



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง การผลิตโปรตีนถั่วเขียวสกัดเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์บางชนิด

Processing of Mungbean Protein Isolated for
some Meat Products

โดย นายวิวัฒน์ หวังเจริญ
นางสาวสุรียรัตน์ วีระวัฒนากร

ได้รับพิจารณาเห็นชอบจาก...

..... ๕./๖./๓๒ อาจารย์ที่ปรึกษาพิเศษ
(นายกิตติพงษ์ หวงรักษ์)/.../...

..... 15./๖./๓๒ กรรมการของภาควิชา
(นางอนงค์ วรอุไร)

..... 30./๖./๓๒ กรรมการของภาควิชา
(นางระศิพร หาเรือนกิจ)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....
(นายกิตติพงษ์ หวงรักษ์)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ ๑๕ เดือน ๖..... พ.ศ. ๒๕๓๒

๑๗.
๐๗๔๒๓
๑๕๓๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เอาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13698



ปัญหาพิเศษ (45499)

เรื่อง

การผลิตโปรตีนถั่วเขียวสกัดเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์บางชนิด

Processing of Mungbean Protein Isolated for
some Meat Products



T096705

โดย

นายวิวัฒน์ หวังเจริญ
นางสาวสุรียรัตน์ วีระวัฒนาการ

เสนอ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)

ป.พ.

พ.ศ. 2531

๖ ๖๔๒ ๓

๒๕๓๑

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 96705

รับเดือนปี.....

เอกสารนี้เป็นของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



คำนิยม

การทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ ต้องขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์กิติพิงษ์ ห่วงรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่คอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือตลอดเวลาในระหว่างการทำปัญหาพิเศษนี้ นอกจากนี้ต้องขอขอบพระคุณท่านอาจารย์สุวรรณ สุทธิขจร-กิจการ และบริษัท ซี พี ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านวัตถุดิบและคำแนะนำต่าง ๆ ท่านอาจารย์ สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ และคุณนิวัติ ติรวัดน์ แห่งภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำแห่งโปรตีนค้ายเครื่อง Drum dryer และ Spray dryer ท่านอาจารย์พอใจ ลิมพันธ์-อุดม ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ผลทางสถิติ เจ้าหน้าที่ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร เจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ และภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ รวมทั้งเพื่อน ๆ นักศึกษาภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน ตลอดจนเพื่อน ๆ นักศึกษาภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ และภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช ที่คอยให้กำลังใจและช่วยในการประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

และที่จะลืมเสียมิได้ คือ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่น้องทุกคนที่คอยห่วงใยและให้กำลังใจในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

วิวัฒน์ หวังเจริญ
สุวิทย์รัตน์ วีระวัฒนาการ
มีนาคม 2532

บทคัดย่อ

เรื่อง

การผลิตโปรตีนถั่วเขียวสกัดเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์บางชนิด

Processing of Mungbean Protein Isolated for
some Meat Products

ศึกษาความแตกต่างและคุณสมบัติบางประการของโปรตีนถั่วเขียวสกัดที่ได้จากการทำแห้งด้วยวิธีต่างกัน พบว่า การทำแห้งโดยใช้ Hot air oven , Drum dryer และ Spray dryer ได้ปริมาณผลผลิต (% yield dry basis) เท่ากับ 20.3 , 16.9 และ 13.7 % ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์โปรตีนที่ได้มีปริมาณโปรตีนเรียงตามลำดับดังนี้ คือ 79.40 , 78.25 และ 68.80 % สำหรับคุณสมบัติของโปรตีนถั่วเขียวสกัด ได้ทำการศึกษาโดยการนำมาผสมในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ โดยใช้ทดแทนเนื้อไก่ในอัตราส่วน 5 , 10 , 15 และ 20 % ตามลำดับ เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้การทดสอบแบบ Hedonic scale 9-score พบว่า การยอมรับของผู้ชิมซึ่งพิจารณาในแง่ของ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสประกอบกันแล้ว พบว่า ตัวอย่างลูกชิ้นไก่ผสมที่ได้รับการยอมรับมีอัตราการทดแทนของโปรตีนอบแห้งด้วยเครื่อง Drum dryer ได้ 5 % เครื่อง Spray dryer ได้ 15 % และจาก Hot air oven ได้ 10 % ซึ่งตัวอย่างทั้ง 3 นี้ เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติแล้ว พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % เมื่อเปรียบเทียบกับลูกชิ้นไก่

การศึกษาในด้านต้นทุนการผลิต ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ และประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งโดยประมาณแล้ว พบว่า ต้นทุนการผลิตโปรตีนถั่วเขียวสกัดด้วย Hot air oven Drum dryer และ Spray dryer มีต้นทุนกิโลกรัมละ 19.78 , 28.67 และ 47.58 บาท ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาในแง่ของต้นทุนการผลิตโปรตีนอบแห้งด้วยเครื่อง Spray dryer เมื่อทดแทนในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ในอัตราส่วน 15 % มีคะแนนการยอมรับมากที่สุดรองลงมาจากลูกชิ้นไก่ และสามารถลดต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ได้ถึง 23 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	(1)
สารบัญ	
	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
สารบัญตารางภาคผนวก	(4)
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	14
ผลการทดลองและวิจารณ์	20
สรุป	36
ขอเสนอแนะ	37
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก	42



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

1	แสดงปริมาณของสสารและโปรตีนที่ได้จากการสกัด	20
2	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียว	22
3	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนถั่วเขียวอบแห้ง	24
4	แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในค่านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับของลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนถั่วเขียวสกัด 13 ตัวอย่าง	26
5	แสดงองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่	34



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงขั้นตอนการแยกโปรตีนถั่วเขียวและกรรมวิธีการอบแห้ง	17
2	แสดงโปรตีนผงที่ผ่านกรรมวิธีอบแห้งต่าง ๆ กัน	21
3	แสดงลูกชิ้นไก่ที่ทดแทนด้วย โปรตีนที่ได้จากการอบแห้งด้วย Hot air oven ในอัตราส่วน 5 , 10 , 15 %	27
4	แสดงลูกชิ้นไก่ที่ทดแทนด้วย โปรตีนที่ได้จากการอบแห้งด้วย Drum dryer ในอัตราส่วน 5 , 10 , 15 %	28
5	แสดงลูกชิ้นไก่ที่ทดแทนด้วย โปรตีนที่ได้จากการอบแห้งด้วย Spray dryer ในอัตราส่วน 5 , 10 , 15 %	29
6	แสดงลูกชิ้นไก่ผสมสูตรที่ได้รับการยอมรับเมื่อเปรียบเทียบกับลูกชิ้นไก่	33

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
1 Analysis of Variance ของสีลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว 13 ตัวอย่าง	47
2 Analysis of Variance ของกลิ่นลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว 13 ตัวอย่าง	48
3 Analysis of Variance ของรสชาติลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว 13 ตัวอย่าง	49
4 Analysis of Variance ของเนื้อสัมผัสลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว 13 ตัวอย่าง	50
5 Analysis of Variance ของการยอมรับลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว 13 ตัวอย่าง	51

คำนำ

ในปัจจุบันปัญหาการขาดสารอาหารโปรตีน เป็นปัญหาหนึ่งที่สำคัญอย่างยิ่งที่จะได้รับการแก้ไขโดยเร่งด่วน แต่เนื่องจากอาหารประเภทโปรตีนส่วนใหญ่มีราคาสูง ดังนั้นจึงควรที่จะนำแหล่งอาหารโปรตีนอื่น ๆ ที่มีอยู่มาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด ถั่วเขียวซึ่งมีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 20 % ได้ถูกนำมาใช้ในการผลิตถั่วเส้น ซึ่งเป็นอาหารที่ประกอบด้วยแป้งเป็นหลัก ส่วนโปรตีนถั่วเขียวซึ่งมีคุณค่าทางอาหารมากกว่าถั่วไม่คั่วก็มีการนำมาใช้ประโยชน์ จึงได้มีผู้พยายามนำสารละลายโปรตีนดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ โดยนำมาทำให้โปรตีนตกตะกอนแล้วตากแห้งเพื่อขายเป็นวัตถุดิบในการทำอาหารสัตว์ แต่วิธีการดังกล่าวนี้จะเป็นการใช้ประโยชน์ที่ยังไม่คุ้มค่าเท่าที่ควร จึงได้มีผู้พยายามนำโปรตีนจากน้ำทิ้งนี้มาใช้เป็นส่วนผสมของอาหารมนุษย์ จะเป็นการใช้ประโยชน์ที่คุ้มค่ากว่า จึงได้มีการศึกษาถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของโปรตีนจากน้ำทิ้งที่สามารถจะนำมาใช้ประโยชน์ได้ในอุตสาหกรรมอาหาร คุณสมบัติดังกล่าวได้แก่ ความสามารถในการดูดน้ำ ความสามารถในการดูดไขมัน ความสามารถในการเกิดเจล ความสามารถในการเกิดฟอง และความคงตัวของฟอง และคุณสมบัติความเป็นอิมัลซิไฟเออร์ เป็นต้น จึงเป็นการสมควรอย่างยิ่งที่จะนำคุณสมบัติเหล่านี้มาใช้ให้เป็นประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มคุณค่าอาหารในผลิตภัณฑ์อีกด้วย

ได้มีผู้ทดลองใช้โปรตีนถั่วเขียวสกัดในอุตสาหกรรมอาหารหลายประเภท เช่น ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ผลิตภัณฑ์ขนานมจากพืช ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เพื่อทดแทนวัตถุดิบอื่น ๆ ที่นิยมใช้กัน แต่มีราคาสูง เช่น นมผงขาคมันเนยและเคซีน สำหรับในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น ซึ่งถือเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ประเภทลดขนาดบดละเอียดอิมัลชันนั้น เราสามารถนำคุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนถั่วเขียวสกัดมาใช้ให้เป็นประโยชน์ในการเกิด Oil in water (o/w) emulsion ของลูกชิ้นได้ อีกทั้งยังสามารถลดการใช้ปริมาณเนื้อในการผลิต ซึ่งถือเป็นการลดต้นทุนการผลิตอย่างหนึ่ง ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังคงมีคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษารวมวิธีในการผลิตโปรตีนถั่วเขียวสกัดโดยกระบวนการอบแห้งที่ต่างกัน
2. เพื่อนำโปรตีนถั่วเขียวสกัดที่ได้มาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์บางชนิด
3. เพื่อลดต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์บางชนิด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ถั่วเขียว (Mungbean, Green gram) หรือถั่วทอง (Golden gram) เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ประเภทล้มลุก อยู่ในตระกูล Leguminosae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Vigna radiata (L.) Wilzek, Phaseolus aureus Roxb. หรือ Phaseolus radiatus L. (Daisy, 1979) มีชื่อทั่ว ๆ ไปหลายชื่อ เช่น ถั่วเขียวหรือถั่วทอง (ไทย) Bundo (ญี่ปุ่น), Mongo (ฟิลิปปินส์), Chickasaw pea (สหรัฐอเมริกา) เป็นต้น ถั่วเขียวสามารถเจริญเติบโตได้ในดินทุกชนิด แต่ชอบดินร่วนที่มีสภาพเป็นกลาง ในประเทศไทยมีถั่วเขียวอยู่หลายพันธุ์ สามารถแบ่งตามลักษณะของเมล็ดและสีของเปลือกเมล็ดได้ 4 ชนิด คือ ถั่วเขียวเมล็ดมันใหญ่ (Vigna typica) ถั่วเขียวเมล็ดธรรมดาหรือถั่วเขียวเมล็ดค้ำ (Vigna radiata) ถั่วทองหรือถั่วเขียวสีทอง (Phaseolus aureus) และถั่วเขียวผิวค้ำ (Vigna grandis) สำหรับถั่วเขียวพันธุ์ที่รัฐบาลได้ทำการส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะปลูกในปัจจุบัน ได้แก่ ถั่วเขียวพันธุ์ถั่วทอง (ซึ่งจัดอยู่ในพวกถั่วเขียวเมล็ดมันใหญ่) และพันธุ์ถั่วทอง 2 (เป็นถั่วเขียวผิวค้ำ) ซึ่งสามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะทางตอนเหนือคือ จังหวัดเพชรบูรณ์ นครสวรรค์ พิษณุโลก พิจิตร และสุโขทัย เป็นต้น จากการประมาณการเบื้องต้นของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร คาดว่าในปี 2529/30 พื้นที่เพาะปลูกถั่วเขียวจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับปี 2528/29 พื้นที่ปลูกถั่วเขียวปี 2529/30 จะมีประมาณ 3.487 ล้านไร่ เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.78 เมื่อเทียบกับปี 2528/29 แต่คาดว่าผลผลิตถั่วเขียวปี 2529/30 จะเพิ่มขึ้นจากปี 2528/29 คือมีปริมาณทั้งหมด 342,000 ตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.75 ทั้งนี้เนื่องจากผลผลิตต่อไร่ เพิ่มขึ้นจาก 94 กิโลกรัม ในปี 2528/29 เป็น 98 กิโลกรัม ในปี 2529/30 ส่วนปริมาณการใช้ถั่วเขียวพบว่าผลผลิตถั่วเขียวร้อยละ 60-70 เป็นความต้องการเพื่อการส่งออก ที่เหลือร้อยละ 30-40 เป็นผลผลิตที่บริโภคภายในประเทศ โดยแยกเป็นผลผลิตถั่วเขียวที่เข้าโรงงานแปรรูปร้อยละ 20-25 ส่วนร้อยละ 10-15 เป็นผลผลิตที่บริโภคเพื่อการบริโภคโดยตรง

องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียว

Yohe และ Poehlman (1972) ได้ทำการวิเคราะห์โปรตีนจากถั่วเขียว 321 สายพันธุ์ พบว่ามีโปรตีนอยู่ในช่วง 19.1-28.3% AVRDC (1975) รายงานผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียว 89 สายพันธุ์ พบว่ามีโปรตีนระหว่าง 20-26 % คาร์โบไฮเดรต 46-54 % น้ำตาล 4-10 % และเยื่อใย 3-8 % ส่วน Hymowitz และคณะ (1975) ได้รายงานผลการวิเคราะห์ถั่วเขียว 32 สายพันธุ์ ซึ่งได้รับการปรับปรุงพันธุ์ในสหรัฐอเมริกา มาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1971 ว่ามีโปรตีนอยู่ในช่วง 20-23 % (สมชาย, 2523) ต่อมา วุฒิชัย (2526) ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียว 21 สายพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทย พบว่ามีโปรตีน 19.02-24.24 % ความชื้น 6.98-9.46 % เถ้า 3.88-4.55 % ไขมัน 1.03-1.37 % เยื่อใย 0.81-3.24 % และคาร์โบไฮเดรต 59.77-65.91 % นอกจากนี้ยังได้ทำการแบ่งกลุ่มสายพันธุ์ของถั่วเขียวออกเป็น 3 กลุ่ม ตามปริมาณโปรตีน คือ กลุ่มที่มีโปรตีนสูง (23.2-24.3 %) กลุ่มที่มีโปรตีนปานกลาง (22.0-22.9 %) และกลุ่มที่มีโปรตีนต่ำ (19.0-21.7 %)

