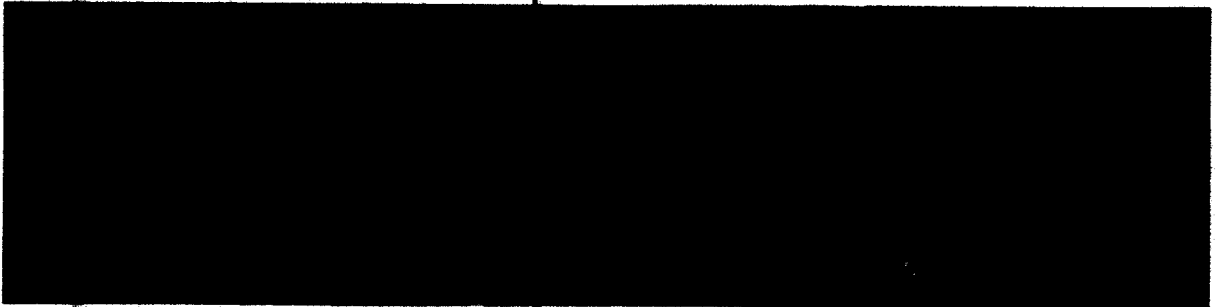
1) ผสมแป้งจากถั่วลิสงหลังบีบน้ำมันและแป้งสาลี ร่อนให้เข้ากัน จากนั้นชั่งนย ตามสูตรกำหนด



2) ตีนยให้ละลายใส่น้ำตาลที่ละน้อย



3) ตีจนกระทั่งนยขึ้นฟู เดิมไขไก่ที่ละฟอง แล้วตีให้เข้ากันจนเป็นเนื้อเดียวกัน



4) เมื่อไข่เข้ากับเนยแล้วให้ค่อยๆ เติมแป้งสาลีและแป้งกาถั่วลิสงหลังบีบน้ำมันที่เตรียมไว้ ค่อยๆ กระทบเข้ากันดี

5) เมื่อส่วนผสมเข้ากันดีแล้วให้เติมเม็ดมะม่วงหิมพานต์ หรือถั่วลิสงคั่วให้เข้ากัน และตีเป็นก้อน

6) ตักคุกกี้เป็นก้อนแล้วตกแต่งหน้าตาให้น่ารับประทาน จากนั้นเข้าไปอบจนกระทั่งสุก

เมื่อนำแป้งกาถั่วลิสงไปใช้ผลิตผลิตภัณฑ์คุกกี้หอยด โดยในการผลิตผลิตภัณฑ์คุกกี้หอยด ใช้อัตราส่วนของแป้งกาถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันต่อแป้งสาลีที่อัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของแป้งสาลีที่ใช้ในสูตร จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ พบว่า การเพิ่มอัตราส่วนแป้งกาถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์คุกกี้หอยดที่ได้มีความกรอบ และค่อนข้างร่วน รวมทั้งมีสีค่อนข้างคล้ำ และความหนาแน่นมีแนวโน้มลดลง (ตารางที่ 4.7) สาเหตุเนื่องจากแป้งกาถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันมีองค์ประกอบเป็นของแข็งที่เป็นโปรตีนโดยส่วนใหญ่ (ตารางที่ 4.6) ซึ่งโปรตีนกาถั่วลิสงถึงแม้จะมีคุณสมบัติดูดซับน้ำ แต่ไม่มีคุณสมบัติทางความเหนียวและยืดหยุ่น ทำให้เมื่อนำมาเป็นส่วนผสมของคุกกี้หอยดมีผลต่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้นเพราะ

ผลิตภัณฑ์ไม่ขึ้นฟู รวมทั้งยังมีผลทำให้สีของผลิตภัณฑ์ทุกก็ที่ได้มีลักษณะคล้ำกว่าทุกก็ที่มีการใช้แป้งสาลีทั้งหมด เนื่องจากมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำของแป้งกากถั่วลันเตามีค่าทำให้เกิดการไหม้ได้ง่ายในขณะอบผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้แป้งกากถั่วลันเตาหลังการบีบน้ำมัน ไม่มีคุณสมบัติความยืดหยุ่นเหมือนกับแป้งสาลี ทำให้ผลิตภัณฑ์ทุกก็หอยอดที่ได้มีความกรอบ และร่วน ทำให้ค่าวัดลักษณะเนื้อสัมผัสลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งถั่วลันเตา

ตารางที่ 4.7 สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ทุกก็จากแป้งกากถั่วลันเตาหลังการบีบน้ำมันที่อัตราส่วนต่อแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ

คุณสมบัติ	อัตราส่วนแป้งกากถั่วลันเตาหลังการบีบน้ำมันต่อแป้งสาลี (ร้อยละ)				
	0	10	20	30	40
ลักษณะการขึ้นรูป	ฟูมาก	ฟู	ฟู	กลม	กลม
ความหนาแน่นทั้งหมด	1.21 ^a ±0.03	1.15 ^a ±0.02	1.02 ^b ±0.03	0.97 ^b ±0.02	0.91 ^c ±0.01
สี (L)	62.90 ^a ±0.03	59.40 ^b ±0.04	48.21 ^c ±0.02	46.11 ^d ±0.03	45.31 ^e ±0.05
เนื้อสัมผัส (แรงกรัม)	48.32 ^a ±0.06	45.11 ^b ±0.04	43.28 ^c ±0.03	40.23 ^d ±0.06	35.78 ^e ±0.03

ab.. ตัวอักษรต่างกัน ในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.8 สมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ทุกก็ จากแป้งกากถั่วลันเตาหลังการบีบน้ำมันที่อัตราส่วนต่อแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ

คุณสมบัติ	อัตราส่วนแป้งกากถั่วลันเตาหลังการบีบน้ำมันต่อแป้งสาลี (ร้อยละ)				
	0	10	20	30	40
ความชื้น (ร้อยละ)	9.23±0.53	8.75±1.01	8.54±0.78	8.12±0.81	7.99±0.21
โปรตีน (ร้อยละ)	12.12±1.46	14.79±1.39	16.21±1.03	17.97±1.21	19.11±1.53
ไขมัน (ร้อยละ)	13.71±0.93	13.87±0.87	13.84±0.85	13.66±0.79	13.91±0.92
ใยอาหาร (ร้อยละ)	6.83±0.27	6.08±0.35	6.71±0.46	6.35±0.55	6.77±0.54
เถ้า (ร้อยละ)	2.72±0.21	2.64±0.32	2.72±0.22	2.84±0.18	2.69±0.23
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	44.61±1.43	46.07±1.21	48.02±1.37	48.94±1.41	50.47±1.09

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ทุกก็หอยอดจากแป้งกากถั่วลันเตาหลังการบีบน้ำมันที่อัตราส่วนต่อแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ ไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี พบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งกากถั่วลันเตาหลังการบีบน้ำมันในผลิตภัณฑ์ทุกก็หอยอดเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.8) ทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งกากถั่วลันเตาหลังการบีบน้ำมันมีองค์ประกอบของโปรตีนสูง (ตารางที่ 4.6) ดังนั้นการใช้ส่วนผสมของ

แป้งจากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันเป็นส่วนผสมที่สูง มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้นด้วย

ตารางที่ 4.9 สมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้ จากแป้งจากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันที่อัตราส่วนต่อแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ

คุณสมบัติ	อัตราส่วนแป้งจากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันต่อแป้งสาลี (ร้อยละ) ^{ns}				
	0	10	20	30	40
สี	7.7±0.55	7.5±0.86	7.6±0.88	7.6±0.44	7.7±0.48
กลิ่น	7.3±0.51	7.4±0.75	7.1±0.98	7.2±0.49	7.3±0.96
รสชาติ	7.8±0.34	7.8±0.91	7.6±0.49	7.7±0.38	7.6±0.32
เนื้อสัมผัส	7.3±0.67	7.2±0.82	7.5±0.85	7.1±0.65	7.2±0.71
ลักษณะปรากฏ	7.4±0.98	7.2±0.45	7.1±0.91	7.3±0.77	7.4±0.64
ความชอบรวม	7.5±0.67	7.7±0.71	7.4±0.68	7.3±0.39	7.4±0.55

ns ตัวอักษรแสดงถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

เมื่อนำผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่ผลิตได้จากการใช้อัตราส่วนของแป้งจากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันต่อแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ ไปวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส จะได้ผลดังตารางที่ 4.9 ที่แสดงค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ที่มีต่อผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่อัตราส่วนระหว่างแป้งจากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันและแป้งสาลีที่ระดับต่างๆ พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์คุกกี้หอยอดทุกสูตร ไม่แตกต่างจากสูตรมาตรฐาน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \geq 0.05$) ดังนั้นผลิตภัณฑ์คุกกี้หอยอดสามารถใส่แป้งจากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันที่อัตราส่วนสูงถึงร้อยละ 40

4.6 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์คุกกี้จากแป้งจากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน

จากผลการทดลอง 4.5 ได้คัดเลือกตัวอย่างคุกกี้หอยอดที่มีคุณค่าทางโภชนาการ (ปริมาณโปรตีนสูงสุด) และผู้บริโภคให้การยอมรับ ไปทำการทดสอบซ้ำเพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบว่า ผลิตภัณฑ์คุกกี้หอยอดที่มีส่วนผสมของแป้งจากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันร้อยละ 40 ของแป้งสาลีมีองค์ประกอบทางโภชนาการ ได้แก่ ความชื้นร้อยละ 7.78 ± 0.36 โปรตีนร้อยละ 19.67 ± 1.13 ไขมัน ร้อยละ 13.41 ± 0.81 โขอาหารร้อยละ 6.09 ± 0.42 เถ้าร้อยละ 2.38 ± 0.26 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 50.07 ± 1.09 น้ำตาลร้อยละ 2.31 ± 0.91 และโซเดียมร้อยละ 0.71 ± 0.75 (ตารางที่ 4.10) ดังนั้นเห็นว่าผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่มีการแปรรูปแป้งจากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันจะมีคุณค่าทางโภชนาการส่วนใหญ่ คือ

คาร์โบไฮเดรต และ โปรตีน เนื่องจากแป้งจากถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมันมีองค์ประกอบหลักเป็นโปรตีน

ตารางที่ 4.10 สมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์จากแป้งจากถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมันร้อยละ 40 ของแป้งสาลี

คุณสมบัติ	ผลการทดสอบ
ความชื้น (ร้อยละ)	7.78±0.36
โปรตีน (ร้อยละ)	19.67±1.13
ไขมัน (ร้อยละ)	13.41±0.81
ใยอาหาร (ร้อยละ)	6.69±0.42
เถ้า (ร้อยละ)	2.38±0.26
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	50.07±1.09
น้ำตาล (ร้อยละ)	2.31±0.91
โซเดียม (ร้อยละ)	0.71±0.75

4.7 ผลของอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งจากถั่วลิสงหลังบิบน้ำมันร้อยละ 40 ของแป้งสาลี ทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 0 - 5 เดือน ณ อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปวิเคราะห์อายุการเก็บรักษา โดยวิเคราะห์เนื้อสัมผัส สี ความชื้น จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ได้ผลดังตารางที่ 4.11-4.12

ตารางที่ 4.11 ค่าความแข็งเนื้อสัมผัส สี และความชื้น ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งจากถั่วลิสงหลังบิบน้ำมันร้อยละ 40 ของแป้งสาลี ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0 - 5 เดือน ณ อุณหภูมิห้อง

เดือนที่	เนื้อสัมผัส (แรง.กรัม)	สี (L)	ความชื้น (%)
0	35.28±1.06	45.4±0.76	7.75±1.12
1	35.00±1.12	44.6±0.89	7.85±1.04
2	35.89±1.32	44.0±0.69	7.59±1.31
3	34.70±1.21	43.8±0.53	8.55±1.17
4	34.98±1.28	43.12±0.64	8.43±1.23
5	34.33±1.09	42.99±0.61	8.48±1.15

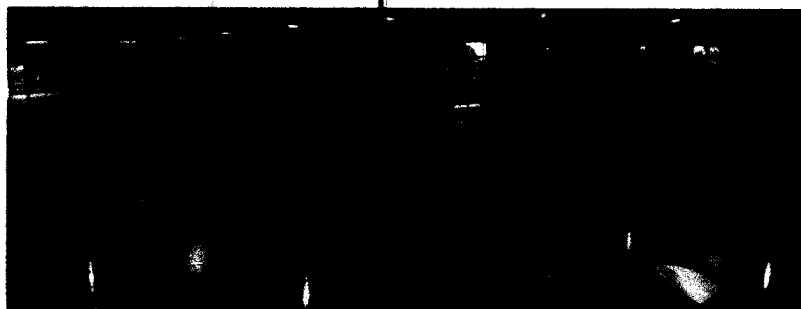
ตารางที่ 4.12 ปริมาณจุลินทรีย์ของตุ๊กกี้ที่ใช้แป้งกากถั่วลิสงหลังบิบน้ำมันร้อยละ 40 ของแป้งสาลี ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0 - 5 เดือน ณ อุณหภูมิห้อง

เดือนที่	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด(Cfu/g)	ยีสต์และรา(Cfu/g)
มพ.118/2546	1×10^4	<10
0	1.0×10^2	0
1	1.33×10^2	1
2	1.63×10^3	3
3	1.1×10^3	4
4	1.33×10^3	5
5	1.42×10^3	8

จากตารางที่ 4.11-4.12 พบว่า ตุ๊กกี้ที่ผลิตขึ้นจากแป้งกากถั่วลิสงหลังบิบน้ำมันร้อยละ 40 ของแป้งสาลี สามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 5 เดือน เนื่องจากคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของตุ๊กกี้ที่อายุการเก็บ 5 เดือน ไม่แตกต่างจากตุ๊กกี้ที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนตุ๊กกี้ 118/2546 พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรามีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

4.8 ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมาย

จากผลการศึกษาวิจัยที่ได้ ผู้วิจัยได้มีการถ่ายทอดองค์ความรู้เกี่ยวกับ “การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากกากถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมัน (ตุ๊กกี้หอยทอด)” ให้แก่ผู้ประกอบการโรงงานขนวิน ซึ่งเป็นผู้ผลิตน้ำมันและแป้งกากถั่วลิสงหลังการบิบน้ำมัน เพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ตุ๊กกี้เพื่อการจำหน่ายเชิงพาณิชย์ต่อไป



ภาพที่ 4.4 ผู้วิจัยถ่ายทอดการผลิตตุ๊กกี้หอยทอดให้กับผู้ประกอบการ

บทที่ 5

สรุป และข้อเสนอแนะ

สรุป

1) การบีบอัดกากถั่วลิสงเพื่อสกัดน้ำมัน และนำกากถั่วมาใช้ประโยชน์นั้น การบีบอัดให้มีขนาดความหนา 0.5 เซนติเมตร และลดขนาดอนุภาคให้มีขนาด 100 เมช จะทำให้ได้แป้งกากถั่วลิสงหลังการบีบอัดน้ำมันที่มีคุณสมบัติทางน้ำที่ ได้แก่ การละลายร้อยละ 70.92 ± 0.00 การเกิดอิมัลชันร้อยละ 88.00 ± 2.31 ความคงตัวของอิมัลชันร้อยละ 63.50 ± 1.91 ความสามารถในการอุ้มน้ำ 2.34 ± 0.07 (กรัม/กรัมของโปรตีน) ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน 2.04 ± 0.04 (กรัม/กรัมของโปรตีน) การเกิดฟองร้อยละ 78.20 ± 1.79 และการเกิดเจลร้อยละ 15 (ที่น้อยที่สุดของความเข้มข้น) และเมื่อนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับเนื่องจากมี กลิ่น และรสชาติหอมมัน รวมทั้งมีเนื้อสัมผัสที่ดี