Coffmann และ Garcia (1977) ได้วิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ ในโปรตีนจากถั่วเขียว พบว่ามีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (Essential amino acid) เช่น ไลซีน (Lysine) และ ลิวซีน (Leucine) สูงถึง 6.69 และ 7.90 กรัมต่อ 16 กรัมไนโตรเจน ตามลำดับ แต่มีกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ คือ เมทไธโอนีน (Methionine) และ ซีสทีน (Cystine) อยู่่น้อย คือ 1.22 และ 0.37 กรัมต่อไนโตรเจน ตามลำดับ

ส่วนไขมันที่สะสมอยู่ในเมล็ดประกอบด้วย กรดไขมัน (Fatty acid) ชนิดต่าง ๆ รวมทั้งกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย คือ กรดลิโนเลอิก (Linoleic acid) สูงประมาณ 32.6 % นอกจากนี้เป็นกรดปาล์มมิติก (Palmitic acid) 28.1 % กรดลิโนลินิก (Linolenic acid) 14.4 % กรดสเตียริก (Stearic acid) 7.8 % กรดโอเลอิก (Oleic acid) 6.4 % กรดอะราชีดิก (Arachidic acid) 0.9 % กรดซีโรติก (Cerotic acid) 6.3 % และกรดบีฮีนิก (Behenic acid) 2.4 % (Daisy, 1979)

สำหรับสารอาหารที่เป็นแร่ธาตุและวิตามินในเมล็ดถั่วเขียวนั้น พบว่า มีโปตัสเซียม 850-1,450 มิลลิกรัม โซเดียม 30-170 มิลลิกรัม แมกนีเซียม 65-125 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 280-580 มิลลิกรัม แคลเซียม 80-330 มิลลิกรัม เหล็ก 11.6 มิลลิกรัม **สังกะสี**

3.6 มิลลิกรัม ไวตามินบี 1 (Thiamine) 0.7 มิลลิกรัม ไวตามินบี 2 (Riboflavin) 0.47 มิลลิกรัม ไนอะซิน (Niacin) 1.8 มิลลิกรัม และไวตามินซี (Ascorbic acid) อีกล็กน้อย ค่อน้ำหนักถั่วเขียว 100 กรัม (Kyllen และ Mc. Crady, 1975)

การสกัดสสารและโปรตีนจากถั่วเขียว

โปรตีนในเมล็ดถั่วเขียวและพืชตระกูลถั่ว สามารถสกัดแยกออกมาได้โดยการสกัด แยกเอาไขมันออกไปก่อนด้วยตัวทำละลาย เช่น ไดเอซิลอีเทอร์ บีโตรีเลียมอีเทอร์ หรือ เฮกเซน แล้วจึงทำการสกัดเอาโปรตีนออกโดยใช้ตัวทำละลายต่าง ๆ เช่น น้ำเป็นตัวทำละลาย อัลบูมิน (Albumin), สารละลายเกลือ (เช่น NaCl 2-10 %) เป็นตัวทำละลาย โกลบูลิน, แอลกอฮอล์ เป็นตัวทำละลายโพรลามีน (Prolamine) ส่วนกลูทีลิน (Glutelin) ไม่ละลายในตัวทำละลายทั้ง 3 ที่กล่าวมาแล้ว (Haurowitz, 1950)

โปรตีนในพืชตระกูลถั่วที่พบมาก คือ อัลบูมินและโกลบูลิน ซึ่งในโมเลกุลของ โปรตีนทั้ง 2 ชนิดนี้มีไอออนอยู่สูง จึงทำให้โปรตีนจากพืชตระกูลถั่วมีคุณค่าอาหารสูงกว่าใน ธัญพืช ซึ่งมีโปรตีนส่วนใหญ่เป็นกลูทีลินและโพรลามีน

สำหรับการสกัดโปรตีนและสสารจากถั่วเขียว มีอยู่ 3 แบบคือ การสกัดเฉพาะ โปรตีนออกจากแป้งถั่วเขียว การสกัดเฉพาะสสารออกจากแป้งถั่วเขียว และการสกัดให้ ได้ทั้งสสารและโปรตีนออกจากแป้งถั่วเขียวในเวลาเดียวกัน ส่วนในการเตรียมแป้งจาก เมล็ดถั่วเขียวทำได้ 2 แบบคือ แบบบดแห้ง (Dry milling) และแบบบดเปียก (Wet milling) การเตรียมแป้งจากเมล็ดถั่วเขียวแบบบดแห้ง ทำโดยการบดถั่วเขียวแห้งให้ละเอียด เป็นแป้ง (Mungbean flour) ด้วยเครื่องตีปั่น (Blender) หรือเครื่องโม่ แล้วสกัด แยกโปรตีนหรือสสารออกจากกากโดยวิธีการกวนหรือคน (Stirring) ให้แป้งถั่วเขียว ผสมกับตัวทำละลาย ส่วนการเตรียมแบบบดเปียกนั้นจะใช้ถั่วเขียวทั้งเมล็ด หรือเมล็ดถั่วเขียว ที่ผ่านการโม่ผ่าซีกแล้วมาแช่น้ำจนนิ่มและเปลือกหลุดออก แล้วจึงโม่หรือบดในตัวทำละลาย แล้วจึงแยกส่วนที่สกัดได้ออกมา (สมชาย, 2523 และ Schech และ Maywald, 1968)

ปริมาณส่วนที่สกัดได้ (สสารหรือแป้ง) จะมากน้อย และมีความบริสุทธิ์ (Purity) (Purity) เพียงใดขึ้นกับปัจจัยหลายประการด้วยกันคือ ขนาดอนุภาค (Partical size)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือความละเอียดของแป้งถั่วเขียว ชนิด ปริมาณ และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของ
 ตัวทำละลาย อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด (Djang และคณะ ,1953 ;
 Krishnarmurthy และ Rao ,1976 ; Schoch และ Maywald , 1968
 และ Shehata และ Thannoun ,1981)

Djang และคณะ (1953) ทำการทดลองแยกโปรตีนจากถั่วเขียว (*Phaseolus aureus*)
 ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.4 โมลาร์ โดยใช้ลึกลับส่วนถั่วเขียวบด
 ละเอียดต่อสารละลายเท่ากับ 5:100 (น้ำหนักต่อปริมาตร) และพบว่า ถ้าใช้ถั่วเขียวบด
 ละเอียดขนาด 60 mesh อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดเป็น 25°C นาน 40 นาที
 จะได้โปรตีนสูงถึง 70.3 % ต่อมา Hang และคณะ (1970) ใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์
 เข้มข้น 0.75 โมลาร์ ในการสกัด โดยใช้อัตราส่วนระหว่างถั่วเขียวบดต่อสารละลาย 5:200
 (น้ำหนักต่อปริมาตร) อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด 25°C นาน 1 ชั่วโมง สามารถ
 แยกโปรตีนได้ 72.25 % Thompson (1977) ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด
 โปรตีนออกจากถั่วเขียวบดละเอียด พบว่า การสกัดโดยใช้สารละลายที่มี pH 9.0 ด้วย
 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1N อัตราส่วนถั่วเขียวบดละเอียดต่อตัวทำละลาย
 เท่ากับ 1:15 ที่อุณหภูมิ 25°C นาน 20 นาที แล้วนำสารละลายโปรตีนที่ได้มาปรับ pH
 ให้เป็น 4 ด้วยกรดเกลือเข้มข้น 1N จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีนสูงถึง 92 % โดยน้ำหนักแห้ง

Coffmann และ Garcia (1977) ได้ทำการสกัดโปรตีนจากถั่วเขียวโดย
 ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.001 N อัตราส่วนถั่วเขียวบดละเอียดต่อตัวทำละลาย
 เท่ากับ 1:20 (น้ำหนักต่อปริมาตร) นาน 1 ชั่วโมง แล้วนำสารละลายโปรตีนมาปรับ pH
 ให้เป็น 4.4-4.5 ด้วยกรดเกลือเข้มข้น 0.5 N แยกตะกอนโปรตีนออก ล้างด้วยสารละลาย
 กรดที่มี pH 4.5 นำตะกอนโปรตีนมาล้างด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับให้เป็นกลางด้วยสารละลาย
 โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 N แล้วทำแห้งโดยใช้ Freeze dryer Shehata
 และ Thannoun(1981) ได้ทดลองสกัดโปรตีนถั่วเขียว โดยใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอ
 เนตเข้มข้น 0.1 N อัตราส่วนระหว่างถั่วเขียวบดละเอียดต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:10
 (น้ำหนักต่อปริมาตร) สามารถสกัดโปรตีนได้ถึง 87.58 %

สมชาย (2523) ทำการแยกสสารพร้อมกับโปรตีนจากถั่วเขียวที่ปลูกในประเทศไทย โดยวิธีการบดถั่วเขียวแบบเปียกกับน้ำ อัตราส่วนแป้งต่อน้ำ 1:3 แล้วกรองด้วยผ้าขาวบางหรือตะแกรงตาถี่แยกส่วนที่เป็นเปลือกให้ค้างอยู่บนตะแกรง และปล่อยให้ส่วนที่เป็นสสารและสารละลายโปรตีนผ่านไป แล้วจึงแยกสสารออกโดยการเหวี่ยงหรือการปล่อยให้สสารตกลงมาเอง (sedimentation) เป็นชั้นสีขาว นาน 30 นาที ถึง 2 ชั่วโมงขึ้นไป หรือใช้การปล่อยให้สสารและสารละลายโปรตีนไหลตามรางไม้ยาวแทนการทิ้งให้ตกตะกอนเองในภาชนะ ซึ่งจะทำให้สสารตกตะกอนแยกออกจากสารละลายโปรตีนตามรางไม้ไปเรื่อย ๆ จนหมด (วิธีนี้ใช้เวลาน้อยกว่า) สสารที่ได้จากการตกตะกอนหลาย ๆ ครั้งจะขาวบริสุทธิ์ แล้วทำให้แห้งโดยการตากแห้งที่อุณหภูมิ 50-60°C เวลา 5 ชั่วโมง บดให้ละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 80 mesh ได้สสารสกัดประมาณ 20.9 % (คิดจากน้ำหนักถั่วเขียวที่ใช้) ส่วนสารละลายโปรตีนนำมาปรับให้มี pH 4.5 ด้วยกรดน้ำส้ม (acetic acid) กรองตะกอนออก ล้างด้วยน้ำ 2-3 ครั้ง แล้วจึงกรองอีกครั้ง นำไปทำให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 80-90°C เป็นเวลา 8-9 ชั่วโมง เมื่อแห้งสนิทแล้วตีป่นเป็นโปรตีนผงจะได้โปรตีนจำนวน 18 % (คิดจากน้ำหนักถั่วเขียวที่ใช้)

วุฒิชัย (2526) ได้ปรับปรุงการสกัดโปรตีนและสสารจากแป้งถั่วเขียวทั้งที่ได้จากการบดแบบแห้งและแบบเปียก สำหรับแบบแห้งเริ่มจากนำถั่วเขียวบดละเอียดมาสกัดด้วยตัวทำละลายในอัตราส่วน 1:40 แล้วนำมาเหวี่ยงแยกของแข็งและส่วนที่ไม่ละลายออกโดยการเหวี่ยงด้วยความเร็ว 12,000-13,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำสารละลายโปรตีนที่ได้มาตกตะกอนที่ pH 4 และทำให้แห้งด้วย Freeze dryer ส่วนสสารที่ได้นำไปตากแดดจนแห้งสนิท แล้วนำมาบดผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh ส่วนการบดแบบเปียกนั้น ใช้วิธีตีป่นถั่วเขียวกับตัวทำละลายด้วยอัตราส่วน 1:5 แล้วเหวี่ยงแยกส่วนที่ไม่ละลาย ด้วยความเร็ว 12,000-13,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที แล้วทำเช่นเดียวกับวิธีแบบแห้งต่อไปจนได้โปรตีนสกัดออกมา

สมชาย (2528) ทำการผลิตโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว โดยการนำแป้งถั่วเขียวมาสกัดโปรตีนด้วยน้ำกลั่นซึ่งปรับ pH เป็น 9.5 ด้วยอัตราส่วน 1:30 ที่อุณหภูมิห้อง กวนผสมด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า นาน 10 นาที เหวี่ยงแยกสารละลายโปรตีนด้วยความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที ปรับ pH สารละลายโปรตีนที่ได้ให้เป็น 4.5 ด้วยกรดเกลือ (6 N)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปล่อยให้ตกตะกอน รินน้ำออก ส่วนที่เหลือแยกน้ำออกโดยใช้เครื่องเหวี่ยง นำตะกอนโปรตีนที่ได้มาละลายน้ำ แล้วปรับให้เป็นกลาง บั่นผสมในเครื่องบั่น กรองผ่านผ้าขาวบางแล้วทำแห้งโดยเครื่อง Spray dryer (ลมร้อนเข้า 190°C ลมร้อนออก 80°C)

คุณสมบัติของโปรตีนถั่วเขียว

Coffmann และ Garcia (1977) ได้ทำการสกัดโปรตีนจากแป้งถั่วเขียว และวิเคราะห์หาปริมาณของกรดอะมิโนเปรียบเทียบกับโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียวพบว่า มีกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ ใกล้เคียงกัน โดยมีปริมาณไลซีนสูง แต่มีเมทไอโอนีนและซีสทีนต่ำ และเมื่อศึกษาถึงคุณสมบัติต่าง ๆ พบว่า โปรตีนสกัดจากแป้งถั่วเขียวมีคุณสมบัติในการละลายของไนโตรเจนดีฟอกควร (50 เปอร์เซ็นต์) เมื่อละลายในสารละลายที่มีความเป็นกรด-ด่าง น้อยกว่า 3 หรือมากกว่า 6 ส่วนความเป็นบัฟเฟอร์นั้นมีช่วงแคบ คือ ในระหว่างค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.5-7.5 เท่านั้น นอกจากนี้เมื่อนำไปตีด้วยเครื่องผสมความเร็วสูง นาน 10 นาที จะเกิดฟองสีเหลืองนวลคล้ายฟองที่เกิดจากไข่ขาว แต่มีความคงตัวน้อยกว่า และพบว่า การเกิดเจลของโปรตีนสกัดนี้มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของโปรตีน คือเมื่อความเข้มข้นน้อยกว่า 7 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) จะได้เจลที่เหลว และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นจนได้เจลที่หนืดขึ้น พบว่าความเข้มข้น 10 % จะได้เจลที่แข็งแรงพอที่แต่ถ้าเพิ่มความเข้มข้นเป็น 12-14 % จะได้เจลที่แข็งเกินไป