2) การนำแป้งกากถั่วลิสงหลังการบีบอัดน้ำมัน ไปใช้ในผลิตภัณฑ์คุกกี้ พบว่า สามารถใช้แป้งกากถั่วลิสงหลังการบีบอัดได้ร้อยละ 40 ของแป้งสาลีที่ใช้เป็นส่วนผสมหลัก โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสกรอบร่วน เนื้อแน่น รวมทั้งมีปริมาณ โปรตีนสูงที่สุด เมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส ผู้บริโภคให้การยอมรับไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม และสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่ต่ำกว่า 5 เดือน โดยค่าทีวีแควะห์ได้ทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนคุกกี้ 118/2546

3) นักวิจัยได้ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์หั่วข้อเรื่อง “การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากกากถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน (คุกกี้หั่วข้อ)” ให้กับผู้ประกอบการโรงงานขนวน ได้แก่ คุณชนวิน และคุณมาลิน เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้ไปเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบ ทำให้เกิดธุรกิจในพื้นที่เกิดการสร้างรายได้ เกิดการจ้างงาน เพื่อรักษารายได้ของกลุ่มที่มีการลงทุนและเพื่อนำไปสู่การแข่งขันและการพึ่งพาตนเอง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อมูลที่ได้จากคุณสมบัติของแป้งถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมัน ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการนำตัวอย่างแป้งไปใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นๆ อีกเพื่อให้เกิดรูปแบบและแนวทางการนำแป้งถั่วลิสงไปใช้ประโยชน์ให้คุ้มค่ากับการลงทุน และเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่หลากหลาย
2. ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เกิดขึ้นจากการใช้แป้งถั่วลิสงหลังการบีบน้ำมันควรมีการศึกษาเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของตลาด เพื่อการจำหน่ายเชิงพาณิชย์ และเพื่อใช้ทำเป็นฐานข้อมูลของการส่งเสริมทางการตลาดสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กนกวรรณ สิทธิธำนังกูร. 2542. การใช้แป้งจากเมล็ดขมิ้นเพื่อทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต เทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2522. ถั่วลิสง เอกสารวิชาการชุดพืชศาสตร์. โรงพิมพ์ศูนย์กลางทหาร, กรุงเทพฯ.
- กรรณิการ์ สถาปิตานนท์ และคณะ. 2526. รายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ เรื่องงานวิจัยถั่วลิสง ครั้งที่ 2. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์, นครสวรรค์.
- กองโภชนาการ. 2535. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ.
- จินตนา อุปลิศตกุล. 2526. การใช้ประโยชน์ถั่วลิสง, น. 341-345. ใน รายงานสัมมนาเชิงปฏิบัติการ เรื่องงานวิจัยถั่วลิสงครั้งที่ 2. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์, นครสวรรค์.
- จินตนา อุปลิศตกุล, อรอนงค์ นัชวิกุล และสมชาย ประภาวิค. 2538. การใช้ประโยชน์จากถั่วเขียว. รายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการงานวิจัยถั่วเขียว ครั้งที่ 6. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ฉรงค์ นิยมวิทย์. 2538. องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร. บริษัทฟอร์แมทพรีนติ้ง จำกัด, กรุงเทพฯ. 237 หน้า.
- น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป. 2551. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบคักจากแป้งข้าวเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลา. คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
- บุญยืน สาริกะภูมิ. 2522. ไพรศิม. ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 154 หน้า.
- ประทีป ราชแพทยาคม. 2521. การใช้ถั่วลิสงเป็นอาหาร, น. 212-221. ใน รายงานการสัมมนาเรื่อง ถั่วลิสง และถั่วอื่นๆ บางชนิด 2-4 มีนาคม 2521. สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

- ปราณี อ่านเปรื่อง. 2543. *เอนไซม์ทางอาหาร*. พิมพ์ครั้งที่ 3. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 442 น.
- ปาริฉัตร ทัทกะสุด และ ปราณี อ่านเปรื่อง. 2540. การผลิตสารให้ฟองจากการย่อยโปรตีนถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์. *วารสารอาหาร*. ปีที่ 27, ฉบับที่ 4 : 108-118.
- เพลินใจ ดังคณะกุล และ สมจิต อ่อนเหม. 2527. การทำแค้หู้และแค้ฮวย ใน หลักเกณฑ์และวิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรในอุตสาหกรรมอาหาร หมวด ข. รัษฎิษและถั่ว. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มาลี ทองคำ. 2541. *การศึกษาการพัฒนาทุกกีให้มีเส้นใยอาหารสูงและพลังงานต่ำ*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต วิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- รุ่งนภา วิสิษฐุการ. 2540. *เอกสารคำสอน การประเมินอายุการเก็บของอาหาร*. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 169 น.
- วารุณี เกษตรศิโรตถ. 2540. *โปรตีนที่พบใน Body Fluid*. ภาควิชาเคมีคลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล. หน้า 2-3.
- วรรณวิบูลย์ กาญจนกฤษ. 2527. การใช้โปรตีนถั่วเหลืองเป็นส่วนผสมแทนเนื้อสัตว์ในไส้กรอก. *วารสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์*. 18(3) : 162-164.
- วิรัช หฤทัยนาสันต์ และ เพ็ญขวัญ ชมปริดา. 2540. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์จากถั่วลิสง, น. 178-204. ใน *คู่มือวิชาการอะฟลาทอกซิน*. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมเกษตร, กรุงเทพฯ.
- วิรัช หฤทัยนาสันต์. 2534. *การใช้ประโยชน์จากถั่วลิสง 2533-2534*. *วารสารอุตสาหกรรมเกษตร* 2 (3) : 7-21.
- สมชาย จอมดวง. 2528. *การผลิตและการทดสอบดัชนีของผลิตภัณฑ์โปรตีนจากถั่วเขียวและถั่วเหลือง*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สุมาลี เหลืองสกุล. 2543. *คู่มือปฏิบัติการอุตสาหกรรมอาหาร*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

- สุพรรณิการ์ วัฒารวม และ มลศิริ วิโรทัย. 2540. การผลิตเค้กผู้ผงเพื่อใช้เป็นแหล่งของโปรตีนจากพืชในผลิตภัณฑ์อาหาร. *วารสารวิทยาศาสตร์ มศว.* 13 (1): 26-38.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2545. *อั่วแห้ง เนื้อที่ ผลผลิต ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ราคา และมูลค่าของผลผลิตตามราคาที่เกษตรกรขายได้ปีเพาะปลูก 2534/35-2543/44. พืชอื่น ๆ.* แหล่งที่มา : <http://oae.go.th/statistic/yearbook/2000-01/>, 5 มีนาคม 2545.
- สรรเสริญ ทรรศโยชก. 2531. *โภชนาการเชิงชีวเคมี.* กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 550 หน้า.
- อรพิน ชัยประสพ. 2531. *การปรับปรุงสมบัติการใช้ประโยชน์ของโปรตีนถั่วเหลืองและถั่วเขียว.* วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ
- อรอนงค์ นัยวิกุล. (2547). *ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- อรุณศรี วงษ์อุไร. 2542. อะฟลาทอกซินในถั่วลิสง, น.170-171. ใน *สุกัญญา กองเงิน, บรรณาธิการ. อะฟลาทอกซินในถั่วลิสง. กลุ่มพืชน้ำมัน กองส่งเสริมพืชไร่ฯ กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.*
- อารีย์ วรรณวิวัฒน์. 2544. *ถั่วเหลือง ถั่วลิสง และถั่วหรั่ง.* โรงพิมพ์ไซคิงส์, กรุงเทพฯ.
- Ahmedna, M., W. Prinyawiwatkul, and R.M. Rao. 1999. Solubilized whey protein isolate: functional properties and potential food applications. *J. Agric. Food Chem.* 47: 1340-1345.
- Aluko, R.E. and Yada, R.Y. 1995. Some functional properties of a Cowpea (*Vigna unguiculata*) globulin isolate treated with transglutaminase. *Biosci. Biotech. Biochem.* 59 (12): 2298-2299.
- Ambrosiadis, I. 1994. The effect of textured soy protein on their technological and sensory properties. *Fleischwirtschaft.* 74: 401-403.
- Aluko, R.E. and R.Y. Yada. 1993. Relationship of hydrophobicity and solubility with some functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*) protein isolate. *J. Sci Food Agric.* 62: 331-335.