Narang และคณะ (1981) พบว่าโปรตีนที่สกัดได้จากแป้งถั่วเขียวด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ แล้วทำการตกตะกอนโปรตีน โดยการปรับความเป็นกรด-ด่าง และแยกน้ำออกโดยการเหวี่ยงแยก ได้โปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุล 62,500 รูปร่าง (conformation) ของโปรตีนมีความคงทนที่อุณหภูมิ 35-85°C

วุฒิชัย (2526) ได้ศึกษารูปร่างของโปรตีนจากถั่วเขียวที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ด้วยกล้อง SEM (scanning electron microscope) ปรากฏว่าโปรตีนจากถั่วเขียวมีรูปร่างและขนาดไม่แน่นอน โดยพบทั้งรูปร่างที่เป็นร่างแหเดี่ยวหรือเรียงเป็นชั้น อาจเกาะกันเป็นก้อนมีรูปร่างที่แน่นอน หรือเป็นสายของโปรตีนที่เกาะกันแน่น

สมชาย (2528) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ ของโปรตีนถั่วเขียวสกัด พบว่าการละลายของโปรตีนถั่วเขียวเข้มข้นมีค่าสูงมาก (NSI-95.85 %) และโปรตีนสกัดจากของเหลือโรงงานวันเส้นมีค่ารองลงมา (NSI= 83.95 %) คุณสมบัติในการจับกับน้ำของโปรตีนถั่วเขียวสกัดมีค่าสูงรองลงมาจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ส่วนโปรตีนถั่วเขียวเข้มข้นนั้นมีความสามารถในการจับกับน้ำได้น้อย คุณสมบัติในการจับกับน้ำมันของโปรตีนจากถั่วเขียวและโปรตีนสกัดจากของเหลือโรงงานวันเส้นมีค่าใกล้เคียงกัน และสูงกว่าโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของโปรตีนจากถั่วเขียว และโปรตีนสกัดจากของเหลือโรงงานวันเส้นที่รองจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ซึ่งสามารถเกิดอิมัลชันได้ก็มาก ความสามารถในการเกิดฟองของโปรตีนสกัดจากของเหลือโรงงานวันเส้นนั้นก็ แต่ไม่ค่อยคงตัว ส่วนโปรตีนจากถั่วเขียวชนิดอื่นเกิดฟองและคงตัวได้ดีพอสมควร ส่วนความสามารถในการเกิดเจลนั้น โปรตีนถั่วเขียวสกัดเกิดเจลได้ดีที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนโปรตีนถั่วเขียวเข้มข้นและโปรตีนสกัดจากของเหลือโรงงานวันเส้นจะเกิดเจลได้ที่ความเข้มข้น 18 เปอร์เซ็นต์

สมจิต (2529) ได้ศึกษาคุณสมบัติของโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว 5 ตัวอย่าง พบว่ามีความสามารถในการดูดน้ำ 2.79-3.08 กรัมต่อโปรตีนสกัด คุณสมบัติในการดูดไขมันมีค่าระหว่าง 2.50-3.01 กรัมต่อกรัมโปรตีนสกัด ความสามารถในการเกิดเจลของโปรตีนสกัดนั้นมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของการเกิดเจลในช่วง 8-18 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) ความสามารถในการคงตัวของอิมัลชันโปรตีนใกล้เคียงกัน เมื่อตั้งทิ้งไว้ 200 นาที จะมีปริมาตรของน้ำที่แยกตัวออกมา 30-35 มิลลิลิตร ความสามารถในการเกิดฟองและความคงตัวของฟองมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นภายหลังการตีให้เกิดฟองประมาณ 40 % และเมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 8 ชั่วโมง จะไม่มีปริมาตรของฟองเหลืออยู่เลย ส่วนในค่านความหนืดนั้น ปรากฏว่ามีลักษณะใกล้เคียงกัน และจะแปรผันตรงกับความเข้มข้นของโปรตีน โดยที่ความเข้มข้นของโปรตีนเพิ่มมากขึ้น ความหนืดจะเพิ่มมากขึ้นด้วย

อรพิน (2531) ได้ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของโปรตีนถั่วเขียว โดยใช้สารประกอบฟอสเฟต พบว่า การปรับปรุงด้วยกรรคฟอสฟอริก 0.1 N จะทำให้โปรตีนถั่วเขียวสกัดมีคุณสมบัติช่วยในการเกิดอิมัลชันและการจับกับน้ำมีค่าเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อปรับปรุงด้วยโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตที่ระดับร้อยละ 2.0 ทำให้คุณสมบัติการดูดซับน้ำมัน ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถในการเกิดช่องและความคงตัวของสองสูงขึ้น

การใช้ประโยชน์จากโปรตีนสกัด

ในปีค.ศ. 1977 Thompson ได้ทดลองผลิตโปรตีนถั่วเขียวสกัด แล้วเสริมในขนมปัง พบว่า สามารถเติมลงไปได้ถึงร้อยละ 10 ของส่วนผสมทั้งหมด โดยที่ขนมปังที่มีปริมาณเท่าปกติ และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

Rasario (1979) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภท meat-like products พบว่า การใช้ extrusion จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์โปรตีนถั่วเขียวที่ใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์ทั้งในด้าน structure และ appearance

Wang และ Hong (1981) ได้ศึกษาถึงการผลิตลูกชิ้นเนื้อบรจกระป๋อง และ ได้ทดลองเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดลงไป พบว่า สามารถเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดลงไปได้ 3 % โดยที่ผู้บริโภคยังยอมรับอยู่

Shiga, Uemori และ Shimoyama (1984) ได้ศึกษาคุณสมบัติการเกิดเจลและการจับกับน้ำของเนื้อไก่ (ground chicken meat) ซึ่งเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดลงในอัตรา 1:1 พบว่า ถ้าใช้ Commercial soybean protein isolate จะทำให้ได้เจลที่แข็งแรงและจับกับน้ำได้ดีกว่าเนื้อไก่เพียงอย่างเดียว เมื่อนำไปให้ความร้อนที่ 50-100° C แต่ถ้าใช้ acid precipitated soybean protein จะไม่ทำให้ได้เจลที่มีความแข็งแรงสูงชัน แต่ความสามารถในการจับกับน้ำจะสูงกว่าเนื้อไก่เพียงอย่างเดียว เมื่อนำไปให้ความร้อนที่ 85-100° C

Del Rosario Maldo (1982) ได้ทดลองทำนํ้านมถั่วเขียวจากนํ้าค้าง ในขบวนการผลิตนํ้าเส้นและแป้งข้าวจ้าว โดยนํ้าถั่วเขียวมาสกัดกับนํ้า ให้ความร้อน 55, 65 และ 75° C นํ้าโปรตีนที่สกัดได้มาทำเครื่องคีมโดยการใส่วานิลาลงไปด้วย พบว่า ผู้บริโภคชอบเครื่องคีมจากโปรตีนถั่วเขียวซึ่งสกัดที่อุณหภูมิ 75° C พร้อมทั้งเติมนํ้าตาลและกลิ่นวานิลา 2 มิลลิลิตรต่อปริมาณเครื่องคีม 100 กรัม

ในปี 2523 สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ได้ทำการทดลองผลิตโปรตีนถั่วเขียวสกัด โดยวิธีบดเปียก แล้วนำมาผลิตเป็นโปรตีนเกษตร(เนื้อเทียม) ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายเนื้อสัตว์ แต่มีกลิ่นเหม็นเขียวของถั่วเขียว

ศรีเมือง (2524) ได้ทำการศึกษาการใช้โปรตีนถั่วเหลืองผสมในการทำไส้กรอกเวียดนาม พบว่าผู้บริโภคโดยทั่วไปยอมรับไส้กรอกเวียดนามที่ผสมโปรตีนถั่วเหลืองแทนเนื้อสัตว์ในปริมาณ 12 % ซึ่งสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้ 9 %

สมจิต (2529) ได้ทดลองผลิตน้ำมันถั่วเขียว พบว่า น้ำมันถั่วเขียวที่มีส่วนผสมดังนี้คือ น้ำโปรตีนจากแป้งถั่วเขียว 80 % วานิลลา 2 % ไขมัน 2 % น้ำตาล 15 % ซีอิ๊ว 1 % เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในระดับชอบเล็กน้อย

และจากคุณสมบัติต่าง ๆ ของโปรตีนถั่วเขียวที่ได้มีผู้ศึกษามา พบว่าน่าจะมีการนำคุณสมบัติต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารได้หลายชนิด จึงสมควรที่จะมีการศึกษาและนำโปรตีนถั่วเขียวมาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ต่อไป

ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น

ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีผู้นิยมบริโภคมากที่สุดชนิดหนึ่งในประเทศไทย ได้แก่ ลูกชิ้น ซึ่งปัจจุบันมีผู้ผลิตลูกชิ้นในรูปอาหารว่างและอาหารประจำวันออกจำหน่ายอย่างแพร่หลาย ลูกชิ้นที่วางจำหน่ายกันในท้องตลาด มีทั้งที่เป็นลูกชิ้นเนื้อวัว ลูกชิ้นเนื้อหมู ลูกชิ้นเนื้อไก่ ลูกชิ้นปลา และลูกชิ้นอื่น ๆ อีกหลายชนิด ซึ่งลูกชิ้นเหล่านี้ต่างก็อาศัยคุณสมบัติบางอย่างในการผลิต คือ การนวดเนื้อสัตว์เหล่านี้ก็เกิดเส้นใยและสามารถบีบเป็นลูกได้ แต่ในทางปฏิบัติ เนื้อที่ใช้ในการผลิตประกอบด้วยมีไฟเบอร์ (meat fibres) เมื่อนำมาสับละเอียดในขั้นตอนแรกของการผลิตลูกชิ้น ไขมันในเนื้อเยื่อไขมันจะพยายามแยกตัวออกมาจากส่วนที่เป็นน้ำ เว้นเสียแต่จะทำให้ไขมันรวมตัวกับโปรตีนของเนื้อเสียก่อน เพื่อให้อนุภาคของไขมันที่เกิดขึ้นขณะสับเนื้อถูกล้อมรอบไว้ด้วยโปรตีน โดยรวมกันเป็นอันหนึ่งอันเดียว ในรูปแบบ ไขมัน-น้ำ-โปรตีน และโปรตีนของเนื้อที่กล่าวมาข้างต้นนี้ก็คือ ไมโอไฟบริล (myofibril) นั่นเอง

พันธิพา (2525) พบว่า ในการผลิตลูกชิ้นเนื้อวัว ควรใช้เนื้อก่อนการเกิด Rigor Mortis หรือเนื้อหลังจากวัวถูกฆ่ามาไม่เกิน 8-12 ชั่วโมง จะได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีสมบัติด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและความเหนียวดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากเนื้อวัวที่ผ่านระยะ Rigor Mortis แล้ว ไม่ว่าจะเป็เนื้อที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นหรืออุณหภูมิแช่แข็งก็ตาม โดยอธิบายเหตุผลว่า Binding property ของเนื้อก่อนการเกิด Rigor Mortis ดีกว่าของเนื้อที่ผ่านการเกิด Rigor Mortis มาแล้ว เพราะ Actin และ Myosin จะรวมตัวกันเป็น Actomyosin ซึ่งมีผลให้การละลายตัวในน้ำ เกลือลดลง นอกจากนี้เนื้อสัตว์ที่ผ่านการแช่เย็นเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้ค่าต่าง ๆ เหล่านี้ลดลง คือ Emulsifying capacity , Water holding capacity , Emulsion Stability และ เปอร์เซนต์ความชื้น ซึ่งมีผลทำให้ เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ และความชุ่มน้ำ (Juiciness) ลดลง ดังนั้น ในกรณีที่ไม่สามารถผลิตลูกชิ้นจากเนื้อวัวสด (ผ่านการฆ่ามาไม่เกิน 8-12 ชั่วโมง) ได้ทันเวลา ก็ควรนำเนื้อนั้นมาแช่แล้วหมักเกลือและเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็นจนพร้อมที่จะผลิต จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับที่ผลิตจากเนื้อวัวสด

การใช้เกลือ 4-4.5 % จะช่วยให้ความสามารถในการรวมตัวกับน้ำของโปรตีน (Water Holding Capacity, WHC) สูงขึ้น และการที่เกลือถูกทำให้เจือจางลง เมื่อมีการเติมน้ำหรือน้ำแข็ง จะมีผลกระทบกระเทือนต่อ WHC ของเนื้อ ดังนั้น การหมักเนื้อด้วยเกลือหรือสับเนื้อกับเกลือเป็นเวลา 30 วินาที ก่อน เพื่อให้เกลือทำปฏิกิริยากับเนื้อในขณะที่ยังเข้มข้นอยู่ (4-4.5 %) ต่อจากนั้นจึงเติมน้ำหรือน้ำแข็งลงไป สำหรับวิธีการสับเนื้อร่วมกับเกลือ ควรจะต้องคำนึงถึงอุณหภูมิของเนื้อด้วย โดยเนื้อจะต้องมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (ต่ำกว่า 3°C) การใช้สารเคมีพวกโพสเฟตก็ช่วยในเรื่อง WHC ของเนื้อได้เช่นกัน (เฮ้ง, 2522)

ในการสับเนื้อร่วมกับเกลือนั้น เกลือจะสกัดโปรตีนไมโอซิน (Myosin) และโปรตีนอื่น ๆ ที่ละลายได้ในเกลือจากไมโอไฟบริลออกมาทำหน้าที่เป็นตัวหุ้มเม็ดไขมันทำให้เกิดการผสมที่คงตัว (Colloidal suspension emulsion) นอกจากนี้เกลือนยังทำหน้าที่ให้รสชาติแก่ผลิตภัณฑ์อีกด้วย (เขาวลัทธิ, กาญจนารัตน์)

เมื่อไมโอไฟบริลลาร์โปรตีน(Myofibrillar protien) ยึดเหนี่ยวไขมัน และน้ำไว้ด้วยกัน จะทำให้โครงสร้างของโปรตีนเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ความสามารถในการรวมตัวกับน้ำลดลง โปรตีนจึงสูญเสียไปบางส่วน จากการศึกษาพบว่า โซเดียมเคซิเนต จะช่วยแก้ปัญหานี้ได้ โดยโซเดียมเคซิเนตจะล้อมรอบไขมันที่เป็นอิสระก่อนการทำงานของ ไมโอไฟบริลลาร์โปรตีน ไมโอไฟบริลลาร์โปรตีนจึงไม่เสียคุณสมบัติในการจับตัวกับน้ำ กล่าวอย่างง่าย ๆ ก็คือ ไมโอไฟบริลลาร์โปรตีนจะทำหน้าที่ทำให้เฟสภายนอก(Outer phase or Continuous phase or Matrix) เกิดการคงตัวอยู่ได้ และนมโปรตีนจะช่วยทำให้เฟสภายใน (Inner phase) ซึ่งเป็นอนุภาคของไขมันคงตัวอยู่ได้ โปรตีนอื่น ๆ ที่นิยมใช้เป็นตัวอิมัลซิไฟเออร์ ได้แก่ ซอยโปรตีน (Soy protein) อัลบูมิน(Albumin) และ บลัดพลาสม(Blood plasm) ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามต้องการเช่นกัน แต่โปรตีนดังกล่าวก็มีข้อเสียเปรียบดังต่อไปนี้ ในแง่เศรษฐกิจ ต้องใช้โปรตีนเหล่านี้ถึง 11 % (ไม่คิดน้ำ) เพื่อให้เกิดเจลลี่ที่ดี ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับไมโอไฟบริลลาร์โปรตีนจะใช้เพียง 0.3-0.8 % เท่านั้น การใช้เนื้อที่มีคุณภาพดีเพื่อให้ได้ไมโอไฟบริลลาร์โปรตีนสูงขึ้น จะมีปริมาณเท่าที่ ต้องการ จะให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากว่า ในแง่เทคนิค โปรตีนที่ได้จากแหล่งอื่นไม่ใช่เนื้อ เมื่อโดนความร้อนจะเกิดการหดตัวจนอาจมีผลทำให้เกิดการแยกตัวของไขมันได้ ซึ่ง จะตรงข้ามกับนมโปรตีนที่มีความคงตัวเมื่อโดนความร้อน แม้ว่าจะใช้ในปริมาณที่ค่อนข้างต่ำ

ดังนั้น การสกัดโปรตีนจากเนื้อเยื่อของเนื้อสัตว์กระทำได้โดยการเค็มเกลือ ฟอสเฟต และน้ำแข็ง ความสำคัญ พร้อมกับทำการสับเนื้อไปด้วย และต้องควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำกว่าจุดลอดเวลา (ต่ำกว่า 3°C) แต่เนื่องจากที่อุณหภูมิทำการรวมตัวของไขมันและโปรตีน เกิดขึ้นได้ไม่ดี ไขมันจะเริ่มรวมตัวกับโปรตีนได้ดีเมื่อมีอุณหภูมิตั้งแต่ 5°C ขึ้นไป ในการแก้ปัญหาที่กระทำโดย ในช่วงแรกของการสับเนื้อจะทำที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อให้เกิดการรวมตัวกับน้ำของโปรตีนและเป็นการสกัดโปรตีนออกมาด้วย ต่อมาในช่วงหลังอุณหภูมิจะค่อย ๆ สูงขึ้น เมื่อเค็มเครื่องปรุงอื่น ๆ และแบ่ง การรวมตัวของไขมันและโปรตีนจะดีขึ้นเอง อุณหภูมิสุดท้ายที่เหมาะสมที่สุดของขบวนการสับเนื้อ คือ $14-16^{\circ}\text{C}$ (เฮ้ง, 2522)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

- 1.1 เมล็ดถั่วเขียวผิวมันที่ซื้อจากตลาดหัวตะเข้ - ไม่ทราบพันธุ์ที่แน่นอน
- 1.2 เนื้อไก่ส่วนนอกจากบริษัท ซี พี ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด

2. อุปกรณ์

- 2.1 เครื่องแก้ว ได้แก่ ปิเปต (Pipette), บิวเรต (Burette), ขวดตวงปริมาตร (Volumetric flasks), ขวดรูปแชมพู (Erlenmeyer flasks) ปีกเกอร์ (beakers)
- 2.2 ภาชนะหาคความชื้น (Moisture cans)
- 2.3 ครุชีเปิด (Crucibles)
- 2.4 ตู้อบ (Hot air oven)
- 2.5 เตาเผา (Muffle)
- 2.6 ชุดเครื่องย่อยโปรตีน (Protein digestive apparatus)
- 2.7 ชุดเครื่องกลั่นขนาดเล็ก (Micro distillation apparatus)
- 2.8 แผ่นให้ความร้อน (Hot plate)
- 2.9 ชุดเครื่องย่อยเพื่อหาเยื่อใย (Fiber digestive apparatus)
- 2.10 ชุดเครื่องมือหาปริมาณไขมัน (Soxhlet)
- 2.11 เครื่องปั่นไฟฟ้า (Blender) Moulinex 241
- 2.12 เครื่องวัดหาความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
- 2.13 เครื่องเหวี่ยงแบบ GR 4.11 ของ Jouan
- 2.14 หม้อหินหมุนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า
- 2.15 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ (Double drum dryer)
- 2.16 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สารเคมี

- 3.1 กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid , HCl)
- 3.2 กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid , H₂SO₄)
- 3.3 คอปเปอร์ซัลเฟต (Cuppersulfate , CuSO₄.5H₂O)
- 3.4 โพแทสเซียมซัลเฟต (Potassiumsulfate , K₂SO₄)
- 3.5 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodiumhydroxide , NaOH)
- 3.6 ปีโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether)
- 3.7 กรดบอริก (Boric acid , H₃BO₃)
- 3.8 เมทิลเรด (Methyl red)
- 3.9 โบรโมครีซอลกรีน (Bromocresol green)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการ

1. การศึกษาความแตกต่างของโปรตีนถั่วเขียวสกัดที่ได้จากกระบวนการอบแห้งต่างกัน

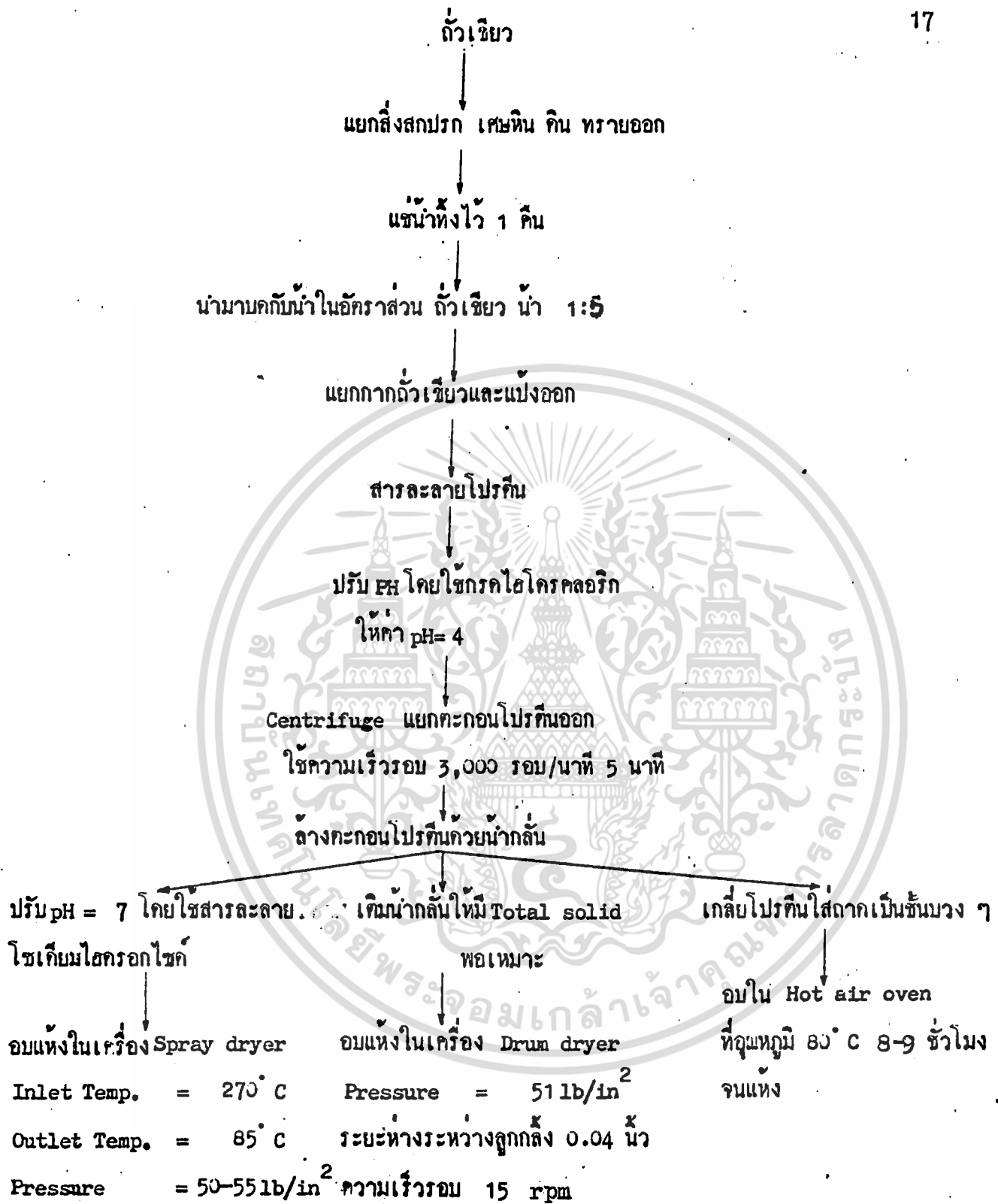
ทำการสกัดโปรตีนถั่วเขียว โดยนำเมล็ดถั่วเขียวมาล้างน้ำแยกสิ่งสกปรกออก แล้วแช่น้ำทิ้งข้ามคืน สกปรกนั้นนำมาบดพร้อมกับน้ำคัวยอัตราส่วน 1 ต่อ 5 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ตามวิธีของวุฒิชัย (2526) ซึ่งอธิบายไว้ว่าเพื่อเป็นการป้องกันการ denatured ของโปรตีนที่อาจเกิดขึ้นได้ในช่วงการบด แยกกากออกจากส่วนที่บดได้ นำสารละลายที่ได้มาเหวี่ยงแยกส่วนที่เป็นสสารขอกักด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที จึงนำสารละลายส่วนใสที่ได้ภายหลังจากการแยกสสารแล้วมาปรับค่าความเป็นกรดค่าให้ถึงไอโซอิเล็กทริกพอยท์ (isoelectric point) ของโปรตีนในถั่วเขียว (pH 4) ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเพื่อให้โปรตีนตกตะกอน เหวี่ยงแยกตะกอนโปรตีนด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที นำตะกอนโปรตีนที่ได้มาทำแห้งโดยใช้วิธีต่างๆกันดังนี้ (ภาพที่ 1)

- ล้างตะกอนโปรตีนด้วยน้ำกลั่นหลายๆครั้ง แล้วนำมาเกลี่ยเป็นชั้นบางๆบนถาด จากนั้นนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 80 -- 90 องศาเซลเซียสใน Hot air oven นาน 8 - 9 ชั่วโมงหรือจนแห้ง ตามวิธีของสมชาย (2523) นำโปรตีนที่แห้งแล้วมาบดเป็นผงละเอียด

- นำตะกอนโปรตีนที่ได้มาปรับค่า Total solid ให้ได้ประมาณ 15 % ด้วยน้ำกลั่น แล้วนำมาทำแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ (Double drum dryer) โดยใช้ steam pressure 51 lb/in² , ระยะห่างลูกกลิ้ง 0.04 นิ้ว , ความเร็วลูกกลิ้ง 15 รอบต่อนาที , อุณหภูมิที่ผิวลูกกลิ้งประมาณ 230 องศาฟาเรนไฮต์ นำโปรตีนที่ทำแห้งแล้วมาบดเป็นผงละเอียด

- นำตะกอนโปรตีนมาปรับค่าความเป็นกรดค่าให้เป็นกลาง (pH 7) ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อทำให้ตะกอนโปรตีนละลาย จากนั้นนำสารละลายโปรตีนที่ได้มากรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อกำจัด particle ใหญ่ๆ ซึ่งอาจจะไปอุดตันในหัวฉีดของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer) แล้วจึงนำเข้าทำแห้งในเครื่อง Spray dryer ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการแยกโปรตีนกล้วยเขียวและกรรมวิธีการอบแห้ง

สำหรับการศึกษาโปรตีนถั่วเขียวสกัดที่ได้จากกระบวนการอบแห้งที่ต่างกันข้าง
ต้น มีดังนี้

1.1 เปรียบเทียบปริมาณ Yield และลักษณะของโปรตีนที่ได้ โดยการหา
ปริมาณผลผลิตเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง (% Dry basis) และสังเกตลักษณะภาย
นอก

1.2 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียว (วัตถุดิบ) และโปรตีนถั่วเขียว
สกัดที่ได้จากแต่ละกระบวนการ โดยวิเคราะห์ปริมาณต่างๆ ดังนี้

- ความชื้น ตามวิธี AOAC (1984) ในภาคผนวก ข.
- ไขมัน ตามวิธี AOAC (1984) ในภาคผนวก ข.
- เยื่อใย ตามวิธี AOAC (1984) ในภาคผนวก ข.
- เถ้า ตามวิธี AOAC (1984) ในภาคผนวก ข.
- โปรตีน ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก AOAC (1984) ในภาคผนวก ข.

สำหรับการวิเคราะห์หาได้โดยการนำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ดังกล่าวมา
รวมกัน แล้วหักออกจาก 100

1.3 ศึกษาคุณสมบัติของโปรตีนถั่วเขียวสกัด ดัดยการใช้เป็น Binder ใน
ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ ตามวิธีการผลิตในภาคผนวก ก. (ใช้โปรตีนถั่วเขียวสกัดทดแทนเนื้อไก่ใน
ปริมาณ 5 , 10 , 15 , 20 % ตามลำดับ)

1.3.1 นำลูกชิ้นไก่ที่ใช้โปรตีนถั่วเขียวสกัดทดแทนมาทดสอบคุณภาพทางประสาท
สัมผัส โดยใช้แบบทดสอบแบบ Hedonic scale-9 score ใช้ผู้ชิมที่เป็นนักศึกษาภาควิชา
อุตสาหกรรมเกษตร ซึ่งจัดเป็น Untrained test panelists จำนวน 20 คน แต่ละคน
จะชิมผลิตภัณฑ์ครบทุกตัวอย่างเปรียบเทียบกับลูกชิ้นไก่ ด้วยการชิมตามลำดับจากลูกชิ้นไก่ ,
ลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนถั่วเขียวสกัดที่อบแห้งโดย Hot air oven , Drum dryer
และ Spray dryer ในอัตราส่วนทดแทน 5 % ไปจนถึง 20 %

ลักษณะที่ใช้ในการทดสอบคือ สี , กลิ่น , รสชาติ , เนื้อสัมผัส และการยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับ นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบ คือ 1 ถึง 9 (1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด , 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด) มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of Varaince และในกรณีที่มีความแตกต่าง นำมาวิเคราะห์ต่อโดยใช้ Duncan's Multiple range.