- Arogundade, L.A., M.O. Akinfenwa. and A.A. Salawu. 2004. Effect of NaCl and its partial or complete replacement with KCl on some functional properties of defatted *Colocynthis citrullus* L. seed flour. *Food Chem.* 84: 187-193.
- Association of Official Analysis Chemists (AOAC). (2000). *Official Method of Analysis of AOAC International*. 17th ed. Washington, D.C.
- Back, J.F., D. Oakenfull and M.B. Smith. 1979. Increased thermal stability of proteins in the presence of sugars and polyols. *Biochemistry.* 18: 5191-5196.
- Barbut, S. 1995. The effect of sodium level on microstructure and texture of whey protein isolate gels. *Food Research International.* 28: 437-443.
- Barnan, B.G., J.R. Hansen and A.R. Mossey. 1977. Modification of the physical properties of soy protein isolate by acetylation. *J. Agric. Food Chem.* 25: 638-641.
- Baumy, J.J. and G. Brule. 1988. Binding of bivalent cations to α -lactalbumin and β -lactoglobulin: effect of pH and ionic strength. *Le Lait.* 68: 33-48.
- Bernal, V.M., C.H. Smadja, J.L. Smith, and D.W. Stanley. 1987. Interrelations in protein/polysaccharide/calcium gels. *J. Food Sci.* 52: 1121-1125, 1136.
- Beuchat, L.R. 1977. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour proteins. *J. Agric. Food Chem.* 25: 258-261.
- Bigelow, C.C. 1967. On the average hydrophobicity of proteins and the relation between it and protein structure. *J. Theor. Biol.* 16: 187.
- Brooks, J.R. and M.V. Morr. 1984. Phosphorus and phytate content of soybean protein components. *J. Agric. Food Chem.* 32: 672-674.
- Carbonaro, M., P. Vecchini and E. Carnovale. 1993. Protein solubility of raw and cooked beans (*Phaseolus vulgaris*): role of the basic residues. *J. Agric. Food Chem.* 41: 1169-1175.

- Catsimpooulas, N. and E.W. Meyer. 1970. Gelation phenomena of soybean globulins 1. protein-protein interaction. *Cereal Chem.* 47: 559-569.
- Chan, W.M. and C.Y. Ma. 1999. Modification of proteins from soymilk residue (Okara) by trypsin. *J. Food Sci.* 64: 781-786.
- Chauhan, S.K., B.B. Lal and V.K. Joshi. 1998. Development of a protein-rich mango beverage. *J. Food Sci and Tech.- India.* 35(6) : 521-523.
- Chavan, U.D., D.B. McKenzie and F. Shahidi. 2001. Functional properties of protein isolates from beach pea *Lathyrus maritimus* L. *Food Chemistry.* 74: 177-187.
- Cheftel, J.C., J.L. Cuq and D. Lorient. 1985. Amino acids, peptides and protein. In O. R. Fennema, Food chemistry (pp.245-369). New York: Dekker.
- Chen, B.H-Y. and Morr, C.V. 1985. Solubility and foaming properties of phytate-reduced soy protein isolate. *J. of Food Sci.* 50 (4) : 1139-1142.
- Cherry, J.P. and K.H. McWatters. 1981. Whippability and aeration. In protein functionality in foods, Cherry, J.P., Ed. American Chemical Society. Washington, DC, pp 149-176.
- Choi, Y.R., E.W. Lusas and K.W. Rhee. 1981. Succinylation of cotton seed flour: effect on functional properties of protein isolates prepared by modified flour. *J. Food Sci.* 46: 954-955.
- Clark, R.L. and R.C. Gralow. 1949. Zein: versatile packaging resin. *Mod. Packag.* 22: 122-125, 154, 156.
- Coffmann, C.W. and V.V. Garcia. 1977. Functional properties and amino acid content of protein isolate from mungbean flour. *J. Food Technol. (U.K.)* 12: 473-485.
- Cooney, C.M. 1974. A study of foam formation by whey proteins. *Diss. Abstr, Int.* 36(3) : 1123B.
- Daisy, E.K. 1979. *Food legumes.* London Tropical Products Institute. pp 207.

- Damodaran, S. 1989. Interrelationship of molecular and functional properties of food protein, *In* Food protein, J.E. Kinsella and W.G. Soucie (ed.), p 21,42. American Oil Chemists Society, Champaign, IL.
- Damodaran, S. 1994. Structure-function relationship. *In* Protein functionality in food systems, N.S. Hettiarachchy and G.R. Ziegler (ed.), p.27. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Damodaran, S. 1996. Functional properties, pp.167-234. *In* S. Nakai and H.W. Modler, eds. Food Proteins Properties and Characterization. Wiley - VCH, New York. Damodaran, S. and A. Paraf. 1997. Food protein and applications. Marcel Dekker, Inc. New York. 681 pp.
- Damodaran, S. and J.E. Kinsella. 1980. Flavor-protein interaction: binding of carbonyls to bovine serum albumin: thermodynamic and conformational effects. *J. Agric. Food Chem.* 28: 567.
- Das, K.P. and J.E. Kinsella. 1989. pH dependent emulsifying properties of β -lactoglobulin. *J. Dispersion Sci. Technol.* 10: 77.
- de Wit, J.N. 1989. Functional properties of whey protein. *In* Development in dairy chemistry-4, P.E. Fox (ed.), p 285. Elsevier Applied Science, London and New York.
- Doi, E. 1993. Gels and gelling of globular proteins. *Trends Food Sci Technol.* 4: 1-5.
- Dua, S., A. Mahajan and A. Mahagan. 1996. Improvement of functional properties of rapeseed (*Brassica campestris* Var. Toria) preparations by chemical modification. *J. Agric. Food Chem.* 44 : 706-701.
- El-Adawy, T.A. 2000. Functional properties and nutritional quality of acetylated and succinylated mung bean protein isolated. *Food Chemistry.* 70: 83-89.
- Evans, D.F. and H. Wennerstrom. 1994. *The colloidal domain: where physics, chemistry, biology and technology meet.* New York: VCH Publishers.
- Feeny, R.E., R.B. Yamasaki and K.F. Geoghegan. 1982. Chemical modification of protein: an overview. *In* R.E., Feeny and J.R. Whitaker, Modification of protein: food nutritional and

- pharmacological aspects *Adv. Chem. Series* Vol. 198: 3-55. Washington, DC : American Chemical Society.
- Fennema, O.R. 1996. *Food chemistry*. 3 rd ed. Dekker: New York. Pp 365-424.
- Fellows, D. 1990. *Food processing technology principles and practice*. England: Ellis Harwood.
- Franzen, K.L. and J.E. Kinsella. 1976. Functional properties of succinylated and acetylated soy protein. *J. Agric. Food Chem.* 24(4) : 788-795.
- Gnanasambandam, R. and N.S. Hettiarachchy. 1995. Protein concentrates from unstabilized and stabilized rice bran : preparation and properties. *J. of Food Sci.* 60 : 1066-1074.
- Graham, D.E. and M.C. Phillips. 1976. The conformation of proteins at the air-water interface and their role in stabilizing foams. In *Foam*, R.J. Akers (ed.), p 237. Academic Press, New York.
- Haggett, T.O.R. 1976. The whipping, foaming and gelling properties of whey protein concentrates. *N.Z.J. Dairy Sci. Technol.* 11: 244.
- Hansen, Poul M.T. 1992. *Properties of protein extracted from desiccated coconut (coconut, soy protein)*. Available <http://www.thailis.uni.net.th/dao/detail.nsp> June 16, 2001.
- Hansen, P.M.T. and D.H. Black. 1972. Whipping properties of spray-dried complexes from whey protein and carboxymethylcellulose. *J. Food Sci.* 37: 452-456.
- Hermansson, A.M. 1973. Determination of functional properties of protein foods. In J.W.G. Portor, and B.A. Roils, *Problems in human nutrition* (pp. 407-481). London: Academic Press.
- Hermansson, A.M. 1979. Method of studying functional characteristics of vegetable protein. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 56: 272-279.
- Hirotsuka, M., H. Taniguchi, H. Narita and M. Kito. 1984. Functionality and digestibility of highly phosphorylate soybean. *Agric. Biol. Chem.* 48 : 93-100.