1.3.2 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของลูกชิ้นไก่เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนถั่วเขียวสกัดที่ได้จากการทำแห้งแต่ละวิธีในอัตราส่วนทดแทนที่ผู้ชิมยอมรับ โดยทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ที่กล่าวมาแล้วในข้อ 1.2

2. การศึกษาต้นทุนการผลิตโปรตีนถั่วเขียวสกัด และลูกชิ้นไก่ในอัตราส่วนผสมที่ผู้ชิมยอมรับ

2.1 ศึกษาต้นทุนการผลิตโปรตีนถั่วเขียวสกัด โดยประเมินจากราคาโปรตีนจากน้ำทิ้งโรงงานขุนเส้น และค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทำแห้ง

2.2 ศึกษาต้นทุนการผลิตลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนถั่วเขียวสกัดในอัตราส่วนทดแทนที่ผู้ชิมยอมรับ โดยประเมินจากราคาเนื้อไก่ , เครื่องปรุงต่าง ๆ และโปรตีนถั่วเขียวสกัดที่ใช้ต่อหน่วยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการสกัดโปรตีนถั่วเขียวที่ผ่านกรรมวิธีอบแห้งต่าง ๆ กัน

สารละลายโปรตีนที่สกัดได้ พบว่ามีสีเขียวเข้ม เนื่องจากมีรงควัตถุ (Pigment) พวกคลอโรฟิลจากเปลือกถั่วซึ่งตีปนรวมกันในขณะสกัด เมื่อนำไปตกตะกอนด้วย 0.1 N. HCl แล้วเหวี่ยงแยกเอเซอร์คและน้ำออก พบว่าสามารถแยกรงควัตถุสีเขียวออกจากตะกอนโปรตีนได้บางส่วน ทำให้ตะกอนมีสีอ่อน เมื่อนำตะกอนมาอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 80°C นาน 9 ชั่วโมง จะได้ตะกอนโปรตีนสีน้ำตาลอ่อน ตะกอนที่ทำแห้งโดยเครื่อง Drum dryer ที่อุณหภูมิ 230°C จะมีสีเหลืองอ่อน ส่วนโปรตีนที่อบแห้งโดยเครื่อง Spray dryer ต้องนำตะกอนโปรตีนมาปรับ pH = 7 ด้วย 2 N. NaOH เพื่อให้ตะกอนละลายเป็นสารละลายไม่อุกตันใน Atomizer พบว่า สารละลายโปรตีนที่ได้มีสีเขียวเข้มเหมือนตะกอนโปรตีนที่สกัดได้ในตอนแรก สารละลายนี้มี Total solid ประมาณ 10.9 % เมื่ออบแห้งด้วยเครื่อง Spray dryer จะได้โปรตีนเป็นผงละเอียดขนาดเล็กลีเขียวเข้ม (ภาพที่ 2)

ในการสกัดโปรตีนถั่วเขียว พบว่า มีปริมาณองค์ประกอบของสคาร์ชและโปรตีน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณของสคาร์ชและโปรตีนที่ได้จากการสกัด

องค์ประกอบที่ได้จากการสกัด	ปริมาณ (%)
สคาร์ช	18.6
โปรตีนอบแห้งโดย Hot air oven	20.3
โปรตีนอบแห้งโดย Drum dryer	16.9
โปรตีนอบแห้งโดย Spray dryer	13.7



โปรตีนที่อบแห้งด้วย Hot air oven



โปรตีนที่อบแห้งด้วย Drum dryer



โปรตีนที่อบแห้งด้วย Spray dryer

ภาพที่ 2 แสดงโปรตีนผงที่ผ่านกรรมวิธีอบแห้งต่าง ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปะหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากวารสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดและคลังข้อมูลวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียว

การนำถั่วเขียวผิวมันจากตลาดมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ เมื่อทำการวิเคราะห์ องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียว พบว่า มีองค์ประกอบทางเคมีดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียว

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (%)
ความชื้น	11.40
โปรตีน	20.56
ไขมัน	0.84
สารเยื่อใย	3.63
เถ้า	3.10
คาร์โบไฮเดรต	60.47

จากตารางที่ 1 และ 2 เมื่อเปรียบเทียบค่า % ผลผลิตในการผลิตโปรตีนถั่วเขียวสกัด และ % โปรตีนในถั่วเขียว จะเห็นได้ว่า การทำแห้งด้วยวิธีต่างกันมีการสูญเสียเกิดขึ้นต่างกัน แต่เนื่องจากกรรมวิธีที่ใช้ในการสกัดโปรตีนเหมือนกัน จึงอาจกล่าวได้ว่า สาเหตุที่ % Yield แตกต่างกันนี้ เนื่องมาจากประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแต่ละชนิด และขั้นตอนในการนำโปรตีนเข้าเครื่องอบแห้ง (Hot air oven เข้าในรูปของตะกอนโปรตีนและ จึงเกิดการสูญเสียน้อย ในขณะที่การอบแห้งด้วยเครื่อง Drum dryer และ Spray dryer จะต้องนำตะกอนโปรตีนที่ได้ไปทำเป็นสารละลายก่อน ซึ่งการนำสารละลายโปรตีนไปอบแห้งเข้าเครื่องทำแห้งทั้ง 2 ดังกล่าว อาจเกิดการสูญเสียขึ้นได้ง่ายในระหว่างการขนย้าย) อย่างไรก็ตาม ในกรณีของการทำแห้งโปรตีนโดยใช้เครื่อง Drum dryer อาจจะป้อนเข้าเครื่องในรูปของ paste แทนในรูปของสารละลายก็ได้

ผลการตรวจสอบคุณสมบัติของโปรตีนถั่วเขียวสกัดอบแห้ง

โปรตีนถั่วเขียวสกัดที่อบแห้งด้วยวิธีต่าง ๆ กัน จะมีลักษณะแตกต่างกันไป คือ โปรตีนถั่วเขียวที่ผ่านการอบแห้งด้วย Hot air oven จะมีลักษณะแข็ง เมื่อนำมาบดละเอียดจะมีลักษณะเป็นผงขนาดเล็ก มีสีน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นถั่วเล็กน้อย ละลายน้ำได้พอควร ส่วนโปรตีนที่ผ่านการอบแห้งโดยเครื่อง Drum dryer จะมีลักษณะเป็น Flake เมื่อนำมาบดจะได้เป็นผงขนาดเล็ก (แต่ขนาดใหญ่กว่าผงโปรตีนอบแห้งด้วย Hot air oven) มีสีเหลืองอ่อน ละลายน้ำได้น้อยกว่าโปรตีนอบแห้งด้วย Hot air oven เนื่องจากตะกอนโปรตีนที่นำไปอบแห้งมีสภาพค่อนข้างเป็นกรด คือ pH ประมาณ 5-6 เมื่อโปรตีนอยู่ในสภาพกรดและผ่านความร้อนสูงโดยตรงจากเครื่อง Drum dryer จะทำให้เกิดการเสียสภาพ (Denatured) ของโปรตีน ทำให้ค่าการละลายลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการผลิตนมผงโดยเครื่อง Drum dryer (สมชาย, 2529) พบว่า เกิดการ Denatured ของโปรตีน ทำให้มีค่าการละลายเพียง 80-85 %

ส่วนโปรตีนที่ผ่านการอบแห้งโดยเครื่อง Spray dryer จะได้โปรตีนที่เป็นผงละเอียดสีเขียวย้ำ (ผงละเอียดเหมือนนมผง) มีกลิ่นหอม การละลายน้ำดีกว่าโปรตีนอบแห้ง 2 ชนิดแรก เนื่องจากการอบแห้งโปรตีนโดยเครื่อง Spray dryer จะต้องปรับ pH ให้เป็นกลาง (pH = 7) ซึ่งเป็นช่วงที่ทำให้โปรตีนถั่วเขียวซึ่งส่วนใหญ่เป็นโกลบูลินมีการละลายได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ (สมชาย, 2528) ที่ได้ศึกษาสมบัติการละลายของโปรตีนถั่วเขียวอบแห้งด้วยเครื่อง Spray dryer พบว่า มีค่าการละลายสูงถึง 95.85 % เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตนมผงด้วยเครื่อง Spray dryer (สมชาย, 2529) พบว่า นมผงที่ได้มีค่าการละลายสูงถึง 95-99 % ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าการละลายของโปรตีนถั่วเขียวผง

นอกจากนี้โปรตีนผงที่ได้จากวิธีการ Spray dry ยังมีคุณสมบัติอื่น ๆ ที่น่าสนใจ คือ คุณสมบัติในการจับกับน้ำ และความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (emulsion) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับโปรตีนถั่วเหลืองสกัด และมีคุณสมบัติในการจับกับน้ำมันสูง เหมาะแก่การนำไปทำเป็นส่วนผสมหรือทดแทนโปรตีนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (สมชาย, 2528)

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนถั่วเขียวสกัด

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนถั่วเขียวสกัดที่ผ่านการอบแห้ง ด้วยวิธีการต่าง ๆ กัน ปรากฏผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนถั่วเขียวอบแห้ง

ตัวอย่าง	ความชื้น ¹	โปรตีน ²	ไขมัน ²	เถ้า ²	คาร์โบไฮเดรต ²
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
โปรตีนอบแห้งโดย Hot air oven	7.20	85.56	0.81	3.32	10.31
โปรตีนอบแห้งโดย Drum dryer	6.68	83.85	0.83	3.24	12.08
โปรตีนอบแห้งโดย Spray dryer	5.72	72.97	3.22	3.80	20.10

1 คือ น้ำหนักสด

2 คือ น้ำหนักแห้ง

จากสภาวะการสกัดที่เหมือนกัน ดังนั้น ค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนในผลิตภัณฑ์โปรตีนถั่วเขียวสกัดควรจะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่จากผลการวิเคราะห์ (ตารางที่ 3) พบว่า โปรตีนอบแห้งโดย Spray dryer มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำผิดปกติ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์โปรตีนของโปรตีนที่อบแห้งด้วย Hot air oven และ Drum dryer มีค่าใกล้เคียงกัน และจากค่าองค์ประกอบอื่น ๆ จะเห็นได้ว่า โปรตีนที่ได้จากการทำแห้งโดย Spray dryer นั้น มีค่าองค์ประกอบอื่น ๆ แตกต่างไปจากโปรตีนที่อบแห้งโดย Hot air oven และ Drum dryer ซึ่งอธิบายผลได้ดังนี้

ความชื้น จากตารางที่ 3 พบว่าโปรตีนที่อบแห้งโดยเครื่อง Spray dryer มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำกว่า โปรตีนอบแห้งวิธีอื่น ทั้งนี้เนื่องจากการทำแห้งโดยการพ่นฝอยลมร้อนและโปรตีนสัมผัสกันได้ทั่วถึงกว่าวิธีอื่น จึงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่แห้งกว่า

ไขมัน เนื่องจากโปรตีนที่ได้จากเครื่อง Spray dryer มีขนาดเล็กมาก ซึ่งอาจมีการหลุดลอดผ่าน Thimble ออกมารวมกับไขมันได้ในระหว่างการสกัดไขมัน จึงทำให้น้ำหนักของไขมันที่สกัดได้สูงขึ้น มีผลให้เปอร์เซ็นต์ไขมันสูง (ควรใช้กระดาษกรอง

ห่อหลาย ๆ ชั้น หรือใช้กระดาษกรองที่สามารถกรองได้ละเอียด)

เอก มีค่ามากกว่าวิธีอื่น ๆ เพราะในการทำแห้งต้องปรับค่าความเป็นกรด-
 ค่าง ให้เป็นค่ากลางด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้เกิดเกลือโซเดียมคลอไรด์ เนื่อง
 จากโซเดียมอออน (Na^+) ทำปฏิกิริยากับคลอไรด์อออน (Cl^-) จากกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้
 ในการตกตะกอนโปรตีน

คาร์โบไฮเดรต จากตารางจะเห็นว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากการอบ
 แห้งแต่ละวิธี มีค่าแตกต่างกัน อาจเนื่องจากความผิดพลาดในการแยกแ่งก่อนการตกตะกอน
 ทำให้มีส่วนของของแข็งปนมาด้วย ค่าคาร์โบไฮเดรตจึงสูงกว่าปกติ

ผลการตรวจสอบความชอบของผู้ชิมที่มีต่อลูกชิ้นไก่ผสม

การใช้โปรตีนถั่วเขียวอบแห้งทดแทนเนื้อไก่ในการผลิตลูกชิ้นไก่ในอัตราส่วนต่าง ๆ
 กัน เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสแล้ววิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางที่ 4) พบว่า การทดแทน
 มีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. สี

สีของลูกชิ้นไก่ปกติจะเป็นสีขาวอมเหลืองอ่อนเล็กน้อย เมื่อผสมโปรตีนถั่วเขียว
 อบแห้งทั้ง 3 ชนิดลงในลูกชิ้นไก่ในอัตราการทดแทนเนื้อไก่ทุก ๆ 5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ทำให้
 สีลูกชิ้นไก่ผสมแตกต่างกันจนสามารถแยกออกได้ด้วยตาเปล่า ลูกชิ้นไก่ที่ผสมโปรตีนอบแห้งด้วย
 Hot air oven เมื่อผสมในสัดส่วน 10 % ขึ้นไป สีลูกชิ้นจะคล้ำออกเป็นสีเทาอ่อน ๆ
 และเข้มขึ้นตามปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้น สีจะคล้ายลูกชิ้นหมู ส่วนลูกชิ้นไก่ที่ผสมโปรตีนอบแห้ง
 ด้วย Drum dryer 10 % ขึ้นไป จะเป็นสีเหลืองอ่อน และเข้มขึ้นตามปริมาณโปรตีนที่
 เพิ่มขึ้นเช่นกัน ลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนอบแห้งด้วยเครื่อง Spray dryer 10 % ขึ้นไป
 จะเป็นสีเทาเข้มมากขึ้นตามปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้น เหมือนสีลูกชิ้นเอ็นวัว (ภาพที่ 3,4,5)
 จากผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า คุณลักษณะของสีลูกชิ้นไก่ผสมที่มีอัตราการทด
 แทนด้วยโปรตีนทั้ง 3 ชนิด ในอัตรา 5 % จะมีสีใกล้เคียงกับสีลูกชิ้นไก่มากที่สุด เมื่อเปรียบ
 เทียบกับลูกชิ้นไก่ผสมที่ทดแทนด้วยโปรตีนในอัตราส่วน 10,15, และ 20 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง
 ภาคผนวกที่ 1)

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในคานสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับของลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนถั่วเขียวสกัด 13 ตัวอย่าง

คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์	คะแนนเฉลี่ย (\bar{x})												
	0 %	5 %			10 %			15 %			20 %		
		H	D	S	H	D	S	H	D	S	H	D	S
สี *	7.94 ^a	6.71 ^{ab}	6.60 ^{abc}	6.76 ^{ab}	6.12 ^{bcd}	5.76 ^{bcde}	4.82 ^{cde}	5.18 ^{de}	4.82 ^e	5.00 ^{de}	4.60 ^e	5.30 ^e	3.30 ^f
กลิ่น NS	6.47	6.35	5.88	6.41	5.94	6.35	5.58	5.42	5.67	5.32	5.12	5.39	5.12
รสชาติ *	7.55 ^a	7.05 ^{ab}	6.06 ^{bc}	6.24 ^{abc}	6.81 ^{ab}	6.29 ^{abc}	6.01 ^{bc}	6.46 ^{abc}	6.35 ^{abc}	5.40 ^{cd}	6.29 ^{bc}	6.10 ^{bc}	4.86 ^d
เนื้อสัมผัส *	6.92 ^{bcde}	6.06 ^{defg}	6.29 ^{cdef}	8.35 ^a	5.95 ^{efg}	4.29 ^{ij}	7.29 ^{abc}	5.60 ^{fgh}	3.53 ^j	7.47 ^{ab}	5.15 ^{ghi}	4.60 ^{hi}	7.15 ^{bcd}
การยอมรับ *	7.21 ^{ab}	6.53 ^{bc}	6.53 ^{bc}	7.49 ^a	6.02 ^{bcde}	5.29 ^{ef}	6.47 ^{bcd}	4.76 ^{fg}	4.06 ^g	6.59 ^{bc}	5.45 ^{cdef}	5.35 ^{def}	4.70 ^{fg}

หมายเหตุ	H	D	S	NS	*	ระดับคะแนนที่ใช้	
	แทน	แทน	แทน	ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %	มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %	1 - 3	ไม่ชอบ
	โปรตีนที่ผ่านการอบแห้งโดยใช่ Hot air oven	โปรตีนที่ผ่านการอบแห้งโดยใช่ Drum dryer	โปรตีนที่ผ่านการอบแห้งโดยใช่ Spray dryer			4 - 6	ไม่ค่อยชอบ แต่ยังเป็นที่ยอมรับ
						7 - 9	ชอบ



ภาพที่ 3 แสดงลูกชิ้นไก่ที่หัดแทนด้วยโปรตีนที่ได้จากการอบแห้งด้วย Hot air oven ในอัตราส่วน 5 , 10 , 15 %

- หมายเหตุ
- 1 คือ ลูกชิ้นไก่ที่หัดแทนด้วยโปรตีนอบแห้งในอัตราส่วน 5 %
 - 2 คือ ลูกชิ้นไก่ที่หัดแทนด้วยโปรตีนอบแห้งในอัตราส่วน 10 %
 - 3 คือ ลูกชิ้นไก่ที่หัดแทนด้วยโปรตีนอบแห้งในอัตราส่วน 15 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 แสดงลูกชิ้นไก่ที่ทดแทนควยโปรตีนที่ได้จากการอบแห้งควย Drum dryer ในอัตราส่วน 5 , 10 , 15 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 แสดงลูกชิ้นไก่ที่ทดแทนด้วยโปรตีนที่ได้จากการอบแห้งด้วย Spray dryer ในอัตราส่วน 5 , 10 , 15 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กลิ่น

กลิ่นของโปรตีนถั่วเขียวอบแห้งจะมีกลิ่นเหม็นเขียวของถั่วเล็กน้อย ซึ่งเกิดจากสารพวก volatile compounds ที่มีอยู่ในถั่วเขียว สารเหล่านี้จะถูกทำลายได้ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาพอเหมาะ จากการอบแห้งโปรตีนถั่วเขียวด้วยวิธีการแตกต่างกัน มีผลต่อกลิ่นของโปรตีนอบแห้ง คือ การอบแห้งโปรตีนด้วยตู้อบลมร้อน จะมีกลิ่นเหม็นเขียวของถั่วเพียงเล็กน้อย การอบแห้งด้วย Drum dryer พบว่าไม่มีกลิ่นถั่วเลย ส่วนการอบแห้งด้วยเครื่อง Spray dryer ไม่มีกลิ่นถั่วเช่นกัน แต่มีกลิ่นหอมเหมือนขนมไข่ เมื่อบรรจุในถุงพลาสติก หิ้งไว้นาน 1 เดือน จะมีกลิ่นเหม็นเขียวเล็กน้อย เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยา Oxidation ของสารพวก Volatile compounds ที่มีอยู่ในโปรตีนถั่วเขียวผงนั่นเอง

เมื่อนำโปรตีนถั่วเขียวผงมาทดแทนในลูกชิ้นไก่ พบว่า มีกลิ่นเหม็นเขียวของถั่วอยู่บ้างจนสามารถรู้สึกได้ โดยเฉพาะลูกชิ้นไก่ผสมที่มีโปรตีนอบแห้งด้วย Spray dryer จะมีกลิ่นเหม็นเขียวมากกว่าโปรตีนที่อบแห้งด้วยวิธีอื่น (เนื่องจากโปรตีนอบแห้งด้วย Spray dryer ที่นำมาใช้เป็นโปรตีนที่เก็บไว้นานถึง 1 เดือน) จากการทดลองพบว่า กลิ่นของลูกชิ้นไก่ผสมที่ทดแทนด้วยโปรตีนอบแห้งทั้ง 3 วิธีในอัตราส่วน 5-20 % มีกลิ่นไม่แตกต่างจากลูกชิ้นไก่ (ตารางภาคผนวกที่ 2)

3. รสชาติ

รสชาติของโปรตีนถั่วเขียวอบแห้งจะมีกลิ่นรสน้อย เมื่อนำมาทดแทนในลูกชิ้นไก่ผสมแล้ว พบว่า ทำให้กลิ่นรสของลูกชิ้นไก่ผสมแตกต่างไปจากลูกชิ้นไก่ คือ จะมีรสชาติจืดกว่าลูกชิ้นไก่ปกติ เนื่องจากโปรตีนถั่วเขียวอบแห้งที่ผสมในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น เมื่อนำมาทำผลิตภัณฑ์โปรตีนอบแห้งจะดูดซึมน้ำ เกลือ และองค์ประกอบอื่น ๆ ในส่วนผสม ทำให้ปริมาณของลูกชิ้นไก่ผสมเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 5) ในขณะที่รสชาติจะค่อยลงกว่าปกติ

ในด้านรสชาติของลูกชิ้นไก่ผสม พบว่า สามารถทดแทนด้วยโปรตีนอบแห้งโดย Hot air oven ได้ 15 % โปรตีนจากเครื่อง Drum dryer 15 % และโปรตีนจาก Spray dryer 5 % เท่านั้น ที่ผู้บริโภคสามารถยอมรับได้ (ตารางภาคผนวกที่ 3) จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังกล่าว จะเห็นว่าลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนอบแห้งจากเครื่อง

Spray dryer สามารถทดแทนได้ในอัตราส่วนเพียง 5 % อาจเนื่องมาจากผลข้างเคียงของกลิ่นเหม็นเขียวของโปรตีนผง เพราะโปรตีนที่อบแห้งจากเครื่อง Spray dryer จะมีกลิ่นเหม็นเขียวมากกว่าโปรตีนอบแห้งชนิดอื่น ซึ่งจะส่งผลให้กลิ่นรสของลูกชิ้นไก่ผสมได้ รับการยอมรับน้อยลงด้วย

4. เนื้อสัมผัส

ลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นไก่ผสม จะพิจารณาในแง่ของความเหนียว เนียน เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่อ่อนนุ่ม หรือร่วนจนสากลิ้น

ลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นไก่ผสม ขึ้นอยู่กับ ชนิดและปริมาณของโปรตีนถั่วเขียวอบแห้ง (ตารางที่ 4) ลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนอบแห้งด้วย Hot air oven สามารถทดแทนได้ในปริมาณ 10 % เท่านั้น จึงจะทำให้เนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับลูกชิ้นไก่ ถ้าทดแทนในปริมาณมากกว่านี้จะทำให้ลูกชิ้นไก่ผสมมีลักษณะร่วนชื้น อาจเนื่องจากการที่โปรตีนถูกอบด้วยความร้อนเป็นเวลานาน ทำให้โปรตีนเสียสภาพในการละลาย การจับกับน้ำจะน้อยลง ส่วนในลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนอบแห้งด้วยเครื่อง Drum dryer เมื่อทดแทนในสัดส่วน 5 % จะมีเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับลูกชิ้นไก่ แต่เมื่อทดแทนในปริมาณมากกว่านี้ ลูกชิ้นไก่ผสมจะมีเนื้อสัมผัส ร่วน นุ่ม สากลิ้น เพราะผลึกของโปรตีนมีขนาดใหญ่ สามารถละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อย ส่วนลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนที่อบแห้งด้วยเครื่อง Spray dryer พบว่า เมื่อผสมในลูกชิ้นไก่ จะทำให้เนื้อสัมผัสของลูกชิ้นดีขึ้นกว่าลูกชิ้นไก่ปกติ คือ มีความเหนียว เนียน กรอบ หยุ่น มากกว่า เนื่องจากคุณสมบัติในการเป็น Emulsifier ของโปรตีน แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนมากขึ้น เนื้อสัมผัสที่ดีจะลดลง ทั้งนี้ เนื่องจากโปรตีนจากพืชเมื่อได้รับความร้อน จะเกิดการหดตัว มีผลให้เกิดการแยกตัวของไขมัน ซึ่งจะตรงกันข้ามกับโปรตีนจากสัตว์ที่มีความคงตัวมากกว่าเมื่อได้รับความร้อน

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนอบแห้งด้วยเครื่อง Spray dryer สามารถทดแทนได้ในสัดส่วน 20 % โดยผู้บริโภคสามารถยอมรับได้ (ตารางภาคผนวกที่ 4)

5. การยอมรับ

การยอมรับจะพิจารณาในแง่ของ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสประกอบกัน โดยผู้ชิมให้คะแนนการยอมรับของลูกชิ้นไก่ผสมที่ผลิตจากเนื้อไก่ล้วนมากที่สุด โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ จากการทดลองเมื่อทดแทนโปรตีนตัวเชื่อมอบแห้งด้วยเครื่อง Spray dryer สามารถทดแทนได้ในปริมาณ 15 % ซึ่งได้คะแนนผลการยอมรับรองลงมา จากลูกชิ้นไก่ ส่วนโปรตีนตัวเชื่อมอบแห้งจากเครื่อง Drum dryer สามารถทดแทนได้ในปริมาณ 5 % โดยได้คะแนนรองลงมาจากลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนจากเครื่อง Spray dryer ส่วนโปรตีนอบแห้งด้วย Hot air oven สามารถทดแทนได้ในปริมาณ 10 % และมีคะแนนการยอมรับต่ำสุดในบรรดา 3 ตัวอย่างที่กล่าวมา เนื่องจากความสามารถในการละลายมีมากกว่าโปรตีนอบแห้งจากเครื่อง Drum dryer แต่ทดแทนในปริมาณมากกว่าโปรตีนจาก Drum dryer จึงทำให้มีคะแนนการยอมรับต่ำกว่า ที่ระดับการทดแทนทั้งสามดังกล่าวไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับลูกชิ้นไก่ (ตารางภาคผนวกที่ 5)

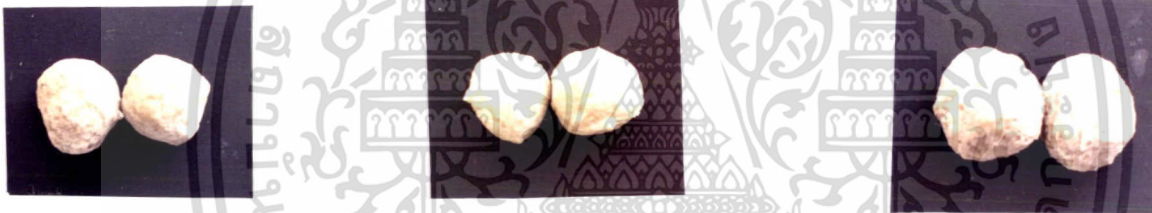
การศึกษารองประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ผสม

ลูกชิ้นไก่ผสมที่ผ่านการคัดเลือกจากผู้ชิมว่าสามารถยอมรับได้ เมื่อเปรียบเทียบกับลูกชิ้นไก่ คือ ลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนตัวเชื่อมจากเครื่อง Drum dryer 5 % ลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนตัวเชื่อมจากเครื่อง Spray dryer 15 % และลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนจาก Hot air oven 10 % (ภาพที่ 6) ซึ่งตัวอย่างที่ได้รับการยอมรับเหล่านี้ เมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้ผลดังตารางที่ 5

จากองค์ประกอบทางเคมีของลูกชิ้นไก่ในอัตราส่วนที่ได้รับการยอมรับ และปริมาณผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ที่ได้จากแต่ละสูตร (ตารางที่ 5) พอจะกล่าวได้ว่า ความชื้นของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ผสมที่มีค่าน้อยกว่าลูกชิ้นไก่นั้น เพราะโปรตีนที่เติมลงไปจะเกิดการดูดซับน้ำและพองตัว ทำให้ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ผสมเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์ความชื้นต่อหน่วยน้ำหนักจึงลดลง ส่วนโปรตีนนั้นอธิบายได้ว่า การที่เปอร์เซ็นต์โปรตีนของลูกชิ้นไก่ผสมที่มีโปรตีนอบแห้งจาก Hot air oven 10 % และ Drum dryer 5% มีค่ามากกว่าโปรตีนในลูกชิ้นไก่ เพราะโปรตีนที่เติมลงไปมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าลูกชิ้นไก่มาก (ดังตารางที่ 5) แต่ในลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนจาก Spray dryer 15 % นั้นมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำกว่าลูกชิ้น



ลูกชิ้นไก่



ก.

ข.

ค.