- Henter, R.J. 1986. *Foundations of colloid science Vol. 1*. Oxford: Oxford University Press.
- Hsu, D.L., H.K. Leung, M.M. Morad, P.L. Finney and C.T. Leung. 1982. Effect of germination on electrophoresis, functional, and bread-baking properties of yellow pea, lentil, and faba bean protein isolate. *Cereal Chem.* 59 :344-350.
- Israelachvili, J.N. 1992. *Intermolecular and surface forces*. London: Academic Press.
- Jangchud, A. and M.S. Chinnan. 1999. Properties of peanut protein film: sorption isotherm and plastic effect. *Lebersm.-Wiss. U. Technol.* 32: 89-94.
- Jasentuliyana, N., R.B. Toma, J.A. Klavons, and N. Medora. 1998. Beverage cloud stability with isolated soy protein. *J. Sci. Food Agric.* 78: 389-394.
- Johnson, D.W. and S. Kikuchi. 1988. Processing for producing soy protein isolate. In *Proceedings of the world congress on vegetable protein utilization in human food and animal feedstuffs*, T.H. Applewhite (ed.), p. 66-77. American Oil Chemists Society, Champaign, IL.
- Johnson, E.A. and C.J. Brekke. 1983. Functional properties of acylated pea protein isolates. *J. Food Sci.* 48(3) : 722-725.
- Kabirullah, M. and R.B.H. Wills. 1982. Functional properties of acetylated and succinylated sunflower protein isolate. *J. of Food Technology.* 17: 235-236.
- Karleskind, D., I. Laye, C.V. Morr, and T.W. Schenz. 1996. Emulsifying properties of lipid-reduce, and calcium-reduced whey protein concentrates. *J. Food Sci.* 61: 54-58.
- Kato, A. and S. Nakai. 1980. Hydrophobicity determined by a fluorescence method and its correlation with surface properties of proteins. *Biochimica et Biophysica Acta.* 624: 13-20.
- Kato, A., Y. Osako, N. Matsudomi, and K. Kobayashi. 1983. Changes in emulsifying and foaming properties of protein during heat denaturation. *Agric. Biol. Chem.* 47: 33.

- Kato, A., N. Tsutsui, K. Kobayashi and S. Nakai. 1981. Effects of partial denaturation on surface properties of ovalbumin and lysozyme. *Agr. Biol. Chem.* 45: 2755.
- Keshavarz, E. and S. Nakai. 1979. The relationship between hydrophobicity and interfacial tension of proteins. *Biochim. Biophys. Acta.* 575: 269.
- Khalid, E.K., E.E. Babiker and A.H. El Tinay. 2003. Solubility and functional properties of sesame seed proteins as influenced by pH and/or salt concentration. *Food Chem.* 82: 361-366.
- Kim, K.S. and J.S. Rhee. 1990. Effect of acetylation on emulsifying properties of glycinin. *J. Agric. Food Chem.* 38 : 669-674.
- King, T., C. Aguirre and S. dePablo. 1985. Functional properties of lupin protein isolates (*Lupinus albus CV Multolupa*). *J. Food Sci.* 50: 82-87.
- Kinsella, J.E. 1976. Functional properties of protein in food. *A survey Crit. Rev. Food Sci Nutr.* 7 : 219, 280.
- Kinsella, 1979; Kinsella, J.E. 1981. Functional properties of protein: possible relationships between structure and function in foams. *Food Chem.* 7: 273-288.
- Kinsella, J.E., S. Damodaran, and J.B. German. 1985. Physico-chemical and functional properties of oilseed proteins with emphasis on soy protein. *In* New protein food: seed storage proteins, A.M. Altschul, and H.L. Wilcke (ed.), p. 108. Academic Press, New York.
- Kitchener, J.A. and P.R. Mussellwhite. 1968. The theory of stability of emulsions, *In* Emulsion science, P. Sherman (ed.), p 77. Academic Press, London.
- Klein, B.P., A.K. Perry and N. Adair. 1995. Incorporating soy proteins into baked products for use in clinical studies. *Journal of Nutrition.* 125(3S) : 666S-674S.
- Klockeman, D.M., R. Toledo and K.A. Sims. 1997. Isolate and characterization of defatted Canola meal protein. *J. Agric Food Chem.* 45 : 3867-3870.

- Knorr, D. 1980. Protein recovery from food wastes: the influence of various methods of protein coagulation upon yield, quality and properties of potato protein concentrates. *J. Food Sci.* 45 : 1183-1186.
- Knorr, D. 1982. Effects of recovery methods on the functionality of protein concentrates from food processing wastes. *J. Food Proc. Eng.* 5: 215-230.
- Kohyama, K.; Yoshida, M. and Nishinari, K. 1993. Rheological study on gelation of soybean 11S protein by glucono- δ -lactone. *J. Agric. Food Chem.* 40 : 740-744.
- Kohyama, K. Y. Sano, and E. Doi. 1995. Rheological characteristics and gelation mechanism of tofu (soybean curd). *J. Agric. Food Chem.* 43: 1808-1812.
- Kroll, R.D. 1984. Effect of pH on the binding of calcium ion soybean proteins. *Cereal Chem.* 61: 490-495.
- Kron, K.S., D. Bae, K.H. Park and K.C. Rhee. 1996. Aqueous extraction and membrane techniques improve coconut protein concentrate functionality. *J. of Food Sci.* 61: 753-756.
- Lefebvre, A.C. and J.Y. Thebaudin. 1992. Texture formation by association of protein and polysaccharides, for application in meat product manufacture. *Viandes et Product Carues.* 13(2) : 41-48.
- Lewin, S. 1974. Displacement of water and its control of biochemical reactions, pp. 71-78. In J.K. Whitaker and S.R. Tannenbaum. 1977. Food proteins. The AVI Publishing Comp., Inc., Westport, Connecticut.
- Liadakis, G.N., C. Tzia, V. Oreopoulou and C.D. Thomopolos. 1995. Protein isolate from tomato seed meal extraction optimization. *J. of Food Sci.* 60 : 477-482.
- Liceage-Gesualdo, A.M. and E.C.Y. Li-Chan. 1999. Functional properties of fish protein hydrolysis from herring (*Clupea harengus*). *J. Food Sci.* 64(6): 1000-1004.

- Lin, S.Y., P.Y. Chang, C.S. Lai, C.F. Li and C.P. Huang. 1981. *Application of soy protein isolate on the manufacturing of cuttlefish-balls*. Research Report, Food Industry Research and Development Institute. No. E-36, 8 pp.
- Liu, L.H. and T.V. Hang. 1998. Functional properties of acetylated chickpea protein. *J. Food Sci.* 63: 331-337.
- Lu, J.Y., E. Carter and R.A. Chung. 1980. Use of calcium salts for soybean curd preparation. *J. Food Sci.* 45: 32-34.
- Ma, C.-Y., W.S. Lin, K.C. Kwok and F. Kwok. 1997. Isolation and characterization of proteins from soymilk residue (Okara). *Food Research International*. 29 (8) : 799-805.
- Macedo-Silva, A. and et al. 2001. Textured soy protein quantification in commercial hamburger. *J. of Food Composition and Analysis*. 14: 469-478.
- Marquie, C., C. Aymard, J.-L. Cuq, and S. Guilbert. 1995. Biodegradable packaging made from cottonseed flour: formation and improvement by chemical treatments with gossypol, formaldehyde, and glutaraldehyde. *J. Agric. Food Chem.* 43: 2762-2769.
- Marquie, C., A.-M. Tessier, C. Aymard, and S. Guilbert. 1997. HPLC determination of the reactive lysine content of cottonseed protein films to monitor the extent of cross-linking by formaldehyde, glutaraldehyde, and glyoxal. *J. Agric. Food Chem.* 45: 922-926.
- Matsudomi, N.; Sasaki, T.; Kato, A. and Kobayashi, K. 1985. Conformation change and functional properties of acid modified soybean. *Agric. Biol. Chem.* 49 : 1251-1256.
- McClements, D.J. 1999. *Food Emulsions: Principles, Practice, and Techniques*. CRC Press LLC, New York. 378 pp.
- McDonough, F.E., R.E. Hargrove, W.A. Mattingly, L. Posati and J.A. Alford. 1974. Composition and properties of whey protein concentrates from ultrafiltration. *J. Dairy Sci.* 57: 1438-1443.