หมายเหตุ

- ก. คือ ลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนอบแห้งด้วย Hot air oven 10 %
 ข. คือ ลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนอบแห้งด้วย Drum dryer 5 %
 ค. คือ ลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนอบแห้งด้วย Spray dryer 15 %

ภาพที่ 6 แสดงลูกชิ้นไก่ผสมสูตรที่ได้รับการยอมรับเมื่อเปรียบเทียบกับลูกชิ้นไก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณของผลิตภัณฑ์ถูกขึ้นไก่อ

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เถ้า (%)	สารเยื่อใยและคาร์โบไฮเดรต (%)	ปริมาณผลิตภัณฑ์ (ก.ก.)
ถูกขึ้นไก่อ	74.67	20.70	1.87	1.10	1.66	2.274
ถูกขึ้นไก่อผสมโปรตีนจาก Hot air oven	65.90	28.06	1.66	1.79	2.59	2.400
ถูกขึ้นไก่อผสมโปรตีนจาก Drum dryer	70.20	23.73	1.58	1.73	2.76	2.387
ถูกขึ้นไก่อผสมโปรตีนจาก Spray dryer	71.90	19.26	1.47	1.73	5.67	3.040

ไก่ เพราะโปรตีนที่ได้จากการอบแห้งโดย Spray dryer มีความสามารถในการดูดซับน้ำและการพองตัวมากกว่าโปรตีนจากวิธีอื่น และเนื่องจากเค็มลงไปปริมาณที่มากกว่า จึงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นในปริมาณที่มากกว่า เเปอร์ เซนต์โปรตีนต่อหน่วยน้ำหนักจึงน้อยกว่า ดังตารางที่ 5 สำหรับไขมันนั้นการที่เปอร์ เซนต์ไขมันของลูกชิ้นไก่ผสมมีค่าต่ำกว่า เพราะปริมาณไขมันในโปรตีนที่เค็มต่ำกว่าในไก่ และการพองตัวของโปรตีนทำให้มีปริมาณไขมันต่อหน่วยน้ำหนักลดลง ส่วนเด้าและคาร์โบไฮเดรตสามารถอธิบายได้ว่า เนื่องจากปริมาณเด้าและคาร์โบไฮเดรตในโปรตีนตัวเชื่อมวงมีค่าสูง เมื่อนำมาผสมในลูกชิ้นไก่จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีเปอร์ เซนต์ของเด้าและคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับลูกชิ้นไก่

การศึกษาต้นทุนการผลิตโปรตีนตัวเชื่อมวงและลูกชิ้นไก่ผสมสูตรที่ยอมรับ

การศึกษาต้นทุนการผลิตโปรตีนตัวเชื่อมวงโดยวิธีการทำแห้งต่าง ๆ ในพื้นที่ประเมินจากค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ของแต่ละวิธี โดยไม่นำมูลค่าของตัวเชื่อมที่ใช้ในการสกัดโปรตีนมาคิดประกอบ ถือว่าเป็นการนำ Waste จากโรงงานผลิตวันเส้นหรือแป้งตัวเชื่อมมาใช้ (ดูวิธีการคำนวณในภาคผนวก) พบว่า ในการผลิตโปรตีนตัวเชื่อมวงด้วย Hot air oven Drum dryer และ Spray dryer มีต้นทุนราคา กิโลกรัมละ 19.78 , 28.67 และ 47.58 บาท ตามลำดับ (อย่างไรก็ตามราคาต้นทุนจริงอาจผิดพลาดไปบ้างเนื่องจากประสิทธิภาพของเครื่อง Spray dryer และ Drum dryer มีค่าต่ำคือมีค่าเพียง 51.96 % และ 70.3 % ตามลำดับ) และเมื่อศึกษาถึงต้นทุนในการผลิตลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนตัวเชื่อมวงในอัตราส่วนที่ยอมรับของโปรตีนที่ทำแห้งแต่ละวิธี เปรียบเทียบกับลูกชิ้นไก่ พบว่า ต้นทุนการผลิตลูกชิ้นไก่ , ลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนตัวเชื่อมวงที่ทำแห้งด้วย Hot air oven 10 % , Drum dryer 5 % และ Spray dryer 15 % มีค่าดังนี้ 43.97 , 39.98 , 41.42 และ 33.64 บาทต่อกิโลกรัม แสดงว่า เมื่อใช้โปรตีนตัวเชื่อมวงที่ทำแห้งโดยตู้อบลมร้อนในอัตราส่วนที่ยอมรับ คือ 10 % สามารถลดต้นทุนการผลิตได้ 9.07 % เมื่อใช้โปรตีนตัวเชื่อมวงที่ทำแห้งด้วยเครื่อง Drum dryer (ลูกลึงคู่) ในอัตราส่วนที่ยอมรับ คือ 5 % สามารถลดต้นทุนการผลิตได้ 5.8 % และเมื่อใช้โปรตีนตัวเชื่อมวงที่ทำแห้งด้วยเครื่อง Spray dryer ในอัตราส่วนที่ยอมรับ คือ 15 % สามารถลดต้นทุนการผลิตได้ถึง 23.49 %

สรุป

1. การศึกษาความแตกต่างในการผลิตโปรตีนถั่วเขียวสกัดโดยใช้กระบวนการทำแห้งที่ต่างกัน พบว่า การทำแห้งโดยใช้ Hot air oven จะได้ผลิตภัณฑ์โปรตีนในปริมาณที่สูงกว่าและ % โปรตีนที่สูงกว่า แต่อย่างไรก็ตามต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของเครื่องตั้งที่ได้กล่าวนำมาแล้ว ในผลการทดลองด้วย

2. การศึกษาคุณสมบัติของโปรตีนโดยการนำมาใช้ทดแทนเนื้อไก่ในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่ พบว่า ปริมาณโปรตีนถั่วเขียวสกัด ที่สามารถผสมลงไปได้ในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ โดยที่ไม่ทำให้ ลักษณะของลูกชิ้นไก่ผสมผิดไปจากลูกชิ้นไก่มีดังนี้

1. สี สามารถผสมโปรตีนถั่วเขียวสกัดที่ได้จากการทำแห้งทั้ง 3 วิธีลงไปได้ เพียง 5 % เท่านั้น

2. กลิ่น สามารถผสมโปรตีนถั่วเขียวสกัดที่ได้จากการทำแห้งทั้ง 3 วิธีลงไป ได้ถึง 20 % ทั้งนี้เพราะกลิ่นของพริกไทยในส่วนผสมช่วยกลมเกลื่อนกลิ่นของโปรตีนถั่วเขียว สกัดได้

3. รสชาติ สามารถผสมโปรตีนถั่วเขียวสกัดที่ได้จากการทำแห้งด้วย Hot air oven, Drum dryer และ Spray dryer ลงไปได้ 15, 15 และ 5 % ตามลำดับ

4. เนื้อสัมผัส สามารถผสมโปรตีนถั่วเขียวสกัดที่ได้จากการทำแห้งด้วย Hot air oven, Drum dryer และ Spray dryer ลงไปได้ 10, 5 และ 20 % ตามลำดับ

5. การยอมรับ สามารถผสมโปรตีนถั่วเขียวสกัดที่ได้จากการทำแห้งด้วย Hot air oven, Drum dryer และ Spray dryer ลงไปได้ 10, 5 และ 15 % ตาม ลำดับ

แสดงว่าผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ที่ผู้บริโภคทั่วไปยอมรับ ต้องมีโปรตีนถั่วเขียวสกัดที่ได้ จากการทำแห้งด้วย Hot air oven ในอัตราส่วน 10 % หรือ Drum dryer ใน อัตราส่วน 5 % หรือ Spray dryer ในอัตราส่วน 15 % และเมื่อนำมาวิเคราะห์ คุณค่าทางอาหารเปรียบเทียบกับลูกชิ้นไก่ ปรากฏว่ามีปริมาณโปรตีนมากกว่าหรือใกล้เคียงกัน คือ ลูกชิ้นไก่ , ลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนถั่วเขียวสกัดด้วย Hot air oven 10 % ,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Drum dryer 5 % และ Spray dryer 15 % มีปริมาณโปรตีนตามลำดับดังนี้ 20.70 , 28.06 , 23.73 , และ 19.26 %

3. เมื่อศึกษาในด้านการผลิต ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ และประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง พบว่า ต้นทุนการผลิตของโปรตีนถั่วเขียวสกัดที่ทำแห้งด้วย Hot air oven, Drum dryer และ Spray dryer เท่ากับ 19.78 , 28.67 และ 47.58 บาท/ก.ก. ตามลำดับ และต้นทุนการผลิตของลูกชิ้นไก่ , ลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนถั่วเขียวสกัดที่ทำแห้งด้วย Hot air oven 10 % , Drum dryer 5 % , และ Spray dryer 15 % มีค่าดังนี้ 43.97 , 39.98 , 41.42 และ 33.64 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งพบว่า การใช้โปรตีนถั่วเขียวสกัดที่ทำแห้งด้วย Hot air oven 10 % , Drum dryer 5 % และ Spray dryer 15 % สามารถลดต้นทุนในการผลิตได้ 9.07 , 5.8 และ 28.49 % ตามลำดับ ดังนั้น เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนการผลิตประกอบกับผลการยอมรับในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนถั่วเขียวสกัด จะเห็นว่า การใช้โปรตีนอบแห้งด้วย Spray dryer ผสมในลูกชิ้นไก่ในอัตราส่วน 15 % จะสามารถลดต้นทุนการผลิตได้มากที่สุดและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ

ขอเสนอแนะ

1. ในการผลิตโปรตีนสกัดนั้น ควรใช้ของเหลือจากโรงงานนุ่นเส้น หรือสารละลายโปรตีนที่เหลือใช้จากขบวนการผลิตอื่น ๆ เป็นวัตถุดิบ ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิต
2. ในการนำโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวมาเป็นส่วนผสมในลูกชิ้นนั้น ควรใช้ผสมในลูกชิ้นเนื้อหรือหมูมากกว่า เพื่อลดผลของสีที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนารักษ์ ทวีสุข. ไส้กรอก. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- พันธิพา และคณะ. 2525. การเตรียมเครื่องปรุงสำเร็จรูปพร้อมวิธีทำสำหรับผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์บางชนิด. วารสารเคมีวิศวกรรม-เทคโนโลยีทางอาหารและเชื้อเพลิง. 4 (2).
- เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิเชียร. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพฯ.
- จุฬิชัย นาครักษา. 2526. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของพันธุ์ถั่วเขียวที่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- ศรีเมือง มาลีหวล. 2524. การใช้โปรตีนถั่วเหลืองผสมในการทำไส้กรอก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- สมจิต เพิ่มทรัพย์. 2529. คุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ของถั่วเขียวทั้งเมล็ด, สตาร์ช และโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียวสายพันธุ์ต่าง ๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- สมชาย คำรัตน์. 2529. นมผง. บัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.
- สมชาย จอมดวง. 2528. การผลิตและทดสอบลักษณะผลิตภัณฑ์โปรตีนจากถั่วเขียวและถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- สมชาย ประภาวัต. 2523. การใช้ประโยชน์จากถั่วเขียว. เอกสารประกอบการอบรมวิชาชีพประชาชนภาคฤดูร้อน. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารเศรษฐกิจการเกษตรเลขที่ 53/2529. 2529. สถานการณ์ถั่วเขียวปี 2528/29 และแนวโน้มปี 2529/30. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มิถุนายน 2529.

อรพิน ชัยประสพ. 2531. การปรับปรุงสมบัติการใช้ประโยชน์ของโปรตีนถั่วเหลืองและถั่วเขียว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

เฮ็ง สู่เกนแคมป์,มร. 2522. บทบาทของนมโปรตีนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์. เวกเฮล, คี.เอ็ม.วี. เนเธอร์แลนด์.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1984. Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.

Asian Vegetable Research and Development Center (AVRDC). 1975. Mungbean Reports for 1975. Shanhoa, Taiwan, Republic of China : The Office of Information Services at AVRDC.

Collmann, C.W. and V.V. Garcia. 1977. Function Properties and Amino Acid Content of a Protein Isolate from Mungbean Flour. Journal of Food Technology. 12(5): 473-484.

Daisy, E.K. 1979. Food Legumes. London : Tropical Products Institute.

Djang, S.S.T. ; H.A. Lillevek and C.D. Ball. 1953. Factor Affecting Solubilization of the Nitrogenous Constituents of the Mungbean, Phaseolus aureus. Cereal Chemistry. 30(3) : 230-235.

Hang, Y.D. ; K.H. Steinkraus and L.R. Hackler. 1970. Comparative Studies on the Nitrogen Solubility of Mungbeans Red beans and Kidney beans. Journal of Food Science. 35(3) : 313-320.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Hymowitz, T. ; F.I. Collins and J.M. Poehlman. 1975. Relationship Between the Content of Oil, Protein and Sugar in Mungbean Seed. *Tropical Agriculture*. 52(1) : 47-51.
- Krishnamurthy, K.S. and G.R. Rao. 1976. Studies on the Protein of Green Gram. *Indian Food Packer*. 30(1) : 28-33.
- Kylen, A.M. and R.M. McCrady. 1975. Nutrients in Seeds and Sprouts of Alfalfas, Lentils, Mungbeans and Soybeans. *Journal of Food Science*. 40(5) : 1008-1009.
- Narang, A.S., G.S. Bain and I.S. Bhatia. 1981. Physical and hydrodynamic studies on salt soluble protein of mungbean. *Cereal Chem*. 58(2) : 92-96.
- Rosario, R.R. del et al. 1979. Textured Vegetable Proteins. First Symposium on the NSDB-ASEAN Protein Project. University of Phillipines at Los Banos, Laguna, Phillipines.
- Rosario, R.R. and O.M. Maldo. 1982. Mungbean beverage from "sotanghon" (mungbean noodle) washing. *Phillipines Agr*. 65(1) : 103-107.
- Schoch, T.J. and E.C. Maywald. 1968. Preparation and Properties of Various Legume Starchs. *Cereal Chemistry*. 45(11) : 564-573.
- Shehata, A.A.Y. and M.M. Thannoun. 1981. Extractibility of Nitrogenous Constituents from Iraqi Mungbean Affected by pH, Salt Type and Other Factors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 29(1) : 53-57.

- Shiga, K. et al. 1984. Heat-induced gelling properties of ground chicken meat containing soybean protein. Japanese Journal of Zoo Technical Science.
- Thompson, L.U. 1977. Preparation and Evaluation of Mungbean Protein Isolated. Journal of Food Science. 42(1) : 202-206.
- Wong, C.J. ; Hong, C.W. 1981. Canning of Stewed Chinese Meat Balls and Sliced Chinese Ham in Syrup. Food Industry Research and Development Institute.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคนวค ก.

การผลิตลูกชิ้นไก่

อุปกรณ์

1. Blender
2. Spectular
3. มีด
4. ช้อน
5. หม้อต้มน้ำ
6. เครื่องชั่ง

ส่วนผสม

เนื้อไก่ส่วนอก

เกลือ

ผงชูรส

แป้งมันสำปะหลัง

น้ำแข็ง

แอสคอร์บิก

พริกไทย

2

50

5

50

400

5

15

กิโลกรัม

กรัม

กรัม

กรัม

กรัม

กรัม

กรัม

วิธีการ

1. นำเนื้อไก่มาแล่เอาหนังออก หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ และบดให้ละเอียด แฉ่ให้เย็นจัด
 2. นำเนื้อไก่ใส่ในเครื่องสับนวด (Blender) เติมเกลือ แอสคอร์บิก สับเนื้อให้ละเอียด 2-3 นาที เติมน้ำแข็ง 1 ใน 3 ส่วน
 3. เติมผงชูรส พริกไทย และน้ำแข็งที่เหลือ บดจนกระทั่งส่วนผสมละเอียด เนียน และเหนียวดี เติมแป้งและผสมจนเข้ากัน
 4. นำส่วนผสมมาบีบเป็นลูกกลม ๆ ตามต้องการ ในน้ำอุ่น 60°C สักครู่ ซ้อนไปต้มให้เดือดสุกในน้ำร้อน 80°C แล้วนำลูกชิ้นใส่ในน้ำเย็นจนกระทั่งลูกชิ้นเย็นสนิท
 5. นำมาสะเด็ดน้ำให้แห้ง บรรจุถุงพลาสติกปิดสนิทเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ หรือรับประทาน
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1. ความชื้น โดยวิธี AOAC. 14.004 (1984) ซึ่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ให้ได้น้ำหนักแน่นอน ใส่ในภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกใส่ในภาชนะกันความชื้น (Desiccator) ทิ้งให้เย็น ซึ่งน้ำหนัก ปริมาณความชื้นคำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักที่สูญหายไป
2. เถ้า โดยวิธี AOAC. 14.077 (1984) ซึ่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ให้ได้น้ำหนักแน่นอน ใส่ในภาชนะสำหรับหาเถ้า (Crucible) นำไปเผาจนหมดควันก่อน จึงนำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ $550 - 600^{\circ}\text{C}$ นานประมาณ 2 ชั่วโมงหรือจนมีสีขาว-เทา ทิ้งให้เย็นในภาชนะกันความชื้นซึ่งน้ำหนัก ปริมาณเถ้าคำนวณเป็นร้อยละของเถ้าที่เหลืออยู่
3. ไขมัน โดยวิธี AOAC. 7.062 (1984) ซึ่งตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้ง ($105 \pm 3^{\circ}$) จนน้ำหนักคงที่ประมาณ 2 กรัม ให้ได้น้ำหนักแน่นอน นำมาสกัดไขมันด้วยมีโครเลียมอีเทอร์นาน 16 ชั่วโมง ด้วย Soxhlet apparatus แล้วระเหยมีโครเลียมอีเทอร์ออกจากไขมันที่สกัดได้ แล้วอบพลาสติกที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นในภาชนะกันความชื้น ซึ่งน้ำหนักคำนวณหาปริมาณไขมันที่สกัดได้คิดเป็นร้อยละ
4. สารเยื่อใย โดยวิธี AOAC. 7.070 (1984) ซึ่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ให้ได้น้ำหนักแน่นอน สกัดไขมันออกก่อนโดยใช้มีโครเลียมอีเทอร์หรือมีโครเลียมอีเทอร์ตามหัวข้อ 14.084 (ถ้าไขมันน้อยกว่าร้อยละ 1 ก็ไม่จำเป็น) นำตัวอย่างใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 ลบ.ซม. ย่อยด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้นร้อยละ 1.25 จำนวน 200 ลบ.ซม. เป็นเวลา 30 นาที (คอยเขย่าไม่ให้ตัวอย่างติดข้างบีกเกอร์) กรองผ่านผ้าดิสินและล้างด้วยน้ำกลั่นร้อนจนหมดกรด ตัวอย่างที่เหลือนำมาย่อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 จำนวน 200 ลบ.ซม. เป็นเวลา 30 นาที กรองผ่านกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว ล้างด้วยน้ำกลั่นร้อนจนหมดฤทธิ์ล้าง นำตัวอย่างพร้อมกระดาษกรองใส่ในครุซีเบลที่ทราบน้ำหนักแน่นอน อบที่อุณหภูมิ 105°C เวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งน้ำหนักหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตั้งให้เย็นในภาชนะกันความชื้น จากนั้นนำไปเผาตามวิธีการหาเจ้า น้ำน้ำหนักเจ้ามาหักออกจากน้ำหนักที่เหลือหลังย่อยด้วยค่าง ค่าความปริมาณสารเยื่อใยคิดเป็นร้อยละ

5. โปรตีน คัดแปลงจากวิธี AOAC. 2.055 (1984) ซึ่งตัวอย่างประมาณ 0.5 กรัม ให้ได้น้ำหนักแน่นอน ใส่ลงในขวด Kjeldahl โดยไม่ให้เป็นคอขวด เติมโปแตสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) และคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) อัตราส่วน 15:1 จำนวน 5 กรัม แล้วเติมกรดซัลฟูริก 25 ลบ.ซม. นำไปย่อยในตู้ควัน จนได้สารละลายใสหรือไม่มีสี ตั้งทิ้งไว้จนเย็น เติมน้ำกลั่นลงไปเล็กน้อย นำไปกลั่นโดยเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 50 ลงไปประมาณ 10-15 ลบ.ซม. รองรับสิ่งกลั่นด้วยสารละลายกรดบอริก ความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 10 ลบ.ซม. โดยให้ปลายเครื่องควบแน่นจุ่มอยู่ในสารละลายกรดบอริก ซึ่งเติม Mixed indicator ระหว่าง Bromocresol green และ Methyl red ลงไป 2-3 หยด กลั่นจนได้สิ่งกลั่นประมาณ 50 ลบ.ซม. นำสิ่งกลั่นที่ได้ไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนได้สารละลายสีเทาออกชมพู ทำแบลนด์เช่นเดียวกับตัวอย่าง ค่าความในรูป

$$\text{ปริมาณโปรตีนร้อยละ} = \frac{(A-B)(N)(1.4)(6.25)}{W}$$

A = ปริมาตร (ลบ.ซม.) ของกรดซัลฟูริกที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง

B = ปริมาตร (ลบ.ซม.) ของกรดซัลฟูริกที่ใช้ไทเทรตกับแบลนด์

N = จำนวนนอร์มัลของกรดซัลฟูริก

W = น้ำหนักของตัวอย่าง

ภาคผนวก ค.

แบบทดสอบคุณสมบัติด้านประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์
 ผู้ชิม เพศ อายุ ปี

ผู้ชิมทดสอบแล้วให้คะแนน ซึ่งแบ่งเป็น 3 ระดับ ใหญ่ ๆ คือ

- 9
- 8
- 7
- 6
- 5
- 4
- 3
- 2
- 1

ชอบ

ไม่ค่อยชอบ แต่ยังเป็นที่ยอมรับ

ไม่ชอบ

ในระดับเดียวกัน คะแนนที่สูงกว่าหมายถึงคุณภาพดีกว่า
 ตารางให้คะแนน

คุณสมบัติ ตัวอย่าง	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
.....
.....
.....
.....

ข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
 ใดๆ ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 Analysis of Variance ของสีลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนสกัดจาก
ถั่วเขียว 13 ตัวอย่าง

Source of Variation	SS	df.	MS	F	F _{0.01}
Between treatments	238.31	12	19.86	9.79 *	2.18
Within treatments	66.35	19	3.49		
Residual	462.69	228	2.03		
Total	767.35	259			

จากค่า F สามารถอธิบายได้ว่า สีของลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว
13 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

20S 20H 20D 15D 15S 15H 10S 10D 10H 5D 5H 5S C

จากผลการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างในคุณลักษณะทางด้านสี พบว่า ลูกชิ้น
ไก่ผสมที่มีอัตราการทดแทนของโปรตีน Spray dryer 5 % , โปรตีน Hot air oven 5 %
และโปรตีนจาก Drum dryer 5 % ไม่มีความแตกต่างจากลูกชิ้นไก่ที่ระดับความเชื่อมั่น
99 %

หมายเหตุ

- H แทน โปรตีนที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ Hot air oven
D แทน โปรตีนที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ Drum dryer
S แทน โปรตีนที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ Spray dryer
C แทน ลูกชิ้นไก่ที่ไม่ได้ผสมโปรตีนถั่วเขียว

ตารางภาคผนวกที่ 2 Analysis of Variance ของดินลูกรังไผ่สมโปรตีนสกัด
จากถั่วเขียว 13 ตัวอย่าง

Source of Variation	SS	df.	MS	F	F _{0.01}
Between treatments	56.45	12	4.70	2.15 ^{NS}	2.18
Within treatments	196.25	19	10.33		
Residual	498.94	228	2.19		
Total	730.77	259			

จากค่า F สามารถอธิบายได้ว่า ดินของลูกรังไผ่สมโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว
13 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางภาคผนวกที่ 3 Analysis of Variance ของรสชาติลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนสกัด
จากถั่วเขียว 13 ตัวอย่าง

Source of Variation	SS	df.	MS	F	F _{0.01}
Between treatments	124.57	12	10.34	5.45 *	2.18
Within treatments	115.99	19	6.10		
Residual	432.28	228	1.89		
Total	672.84	259			

จากค่า F สามารถอธิบายได้ว่า รสชาติของลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว
13 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

20S 15S 10S 5D 20D 20H 5S 10D 15D 15H 10H 5H C

จากผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณลักษณะทางด้านรสชาติ พบว่า ลูกชิ้น
ไก่ผสมที่มีอัตราการทดแทนของโปรตีนอบแห้งด้วย Spray dryers % , โปรตีนอบแห้งด้วย
Drum dryer 15 % และโปรตีนอบแห้งด้วย Hot air oven 15 % ไม่มีความแตกต่าง
จากลูกชิ้นไก่ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางภาคผนวกที่ 4 Analysis of Variance ของเนื้อสัมผัสลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีน
สกัดจากถั่วเขียว 13 ตัวอย่าง

Source of Variation	SS	df.	MS	F	F _{0.01}
Between treatments	542.89	12	45.24	28.6 *	2.18
Within treatments	120.95	19	6.36		
Residual	360.67	228	1.58		
Total	1024.51	259			

จากค่า F สามารถอธิบายได้ว่า เนื้อสัมผัสของลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนสกัดจาก
ถั่วเขียว 13 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

15D 10D 20D 20H 15H 10H 5H 5D C 20S 10S 15S 5S

จากการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของคุณลักษณะทางกายเนื้อสัมผัส พบว่า
ลูกชิ้นไก่ผสมที่มีอัตราการทดแทนของโปรตีนอบแห้งด้วย Spray dryer 20 % , โปรตีนอบแห้ง
ด้วย Drum dryer 5 % และโปรตีนอบแห้งด้วย Hot air oven 10 % ไม่มีความแตก
ต่างจากลูกชิ้นไก่ที่ระดับความชื้น 99 %

ตารางภาคผนวกที่ 5 Analysis of Variance ของการยอมรับลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีน
สกัดจากถั่วเขียว 13 ตัวอย่าง

Source of Variation	SS	df.	MS	F	F _{0.01}
Between treatments	261.02	12	21.75	13.19*	2.18
Within treatments	147.60	19	7.77		
Residual	376.05	228	1.65		
Total	784.67	259			

จากค่า F สามารถอธิบายได้ว่า การยอมรับลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนถั่วเขียวสกัด
13 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

15-D 20S 15H 10D 20D 20H 10H 10S 5D 5H 15S C 5S

จากการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของการยอมรับในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ผสม
พบว่า ลูกชิ้นไก่ผสมที่มีอัตราการทดแทนของโปรตีนอบแห้งด้วย Spray dryer 15% โปรตีน
อบแห้งด้วย Drum dryer 5% และโปรตีนอบแห้งด้วย Hot air oven 10% ไม่มี
ความแตกต่างจากลูกชิ้นไก่ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ภาคผนวก ง.

1. การศึกษาต้นทุนของโปรตีนถั่วเขียวสกัดที่ได้จากกระบวนการทำแห้งต่างกัน

1.1 โปรตีนถั่วเขียวสกัดที่ทำแห้งด้วย Hot air oven

ราคาโปรตีนจากน้ำทิ้งโรงงานวันเส้นตอกกิโลกรัม	10.00 บาท
* ราคาเชื้อเพลิงเฉลี่ยตอกกิโลกรัม	<u>9.78 บาท</u>
รวม	<u>19.78 บาท</u>

1.2 โปรตีนถั่วเขียวสกัดที่ทำแห้งด้วย Drum dryer

ราคาโปรตีนจากน้ำทิ้งโรงงานวันเส้นตอกกิโลกรัม	10.00 บาท
* ราคาเชื้อเพลิงเฉลี่ยตอกกิโลกรัม	<u>18.67 บาท</u>
รวม	<u>28.67 บาท</u>

1.3 โปรตีนถั่วเขียวสกัดที่ทำแห้งด้วย Spray dryer

ราคาโปรตีนจากน้ำทิ้งโรงงานวันเส้นตอกกิโลกรัม	10.00 บาท
* ราคาเชื้อเพลิงเฉลี่ยตอกกิโลกรัม	<u>37.58 บาท</u>
รวม	<u>47.58 บาท</u>

* ราคาเชื้อเพลิง คิคจากค่าไฟ (กวดังช่องเครื่องเป็นกิโลวัตต์ คูณกับ เวลาเป็นชั่วโมง แล้วคูณด้วย 2.50 บาท) ค่าน้ำมัน หรือค่าแก๊สที่ใช้

2. การศึกษาต้นทุนการผลิตลูกชิ้นไก่ และลูกชิ้นไก่ผสม

2.1 ลูกชิ้นไก่

ไก่ที่ใช่ (2 กิโลกรัม)	80.00 บาท
เครื่องปรุง	20.00 บาท
ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นที่ได้	<u>2.274 ก.ก.</u>
ต้นทุน/หน่วยน้ำหนัก (ก.ก.)	<u>43.97 บาท</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนที่อบแห้งด้วย Hot air oven 10%

ไก่ที่ใช่ (1.8 ก.ก.)	72.00 บาท
เครื่องปรุง	20.00 บาท
โปรตีน (0.2 ก.ก.)	3.96 บาท
ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นที่ได้	<u>2.4</u> ก.ก.
ต้นทุน/หน่วยน้ำหนัก (ก.ก.)	<u>39.98</u> บาท

2.3 ลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนที่อบแห้งด้วย Drum dryer 5%

ไก่ที่ใช่ (1.9 ก.ก.)	76.00 บาท
เครื่องปรุง	20.00 บาท
โปรตีน (0.1 ก.ก.)	2.87 บาท
ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นที่ได้	<u>2.387</u> ก.ก.
ต้นทุน/หน่วยน้ำหนัก (ก.ก.)	<u>41.42</u> บาท

2.4 ลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนที่อบแห้งด้วย Spray dryer 15%

ไก่ที่ใช่ (1.7 ก.ก.)	68.00 บาท
เครื่องปรุง	20.00 บาท
โปรตีน (0.3 ก.ก.)	14.27 บาท
ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นที่ได้	<u>3.04</u> ก.ก.
ต้นทุน/หน่วยน้ำหนัก (ก.ก.)	<u>33.64</u> บาท

3. การศึกษาถึงการลดต้นทุนในการผลิต

3.1 ลูกชิ้นไก่ผสมโปรตีนที่อบแห้งด้วย Hot air oven 10%

$$\frac{43.97 - 39.98}{43.97} \times 100 = 9.07 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ถูกขึ้นไถ่ผสมโปรตีนที่อบแห้งด้วย Drum dryer 5%

$$\frac{43.97 - 41.42}{43.97} \times 100 = 5.8 \%$$

3.3 ถูกขึ้นไถ่ผสมโปรตีนอบแห้งด้วย Spray dryer 15%

$$\frac{43.97 - 33.64}{43.97} \times 100 = 23.49 \%$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้