- McWatters, K.H. and M.R. Holmes. 1979. Influence of pH and salt concentration on nitrogen solubility and emulsification properties. *J. Food Sci.* 44: 770-774.
- Mitchell, J.E. 1976. Foaming and emulsifying properties of proteins. pp. 291-338. In B.J.F. Hudson ed. *Development in Food Protein-4*. Elsevier Applied Science Publishers, London.
- Mohri, M. and Matsushita, S. 1984. Improvement of water absorption of soybean protein by treatment with bromelain. *J. Agric. Food Chem.* 32: 157-167.
- Muguruma, M. and et al. 2002. Soybean and milk proteins modified by transglutaminase improves chicken sausage texture even at reduced levels of phosphate. *Meat Science*.
- Mwasaru, M.A., K. Muhammad, J. Bakar and Y.B. Che Man. 1999a. Effects of isolation technique and conditions on the extractability, physicochemical and functional properties of pigeonpea (*Cajanus cajan*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) protein isolates. I. Physicochemical properties. *Food Chemistry*. 67: 435-443.
- . 1999b. Effects of isolation technique and conditions on the extractability, physicochemical and functional properties of pigeonpea (*Cajanus cajan*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) protein isolates. II. Functional properties. *Food Chemistry*. 67: 445-452.
- Myers, D.J., M.P. Hojilla-Evangelista and L.A. Johnson. 1994. Functional properties of protein extracted from flaked, defatted, whole corn by ethanol/alkali during sequential extraction processing. *JAOCs*. 71(11): 1201-1204.
- Nakai, S. 1983. Structure-function relationships of food proteins with an emphasis on the importance of protein hydrophobicity. *J. Agric. Food Chem.* 31: 676-683.
- Nakai, S., L. Ho, N. Helbig, A. Kato and M.A. Tung. 1980. Relationship between hydrophobicity and emulsifying properties of some plant proteins. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.* 13: 23.

- Nakai, S. and W.D. Powrie. 1981. Modification of proteins for functional and nutritional improvements. *In Cereals: A renewable resource*, Ed. Y. Pomeranz and L. Munck. Amer. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN.
- Ochiai-Yanagi, S.; Miyauchi, H.; Saio, K.; and Watanabe, T. 1978. Modified soybean protein with high water-holding capacity. *Cereal Chem.* 55 (2) : 157-167.
- Ordóñez, C., M.C. Asenjo, C. Benitez and J.T. González. 2001. Obtaining a protein concentrate from integral defatted sunflower flour. *Bioresource Technology.* 78: 187-190.
- Phillips, R.D., M.S. Chinnan, A.L. Branch, J. Miller and K.H. McWatters. 1988. Effects of pretreatment on functional and nutritional properties of cowpea meal. *J. Food Sci.* 53: 805-809.
- Phillips, L.G., S.T. Yawa and J.E. Kinsella. 1991. Neutral salt effects on stability of whey protein isolate foams. *J. Food Sci.* 56: 588-589.
- Pilosof, A.M.R., G.B. Bartholomai, J. Chirife and R. Boquet. 1982. Effect of heat treatment on sorption isotherms and solubility of flour and protein isolates from bean *Phaseolus vulgaris*. *J. Food Sci.* 47: 1288-1290.
- Pomeranz, Y. 1991. *Functional properties of food components*. Academic Press, San Diego. 560 p.
- Potter, N.N. and J.H. Hotchkiss. 1995. *Food science 5th*. Chapman & Hall, USA. 608 pp.
- Quinn, J.R. and D. Paton. 1979. A practical measurement of water hydration capacity of protein materials. *Cereal Chemistry.* 56(1): 38-40.
- Rahma, E.H. and M.S. Narasinga Rao. 1983. Effect of acetylation and succinylation of cottonseed flour on its functional properties. *J. Agric. Food Chem.* 31: 351-355.
- Rakosky, J. 1989. *Protein additives in food service preparations*. Van Nostrand Reinhold, New York. 258 pp.

- Rhim, J.-W., A. Gennadios, C.L. Weller, C. Czeizrat, and M.A. Hanna. 1998. Soy protein isolate-dialdehyde starch films. *Industrial Crops and Product.* 8: 195-203.
- Richert, S.H., C.V. Morr and C.M. Cooney. 1974. Effect of heat and other factors upon foaming properties of whey protein concentrates. *J. Food Sci.* 42-48.
- Rodriguez Patino, J.M., Ma.D.N. Delgado, and J.A. Linares Fernandez. 1995. Stability and mechanical strength of aqueous foams containing food protein. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects.* 99: 65-78.
- Sathe, S.K., S.S. Deshpande and D.K. Salunkhe. 1982. Functional properties of winged bean protein. *J. Food Sci.* 47: 491-498.
- Sánchez-Vioque, R., A. Clemente, J. Vioque, J. Bautista and F. Millán. 1999. Protein isolates from chickpea (*Cicer arietinum* L.): chemical composition, functional properties and protein characterization. *Food Chemistry.* 64 : 237-243.
- Sheard, P.R., A. Fellows, D.A. Ledward and J.R. Mitchell. 1986. Macromolecular changes associated with the heat treatment of soya isolate. *J. Food Technol.* 21: 55-60.
- Shiga, K. and Y. Nakamura. 1987. Relation between denaturation and some functional properties of soybean protein. *J. Food Sci.* 52: 681-684.
- Shimizu, M., M. Saito, and K. Yamauchi. 1985. Hydrophobicity and emulsifying activity of milk proteins. *Agric. Biol. Chem.* 49: 189.
- Shimada, K. and S. Matsushita. 1980. Relationship between thermo-coagulation of protein and amino acid compositions. *J. Agric. Food Chem.* 28: 413.
- Shimizu, M., M. Saito, and K. Yamauchi. 1985. Hydrophobicity and emulsifying activity of milk proteins. *Agric. Biol. Chem.* 49: 189.
- Smith, G.C., H. Juhn, Z.L. Carpenter, K.F. Mathil and C.M. Carter. 1973. Efficacy of protein additives of emulsion stabilizers in frankfurters. *J. Food Sci.* 38: 849.

- Soetriono, U.S.S. and Z.A. Holmes. 1992. Protein yields and characteristics from acid and salt coagulation of yellow pea (*Pisum sativum* L. Miranda) flour extractions. *J. Agric. Food Chem.* 40(6) : 970-974.
- Sosulski, F.W. 1976. Functional properties of rapeseed flours, concentrates and isolate. *J. Food Sci.* 41: 1349-1352.
- Stephen, A.M. 1995. *Food polysaccharides and their application*. New York : Marcel Dekker. 654 p.
- Sun, N. and W.M. Breene. 1991. Calcium sulfate concentration influence on yield and quality of tofu from five soybean varieties. *J. Food Sci.* 56: 1604-1607.
- Sung, H.Y., H.J. Chen, T.Y. Liu and J.C. Su. 1983. Improvement of the functionalities of soy protein isolate through chemical phosphorylation. *J. Food Sci.* 48(3) : 716-721.
- Swift, C.E. and W.L. Sulzbacher. 1963. Comminuted meat emulsions: factors affecting meat protein as emulsion stabilizers. *Food Technol.* 17: 224.
- Thompson, L.U. 1977. Preparation and evaluation of mung bean protein isolate. *J. Food Sci.* 42(1) : 202-206.
- Tian, S., W.S.A. Kyle and D.M. Small. 1999. Pilot scale isolation of proteins from field peas (*Pisum sativum* L.) for use as food ingredients. *International Journal of Food Science and Technology.* 34 : 33-39.
- Vani, B. and J.F. Zayas. 1995. Wheat germ protein flour solubility and water retention. *J. Food Sci.* 60: 845-848.
- Victor Wu, Y. 1993. Protein isolate from an experimental high-protein wheat and flour. *J. Agric. Food Chem.* 41 (7) : 1048-1052.
- Voghela, M.N. and A. Kilara. 1996. Foaming and emulsifying properties of whey protein concentrates as affected by lipid composition. *J. Food Sci.* 61: 275-280.

- Volkert, M.A. and B.P. Klein. 1979. Protein dispersibility and emulsion characteristics of flour soy products. *J. Food Sci.* 44: 93.
- Voutsinas, L.P., E. Cheung, and S. Nakai. 1983. Relationship of hydrophobicity to emulsifying properties of heat denatured protein. *J. Food Sci.* 48: 26-32.
- Voutsinas, L.P., S. Nakai and V.R. Harwalkar. 1983. Relationships between protein hydrophobicity and thermal functional properties of food proteins. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal.* 16: 185-190.
- Wagner, J.R. and M.C. Anon. 1990. Influence of denaturation, hydrophobicity and sulfhydryl content on solubility and water holding capacity of soy protein isolate. *J. Food Sci.* 55: 765-770.
- Wang, M., N.S. Hettiarachchy, M. Qi, W. Burk and T. Siebnmorgen. 1999. Preparation and functional properties of rice bran protein isolate. *J. Agric. Food Chem.* 47(2) : 411-416.
- Waniska, R.D., J.K. Shetty and J.E. Kinsella. 1981. Protein-stabilized emulsions: effect of modification on the emulsifying activity of bovine serum albumin in a model system. *J. Agric. Food Chem.* 29: 826-832.
- Weadock, K., R.M. Olson, and F.H. Silver. 1984. Evaluation of collagen cross linking techniques. *Biomater. Med. Dev. Artif. Org.* 11: 293-318.
- Weir, G.S.D. 1986. Protein hydrolysates as flavourings. pp. 175-217. *In* Hudson, B.J.F. ed. *Development in Food Protein-4*. Elsevier Applied Science Publishers, London.
- Were, L., N.S. Hettiarachchy and U. Kalapathy. 1997. Modified soy protein with improved foaming and water hydration properties. *J. of Food Sci.* 62 (4) : 821-823.
- Wiseman, M.O. and R.L. Price. 1987. Functional properties of protein concentrates from pressed jojoba meal. *Cereal Chem.* 64(2) : 94-97.

- Wong, D.W.S. 1989. *Mechanical and Theory in Food Chem.* Van Nostrand Reinhold, New York.
- Wu, Y.V. and G.E. Inglett. 1974. Denaturation of plant proteins related to functionality and food applications. A review. *J. of Food Sci.* 39 : 218
- Yamasaki, N. and K. Ikebe. 1992. A new amylase derivative for the preparation of protein-carbohydrate conjugates. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 56: 2091-2092.
- Yasumatsu, K., K. Sawada, S. Moritaka, M. Misaki, J. Tada, T. Wada and K. Ishiss. 1972. Wipping and emulsifying properties of soybean products. *Agricultural Biological Chemistry.* 36: 719-727.
- Youssef, A.M. 1998. Extractability, fractionation and nutritional value of low and high tannins sorghum proteins. *Food Chemistry.* 63(3) : 325-329.
- Zayas, J.F. 1997. *Functionality of proteins in food.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany.

สหกรณ์

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1. ความชื้น โคชวิธี AOAC 32.1.03 (2000) ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม (น้ำหนักแน่นอน) ใส่ในภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอน นำไปอบที่อุณหภูมิ 130 ± 3 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำออกใส่ในภาชนะกันความชื้น (desiccator) ทิ้งไว้เย็น ชั่งน้ำหนักและจดบันทึก คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น
2. เถ้า โคชวิธี AOAC 32.2.09 (2000) ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม (น้ำหนักแน่นอน) ใส่ในภาชนะสำหรับหาเถ้า (crucible) ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน นำตัวอย่างในภาชนะไปเผาให้หมดควัน แล้วจึงนำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียสนาน 2 ชั่วโมงหรือจนเถ้ามีสีขาวเทา และนำออกมาใส่ในภาชนะกันความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนักและจดบันทึก คำนวณหาเปอร์เซ็นต์เถ้า
3. ไขมันและน้ำมัน โคชวิธี AOAC 7.062 1984 (2000) ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบจนน้ำหนักคงที่แล้วที่อุณหภูมิ 130 ± 3 องศาเซลเซียสประมาณ 2 กรัม แล้วนำไปวิเคราะห์หาไขมันด้วยเครื่อง Soxtec apparatus ใช้เวลาสกัดไขมันด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์ นาน 20 นาที เวลารินด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์นาน 30 นาทีและระเหยปิโตรเลียมอีเธอร์นาน 10 นาที จากนั้นนำภาชนะสำหรับหาไขมันไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 ± 3 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที แล้วนำออกมาใส่ในภาชนะกันความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนักและจดบันทึก คำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำมันและไขมัน
4. ไพรติน โคชวิธี AOAC 2.055 1984 (2000) ชั่งตัวอย่าง 0.1-0.2 กรัม (น้ำหนักแน่นอน) ใส่ในหลอด Kjeldahl ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมโปแตสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 10 กรัม และคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) 0.5 กรัม และเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4) 18-25 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปย่อยจนได้สารละลายสีฟ้าใส ทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร นำไปกลั่นโดยเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 60 มิลลิลิตร และใช้สารละลายกรดบอริกเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ที่เติม indicator 2-3 หยด รองรับสิ่งกลั่น กลั่นจนได้สิ่งกลั่นประมาณ 100 มิลลิลิตร นำสิ่งกลั่นที่ได้ไปไตเตรทด้วย 0.1 HCl จนได้สารละลายสีใส ทำแปลงค์เช่นเดียวกับตัวอย่าง คำนวณในรูป

$$\text{ร้อยละ ไพรติน} = (A-B)(N)(1.4)(6.25)/W$$

โดย A = ปริมาตร (มิลลิลิตร) ของกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง

B = ปริมาตร (มิลลิลิตร) ของกรดซัลฟูริกที่ไฮโดรเจนกับแมงกานีส

N = จำนวนนอร์มัลของกรดซัลฟูริก

W = น้ำหนักของตัวอย่าง

5. คาร์โบไฮเดรตและอื่นๆ ใช้วิธีคำนวณ โดยนำองค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ ความชื้น เถ้า ไขมัน และโปรตีน มารวมกันในรูปเปอร์เซ็นต์ แล้วหักลบออกจาก 100 ก็จะได้ปริมาณร้อยละ คาร์โบไฮเดรตและอื่นๆ

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ต้นทุนที่แท้จริงและคุณภาพของผลิตภัณฑ์โปรตีน

การวิเคราะห์สมบัติเชิงหน้าที่และคุณภาพของผลิตภัณฑ์โปรตีน

1. สมบัติการละลาย (Nitrogen solubility)

1.1 ทดสอบการละลายของไนโตรเจน ตามวิธีใน AACC (1976) ดังต่อไปนี้คือ ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ให้ได้น้ำหนักแน่นอน ละลายน้ำกลั่น 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าผสมที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาทีนานต่อเนื่อง 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำส่วนผสมเข้าเครื่องเหวี่ยงแยกแบบควบคุมอุณหภูมิ Sorvall RC 28S ด้วย rotor ขนาด F16/250 ที่ความเร็ว 2000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 28 °C เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนใสไปหาปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Micro-Kjeldahl แล้วคำนวณการละลายของไนโตรเจน (NS) ตามสูตร

$$\% \text{ NS} = \frac{\text{ไนโตรเจนส่วนที่ละลายในน้ำ (กรัม)}}{\text{ไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่าง 5 กรัม}} \times 100$$

1.2 การทดสอบการละลายของโปรตีนที่ pH ต่าง ๆ ตามวิธีไบยูเรต (Biuret) ของ Gornall, et al. (1949)

สารเคมี: น้ำยาไบยูเรต (Biuret reagent) เตรียมโดยใช้คอปเปอร์ซัลเฟต ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) จำนวน 1.5 กรัม และโซเดียมโบรไมด์ไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 300 มิลลิลิตร ขณะเติมกวนตลอดเวลา แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

การหากราฟมาตรฐานของโปรตีนมาตรฐาน: เตรียมสารละลายโปรตีนมาตรฐาน โดยใช้ bovine serum albumin ละลายในน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้น 0-20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปิดเปิดในหลอดทดสอบปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติมสารละลายไบยูเรต 4 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 30 นาที แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ช่วงความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร เขียนกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของโปรตีนของสารละลายโปรตีนมาตรฐาน

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในตัวอย่าง: ใส่น้ำกลั่นตัวอย่างโปรตีนที่มีอยู่ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดทดลองที่แห้งสะอาด จำนวน 1 มิลลิลิตร และเติมสารละลายไบยูเรต 4 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 30 นาที แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืน

แสงในช่วงความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายโปรตีน bovine serum albumin

2. ความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัว (Emulsion activity and stability)

Emulsion activity (EA) และ Emulsion stability (ES) คัดแปลงจากวิธีของ Beuchat (1977) ละลายโปรตีนโดยให้ความเข้มข้นของผงโปรตีนร้อยละ 1.0 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) นำสารละลายโปรตีนมา 30 มิลลิลิตร เติมน้ำมันถั่วเหลือง 20 มิลลิลิตร ทำให้เกิดอิมัลชันโดยการไฮไมจิไนซ์ด้วยเครื่อง Ultra Turax T-25 ที่ 13,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเทอิมัลชันใส่กระบอกควมขนาด 100 มิลลิลิตร วัดค่าปริมาตรของสารละลายโปรตีนที่อุกแยกตัวออกมามีอิมัลชันทิ้งไว้ 60 นาที และหาความคงตัวหลังจากทิ้งไว้ 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของอิมัลชันที่เหลืออยู่จากสูตร

$$\%EA \text{ และ } \%ES = (\text{ปริมาณสารละลายโปรตีนและปริมาณสารละลายทั้งหมดในอิมัลชัน} - \text{น้ำมันที่ออกจากอิมัลชัน}) \times 100 / \text{ปริมาณสารละลายทั้งหมดในอิมัลชัน}$$

3. ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity : WHC)

ตรวจสอบโดยคัดแปลงจากวิธีการของ Quinn และ Paton (1979) โดยใช้ตัวอย่างโปรตีน 1 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex meter ที่ความเร็วสูงสุคนาน 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที นำเข้าเครื่องเหวี่ยงแยกแบบควบคุมอุณหภูมิ Sorvall RC 28S ด้วย rotor ขนาด F28/36 ที่ความเร็ว 8000 รอบต่อนาที (8,175g) อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 15 นาที รินส่วนใสทิ้งแล้วเอียงให้สะเด็ดน้ำประมาณ 15 นาที ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่เหลือ คำนวณสมบัติการจับกับน้ำจากสูตรดังนี้

$$WHC \text{ (g/g)} = \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเหวี่ยง (กรัม)} / \text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)}$$

4. ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน (Oil binding capacity, OBC)

ตรวจสอบโดยคัดแปลงจากวิธีการของ Sosulski (1976) โดยนำตัวอย่างโปรตีน 1 กรัม ผสมกับน้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex meter ที่ความเร็วสูงสุคนาน 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที นำเข้าเครื่องเหวี่ยงแยกแบบควบคุม

อุณหภูมิ Sorvall RC 28S ด้วย rotor ขนาด F24/36 ที่ความเร็ว 8000 รอบต่อนาที (8,175g) อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 15 นาที ซึ่งน้ำหนักตัวอย่างที่เหลือคำนวณสมบัตการจับกับน้ำมันจากสูตรดังนี้

$$\text{OBC (g/g)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังหึ่ง (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)}}$$

5. สมบัติการเกิดฟองและความคงตัว (Foaming activity and stability)

การเกิดฟอง รายงานเป็นค่า Foaming activity (FA) และ Foaming stability (FS) (โดยประยุกต์จากวิธีของ Johnson และ Brekke (1983) และ Liceaga-Gesualdo และ Li-Chan (1999)) เตรียมสารละลายโปรตีนปริมาตร 50 มิลลิลิตร โดยให้มีตัวอย่างผงโปรตีน 30 มิลลิกรัมต่อ มิลลิลิตร ปรับ pH เป็น 6.5 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์หรือสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1.0 นอร์มัล จากนั้น นำมาใส่ในเครื่องปั่น (waring blender) และปั่นผสมที่ความเร็ว ระดับ 4 เป็นเวลา 3 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้น เทใส่กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร อย่างช้า ๆ วัดปริมาตรของโฟมและรายงานเป็นค่า % Foam activity โดย

$$\% \text{ FA} = \frac{\text{ปริมาตรของฟองหลังตีปั่น} - \text{ปริมาตรทั้งหมดก่อนตีปั่น}}{\text{ปริมาตรทั้งหมดก่อนตีปั่น}} \times 100$$

ความคงตัวของฟองตรวจสอบจากการตั้งฟองทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องหลังจากการตีปั่น เป็นเวลา 30 นาที และรายงานเป็นค่า % Foam remaining stability (%FS) โดย

$$\% \text{ FS} = \frac{\text{ปริมาตรของฟองที่เหลืออยู่หลังตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที}}{\text{ปริมาตรของฟองเริ่มต้นทั้งหมด}} \times 100$$

6. สมบัติการเกิดเจล (Gelation)

ตรวจสอบการเกิดเจลตามวิธีของ Coffmann และ Garcia (1977) โดยเตรียมตัวอย่าง โปรตีนความเข้มข้นร้อยละ 2 ถึง 20 โดยประมาณ บีบไลต์หลอดทดลองหลอดละ 5 ลูกบาศก์ เซนติเมตร นำไปต้มในน้ำเดือด 30 นาที แล้วทำให้เย็นทันทีจากนั้นนำไปแช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตรวจสอบระดับความเข้มข้นต่ำสุดของผลิตภัณฑ์โปรตีนที่เกิด เจลได้โดยไม่มีของเหลวแยกตัวออกมา

ภาคผนวก ก

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส
(Hedonic scaling)

ตัวอย่าง

ชื่อผู้ทดสอบ วันที่

คำแนะนำ: กรุณาชิมตัวอย่าง และให้คะแนนตามความรู้สึกของท่านว่าชอบหรือไม่ชอบ ระดับใด โดยการให้คะแนนให้ถือหลักเกณฑ์ต่อไปนี้

- | | | |
|---------------------|---------------|-------------------|
| 1 = ไม่ชอบมากที่สุด | 2 = ไม่ชอบมาก | 3 = ไม่ชอบปานกลาง |
| 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย | 5 = เฉย ๆ | 6 = ชอบเล็กน้อย |
| 7 = ชอบปานกลาง | 8 = ชอบมาก | 9 = ชอบมากที่สุด |

หมายเหตุ: กรุณาบ้วนปากทุกครั้งที่เปลี่ยนตัวอย่าง

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....
กลิ่นรส	.....	.....	.....
เนื้อสัมผัส	.....	.....	.....
ความชอบรวม	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข
ประวัตินักวิจัย

ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นางสาวน้ำทิพย์ วงษ์ประทีป
(ภาษาอังกฤษ) MISS.NAMTHIP WONGPRATHEEP
2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
3. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ต.พลาชุมพล อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000 เบอร์โทรศัพท์ที่ทำงาน 055-267-080 เบอร์โทรสาร 055-267-080
4. ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี	วท.บ.(วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก
ปริญญาโท	วท.ม.(วิทยาศาสตร์การอาหาร) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ปริญญาเอก	ปร.ค.(วิทยาศาสตร์การอาหาร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร