การผลิตน้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา

นางสาว อรุณี จิตชื่น

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-0896-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRODUCTION OF SEASONING SAUCE FROM SESAME EXTRACTED PROTEIN

Miss Arunee Chitchuen

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Food Technology
Department of Food Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2000

ISBN 974-13-0896-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตน้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา
โดย	นางสาวอรุณี จิตชื่น
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ปานกุล

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล)
.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ปานกุล)
.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตุลยธัญ)
.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.นินนาท ชินประหัษฐ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อรุณี จิตชื่น : การผลิตน้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา
(PRODUCTION OF SEASONING SAUCE FROM SESAME EXTRACTED PROTEIN) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.พัชรี ปานกุล, 168 หน้า. ISBN 974-13-0896-5.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา ขั้นแรกศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงาโดยศึกษาหาอัตราส่วนของกากเมล็ดงาต่อน้ำที่เหมาะสมสำหรับการสกัดโปรตีนที่ pH 10 แปรอัตราส่วนกากเมล็ดงาต่อน้ำเป็น 1:20 1:40 และ 1:60 (น้ำหนักต่อปริมาตร) แปรเวลาเป็น 15 30 และ 45 นาที พบว่าอัตราส่วนและเวลาที่เหมาะสม คือ 1:40 เวลา 30 นาที ($p \leq 0.05$) ต่อมาศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือความเข้มข้น 5 นอร์มอล โดยแปรอัตราส่วนเป็น 1:2 1:2.5 และ 1:3 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ย่อยสลายที่อุณหภูมิ 110°C นาน 6 ชั่วโมง พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 1:2.5 ($p \leq 0.05$) จากนั้นศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายโปรตีนเมล็ดงาด้วยกรดเกลือโดยแปรความเข้มข้นของกรดเกลือเป็น 4 5 และ 6 นอร์มอล แปรเวลาเป็น 2 4 และ 6 ชั่วโมง ย่อยสลายที่อุณหภูมิ 110°C พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลาย คือ อัตราส่วนโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือเป็น 1:2.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ใช้กรดเกลือความเข้มข้น 6 นอร์มอล อุณหภูมิ 110°C เวลา 6 ชั่วโมง ($p \leq 0.05$) ขั้นต่อมาศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการขจัดกลิ่นด้วยคาร์บอนกัมมันต์ร้อยละ 0.1 0.5 และ 1.0 (น้ำหนักต่อปริมาตร) แปรเวลาเป็น 1 และ 2 ชั่วโมง พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการขจัดกลิ่นคือ คาร์บอนกัมมันต์ร้อยละ 0.1 เวลา 2 ชั่วโมง ($p \leq 0.05$) ต่อมาศึกษาการปรับปรุงรสชาติของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา เปรียบเทียบกับโปรตีนถั่วเหลืองย่อยด้วยกรดโดยแปรปริมาณน้ำตาลทรายเป็นร้อยละ 3 และ 5 (โดยน้ำหนัก) และใช้สารเสริมกลิ่นรส ไดโซเดียม 5′ - ไอโนซิเนตกับไดโซเดียม 5′ - กัวไนเลต ในปริมาณร้อยละ 0.02 พบว่า ปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 3 (โดยน้ำหนัก) ($p \leq 0.05$) และพบว่าน้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนสกัดจากเมล็ดงามีคะแนนทางประสาทสัมผัสทางด้านความใส สี กลิ่น และรสชาติ ไม่แตกต่างกับโปรตีนถั่วเหลืองย่อยด้วยกรด ($p > 0.05$)

ภาควิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา.....2543.....

##4072459423 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY
KEY WORD : SESAME / PROTEIN / SEASONING SAUCE

ARUNEE CHITCHUEN : PRODUCTION OF SEASONING SAUCE FROM SESAME EXTRACTED PROTEIN. THESIS ADVISOR : PATCHAREE PANKUN, Ph.D., 168 pp. ISBN 974-13-0896-5.

The objective of this research was to study the optimum conditon for the production of seasoning sauce from sesame extracted protein. First, conditions for isolation of protein from sesame meal were studied, These were ratios of sesame meal to water at 1:20, 1:40 and 1:60 (w/v) and the reaction time at 15, 30 and 45 minutes at pH 10 respectively. The optimum ratios were at 1:40 for 30 minutes. ($p \leq 0.05$) After that, appropriate quantity of 5 N. HCl for the hydrolysis of sesame protein was studied by varying the protein-acid ratio at 1:2, 1:2.5 and 1:3 (w/v) and hydrolysis at 110°C for 6 hours and the optimum condition was at 1:2.5. ($p \leq 0.05$) Thereafter the optimum condition for hydrolysis of sesame protein by HCl was studied by varying the concentration of HCl at 4, 5 and 6 N. at 110°C for 2, 4 and 6 hours. Result showed that the best quality product was obtained by using 6 N. HCl at 110°C for 6 hours. ($p \leq 0.05$) The odor of the resulting sesame protein was further improved by using active carbon as adsorbent at 0.1, 0.5 and 1.0% (w/v). The most appropriate condition found was 0.1% active carbon for 2 hours. After that, the taste of the sesame protein was improved by using sugar at 3% and 5% (w/v) and mixed di sodium 5'- inosinate and di sodium-5' guanilate at 0.02% (w/w) compared with soy protein hydrolysate. The most appropriate condition was found at 3% sugar. Sensory evaluation showed that hydrolysed sesame product was not different in term of clarity, color, aroma and flavour from soy protein hydrolysate. ($p > 0.05$)

Department……..Food Technology…… Student's signature……

Field of study……Food Technology…… Advisor's signature……

Academic year….2000……..

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ปานกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำปรึกษาแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ รวมทั้งช่วงดูแลและอำนวยความสะดวกในระหว่างการศึกษาและดำเนินการวิจัยตลอดมา

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.มณี สงวนดีกุล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ วรรณา ตุลยธัญ และรองศาสตราจารย์ ดร.นินนาท ชินประหัษฐ์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ให้ความช่วยเหลือและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไขงานวิจัยตลอดเรื่อยมา

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงเยาว์ จันทราช อาจารย์ น.สพ.สมเกียรติ ศีลสุทธิ์และอาจารย์โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารทุกท่าน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏจันทรเกษม ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่ในการทำงานวิจัย ตลอดจนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอขอบพระคุณ ดร.สายหยุด จำปาทอง คณะกรรมการมูลนิธิ ดร.สายหยุด จำปาทอง และคณะกรรมการบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนการศึกษาและทุนอุดหนุนการวิจัยแก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณ คุณนฤมิตร จิระหิรัญเสถียร และ คุณนวลจันทร์ เฉลิมรัตน์ บริษัทยูเนียน ฟู้ดส์ อินดัสทรี จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล และจัดเตรียมกากเมล็ดงาสำหรับใช้ในงานวิจัย บริษัทไทยเทพรสผลิตภัณฑ์อาหารจำกัด (มหาชน) คุณนิตยา กอบกัยกิจ และเจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล และตัวอย่างโปรตีนถั่วเหลืองย่อยด้วยกรดสำหรับใช้ในงานวิจัย คุณอภิชาติ ผลเกิด กลุ่มพืชน้ำมัน กองส่งเสริมพืชไร่นา กรมส่งเสริมการเกษตรที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและเอกสารเกี่ยวกับงา คุณวลัยพร ศรีชุมพวงและภาควิชาวิศวกรรมอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ให้บริการตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดออกซาลิก

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ และเจ้าหน้าที่ประจำห้องสารบรรณภาควิชาทุกท่านที่อำนวยความสะดวกทั้งด้านการปฏิบัติการและงานธุรการตั้งแต่เริ่มเข้าศึกษา

ขอขอบคุณ พี่ เพื่อน และน้องทุกท่านที่เป็นกำลังใจ ให้คำปรึกษาและคอยช่วยเหลือ แก้ไขปัญหาต่างๆ อย่างเต็มที่

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ-คุณแม่ คุณลุง และน้องชาย ซึ่งสนับสนุนด้านการศึกษาและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ซ
สารบัญภาพ.....ฐ

บทที่

1. บทนำ..... 1
2. วารสารปริทัศน์..... 3
3. วิธีดำเนินการวิจัย.....41
4. ผลการวิจัย..... 57
5. วิจารณ์ผลการวิจัย..... 92
6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....104

รายการอ้างอิง.....106
ภาคผนวก.....116
ก. วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ลักษณะทางกายภาพและจุลินทรีย์.....117
ข. วิธีวิเคราะห์กรดออกซาลิก.....124
ค. วิธีวิเคราะห์คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของผลิตภัณฑ์.....127
ง. การวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน.....132
จ. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....139
ฉ. ตารางแสดงระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัส.....158
ช. ตัวอย่างการคำนวณค่าปริมาณโปรตีนที่สกัดได้.....161
ซ. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส.....162
ฌ. ภาพวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์.....165
ประวัติผู้เขียน..... 168

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบทางเคมีของกากเมล็ดงาที่ได้จากการสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่าง ๆ.....	12
2.2	กรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ ในเมล็ดงาและกากเมล็ดงาเปรียบเทียบกับถั่วเหลือง กากถั่วเหลือง แป้งข้าวโพดและไข่ไก่ทั้งฟอง.....	13
2.3	ปริมาณกรดไฟติกที่พบในเมล็ดพืชชนิดต่าง ๆ.....	18
2.4	คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีที่ต้องการของน้ำซอสปรุงรส.....	25
2.5	รสชาติของกรดอะมิโนที่มีโครงสร้างแบบ L – form.....	38
2.6	ปริมาณสาร 3 – MCPD ที่กำหนดให้ตรวจพบได้ในผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส ของประเทศต่าง ๆ.....	40
4.1	องค์ประกอบทางเคมีของกากเมล็ดงาก่อนการร่อน.....	57
4.2	ลักษณะทางกายภาพของกากเมล็ดงาก่อนการร่อน.....	58
4.3	องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณผลผลิต (%Yield) ของกากเมล็ดงา ขนาด 60 เมช	58
4.4	ลักษณะทางกายภาพของกากเมล็ดงาขนาด 60 เมช.....	59
4.5	องค์ประกอบทางเคมีของกากเมล็ดงาหลังสกัดน้ำมัน.....	60
4.6	ลักษณะทางกายภาพของกากเมล็ดงาหลังสกัดน้ำมัน.....	61
4.7	ปริมาณกากเมล็ดงาที่สูญเสีย และปริมาณผลผลิตน้ำมันงาที่ได้หลังการสกัดน้ำมัน	61
4.8	ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดงาที่ pH 10 เมื่อศึกษาผลของอัตราส่วนของกากเมล็ดงาต่อน้ำและเวลาในการสกัด.....	62
4.9	องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา และปริมาณผลผลิตโปรตีนเมล็ดงาที่ได้.....	63
4.10	ลักษณะทางกายภาพของโปรตีนเมล็ดงา.....	63
4.11	ปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนเมล็ดงา.....	64
4.12	องค์ประกอบทางเคมีของกากเมล็ดงาก่อนการร่อน กากเมล็ดงาขนาด 60 เมช กากเมล็ดงาหลังสกัดน้ำมัน และโปรตีนเมล็ดงา.....	65
4.13	ลักษณะทางกายภาพของกากเมล็ดงาก่อนการร่อน กากเมล็ดงาขนาด 60 เมช กากเมล็ดงาหลังสกัดน้ำมัน และโปรตีนเมล็ดงา.....	66

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.14	คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดเมื่อศึกษาผลของอัตราส่วนโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือ.....	67
4.15	ปริมาณผลผลิต ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ และระดับการย่อยสลาย เมื่อศึกษาผลของอัตราส่วนโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือ....	68
4.16	ผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลาต่อคุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด.....	70
4.17	ผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลาต่อปริมาณผลผลิต ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ และระดับการย่อยสลายโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด.....	71
4.18	ผลของความเข้มข้นของกรดเกลือที่มีต่อปริมาณผลผลิตของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด.....	72
4.19	ผลของเวลาที่มีต่อปริมาณผลผลิตของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด.....	72
4.20	คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด.....	77
4.21	ปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด.....	78
4.22	ค่าสีของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษาผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น.....	79
4.23	ร้อยละการลดลงของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร ของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษาผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น.....	80
4.24	ร้อยละการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดเมื่อศึกษาผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น.....	81
4.25	คะแนนเฉลี่ยและระดับการยอมรับของความใส สี กลิ่น และรสชาติของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษาผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น.....	82
4.26	ผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ที่มีต่อคะแนนด้านกลิ่นของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด.....	83
4.27	ผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ที่มีต่อคะแนนด้านรสแปลกปลอมของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด	83

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.28	ผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ที่มีต่อคะแนนด้านรสชาติรวมของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด.....	84
4.29	ผลของเวลาที่มีต่อคะแนนด้านความใสของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่ผ่านการขจัดกลิ่นด้วยคาร์บอนกัมมันต์.....	84
4.30	ผลของเวลาที่มีต่อคะแนนด้านสีของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด ที่ผ่านการขจัดกลิ่นด้วยคาร์บอนกัมมันต์.....	84
4.31	คะแนนเฉลี่ยและระดับการยอมรับของความใส สี กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสที่ปรับปรุงรสชาติโดยใช้น้ำตาลทรายในระดับต่างกัน...	86
4.32	คะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส.....	87
4.33	ความเห็นของผู้ทดสอบที่มีต่อตัวอย่างที่นำมาทดสอบ.....	88
4.34	คุณภาพทางฟิสิกส์และทางเคมีของน้ำซอสปรุงรสเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 เดือน.....	89
4.35	คะแนนเฉลี่ยและระดับการยอมรับของความใส สี กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสที่ระยะเวลาในการเก็บต่างกัน.....	90
จ.1	ค่าความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดงาที่ pH 10 เมื่อศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างกากเมล็ดต่อน้ำและเวลาในการสกัด.....	139
จ.2	ค่าความแปรปรวนทางสถิติของคุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษาผลของอัตราส่วนโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือ...	140
จ.3	ค่าความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณผลผลิต ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ และระดับการย่อยสลายของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษาผลของอัตราส่วนโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือ.....	141
จ.4	ค่าความแปรปรวนทางสถิติของคุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลา.....	142
จ.5	ค่าความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณผลผลิต ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ และระดับการย่อยสลายโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลา.....	143

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

จ.6 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เมื่อศึกษาผลของผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น..... 143

จ.7 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของร้อยละการลดลงของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร และร้อยละการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษาผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น..... 146

จ.8 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษาผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น..... 147

จ.9 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษาผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น..... 150

จ.10 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส ที่ปรับปรุงรสชาติโดยใช้น้ำตาลทรายในระดับต่างกัน..... 151

จ.11 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส ที่ปรับปรุงรสชาติโดยใช้น้ำตาลทรายในระดับต่างกัน..... 153

จ.12 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของคุณภาพทางฟิสิกส์และทางเคมีของน้ำซอสปรุงรส เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 เดือน..... 154

จ.13 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสที่ระยะเวลาการเก็บต่างกัน 155

จ.14 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสที่ระยะเวลาการเก็บต่างกัน..... 157

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ฉ.1 ระดับการยอมรับของ ความใส สี กลิ่น และรสชาติของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษาผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น..... 158

ฉ.2 ระดับการยอมรับของ ความใส สี กลิ่น และรสชาติของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดและโปรตีนถั่วเหลืองย่อยด้วกรดที่เตรียมโดยใช้น้ำตาลทรายปรับปรุงรสชาติในระดับต่างกัน..... 159

ฉ.3 ระดับการยอมรับของ ความใส สี กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสที่ระยะเวลาการเก็บต่างกัน..... 160

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะต้นงา.....	6
2.2	ลักษณะของดอกงา ฝักงา และเมล็ดงา.....	7
2.3	งาดำ งาขาว และงาดำ – แดง.....	7
2.4	เมล็ดงาตัดขวางเพื่อแสดงส่วนต่าง ๆ	8
2.5	กรรมวิธีการผลิตน้ำมันงาในประเทศไทย.....	11
2.6	สูตรโครงสร้างของกรดไฟติก และการจับแร่ธาตุของกรดไฟติกที่ pH 7	19
2.7	กรดแอลฟาอะมิโน (∝ - amino acids).....	22
2.8	ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด.....	37
3.1	เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	54
3.2	กระบวนการผลิตโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา.....	55
3.3	ขั้นตอนการผลิตน้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา.....	56
4.1	ค่าความถ่วงจำเพาะของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดเมื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลา.....	73
4.2	ค่าความเป็นกรด – ด่างของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดเมื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลา.....	74
4.3	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดเมื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลา.....	74
4.4	ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโนของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยเมื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลา.....	75
4.5	ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดเมื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลา.....	75
4.6	ปริมาณผลผลิตที่ได้ของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดเมื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลา.....	76
4.7	ค่าระดับการย่อยสลายของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดเมื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลา.....	76
ฌ.1	เมล็ดงาขาวพันธุ์เมืองเลย.....	165

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ฌ.2	กากเมล็ดงาก่อนร่อน กากเมล็ดงาขนาด 60 เมช กากเมล็ดงาหลังสกัดน้ำมันและโปรตีนสกัดจากเม็ดงา.....	166
ฌ.3	น้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา.....	167

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

งา (Sesame, *Sesamum indicum* Linn.) เป็นพืชน้ำมันที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศไทยและมีแนวโน้มที่จะทวีความสำคัญขึ้นทุกปี เนื่องจากเป็นพืชที่มีศักยภาพในการผลิตและการตลาดสูง มีพื้นที่เพาะปลูกในปี 2541/42 ประมาณ 387,000 ไร่ มีผลผลิตรวม 36,000 ตัน (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2542) สามารถทำรายได้ให้กับประเทศในปี 2543 ประมาณ 300 ล้านบาท (กระทรวงการคลัง, กรมศุลกากร, 2544) เมล็ดงาประกอบด้วยน้ำมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ ที่จำเป็นหลายชนิด นอกจากจะใช้ประโยชน์ในการประกอบอาหารโดยตรงแล้วยังสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดน้ำมันเพื่อการบริโภคและใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น ทำเนยเทียม ยารักษาโรค ยาฆ่าแมลง น้ำมันใส่ผม น้ำหอม สบู่ เครื่องสำอาง อุตสาหกรรมสิ่งพิมพ์ เป็นต้น ในเมล็ดงาจะมีน้ำมันงาประมาณ 47-60% น้ำมันงามีคุณสมบัติที่ดีกว่าน้ำมันพืชอื่น ๆ เนื่องจากมีสารลิกแนน (lignans) เซซามิน (sesamin) และเซซาโมลิน (sesamolin) ซึ่งต้านทานการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ทำให้ไม่เกิดการเหม็นหืน (วาสนา วงศ์ใหญ่, 2538) ในช่วงปี 2538 เป็นต้นมา ตลาดต่างประเทศมีความต้องการน้ำมันงาเพิ่มสูงขึ้น โดยในปี 2543 ประเทศไทยมีการส่งออกน้ำมันงาไปยังต่างประเทศ คิดเป็นมูลค่าประมาณ 51 ล้านบาท (กระทรวงการคลัง, กรมศุลกากร, 2544) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี โดยมีตลาดส่งออกที่สำคัญ คือ ไต้หวัน ญี่ปุ่น มาเลเซีย อิสราเอล ซาอุดิอาระเบีย สิงคโปร์ ออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา ตะวันออกกลาง และประเทศเศรษฐกิจยุโรป ประกอบกับมีโรงงานสกัดน้ำมันงาเพิ่มขึ้น ทำให้มีกากเมล็ดงาซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันงาเพิ่มสูงขึ้นด้วย สำหรับประเทศไทยนั้นกากเมล็ดงาที่เหลือจากการสกัดน้ำมันงาส่วนใหญ่จะนำมาขายเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ (ธวัชชัย วรศานต์, 2539; นฤทัย วรสถิตย์ และคณะ, 2541) จากการที่กากเมล็ดงามีปริมาณโปรตีนสูงถึง 50% (Rivas et al., 1981) และเมื่อผลิตเป็นโปรตีนเข้มข้นจะทำให้มีปริมาณโปรตีนสูงถึงประมาณ 70-90% ขึ้นไป (Salunkhe et al.,1992) ดังนั้นจึงสามารถใช้เป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ได้เป็นอย่างดีเพราะโปรตีนในกากเมล็ดงาประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยเฉพาะมีกรดเมทไธโอนินสูง ขณะที่ในพืชส่วนใหญ่มีน้อยหรือไม่มี ดังนั้นเมื่อนำกากเมล็ดงา

ไปผสมกับแป้งถั่วเหลืองหรือธัญพืชซึ่งมีกรดอะมิโนไลซีนสูง จะทำให้มีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งจะช่วยทดแทนโปรตีนจากสัตว์ซึ่งมีราคาแพงได้

น้ำซอสปรุงรสเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับปรุงแต่งรสอาหารที่ผู้บริโภคในประเทศนิยมบริโภค และตลาดต่างประเทศมีอัตราการขยายตัวที่สูงขึ้นทุกปี โดยในปี พ.ศ. 2543 มีการส่งออกคิดเป็นมูลค่าประมาณ 240 ล้านบาท และมีการนำเข้าคิดเป็นมูลค่าประมาณ 100 ล้านบาท (กระทรวงการคลัง, กรมศุลกากร, 2544) ซึ่งการผลิตส่วนใหญ่นั้นจะใช้กากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบ แต่ในปัจจุบันความต้องการของการใช้ถั่วเหลืองเพื่อผลิตเป็นอาหารชนิดต่าง ๆ มีเพิ่มมากขึ้นจนบางครั้งเกิดการขาดแคลนต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นหากมีการพยายามหาวัตถุดิบชนิดอื่นมาใช้ในการผลิตน้ำซอสปรุงรส หรือพัฒนาให้น้ำซอสปรุงรสมีปริมาณโปรตีนมากขึ้นก็จะเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของน้ำซอสปรุงรสได้ทางหนึ่ง

งานวิจัยนี้จึงทำขึ้นเพื่อทดลองผลิตโปรตีนสกัดจากกากเมล็ดงา และศึกษาหาแนวทางในการนำโปรตีนสกัดจากเมล็ดงามาแปรรูปเป็นอาหารมนุษย์เพื่อการบริโภค โดยเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตน้ำซอสปรุงรสเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของกากเมล็ดงา

1.2 <u>วัตถุประสงค์ของการวิจัย</u>

1.2.1 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงา

1.2.2 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายโปรตีนเมล็ดงาด้วยกรดเกลือ

1.2.3 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา

1.2.4 ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา และอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย คือ ได้ภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนสกัดจากเมล็ดงาซึ่งจะช่วยขยายขอบเขตการใช้ประโยชน์ของผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันงา และเป็นการเพิ่มมูลค่าของกากเมล็ดงา นอกเหนือจากการนำไปขายเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ และอาจได้น้ำซอสปรุงรสที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 งา

2.1.1 ประวัติและลักษณะทั่วไป

งา มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Sesamum indicum* Linn. อยู่ในวงศ์ (Family)Peduliaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่ประเทศเอธิโอเปีย และถูกนำเข้ามาเผยแพร่ยังประเทศอินเดีย และต่อไปยังประเทศจีน แอฟริกาเหนือ และเอเชียใต้ในราว 2,000 ปี ก่อนคริสตกาล งาถูกนำเข้าไปยังทวีปอเมริกาในราวศตวรรษที่ 17 งาเป็นพืชล้มลุกประเภทไม้พุ่มเนื้ออ่อน มีอายุระหว่าง 70-180 วัน ปลูกได้ตลอดปี ต้นสูงประมาณ 0.5-2 เมตร ชอบอากาศอบอุ่น อุณหภูมิประมาณ 25-27°C ทนความแห้งแล้งได้พอสมควร แต่ไม่ทนต่อสภาพน้ำขังแฉะและดินเค็ม ขึ้นได้ทั้งในที่ราบและที่สูงจนถึง 2,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล

เมื่องามีการเจริญเติบโตเต็มที่จะออกดอก และผสมพันธุ์จนได้ฝักหรือผลเป็นแบบกระเปาะ มีรูปร่างค่อนข้างกลมป้อม รูปทรงกระบอกหรือแบน ฝักตั้งตรงยาว 2-3 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ฝักแบ่งเป็นกลีบ 2-4 กลีบ แต่ละกลีบมี 2 พู เมื่อฝักแก่จะแตกออก ทำให้เมล็ดร่วงหลุดออกได้ เมล็ดงาจะมีลักษณะเป็นรูปไข่ มีขนาดเล็กเรียงซ้อนกันอยู่ภายในฝัก ประมาณ 70-100 เมล็ดต่อฝัก เปลือกหุ้มเมล็ดมีหลายสีขึ้นกับพันธุ์ น้ำหนัก 1,000 เมล็ดอยู่ระหว่าง 2-4 กรัม มีปริมาณน้ำมัน 45-63% และมีโปรตีน 17-25% (เรืองเดช สุขสมบูรณ์, 2531)

2.1.2 ชนิดพันธุ์งาและแหล่งปลูก

งาที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งตามสีของเมล็ดได้ 3 ชนิด ดังนี้

2.1.2.1 **งาดำ** ที่ปลูกกันทั่วไปมี 4 พันธุ์ ได้แก่

2.1.2.1.1 **งาดำบุรีรัมย์** เป็นพันธุ์พื้นเมืองมีลักษณะฝัก 4 กลีบ 8 พู เมล็ดมีขนาดใหญ่ สีค่อนข้างดำสนิท อายุเก็บเกี่ยว 90-100 วัน ผลผลิต 60-130 กิโลกรัมต่อไร่

2.1.2.1.2 **งาดำนครสวรรค์** เป็นพันธุ์พื้นเมืองที่ปัจจุบันเป็นพันธุ์ส่งเสริม มีการแนะนำให้ปลูกในพื้นที่หลายจังหวัด มีลักษณะการเจริญเติบโตแบบทอดยอด เมล็ดมีสีดำขนาดใหญ่และเต่ง ลักษณะฝักเป็นแบบ 4 กลีบ 8 พู ฝักแตกง่ายเมื่อสุกแก่ ลำต้นค่อนข้างสูง แตกกิ่งก้านมาก ใบมีขนาดใหญ่ค่อนข้างกลม มี 1 ฝักต่อ 1 มุมใบ การเกิดฝักจะเวียน

สลับรอบลำต้น 1 ข้อ มี 1 ฝัก อายุเก็บเกี่ยว 95-100 วัน ผลผลิต 60-130 กิโลกรัมต่อไร่ นิยมปลูกมากในท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ ศรีสะเกษ สุรินทร์ นครราชสีมา มหาสารคาม ชัยภูมิ สระบุรี เพชรบูรณ์ พิษณุโลก อุตรดิตถ์ นครสวรรค์ สุพรรณบุรี กาญจนบุรี ปราจีนบุรี และสุราษฎธานี

2.1.2.1.3 **งาดำมก.18** เป็นพันธุ์แท้ที่มีการปรับปรุงพันธุ์โดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีลักษณะการเจริญเติบโตแบบทอดยอด ใบสีเขียวเข้ม ลำต้นไม่แตกกิ่งก้านและค่อนข้างสูง เมล็ดมีสีดำสนิท ลักษณะฝัก 2 พู ฝักเกิดตรงกันข้าม ดังนั้น 1 ข้อจะมี 2 ฝัก การเรียงตัวของฝักจะเป็นแบบเวียนสลับรอบลำต้น ความยาวปล้องสั้นทำให้จำนวนของฝักต่อต้นสูง น้ำหนักเมล็ด 3 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด อายุเก็บเกี่ยวปลายฤดูฝน 85 วัน ต้นฤดูฝน 90 วัน ผลผลิต 60-148 กิโลกรัมต่อไร่ ทนทานต่อโรคราแป้ง และทนต่อการหักล้ม เป็นพันธุ์ที่ประเทศญี่ปุ่นต้องการโดยมีความต้องการสูงถึงปีละ 10,000-30,000 ตัน

2.1.2.1.4 **งาดำ มข.** 2 เป็นพันธุ์ที่มหาวิทยาลัยขอนแก่นปรับปรุงและคัดเลือกพันธุ์มาจากงาดำ พันธุ์ ซีบี 80 ของจีน ลักษณะฝักเป็นแบบ 4 พู เมล็ดสีดำสนิท ไม่ไวต่อช่วงแสง แตกกิ่ง 3-4 กิ่งต่อต้น ต้นสูง 105-115 เซนติเมตร น้ำหนักเมล็ด 2.77 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด ปลูกได้ดีทั้งต้นและปลายฤดูฝน มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น 70-75 วัน ผลผลิต 80-150 กิโลกรัมต่อไร่ ต้านทานต่อโรคเน่าดำและทนแล้งได้ดี เขตส่งเสริมการปลูก ได้แก่ จังหวัดบุรีรัมย์ และมหาสารคาม

2.1.2.2 **<u>งาขาว</u>** ที่ปลูกกันทั่วไปมี 6 พันธุ์ ได้แก่

2.1.2.2.1 **พันธุ์เมืองเลย** มีขนาดเมล็ดเล็ก เรียกว่า งาไข่ปลา ลักษณะฝัก 2 กลีบ 4 พู แตกกิ่งก้านมาก ตอบสนองต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยว 110-120 วัน ผลผลิต 60-90 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นพันธุ์ที่ตลาดต้องการ เพราะเมื่อนำไปสกัดน้ำมันจะมีกลิ่นหอม ปลูกมากที่จังหวัดเลยและบริเวณชายแดนไทย-ลาว ช่วงจังหวัดเลยถึงอุตรดิตถ์

2.1.2.2.2 **พันธุ์เชียงใหม่** มีลักษณะฝัก 2 กลีบ 4 พู มีขนาดเมล็ดเล็กแต่ใหญ่กว่าพันธุ์เมืองเลยเล็กน้อย เมล็ดมีรูปร่างคล้ายหัวใจ ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยว 110-120 วัน ผลผลิต 60-90 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกมากที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนและเชียงใหม่

2.1.2.2.3 **พันธุ์ชัยบาดาล หรือสมอทอด** มีลักษณะฝัก 2 กลีบ 4 พู เมล็ดมีขนาดปานกลาง อายุเก็บเกี่ยว 80-85 วัน ผลผลิต 50-80 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกมากที่จังหวัดเพชรบูรณ์และลพบุรี แต่ปัจจุบันมีปริมาณน้อยมาก

2.1.2.2.4 **พันธุ์ร้อยเอ็ด** 1 เป็นพันธุ์ที่กรมวิชาการเกษตรปรับปรุง คัดเลือกพันธุ์ สีเมล็ดขาวสม่ำเสมอ ลำต้นตรงไม่แตกกิ่ง ลักษณะฝัก 4 กลีบ 8 พู เมล็ดมีขนาดปาน

กลาง อายุเก็บเกี่ยว 70-75 วัน ผลผลิต 50-120 กิโลกรัมต่อไร่ เหมาะสำหรับปลูกเป็นแถว ไม่ต้านทานต่อโรคหนอนห่อใบงาและหนอนผีเสื้อกะโหลก ฝักแตกง่าย จะต้องเก็บเกี่ยวทันทีที่ครบอายุเก็บเกี่ยว

2.1.2.2.5 **พันธุ์ มข. 1** เป็นพันธุ์ที่มหาวิทยาลัยขอนแก่นปรับปรุงมาจากงาขาวซีดับบลิว 103 ของจีน ลักษณะฝักเป็นแบบ 2 พู ไม่ไวต่อช่วงแสง ไม่แตกกิ่งก้าน ฝักมีการเรียงตัวเป็นแบบตรงกันข้าม ฝักดก 3-7 ฝักต่อซอกใบ เมล็ดสีขาวค่อนข้างใหญ่ น้ำหนักเมล็ด 2.75 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด อายุเก็บเกี่ยว 70-75 วัน ผลผลิต 80-150 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่ต้านทานโรคหนอนห่อใบงาและหนอนผีเสื้อกะโหลก

2.1.2.2.6 **พันธุ์มหาสารคาม 60** เป็นพันธุ์ที่กรมวิชาการเกษตรปรับปรุงพันธุ์จากพันธุ์ที 85 ของประเทศอินเดีย ลักษณะฝัก 2 กลีบ 4 พู ต้นโปร่ง ไม่แตกกิ่ง ฝักมีการเรียงตัวเป็นแบบตรงกันข้าม มี 1 ฝักต่อ 1 ซอกใบ ขนาดเมล็ดโตสีขาว น้ำหนัก 2.90 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด อายุเก็บเกี่ยว 80-85 วัน ผลผลิต 107 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่ต้านทานโรคราแป้ง เขตส่งเสริมการปลูก ได้แก่ จังหวัดสระบุรี ลพบุรี เพชรบุรี พิษณุโลก และกาญจนบุรี

2.1.2.3 **<u>งาดำ-แดง</u>** หรือเรียกกันโดยทั่วไปว่า งาเกษตร ที่ปลูกมี 3 พันธุ์ ได้แก่

2.1.2.3.1 **พันธุ์พื้นเมืองพิษณุโลก และพันธุ์พื้นเมืองสุโขทัย** ลักษณะ ฝักมี 2 กลีบ 4 พู แตกกิ่งก้านมาก ขนาดเมล็ดโต สีของเมล็ดมีทั้งสีดำและสีน้ำตาลแดงปนอยู่ด้วยกัน อายุการเก็บเกี่ยว 80-85 วัน ผลผลิต 60-90 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกมากที่จังหวัดเพชรบูรณ์ นครสวรรค์ พิษณุโลก สุโขทัย ลพบุรี สระบุรี อุตรดิตถ์ แพร่ และน่าน

2.1.2.3.2 **งาแดงอุบลราชธานี 1** คัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์โดยกรมวิชาการเกษตร จากงาพันธุ์นานนี 25/160/85-9 ของประเทศพม่า ได้รับการรับรองพันธุ์เมื่อ 19 มกราคม 2536 มีขนาดเมล็ดโตสม่ำเสมอ น้ำหนักเมล็ด 3.16 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด ลักษณะฝักเป็นแบบ 2 พู ต้นแตกกิ่ง 3-5 กิ่ง อายุเก็บเกี่ยว 80-85 วัน ผลผลิต 141 กิโลกรัมต่อไร่ ต้านทานโรคเหี่ยวหนอนห่อใบงา ไรขาว และมวนฝิ่น ใช้เป็นพันธุ์แนะนำให้เกษตรกรปลูกแทนพันธุ์พื้นเมือง

2.1.2.3.3 **งาแดงพันธุ์ มข**. 3 คัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์โดยมหาวิทยาลัยขอนแก่น จากงาพันธุ์นานนีของประเทศพม่า ลักษณะฝักเป็นแบบ 2 พู เมล็ดโตสีแดง น้ำหนักเมล็ด 3.12 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด แตกกิ่ง 4-6 กิ่งต่อต้น ต้นสูง 130-150 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยว 80-85 วัน ผลผลิต 100-180 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกได้ทั้งต้นและปลายฤดูฝน เหมาะที่จะปลูกแบบหว่าน ค่อนข้างต้านทานโรคและแมลง (อภิชาติ ผลเกิด และคณะ, 2543)

ภาพที่ 2.1 ลักษณะต้นงา

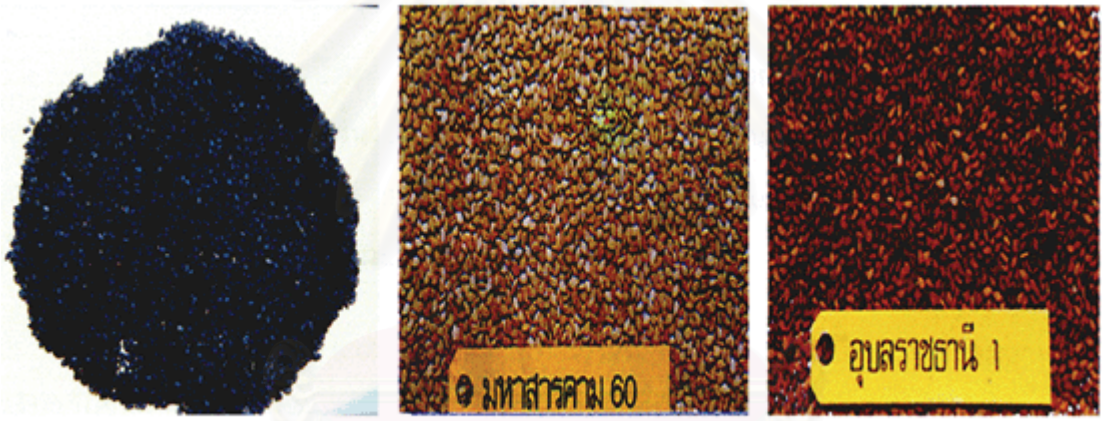
ที่มา : มานิสา ธีระวัฒน์สกุล และคณะ (2539)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก ข ค

ภาพที่ 2.2 ลักษณะของดอกงา (ก) ฝักงา (ข) และเมล็ดงา (ค)

ที่มา : มานิสา ธีระวัฒน์สกุล และคณะ (2539)

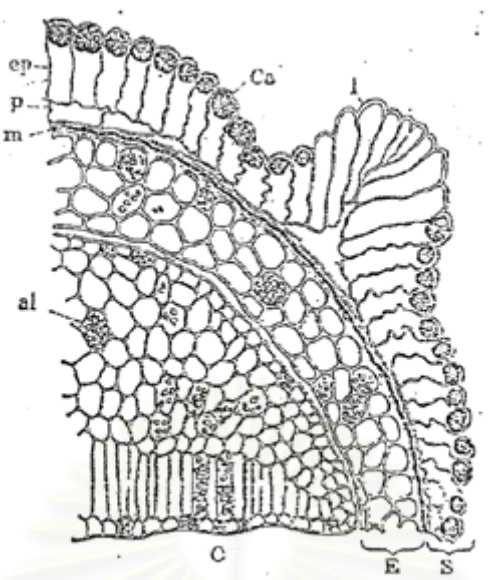


ก ข ค

ภาพที่ 2.3 งาดำ (ก) งาขาว (ข) และงาดำ-แดง (ค)

ที่มา : นฤทัย วรสถิตย์ และคณะ (2541)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.4 เมล็ดงาตัดขวางเพื่อแสดงส่วนต่างๆ (S = spermoderm; ep = outer epiderm with calcium oxalate crystal; m = inner cuticle; E = endosperm; C = cotyledon)
ที่มา : Carter et al. (1961)

2.2 เมล็ดงา

2.2.1 โครงสร้างของเมล็ดงา เมล็ดงาประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ ๆ ดังภาพที่ 2.4 คือ

1. สเปอร์มาเดิร์ม (spermoderm) จัดเป็นเปลือกนอกสุดของเมล็ดงา เป็นส่วนที่ประกอบด้วยเซลล์ที่เรียงตัวตามยาวเป็นชั้นเดียว และมีผลึกของแคลเซียมออกซาเลตอยู่ที่ปลายสุดของเซลล์ แต่ละเซลล์มีรงควัตถุเป็นตัวให้สีของเปลือกงา ไม่มีโปรตีนและน้ำมันอยู่ในส่วนนี้

2. เอนโดสเปิร์ม (endosperm) ประกอบด้วยชั้นของเซลล์ที่มีผนังเซลล์ที่ แข็งแรง 2-5 ชั้น แยกออกจากชั้นสเปอร์มาเดิร์มโดยเมมเบรน เป็นเนื้อเยื่อที่ไม่มีชีวิต ยกเว้น ส่วนของเซลล์ชั้นนอกสุดที่เรียกว่า อลูโลนเลเยอร์ (aleurone layer) เท่านั้นที่มีชีวิต โดยเอนโดสปอร์มมีหน้าที่เป็นส่วนสะสมอาหารให้กับต้นอ่อน

3. ใบเลี้ยง (cotyledon) เป็นส่วนที่มีชีวิต โดยจะเป็นแหล่งสะสมอาหารเช่นเดียวกับชั้นเอนโดสเปอร์ม

โดยส่วนที่ 2 และ 3 จะประกอบด้วยโปรตีนและน้ำมัน แต่โปรตีนและน้ำมัน ส่วนใหญ่จะอยู่ในส่วนของใบเลี้ยง (เรืองเดช สุขสมบูรณ์, 2531; Carter et al., 1961; Weiss, 1971)

2.2.2 **<u>องค์ประกอบเมล็ดงา</u>**

เมล็ดงามีน้ำมันสูงถึง 46-63% ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวประมาณ 80% ได้แก่ โอเลอิก (oleic) 43%และไลโนเลอิก (linoleic) 43% โปรตีน19-31% คาร์โบไฮเดรต 21-25% เถ้า 5-6% เส้นใยหยาบ 3-6% แคลเซียม 1-2% และฟอสฟอรัส 0.7% โดยองค์ประกอบทางเคมีจะแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของพันธุ์ และสภาพแวดล้อม (Johnson et al., 1979; Salunkhe et al., 1992) ส่วนเปลือกเมล็ดงาจะมีประมาณ 15-20% ซึ่งประกอบด้วยกรดออกซาลิก 2.5-3.0% และมีส่วนของแคลเซียมรวมถึงเส้นใยอาหารในปริมาณสูง เปลือกเมล็ดงาจะทำให้เกิดรสขมและกรดออกซาลิกในเปลือกเมล็ดงา จะเป็นสารต้านทานคุณค่าทางโภชนาการ การกำจัดเปลือกเมล็ดงาออกจะสามารถลดปริมาณกรดออกซาลิกให้เหลือเพียง 0.25% ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำจัดส่วนของเปลือกเมล็ดงาออกก่อนนำมาบริโภคเป็นอาหาร นอกจากนี้พบว่าในเมล็ดงาขาวจะมีกรดออกซาลิกอยู่น้อยกว่าในเมล็ดงาดำ และมีโปรตีนสูงกว่า (Johnson et al., 1979)

2.2.3 **<u>การใช้ประโยชน์จากเมล็ดงา</u>**

2.2.3.1 **ใช้เป็นอาหารโดยตรง** เมล็ดงาใช้ประกอบอาหารได้หลายชนิด เมล็ดงาที่คั่วหรืออบให้สุกจะมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ใช้โรยหน้าขนมปัง ซุป ขนมขบเคี้ยว หรือ คุ้กกี้ต่าง ๆ นอกจากนี้ยังใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารและขนมหลายชนิด เช่น กระยาสารท งาแผ่น ใช้โรยน้ำจิ้มต่าง ๆ เช่น น้ำจิ้มสุกี้ ชาวญี่ปุ่นใช้งาเป็นส่วนประกอบของอาหารประจำวัน และอาหารในประเพณีสำคัญต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีการนำ paste ของเมล็ดงาที่ผ่านการคั่วแล้วมาทำเป็นเนยงาคล้ายเนยถั่วลิสง (peanut butter)

2.2.3.2 **ใช้สกัดน้ำมัน** น้ำมันที่สกัดจากเมล็ดงา เป็นน้ำมันพืชที่มีคุณภาพดีมาก ใช้เพื่อปรุงอาหาร เป็นส่วนประกอบของน้ำสลัดและน้ำจิ้มต่าง ๆ หรือใช้ในการผลิตมาการีน ในประเทศแถบอาฟริกาหลายประเทศใช้งาเพื่อสกัดเป็นน้ำมันพืชเพื่อปรุงอาหาร เช่นเดียวกับ ชาวญี่ปุ่น จีน และเกาหลีที่ใช้น้ำมันงาเป็นส่วนประกอบของอาหารประจำวัน นอกจากนี้น้ำมันงายังใช้เป็นส่วนผสมของยา เครื่องสำอาง สบู่ น้ำมันใส่ผม อุตสาหกรรมสิ่งพิมพ์ น้ำมันหล่อลื่น และน้ำมันหอมต่าง ๆ (Johnson et al., 1979; นฤทัย วรสถิตย์ และคณะ, 2541)

2.3 การสกัดน้ำมันงา

กรรมวิธีการสกัดน้ำมันที่ใช้ในปัจจุบัน มี 4 วิธี คือ

2.3.1 **<u>การบีบ</u>** (mechanical pressing) ซึ่งอาจใช้เครื่องบีบแบบเกลียว (screw press) หรือ ใช้เครื่องบีบแบบไฮโดรลิก (hydraulic press)

2.3.1.1 **การใช้เครื่องบีบแบบเกลียว** (expeller or screw press)

เป็นกรรมวิธีการสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดโดยใช้ระบบเกลียวอัด นิยมใช้ในประเทศที่กำลังพัฒนา วิธีนี้จะยังคงมีไขมันตกค้างอยู่ในส่วนของกากประมาณ 4-6%

2.3.1.2 **การใช้เครื่องบีบแบบไฮโดรลิก** (hydraulic press)

เป็นกรรมวิธีการสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดงาโดยใช้ระบบไฮโดรลิก โดยใช้แรงอัดเมล็ดซึ่งวางบนตะแกรงที่มีรู แรงอัดจะทำให้เนื้อเยื่อแตกออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ น้ำมันจึงไหลออกมา ขนาดของแรงอัดที่ใช้กันโดยทั่วไปคือ 20,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว วิธีนี้ใช้แรงงานมากในการป้อนวัตถุดิบเข้าเครื่องตามขั้นตอนการบีบครั้งหนึ่งต้องเอากากออกครั้งหนึ่ง ทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูง คุณภาพของกากที่ได้จากกรรมวิธีนี้ใกล้เคียงกับวิธีแรก คือ มีไขมันตกค้างอยู่ประมาณ 5-7%

2.3.2 **<u>การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย</u>** (solvent extraction)

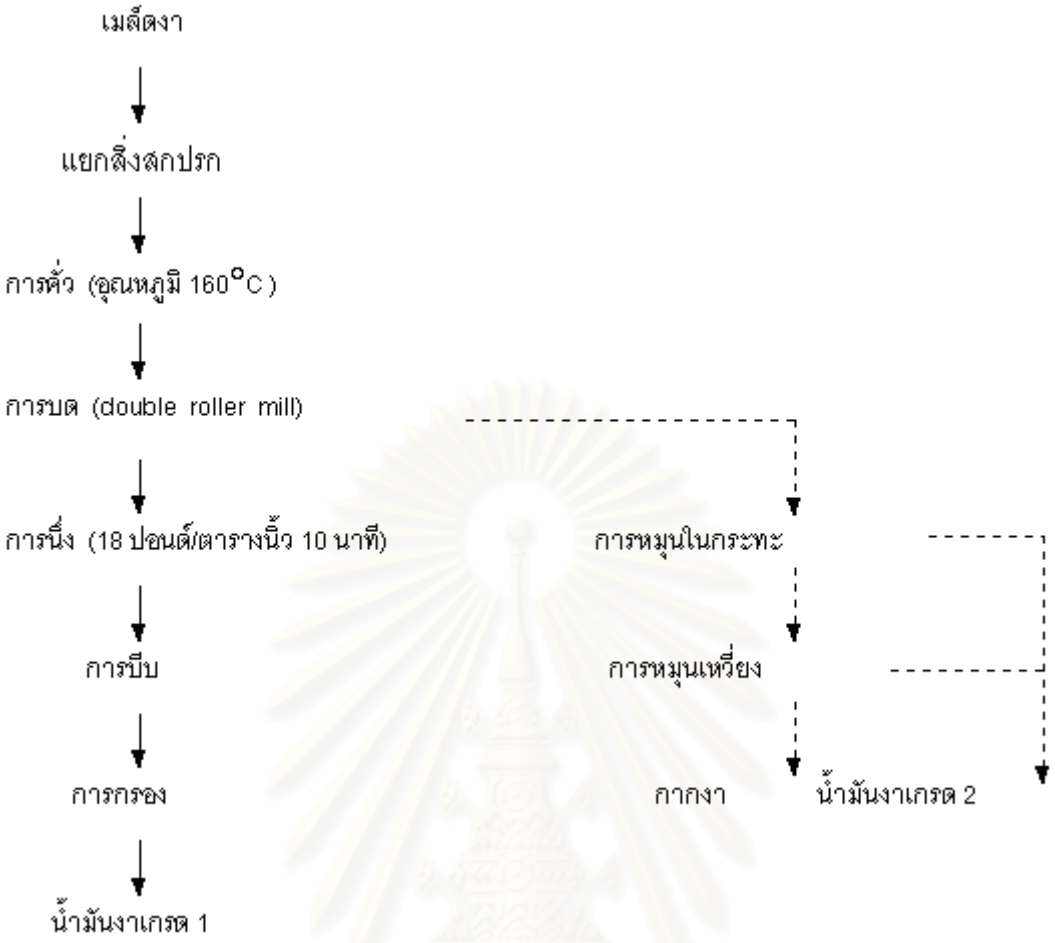
เป็นกรรมวิธีการสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดโดยใช้ตัวทำละลาย ในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันพืช นิยมใช้นอร์มอลเฮกเซน (n-Hexane) เป็นตัวทำละลายเนื่องจากสามารถละลายน้ำมันได้ดี จึงมีประสิทธิภาพในการสกัดสูง มีจุดเดือดต่ำประมาณ 68°C ทำให้สามารถแยกเฮกเซนออกจากน้ำมันดิบได้ง่าย แต่มีข้อเสียคือ ลุกติดไฟได้ง่าย วิธีนี้สามารถสกัดไขมันจากเมล็ดได้เกือบหมด จะเหลือตกค้างอยู่ประมาณ 0.5-0.8%

2.3.3 **<u>การสกัดโดยใช้เครื่องบีบร่วมกับการใช้ตัวทำละลาย</u>** (prepress-solvent extraction)

เป็นการสกัดน้ำมันโดยใช้เครื่องบีบ (prepress) เพื่อที่จะสกัดน้ำมันบางส่วนออกจากเมล็ดพืชเท่านั้นและกากที่ได้นำไปสกัดน้ำมันโดยใช้ตัวทำละลายเพื่อสกัดน้ำมันที่เหลือในกาก ซึ่งกากที่ได้จากวิธีนี้จะมีน้ำมันหลงเหลืออยู่น้อยกว่า 0.5% (Bailey et al., 1951; นฤทัย วรสถิตย์ และคณะ, 2541)

สำหรับการสกัดน้ำมันงาในประเทศไทยจะใช้วิธีการสกัดแบบการใช้เครื่องบีบแบบไฮโดรลิก (hydraulic press) น้ำมันงาที่ได้จะเป็นน้ำมันงาบริสุทธิ์ที่ได้จากเมล็ดงาที่ผ่านการคั่วให้มีกลิ่นหอม โดยทำการคั่วและบีบอัดเมล็ดงาทั้งเปลือก ไม่มีการใช้สารเคมี น้ำมันงาที่ได้จะมีสีคล้ำและมีกลิ่นหอม (นฤมิตร จิระหิรัญเสถียร, 2542)

จากรายงานของ สุมาลัยและคณะ (2533) พบว่าโรงงานผลิตน้ำมันงาในประเทศไทยเป็นโรงงานขนาดเล็ก ประสิทธิภาพของเครื่องมือค่อนข้างต่ำ เนื่องจากอายุการใช้งานที่นาน ดังนั้นกากเมล็ดงาที่ได้จะยังคงมีไขมันหลงเหลืออยู่ในปริมาณที่สูง ประมาณ 15% โดยมีกรรมวิธีการผลิตดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 กรรมวิธีการผลิตน้ำมันงาในประเทศไทย

ที่มา : สุมาลัย และคณะ (2533)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 กากเมล็ดงา

2.4.1 องค์ประกอบทางเคมี

กากเมล็ดงาที่เหลือจากการสกัดน้ำมัน พบว่ามีปริมาณโปรตีนสูงถึง 50% ซึ่งจะมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันไปขึ้นกับขั้นตอนการกำจัดเปลือกงา และวิธีการสกัดน้ำมันงา โดยกากเมล็ดงาที่ได้จากเมล็ดงาที่ผ่านการกำจัดเปลือกจะมีปริมาณโปรตีนและฟอสฟอรัสสูงกว่ากากเมล็ดงาที่ได้จากเมล็ดงาที่ไม่ผ่านขั้นตอนการกำจัดเปลือก แต่จะมีปริมาณเถ้า เส้นใยหยาบ แคลเซียม และกรดออกซาลิกต่ำกว่า (ตารางที่ 2.1) กากเมล็ดงาสามารถใช้เป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ได้เป็นอย่างดีเพราะมีปริมาณโปรตีนสูง โปรตีนในกากเมล็ดงาประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายโดยเฉพาะมีกรดเมทไธโอนินสูงถึง 2.5-4% (ตารางที่ 2.2) และมีกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์อยู่ในปริมาณสูงถึง 3.8-5.5% ขณะที่ในพืชส่วนใหญ่มีน้อยหรือไม่มีเลย แต่มีไลซีนและไอโซลิวซีนต่ำ ซึ่งการนำกากเมล็ดงาไปผสมกับแป้งถั่วเหลืองหรือธัญพืชซึ่งมีกรดอะมิโนไลซีนสูงจะสามารถช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารได้ ซึ่งจะทำให้ได้ระดับกรดอะมิโนในอาหารที่สมดุลย์ยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยทดแทนโปรตีนจากสัตว์ซึ่งมีราคาแพงได้ (Johnson et al., 1979; Rivas et al., 1981; Lyon, 1972)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากเมล็ดงาที่ได้จากการสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่าง ๆ *

Sesame seed and processing	Moisture	Fat	Protein	Ash	Crude fiber	Calcium	Phosphorus	Oxalic acid
Whole seeds								
Flour	5.2	49.8	19.1	5.7	4.1	1.2	-	2.3
Expeller-pressed flour	6.6	10.7	41.4	8.7	6.8	1.7	-	3.7
Expeller-pressed cake	8.1	13.5	35.1	8.9	5.3	1.8	0.8	3.0
Alcohol-extracted cake	8.6	3.1	38.2	9.4	5.9	2.0	0.9	3.5
Hexane-extracted cake	8.6	0.8	39.6	9.7	6.1	2.1	1.0	3.6
Dehulled seeds								
Flour	4.1	60.2	22.1	3.2	3.1	-	-	0.1
Experller-pressed flour	5.8	10.0	54.4	6.2	5.1	0.3	-	0.2
Prepress solvent-extracted flour	6.0	.4	56.1	6.1	4.9	0.4	1.0	0.4
Expeller-pressed cake	8.3	12.7	41.3	4.8	3.1	0.4	1.1	0.5
Alcohol-extracted cake	8.9	3.4	45.8	5.0	3.1	0.5	1.2	0.5
Hexane-extracted cake	8.8	1.1	46.7	5.2	3.2	0.4	-	0.3

*ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง

ที่มา : Ramachandra et al. (1970)

สำหรับประเทศไทย มีรายงานว่ากากเมล็ดงาซึ่งได้จากการบีบอัด มีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ คือ ความชื้น 5.72% ไขมัน 16.34% เส้นใยหยาบ 8.16% เถ้า 12.84% โปรตีน 33.68% แคลเซียม 3.01% และฟอสฟอรัส 1.34% (เยาวมาลย์ และคณะ, 2531)

ตารางที่ 2.2 กรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ ในเมล็ดงา และกากเมล็ดงาเปรียบเทียบกับ ถั่วเหลือง กากถั่วเหลือง แป้งข้าวโพด และไข่ไก่ทั้งฟอง

กรดอะมิโน*	เมล็ดงาดำ	เมล็ดงาขาว	กากเมล็ดงา	ถั่วเหลือง	กากถั่วเหลือง	แป้งข้าวโพด	ไข่ไก่ทั้งฟอง
อาร์จินิน	12.5	11.8	5.11 (9.0)	7.3 (8.0)	3.18	2.8	6.2
ฮีสทีดีน	2.1	2.4	1.00 (2.4)	2.9 (2.6)	1.11	1.7	2.1
ไลซีน	2.9	3.5	1.22 (3.5)	6.8 (6.7)	2.73	2.1	6.3
เฟนิลอลานิน	6.2	6.3	3.29 (6.3)	5.3 (5.2)	3.82	3.5	5.7
เมทไธโอนิน	3.3	3.8	1.20 (3.5)	1.7 (1.3)	0.59	1.5	3.2
ลิวซีน	8.9	7.4	2.73 (7.4)	8.0 (7.8)	3.39	9.8	9.0
ไอโซลิวซีน	3.9	3.7	1.68 (4.7)	6.0 (4.9)	2.17	2.7	6.2
วาลีน	3.5	3.6	2.16 (4.6)	5.3 (5.1)	2.24	4.0	7.0
ทรีโอนิน	3.6	3.9	1.49 (3.9)	3.9 (3.7)	1.72	2.5	4.9
ไทโรซิน	-	-	- (4.3)	- (3.6)	-	2.7	-
กลูตามิค แอซิด	-	-	- (15.5)	- (19.5)	-	14.6	-
แอสพาร์ติกแอซิด	-	-	- (7.4)	- (12.7)	-	4.5	-

ที่มา : เยาวมาลย์และคณะ (2529)

* กรัมต่อ 16 กรัมของไนโตรเจน

\- ไม่รายงานผล

( ) Brito and Nunez (1982)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4.2 <u>การใช้ประโยชน์จากกากเมล็ดงา</u>

กากเมล็ดงาที่เหลือจากการสกัดน้ำมันงาสามารถนำมาผลิตเป็นแป้งงา (sesame flours) สำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ โดยผสมแป้งงากับแป้งที่ใช้ทำขนมอบทั่วไป เช่น แป้งสาลี แป้งข้าวโพด เพื่อเพิ่มกลิ่นและความคงทนต่อการเสื่อมเสีย เนื่องจากในแป้งงามีสารกันหืนธรรมชาติ (antioxidant) นอกเหนือจากวิตามินอี คือ สารเซซามินอล (sesaminol) และสารเซซามิน (sesamin) และแกมมาโทโคฟีรอล (γ-tocopherol) ทำให้เก็บไว้ได้นาน

มีรายงานว่า การใช้แป้งงาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปัง สามารถทดแทนได้ 10% ซึ่งจะทำให้ขนมปังมี loaf volume ที่ดี แต่ถ้าทดแทนในระดับที่สูงกว่านี้จะทำให้ขนมปังมี loaf volume ลดลงและมีสีเข้ม (Matthews et al., 1970)

Rooney et al. (1972) ทดลองผสมแป้งงากับแป้งสาลีเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีน โดยพบว่าสามารถเพิ่มโปรตีนจาก 14% (แป้งสาลีเพียงอย่างเดียว) เป็น 17.5% และ 20% และทดลองผลิตขนมปัง โดยทำการเปรียบเทียบกับแป้งจากพืชน้ำมันชนิดอื่น พบว่าแป้งงามีความเหมาะสมที่สุดในการผสมกับแป้งสาลี โดยให้ขนมปังที่มี loaf volume และ specific loaf volume ที่ใกล้เคียงกับขนมปังที่ผลิตจากแป้งสาลีมากที่สุด

de Padua (1983) รายงานว่า การใช้แป้งงาทดแทนเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์ meat loaves สามารถทดแทนได้ถึง 30% โดยไม่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากแป้งงามีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำมัน (fat absorption) ที่ดี โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งถั่วเหลือง จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

Cruz และ Hedrick (1985) ทดลองใช้แป้งงาในผลิตภัณฑ์ fermented salami โดยแปรปริมาณแป้งงาเป็น 9-27% พบว่าระดับสูงสุดที่ผู้บริโภคยอมรับ คือ 18% นอกจากนี้ยังมีรายงานว่ามีการนำกากเมล็ดงา (sesame meal) หรือ แป้งงา (sesame flour) มาใช้ในการผลิตเครื่องดื่มโปรตีนสูง (high-protein beverages) (Salunkhe et al., 1992)

ปัจจุบันแป้งงาที่ผลิตในทางการค้า มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ แป้งงาที่ได้จากกากเมล็ดงาที่ไม่ผ่านการคั่ว (sesame flour) กับ แป้งงาที่ได้จากกากเมล็ดงาที่ผ่านการคั่ว (roasted sesame flour) ซึ่งมีลักษณะเป็นผงแห้ง สีครีม-น้ำตาล มีปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นสูง โดยเฉพาะเมทไธโอนิน และทริปโตฟาน มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำมัน และมีความสามารถในการเป็นอิมัลซิฟายเออร์ที่ดี (emulsifying activities) มีกลิ่นหอมคล้ายถั่ว (slightly nutty taste) สามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมปัง เค้ก คุกกี้ อาหารเช้า เนื้อสัตว์ ซุป น้ำสลัด เป็นต้น เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีน ปรับปรุงสี และกลิ่นรส (Dipasa, 2001)

กากเมล็ดงาเมื่อนำไปเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ จะสามารถลดการเสริมกรดอะมิโนพวกเมทไธโอนินในสูตรอาหารได้ โดยกากเมล็ดงาที่ไม่ได้แยกเปลือกเมล็ดออก (sesame cake) นิยมนำไปเลี้ยงสัตว์ เช่น ไก่ หมู วัว ควาย เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้ทำเป็นปุ๋ยได้อีกด้วย (อภิชาติ ผลเกิด, 2539; นฤทัย วรสถิตย์ และคณะ, 2541)

2.5 <u>โปรตีนเมล็ดงา</u>

เมล็ดงามีโปรตีนสูงอยู่ในช่วง 17-32% หรือมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 26% (Lyon, 1972) โดยโปรตีนเมล็ดงานั้นประกอบด้วย อัลบูมิน (albumin) 8.6% กลอบูลิน (globulin) 67.3% โพรลามิน (prolamin) 1.4% และกลูเตลิน (glutelin) 7% (Inyang and Iduh, 1996) ซึ่งเป็นโปรตีนเชิงเดียว (simple protein) ถ้านำไปไฮโดรไลซ์จะได้สารประเภทกรดอะมิโนเพียงอย่างเดียว (สุนันทา ภิญญาวัธน์, 2539) โปรตีนกลอบูลินที่พบมีอยู่ 2 ชนิด คือ แอลฟา-กลอบูลิน (α-globulin) มีอยู่ประมาณ 60% และเบต้า-กลอบูลิน (β-globulin) ซึ่งมีอยู่ประมาณ 25% (Rajendran and Prakash, 1988)

Guerra และ Park (1975) รายงานว่า โปรตีนเมล็ดงาสามารถแบ่งได้เป็น 7 กลุ่ม โดยวิธี SDS-polyacrylamide gel electrophoresis โดยมีน้ำหนักโมเลกุล 51,000 31,000 28,500 25,500 21,800 20,500 และ17,900 ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วย แอลฟา-กลอบูลิน โดยมีค่าคงที่ของการตกตะกอน (sedimentation constant) ประมาณ 13S มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 50,000 (Robinson, 1987)

สำหรับ เบต้า-กลอบูลิน นั้นจะมีน้ำหนักโมเลกุลที่ต่ำ ประมาณ 15,000 ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic amino acids) และกรดอะมิโนที่เป็นกรด เช่น กรดกลูตามิค (glutamic acid) (Rajendran and Prakash, 1988)

การสกัดโปรตีนจากเมล็ดงา นิยมสกัดโปรตีนที่ pH เป็นด่าง และตกตะกอนโปรตีนที่จุดไอโซอิเลคตริก (Isoelectric point : IEpH) ของโปรตีนเมล็ดงาคือที่ pH 4.5-4.9 (Rivas et al., 1981) โปรตีนเมล็ดงาจัดว่าเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูงเนื่องจากมีเมทไธโอนีนอยู่สูงถึง 2.5-4.0% และมีกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์อยู่ในปริมาณสูงถึง 3.8-5.5 % แต่มีไลซีนอยู่ต่ำ หากมีการเสริมด้วยไลซีนลงไปจะทำให้โปรตีนมีคุณภาพดียิ่งขึ้นการเสริมด้วยโปรตีนจากถั่วเหลืองก็จะทำให้มีคุณภาพดีเช่นกัน (Lyon, 1972) เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองจะมีไลซีนอยู่สูง

ในเมล็ดงามีสารต้านคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการนำโปรตีนเมล็ดงาไปใช้ จึงจำเป็นต้องลดปริมาณสารต้านคุณค่าทางโภชนาการลง

2.6 สารต้านคุณค่าทางโภชนาการในเมล็ดงา

2.6.1 กรดออกซาลิก (oxalic acid)

กรดออกซาลิกมีอีกชื่อหนึ่งว่า กรดเอทธานีดิโอนิก (ethanedionic acid) มีสูตรเคมีว่า $C_2H_2O_4$ (HOOC-COOH) เป็นผลึกของแข็งสีขาว มีน้ำหนักโมเลกุล 90.04 เป็นกรดแก่ (strong acid) มีค่า pK_1= 1.46 และ pK_2= 4.40 (Guil et al., 1996) ละลายได้ดีในน้ำ แอลกอฮอล์ อีเธอร์ กลีเซอรอล แต่ไม่ละลายในเบนซีน คลอโรฟอร์ม และปิโตรเลียมอีเธอร์ เมล็ดงามีหลายสีขึ้นอยู่กับรงควัตถุที่ให้สีในส่วนสเปอร์มาเดิร์มหรือส่วนของเปลือกเมล็ดงาซึ่งไม่ว่าเมล็ดงาจะมีสีใดในส่วนของเปลือกเมล็ดงาก็จะมีกรดออกซาลิกอยู่สูง 2-3% (Carter et al., 1961) กรดออกซาลิกเป็นสารต้านคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากกรดออกซาลิกสามารถจับกับแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น แคลเซียม ทำให้ร่างกายไม่สามารถนำแร่ธาตุนั้นไปใช้ได้ อีกทั้งสารประกอบนี้อาจก่อให้เกิดนิ่วได้ และยังอาจทำให้เกิดอาการท้องเสีย อาเจียน และถึงแก่ชีวิตได้ (Budarari, 1989) ความเป็นพิษเฉียบพลันเมื่อได้รับถึง lethal dose คือ 5 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (Guil et al., 1996) จึงมีการศึกษาการลดปริมาณกรดออกซาลิกจากเมล็ดงา

Shamanthaka et al. (1969) ได้ศึกษาการลดปริมาณกรดออกซาลิกโดยกำจัดเปลือกเมล็ดงาพบว่าการนำเมล็ดงามาแช่ในสารละลายด่าง ได้แก่ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.6% เป็นเวลา 1 นาที สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 6% เป็นเวลา 15 นาที และสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 5% เป็นเวลา 15 นาที จะช่วยลอกเปลือกเมล็ดงาออกได้ทำให้สามารถลดปริมาณกรดออกซาลิกลงได้ การลอกเปลือกเมล็ดงาต้องไม่ใช้สารละลายด่างที่มีความเข้มข้นสูง หรือใช้เวลาในการแช่เมล็ดงานานเกินไป เพราะเมล็ดงาที่ได้หลังการแช่จะมีสีคล้ำขึ้นโดยจะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลืองน้ำตาล นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการแช่เมล็ดงาด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่ pH 9.5 จะสามารถกำจัดเปลือกเมล็ดงาและสามารถลดปริมาณกรดออกซาลิกลงได้เช่นกัน (Gopalan et al., 1982)

Carter et al. (1961) พบว่าการสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดงาแล้วนำกากเมล็ดงา มาร่อนด้วยตะแกรงขนาด 60 เมช จะช่วยแยกเปลือกเมล็ดงาออกได้ทำให้มีปริมาณกรดออกซาลิกลดลงเช่นเดียวกัน

พรรณวดี วิถีสำราญธรรม (2541) รายงานว่า การนำกากเมล็ดงามาร่อนด้วยตะแกรงขนาด 50 เมชขึ้นไป จะสามารถแยกเปลือกเมล็ดงาออกได้ โดยสามารถลดปริมาณกรดออกซาลิกลงได้ถึง 85% และมีกรดออกซาลิกเหลืออยู่ในกากเมล็ดงาเพียง 0.2-0.3%

2.6.2 <u>กรดไฟติก</u> (phytic acid)

กรดไฟติกเป็นองค์ประกอบสำคัญในเมล็ดพืช พบประมาณ 1-3% ของน้ำหนัก พบในเมล็ดงาประมาณ 5% กรดนี้มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบทั้งหมดประมาณ 60-90% ตามปกติจะจับกับเกลือแคลเซียม-แมกนีเซียม-โปแตสเซียม และเรียกสารประกอบนี้ว่า ไฟติน (phytin) มักพบในส่วนของอลูโดนเลเยอร์ (aleurone layer) ของธัญพืช เช่น ข้าวสาลี ข้าวสาร และเมล็ดข้าวโพด เป็นต้น (ตารางที่ 2.3) กรดไฟติกนี้มีความสำคัญในการป้องกันไม่ให้เมล็ดถูกทำลายจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidative damage)ระหว่างการเก็บรักษา (Graf, 1983 a,b; de Rham and Jost, 1979)

กรดไฟติก หรือ กรดอิโนซิทอลเฮกซาฟอสฟอริก (inositolhexaphosphoric acid หรือ myo-inositol 1,2,3,4,5,6-hexakis dihydrogen phosphate) มีสูตรทางเคมีคือ $C_6H_{18}O_{24}O_6$ มีน้ำหนักโมเลกุล 660.08 มีสูตรโครงสร้างดังภาพที่ 2.6 (Graf, 1983b) สามารถละลายได้ในน้ำที่ผสมด้วยแอลกอฮอล์และอีเธอร์ กรดไฟติกจะตกตะกอนในช่วง pH ที่เป็นกรด แต่ที่ pH เป็นกลางและเป็นด่างจะอยู่ในรูปของสารประกอบกับแคทไอออน (polyvalent cations) ทำให้ไม่ละลายน้ำ (Graf, 1983b; Grynspan and Cheryan,1983) การจับตัวกับเกลือแร่นี้เองทำให้ร่างกายไม่สามารถนำเกลือแร่ไปใช้ได้ (Budarari, 1989)

นอกจากนี้กรดไฟติกยังสามารถเกิดการรวมตัวกับโปรตีนเป็น protein-phytate complex โดยมีแคลเซียมไอออนทำหน้าที่เป็น calcium salt bridge ทำให้โปรตีนสูญเสียความสามารถในการละลายเกิดการตกตะกอน (Damodaran, 1996; O'Dell and de Boland, 1976)

O'Dell และ de Boland (1976) รายงานว่า การกำจัดกรดไฟติกจากกากเมล็ดงาด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.3 โมลาร์ และตกตะกอนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ pH 7.2 จะสามารถกำจัดกรดไฟติกได้

de Boland et al. (1979) ได้รายงานว่า กรดไฟติกในกากเมล็ดงาจะถูกทำลายได้โดยการให้ความร้อนด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้ออัตโนมัติ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 115°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยพบว่ากรดไฟติกจะถูกทำลายไปประมาณ 25%

Taha et al. (1987b) รายงานว่าการสกัดโปรตีนเมล็ดงาที่ pH 8 ขึ้นไป และตกตะกอนโปรตีนที่ pH 5.4 จะได้โปรตีนสกัดที่ปราศจากไฟเตต เนื่องจากไฟเตตมีความสามารถในการละลายได้ดีในช่วง pH 5.4-5.5 แต่มีความสามารถในการละลายต่ำในช่วง pH ที่เป็นด่าง ในขณะที่โปรตีนมีความสามารถในการละลายสูง จึงทำให้สามารถผลิตโปรตีนเมล็ดงาที่มีปริมาณไฟเตตต่ำได้

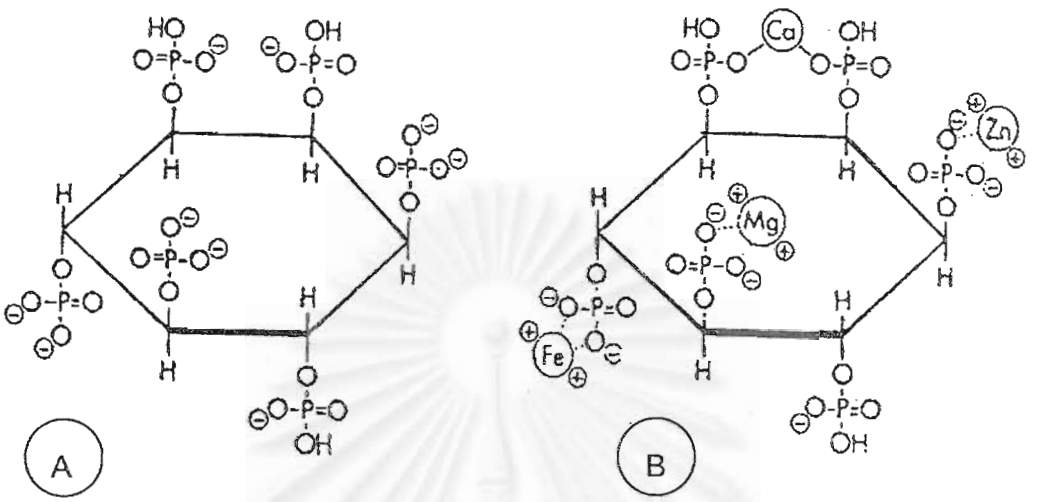
Kim และ Park (1995) รายงานว่า การสกัดโปรตีนเมล็ดงาที่ pH 7.0 9.0 และ 11.0 จะสามารถกำจัดไฟเตตได้ โดยพบว่าที่ pH 11.0 จะสามารถกำจัดไฟเตตออกจากโปรตีนเมล็ดงาได้สูงสุด คือ ประมาณ 94.80%

ตารางที่ 2.3 ปริมาณกรดไฟติกที่พบในเมล็ดพืชชนิดต่าง ๆ

เมล็ดพืช	ปริมาณกรดไฟติก (% โดยน้ำหนัก)
ข้าวสาลี (wheat)	1.1
จมูกข้าวสาลี (wheat germ)	3.9
ข้าวโพด (corn)	0.9
ถั่วเหลือง (soy beans)	1.4
เมล็ดงาผ่านการกำจัดเปลือก (dehulled sesame seeds)	5.3
ถั่วลิสง (peanuts)	1.9
ข้าวบาร์เล่ย์ (barley)	1.0
ข้าวโอ๊ต (oats)	0.8
เมล็ดทานตะวัน (sunflower seeds)	1.9

ที่มา : de Rham and Jost (1979)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.5 สูตรโครงสร้างของกรดไฟติก (A) และการจับแร่ธาตุของกรดไฟติกที่ pH 7 (B)
ที่มา : Graf (1983b); Erdman Jr. (1979)

2.7 การผลิตโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา

ในการผลิตโปรตีนสกัดจะมีกระบวนการ 2 ขั้นตอนที่สำคัญคือ กระบวนการสกัดโปรตีน และกระบวนการตกตะกอนโปรตีน ซึ่งการสกัดโปรตีนและการตกตะกอนโปรตีนจะขึ้นกับความสามารถในการละลายของโปรตีน ปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของโปรตีน มีดังนี้ คือ

2.7.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

โปรตีนในพืชเป็นโปรตีนประเภทกลอบูลิน ซึ่งตามปกติโมเลกุลรอบนอกของโปรตีนจะเป็นส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophile) แต่ที่ isoelectric pH (IEpH) โมเลกุลรอบนอกของโปรตีนจะมีประจุบวกและประจุลบเท่ากันทำให้โปรตีนสูญเสียความมีขั้ว จึงทำให้แรง electrostatic และแรงในการดูดซับน้ำลดลง โปรตีนจะเกิดการจับตัวและตกตะกอน หากมีการเพิ่มหรือลด pH ให้มากหรือน้อยกว่า IEpH โปรตีนจะมีความสามารถในการละลายได้ดีขึ้น เนื่องจากแรง electrostatic และการเกิดประจุในการดูดซับน้ำเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้โปรตีนเกิดการละลาย โดยการละลายของโปรตีนที่ pH ต่าง ๆ ในอาหารโปรตีนส่วนใหญ่จะเป็นรูปตัวยู (U-shaped curve) หากมีการให้ความร้อนร่วมด้วยจะทำให้โมเลกุลรอบนอกของโปรตีนมีส่วนที่ไม่มีประจุเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากโปรตีนเกิดการคลายตัวและเกิดพันธะระหว่างโมเลกุลของโปรตีน ความสามารถในการละลายจึงลดลง (Damodaran, 1996)

งานวิจัยที่ได้ผลเป็นไปตามทฤษฎีที่ได้กล่าวไปแล้ว ได้แก่ งานวิจัยของ Nilo Rivas et al. (1981) และ Taha et al. (1987) โดยศึกษาความสามารถในการละลายของโปรตีนเมล็ดงา; de Rham และ Jost (1979) โดยศึกษาความสามารถในการละลายของโปรตีนเมล็ดถั่วเหลือง ซึ่งโปรตีนทั้งหมดมีความสามารถในการละลายได้ผลเป็นรูปตัวยูเหมือนกัน

2.7.2 **<u>กำลังไอออนิก</u>** (ionic strength)

การละลายของโปรตีนกลอบูลิน จะมีความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของเกลือโดยโปรตีนและไอออนของเกลือจะแย่งกันจับน้ำทำให้ความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้น เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า salting in ซึ่งความเข้มข้นของเกลือที่ใช้จะอยู่ในช่วง 0.1-1.0 โมลาร์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ โปรตีน ชนิดของแอนไอออน และแคทไอออนของเกลือ pH และอุณหภูมิ

ไอออนของเกลือจะจับกับประจุตรงข้ามของโปรตีนเกิดเป็นชั้นของหมู่ไอออนิก ซึ่งจะไปลดแรง electrostatic ระหว่างโมเลกุลของโปรตีน เป็นเหตุให้โปรตีนมีความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้น ปรากฏการณ์ salting in จะเกิดขึ้นตาม Hofmeister series

โดย Hofmeister series จะมีการเรียงตัวของ แอนไอออน (anion) ตามนี้ คือ SO_4^- >HPO_4^{2-}>CH_3COO^->Cl^->Br^->NO_3^->ClO_3^->I^->ClO_4^->SCN^- และการเรียงตัวของแคทไอออนเป็นดังนี้ คือ NH_4^+>K^+>Na^+>Li^+>Mg^{2+}>Ca^{2+}>Ba^{2+} แคทไอออนที่อยู่ทางขวามือจะเพิ่มความสามารถในการละลายของโปรตีนได้ดีกว่าที่อยู่ทางซ้ายมือ โดยแคทไอออนจะมีผลต่อโครงสร้างของน้ำที่รอบนอกโมเลกุลของโปรตีน ในขณะที่ความเข้มข้นของเกลือสูงกว่า 1.0 โมลาร์ ไอออนทางซ้ายมือจะลดความสามารถในการละลายลงเนื่องจากเกิดปรากฏการณ์ salting out เพราะไอออนของเกลือจับกับโมเลกุลของน้ำอย่างแข็งแรง ทำให้โมเลกุลของน้ำรอบ ๆ โมเลกุลของโปรตีนมีการจัดเรียงตัวใหม่เป็นผลทำให้โมเลกุลของโปรตีนเกิดการจับตัวกันเองด้วยพันธะของหมู่ไม่ชอบน้ำโปรตีนจึงเกิดการรวมตัวและตกตะกอนในที่สุด (Vojdani, 1996)

Nilo Rivas et al. (1981) รายงานว่าการสกัดโปรตีนจากเมล็ดงาด้วยการใช้สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ 1.0 โมลาร์ ที่ pH 6 จะสามารถสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงาได้สูงที่สุด แต่หากเพิ่มความเข้มข้นเป็น 2 โมลาร์ ความสามารถในการสกัดโปรตีนจะลดลงอย่างมากอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากเกลือที่มีสมบัติเป็นกลางจะมีผลต่อการละลายของโปรตีนมาก ถ้าค่อย ๆ เพิ่มปริมาณเกลือให้มากขึ้นการละลายของโปรตีนจะเพิ่มขึ้น และการเพิ่มการละลายนี้จะสูงขึ้นอีกถ้าเกลือที่ใช้ให้อนุมูลที่มีประจุบวกมากกว่าหนึ่ง เช่น $MgCl_2$ หรือ $MgSO_4$ จะมีประสิทธิภาพสูงกว่า NaCl KCl หรือ NH_4Cl ซึ่งเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า salting in แต่ถ้าปริมาณเกลือที่ใช้สูงถึงจุดหนึ่งโปรตีนจะตกตะกอนทั้งหมดเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า salting out (Kinsella, 1976)

แต่การสกัดโปรตีนด้วยสารละลายเกลือจะมีข้อเสียคือโปรตีนที่ได้จะมีปริมาณเกลือปนอยู่เป็นจำนวนมาก ต้องนำโปรตีนสกัดที่ได้ไปผ่านขั้นตอนการกรองด้วยวิธี dialysis หรือ ultrafiltration ก่อนจะนำโปรตีนมาตกตะกอน (Damodaran, 1996)

2.7.3 **<u>อุณหภูมิ</u>** (temperature)

ที่ pH และกำลังไอออนิกคงที่ ความสามารถในการละลายของโปรตีนจะเพิ่มขึ้นในช่วงอุณหภูมิ 0-40°C หากเพิ่มอุณหภูมิให้สูงกว่า 40°C จะเกิดพลังงานเทอร์มอลไดนิติก เป็นเหตุให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพโดยจะคลายตัวทำให้หมู่ไม่ชอบน้ำออกมาอยู่ภายนอก โปรตีนจะเกิดการจับตัวกันเองและตกตะกอนลงมา ความสามารถในการละลายของโปรตีนจึงลดลง (Damodaran, 1996)

2.7.4 **<u>องค์ประกอบอื่น ๆ</u>** (other components)

องค์ประกอบอื่น ๆ ในสารละลาย เช่น ไอออน หรือสารทำละลายอินทรีย์ มีผลต่อความสามารถในการละลายของโปรตีน ไอออนของโลหะหนัก เช่น Zn^{2+} Cd^{2+} และ Ba^{2+} หรือแอนไอออนของสารอินทรีย์ เช่น แทนเนต ทังสเตต โมลิบเดต ไตรคลอโรอะซิเตต เปอร์คลอเลต และซัลโฟซาลิไซเลตจะทำให้โปรตีนเกิดการตกตะกอน ขึ้นอยู่กับ pH อุณหภูมิ และกำลังไอออน

หากมีการเติมสารทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) เช่น เอธานอล หรือ อะซิโตน จะทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพ (Vojdani, 1996) โดยโปรตีนจะมีการเพิ่มแรง electrostatic ทั้งภายในและระหว่างโมเลกุลของโปรตีน โดยแรง electrostatic ภายในโมเลกุลที่เพิ่มขึ้นจะทำให้โปรตีนเกิดการคลายตัว ทำให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของโปรตีนของหมู่เปปไทด์ และแรง electrostatic ระหว่างโมเลกุลของโปรตีนซึ่งมีประจุเหมือนกัน จะเป็นตัวชักนำให้โปรตีนเกิดการตกตะกอนในสารทำละลาย

โพลีเอธิลีนไกลคอล (polyethylene glycol, PEG) จะลดความสามารถในการละลายของโปรตีน มักใช้ในการตกตะกอนโปรตีน เนื่องจาก PEG จะไปแย่งจับน้ำกับโมเลกุลของโปรตีน (Damodaran, 1996)

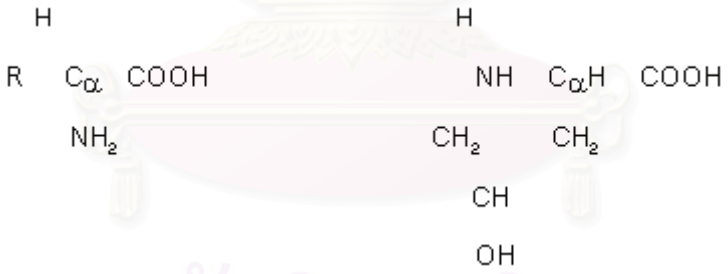
ไขมันจะทำปฏิกิริยากับโปรตีนโดยนำส่วนที่ไม่มีขั้วของโซ่อะลิฟาติก (apolar aliphatic chain of the lipid) มาจับกับหมู่ที่ไม่ชอบน้ำที่รอบนอกโมเลกุลของโปรตีน ทำให้การเกิดพันธะของโมเลกุลของโปรตีนกับน้ำลดลง ส่งผลให้โปรตีนมีความสามารถในการละลายลดลง

โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต (sodium dodecylsulfate, SDS) เป็นสารจำพวก surface-active agents ซึ่งเป็นสารที่ทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพอย่างรุนแรงทำให้โปรตีนเกิดการคลายตัว และโปรตีนหันส่วนที่ไม่ชอบน้ำมาจับกันโปรตีน จึงเกิดการตกตะกอน (Vojdani, 1996)

2.8 โครงสร้างของโปรตีน

โปรตีนเป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ประกอบด้วยหน่วยเล็ก ๆ ที่เรียกว่า “กรดอะมิโน” (amino acid) เชื่อมต่อกัน พบได้ในพืชและสัตว์ทั่วไป โดยจะเป็นองค์ประกอบหลักในโปรโตพลาสซึมของสิ่งมีชีวิต เมื่อมนุษย์บริโภคพืชและสัตว์ก็จะได้รับกรดอะมิโนจากแหล่งดังกล่าว ไม่ว่าโปรตีนจะมาจากแหล่งใดก็ตามจะประกอบด้วยกรดอะมิโน 18-22 ชนิด เพียงแต่โปรตีนแต่ละชนิดมีกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ ไม่เท่ากัน จึงทำให้โปรตีนจากแหล่งต่าง ๆ มีสมบัติและคุณภาพไม่เหมือนกัน

กรดอะมิโนจะประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl, -COOH) ทำให้มีสมบัติเป็นกรดและมีหมู่อะมิโน (amino, $-NH_2$) จึงมีสมบัติเป็นด่างอยู่ที่ตำแหน่งแอลฟาคาร์บอน (C_α) ซึ่งได้แก่คาร์บอนตัวที่ติดอยู่กับหมู่คาร์บอกซิล กรดอะมิโนที่มีอยู่ในโปรตีนตามธรรมชาติจึงเรียกกรดอะมิโนเหล่านี้ว่า กรดแอลฟาอะมิโน (α-amino acids) แต่มีโพรลีนและไฮดรอกซีโพรลีนเท่านั้นที่อยู่ในรูป กรดแอลฟาอิมิโน (α- imino acids) (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2538) โดยมีสูตรโครงสร้างทั่วไปดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 (ก) กรดแอลฟาอะมิโน (-amino acids)

(ข) กรดแอลฟาอิมิโน (-imino acids) ของไฮดรอกซีโพรลีน

ที่มา : Damodaran (1996)

กรดอะมิโนแต่ละชนิดจะแตกต่างกันตรงหมู่ด้านข้าง (side chain group) ที่เรียกว่าหมู่อาร์ (R - group) ซึ่งเป็นหมู่ที่ต่ออยู่กับแอลฟาคาร์บอน (C_α) ของกรดอะมิโน หมู่อาร์เป็นหมู่สำคัญในการกำหนดสมบัติจำเพาะของกรดอะมิโนแต่ละชนิด การแบ่งกลุ่มของกรดอะมิโนจะแบ่งตามสมบัติในการละลายน้ำ ซึ่งขึ้นกับหมู่อาร์แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม (ดังตารางที่ 2.4) คือ

1. กรดอะมิโนที่หมู่ด้านข้างเป็นน็อน-โพลาร์ (non-polar side chains) ได้แก่ กรดอะมิโนที่มีหมู่อาร์เป็นพวกอะโรมาติกและไฮโดรคาร์บอน (aromatic and hydrocarbon) และเป็นพวกที่ไม่ละลายน้ำ (hydrophobic) ในสารละลายที่มี pH 6-7

2. กรดอะมิโนที่หมู่ด้านข้างเป็นโพลาร์ที่ไม่มีประจุ (uncharged, polar side chains) ได้แก่ กรดที่มีหมู่อาร์ขนาดเล็กและมีขั้วแต่ไม่แตกตัว กรดพวกนี้จะละลายในน้ำได้ปานกลางที่ pH 6-7

3. กรดอะมิโนที่หมู่ด้านข้างเป็นโพลาร์ที่มีประจุ (charge, polar side chains) กรดพวกนี้ละลายน้ำได้ดีที่สุด (hydrophilic) หมู่อาร์จะมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส (acidic and basic) และแตกตัวได้ที่ pH 6-7

โปรตีนและเปปไทด์จะประกอบด้วยกรดอะมิโนเรียงตัวกัน โดยมีพันธะเปปไทด์ (peptide bond) ซึ่งเป็นพันธะเอไมด์ (amide bond, –CO-NH-) ที่เกิดจากการรวมตัวระหว่างหมู่คาร์บอกซิลของกรดอะมิโนตัวหนึ่งกับหมู่อะมิโนของกรดอะมิโนตัวถัดไป กรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ จะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ตลอดทั้งโมเลกุลโปรตีน ซึ่งเมื่อพิจารณาโปรตีนที่เกิดขึ้นในธรรมชาติจะพบว่าโปรตีนแต่ละชนิดจะมีลำดับการเชื่อมต่อของกรดอะมิโนที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ปริมาณกรดอะมิโนแต่ละชนิดก็แตกต่างกันด้วย

2.9 <u>การย่อยสลายโปรตีน</u>

การย่อยสลายโปรตีนที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม โดยทั่วไปมี 3 วิธี คือ การย่อยสลายด้วยเอนไซม์ การย่อยสลายด้วยด่างและการย่อยสลายด้วยกรด (Hill, 1965)

2.9.1 <u>การย่อยสลายด้วยเอนไซม์</u>

นิยมใช้เอนไซม์โปรติเอส (protease) ตัดพันธะเปปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน มีข้อดีเนื่องจากเอนไซม์มีความจำเพาะเจาะจงต่อ substrate สูงจึงใช้เอนไซม์ได้ในปริมาณเพียงเล็กน้อย และการย่อยสลายทำได้ในภาวะที่ไม่รุนแรง ไม่ก่อให้เกิดปัญหาเรื่องการกัดกร่อนอุปกรณ์เครื่องมือ แต่ข้อจำกัดของการย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์อยู่ที่การเกิดสารประกอบรสขมขึ้นเนื่องจากการแตกตัวของหมู่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic group) ในโมเลกุลโปรตีน (Metoba and Hata, 1972) ดังนั้นจึงต้องควบคุมอัตราการย่อยสลายให้ดี นอกจากนี้เอนไซม์ยังมีราคาแพง

2.9.2 **<u>การย่อยสลายด้วยด่าง</u>**

นิยมใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (potassium hydroxide) และ แบเรียมไฮดรอกไซด์ (barium hydroxide) ในการย่อยสลายด้วยด่างแม้ว่ากรดอะมิโนทริปโตฟาน (tryptophan) จะถูกทำลายน้อย แต่กรดอะมิโนตัวอื่นอาจเกิด racemization ซึ่งเป็นการเปลี่ยนรูปจาก L–form เป็น D–form ที่ร่างกายไม่สามารถนำไปใช้ได้ และทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ดี (Hill, 1965)

2.9.3 **<u>การย่อยสลายด้วยกรด</u>**

นิยมใช้กรดอนินทรีย์ เช่น กรดซัลฟูริก หรือ กรดไฮโดรคลอริก แต่พบว่าเมื่อใช้กรดซัลฟูริกย่อยสลายโปรตีนจะทำให้มีกลิ่นไม่ดี มีรสขมเกิดขึ้น และเมื่อทำให้เป็นกลางจะเกิดตะกอนของเกลือซัลเฟต ทั้งนี้เพราะอิออนซัลเฟต (SO_4^{2-}) จะถูกแยกออกโดยการเติมแคลเซียมออกไซด์ (CaO) หรือ แบเรียมไฮดรอกไซด์ ($Ba(OH)_2$) ซึ่งจะทำปฏิกิริยาให้แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) หรือ แบเรียมซัลเฟต($BaSO_4$) และตกตะกอนซึ่งตะกอนดังกล่าวสามารถดูดซับกรดอะมิโนหรือสารประกอบอื่น ๆ ที่ได้จากการย่อยโปรตีน ดังนั้นในการผลิตในระดับอุตสาหกรรมจึงนิยมใช้กรดไฮโดรคลอริกมากกว่ากรดซัลฟูริก (Hill, 1965) การย่อยสลายด้วยกรดมีข้อดี คือ สามารถทำได้ง่าย ค่าใช้จ่ายต่ำและใช้เวลาสั้นอีกทั้งยังให้ผลผลิตสูง มีปริมาณกรดอะมิโนอิสระและเกลือโซเดียมคลอไรด์ในปริมาณสูง แต่มีข้อเสียคือเกิดการสลายของกรดอะมิโนทริปโตฟาน (tryptophan) ซิสทีน (cystine) และ ทรีโอนีน (threonine) นอกจากนี้ยังอาจเกิดกลิ่นของกรดตกค้างในผลิตภัณฑ์ (Aaslyng et al., 1998; Prendergast, 1974)

2.10 **<u>น้ำซอสปรุงรส</u>**

น้ำซอสปรุงรส (seasoning sauce) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ใช้ปรุงรสอาหาร มีโปรตีนพืชที่ย่อยสลายแล้วด้วยกรดเป็นส่วนประกอบสำคัญ (มอก.8-2539)

ญี่ปุ่นเป็นชาติแรกที่คิดค้นวิธีการผลิตน้ำซอสปรุงรสจากถั่วเหลืองพร่องไขมันโดยการย่อยโปรตีนด้วยกรด เรียกของเหลวที่ได้ว่า “สารละลายกรดอะมิโน (amino acid liquor)” หรือซีอิ๊วเคมี (chemical soy sauce) (Yokotsuka, 1962) เพื่อใช้เป็นเครื่องปรุงรสทดแทนน้ำซีอิ๊ว (soy sauce) ที่ใช้เวลาในการผลิตนานประมาณ 1-3 ปี ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง การผลิตน้ำซอสปรุงรสโดยทั่วไปใช้เวลานานประมาณ 3 อาทิตย์ ซึ่งน้ำซอสปรุงรสที่ได้จะมีปริมาณโปรตีนที่อยู่ในรูปของกรดอะมิโนและเปปไทด์สูงกว่าซีอิ๊วที่หมักตามธรรมชาติ แต่กลิ่นรสของซีอิ๊วเคมีจะด้อยกว่าซีอิ๊วหมักตามธรรมชาติ โดยจะมีกลิ่นรสต่างออกไป นิยมบริโภคในประเทศทางยุโรปและ

อเมริกา นอกจากนี้ยังมีการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่น ๆ อีกเพื่อช่วยเพิ่มกลิ่นรสโดยอาจอยู่ในรูปกึ่งของแข็งมีชื่อเรียกว่า “Hydrolyzed Vegetable Protein (HVP)” (วิเชียร ลีลาวัชรมาศ, 2534)

ตารางที่ 2.4 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีที่ต้องการของน้ำซอสปรุงรส

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด	
		ชั้นคุณภาพที่ 1	ชั้นคุณภาพที่ 2
1	ความหนาแน่นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 30/30°C	ไม่น้อยกว่า 1.23	ไม่น้อยกว่า 1.20
2	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	5.0-6.2	4.0-6.2
3	โซเดียมคลอไรด์ (g/dm^3)	ไม่น้อยกว่า 190	ไม่น้อยกว่า 180
4	ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) (g/dm^3)	ไม่น้อยกว่า 30.0	ไม่น้อยกว่า 24.0
5	ไนโตรเจนจากกรดอะมิโน(amino acid nitrogen) (g/dm^3)	ไม่น้อยกว่า 20.0	ไม่น้อยกว่า 15.0

ที่มา : มอก. (8-2539)

2.10.1 <u>วัตถุดิบสำหรับน้ำซอสปรุงรส</u>

โปรตีนจากพืชเป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตน้ำซอสปรุงรส เนื่องจากราคาถูก สามารถหาได้ง่ายและมีไขมันต่ำ โปรตีนจากพืชที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม เช่น กากถั่วเหลืองที่ปราศจากน้ำมัน แป้งสาลี แป้งข้าวโพด เป็นต้น (Olsman, 1979) ลักษณะของวัตถุดิบที่เหมาะสมในการผลิตน้ำซอสปรุงรส มีดังนี้

2.10.1 วัตถุดิบควรมีปริมาณโปรตีนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก จึงจะสามารถเตรียมน้ำซอสปรุงรสที่มีปริมาณโปรตีนไม่ต่ำกว่าปริมาณที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมน้ำซอสปรุงรสกำหนด (มีนา ใบโพธิ์วงศ์, 2518 อ้างถึงใน อรสา สุริยาพันธ์, 2531)

2.10.2 วัตถุดิบควรมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำ เนื่องจากความร้อนในระหว่างกระบวนการผลิตจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาเกิดสารสีน้ำตาลแบบไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non-enzymatic browning) ระหว่างสารประกอบคาร์โบไฮเดรต (โดยเฉพาะน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวและน้ำตาลโมเลกุลคู่) กับสารประกอบโปรตีน เป็นผลทำให้ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้น้อยลงและผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเข้ม

2.10.3 วัตถุดิบควรมีปริมาณไขมันต่ำไม่ควรเกินร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดปฏิกิริยาซาพอนิฟิเคชั่น (saponification) เนื่องจากไขมันเป็นสารกลีเซอไรด์ (glyceride) เมื่อต้มในสารละลายกรดจะสลายตัวให้กรดไขมันอิสระ (free fatty acid) กับ สารกลีเซอรอล (glycerol) ในขั้นตอนการปรับ pH ให้เป็นกลางด้วยโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) จะเกิดสบู่ขึ้น ซึ่งจะเป็นการสิ้นเปลืองโซเดียมคาร์บอเนตและก่อให้เกิดความยุ่งยากในการกรอง นอกจากนี้ถ้าวัตถุดิบมีไขมันปนเปื้อนอยู่มากจะทำให้เกิด auto-oxidation ได้สารประกอบพวก carbonyl ซึ่งจะทำให้เกิดกลิ่นหืนได้ (ลมัย ชูเกียรติวัฒนา, 2524; วิเชียร ลีลาวัชรมาศ, 2534)

2.10.4 สามารถหาได้ง่าย มีปริมาณมากเพียงพอ และมีราคาถูก

ในปัจจุบันได้มีการศึกษาการใช้วัตถุดิบอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กล่าวในข้างต้นมาผลิตน้ำซอสปรุงรส ซึ่งวัตถุดิบที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นส่วนเหลือ หรือผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมหลัก เช่น อุตสาหกรรมน้ำมันพืช อุตสาหกรรมการผลิตวุ้นเส้น อุตสาหกรรมซุบไก่สกัด เป็นต้น สามารถกล่าวโดยสรุป ได้ดังนี้

Pham และ del Rosario (1983b) ศึกษาการนำเนื้อมะพร้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับทำน้ำซอสปรุงรส เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับน้ำซอสปรุงรสจากกากถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดน้ำมัน พบว่าน้ำซอสปรุงรสจากกากมะพร้าวมีคะแนนด้านสี รสชาติ กลิ่น และความยอมรับรวมต่ำกว่าน้ำซอสปรุงรสจากกากถั่วเหลืองอย่างมีนัยสำคัญ การผสมน้ำซอสปรุงรสจากวัตถุดิบทั้งสองชนิดในอัตราส่วน 1:1 (โดยปริมาตร) จะได้น้ำซอสปรุงรสที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเช่นเดียวกับน้ำซอสปรุงรสจากกากถั่วเหลือง

Dzanic et al. (1985) ทดลองผลิตน้ำซอสปรุงรสจากแป้ง แอลแฟลฟา (alfalfa) แล้วนำมาเพิ่มความเข้มข้นให้มีลักษณะเป็น paste และเป็นผง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเข้ม และมีกลิ่นเฉพาะตัว สามารถนำไปใช้กับอาหารที่มีสีเข้มได้

อรสา สุริยาพันธ์ (2531) ศึกษาการนำโปรตีนถั่วเขียวส่วนเหลือจากโรงงานวุ้นเส้นมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับทำน้ำซอสปรุงรส พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการผลิตคือใช้อัตราส่วนของโปรตีนถั่วเขียวต่อกรดเกลือเป็น 1:2.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ความเข้มข้นของกรดเกลือ 5 นอร์มอลและเวลา 3 ชั่วโมง ขจัดกลิ่นโดยการระเหยภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 45

นาที เมื่อปรับปรุงรสชาติ โดยผสมกากถั่วเหลืองย่อยด้วยกรดกับโปรตีนถั่วเขียวย่อยด้วยกรดในอัตราส่วน 9:10(โดยปริมาตร) ผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสที่ได้อยู่ในระดับที่ผู้บริโภคยอมรับได้

Rudeepan et al. (1995) ทดลองผลิตน้ำซอสปรุงรสจากแป้งถั่วลิสงพร่องไขมัน ย่อยสลายด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 5 นอร์มอล เวลา 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 120°C ขจัดกลิ่นด้วยผงคาร์บอนกัมมันต์ 0.1% (น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 50°C นาน 2 ชั่วโมงบ่มไว้ 1 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพไม่แตกต่างจากซอสปรุงรสถั่วเหลืองที่ผลิตทางการค้า

Otero et al. (1998) ทดลองผลิตน้ำซอสปรุงรสจากยีสต์ที่ผ่านการทำแห้ง (dried yeast) จากยีสต์ *Candida utilis* ย่อยสลายด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 15% เวลา 40 นาที ที่อุณหภูมิ 150°C พบว่าน้ำซอสปรุงรสที่ได้อยู่ในระดับที่ผู้บริโภคยอมรับได้ ซึ่งใกล้เคียงกับน้ำซอสปรุงรสถั่วเหลืองที่ผลิตทางการค้า

2.10.2 <u>การผลิตน้ำซอสปรุงรส</u>

การผลิตน้ำซอสปรุงรสมีขั้นตอนการผลิตที่สำคัญ 3 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ การย่อยวัตถุดิบด้วยกรด การขจัดกลิ่น และการบ่มร่วมกับการใช้สารปรุงแต่ง

2.10.2.1 <u>การย่อยวัตถุดิบด้วยกรด</u>

วัตถุดิบจะถูกผสมกับกรดพร้อมกับการให้ความร้อน ในขั้นนี้องค์ประกอบต่าง ๆ ของวัตถุดิบ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันจะถูกสลายพันธะต่าง ๆ ภายในโมเลกุลโดยมีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในขั้นตอนนี้โปรตีนในวัตถุดิบจะถูกย่อยสลายเป็น โพลีเปปไทด์ เปปไทด์ และ กรดอะมิโน ส่วนคาร์โบไฮเดรตจะถูกย่อยสลายได้น้ำตาล แต่เมื่ออยู่ภายใต้กรดที่มีความเข้มข้นสูงและอุณหภูมิสูงก็จะถูกย่อยสลายต่อได้ฟอร์มัลดิไฮด์ (formaldehyde) และ กรดลิวูลินิก (levulinic acid) ทำให้เกิดกลิ่นไม่ดี แต่ส่วนใหญ่แล้วจะถูกทำลายและสูญหายไป ส่วนหนึ่งจะรวมตัวกับกรดอะมิโนทำให้เกิดสีดำ ไม่มีรสหวาน มีแต่กลิ่นรสของกรดกลูตามิค (glutamic acid) อย่างเดียวไม่มีกรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์และเอสเทอร์ สำหรับกรดที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม คือ กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid) ความเข้มข้น 15–30%หรือ 4-6 N ย่อยสลายที่อุณหภูมิ 100-130°C เป็นเวลา 4-24 ชั่วโมง (วิเชียร ลีลาวัชรมาศ, 2534; Belohlawek, 1989; Aaslyng et al., 1998)

<u>ความจำเพาะของปฏิกิริยาการย่อยโปรตีนด้วยกรด</u> มี 5 ประการ คือ

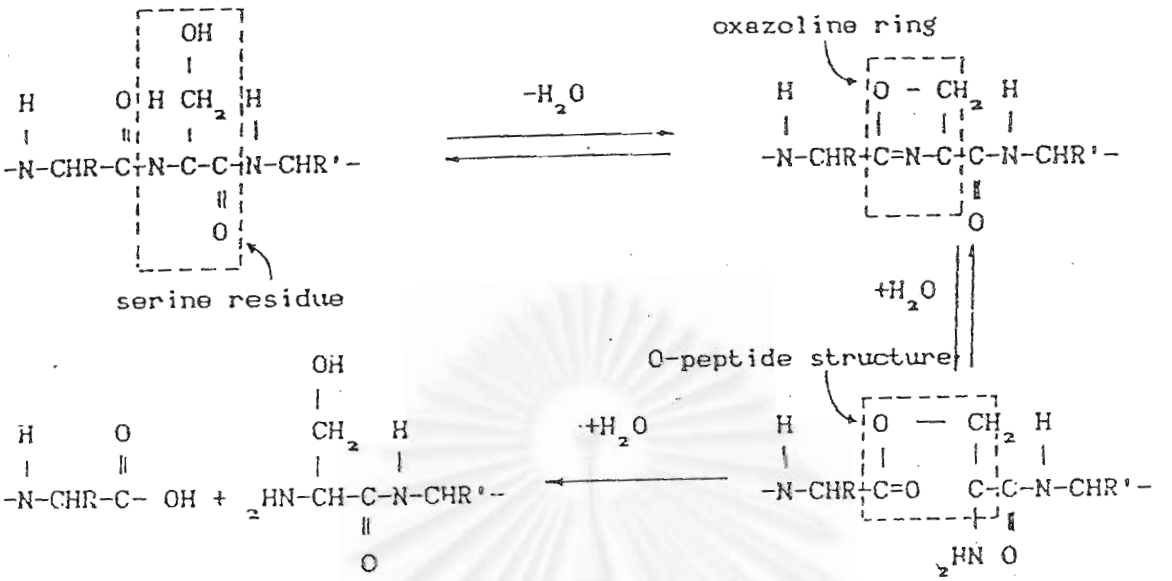
1.ในช่วงแรกของการเกิดปฏิกิริยากรดอะมิโนที่มีสูตรโครงสร้างเป็นสารประกอบแอมีด คือ กลูตามีน (glutamine) และ แอสพาราจีน (asparagine) จะเกิด cleavage reaction ภายในโมเลกุล เกิดก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) มีผลทำให้โครงสร้างของโมเลกุลเปลี่ยนเป็นกรดกลูตามิค (glutamic acid) และกรดแอสพาติก (aspartic acid) ตามลำดับ เนื่องจากไฮโดรเจนอิออน (H^+) สามารถเร่งปฏิกิริยาสลายพันธะแอมีดได้ดีกว่าพันธะเปปไทด์ (Hill, 1965)

2. โปรตีนที่มีโครงสร้างเป็นไดเปปไทด์ คือ กรดอะมิโนสองตัวจับกันด้วยพันธะเปปไทด์ จะมีความต้านทานต่อการสลายพันธะเปปไทด์มากที่สุด เนื่องจากประจุบวกของกลุ่มแอมโมเนีย (ammonium group) ของกรดอะมิโนแต่ละตัวจะผลักกับประจุบวกของไฮโดรเจนอิออน ทำให้อัตราเร็วของการสลายพันธะเปปไทด์ลดลง (Hill, 1965)

3. สารประกอบไดเปปไทด์ที่มีกรดอะมิโนด้าน N-terminal เป็น วาลีน (valine) และลิวซีน (leucine) จะมีความต้านทานต่อการสลายพันธะเปปไทด์มากกว่ากรดอะมิโนตัวอื่น ๆ เนื่องจากความเกะกะของกลุ่มไอโซโพรพิล (isopropyl group) และกลุ่มไอโซบิวทิล (isobutyl group) ซึ่งเป็นส่วนกิ่งก้านของกรดอะมิโนทั้งสองตามลำดับมีผลทำให้ไฮโดรเจนอิออนไม่สามารถเข้าไปเร่งปฏิกิริยาสลายพันธะได้สะดวก นอกจากนี้พบว่ากลุ่มไอโซโพรพิล มีผลต่อความเสถียรของพันธะเปปไทด์น้อยกว่ากลุ่มไอโซบิวทิล เนื่องจากส่วนกิ่งก้านห่างจากพันธะเปปไทด์มากกว่านั่นเอง (Hill, 1965)

4. พันธะเปปไทด์ระหว่างซีรีน (serine) หรือ ทรีโอนีน (threonine) กับกรดอะมิโนตัวอื่นจะถูกสลายพันธะได้อย่างรวดเร็วกว่าสารประกอบไดเปปไทด์ชนิดอื่น เนื่องจากในระหว่างการสลายพันธะเกิดการสร้าง oxazoline ring ซึ่งต่อมาจะกลายเป็น O-peptide structure ในขณะเดียวกันกลุ่มอะมิโนของซีรีนหรือทรีโอนีนจะแยกตัวออกจากพันธะเปปไทด์ จากนั้นจึงเกิดการสลายพันธะระหว่างกลุ่มไฮดรอกซิลของซีรีน หรือทรีโอนีนกับกลุ่มคาร์บอกซิลของกรดอะมิโนอีกตัวหนึ่งในพันธะเปปไทด์เดิม ดังแสดงในแผนภาพ (Hill, 1965)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



5. พันธะเปปไทด์ที่เกิดระหว่างกรดแอสพาติกกับกรดอะมิโนตัวอื่น ๆ ยกเว้นวาลีน จะมีความต้านทานต่อการสลายพันธะเปปไทด์น้อยที่สุด เนื่องจากการที่ประจุลบบนกลุ่มคาร์บอกซิลของกรดแอสพาติกสามารถรวมตัวกับไฮโดรเจนอิออนทำให้พันธะเปปไทด์ที่ตำแหน่งใกล้เคียงมีความเสถียรลดลง ด้วยเหตุนี้ปริมาณของกรดอะมิโนอิสระตัวอื่น ๆ โดยเฉพาะกรดกลูตามิคจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณกรดแอสพาติกมีปริมาณเกือบสูงสุดเท่านั้น (Hill, 1965)

ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายโปรตีนด้วยกรด

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยาการย่อยสลายโปรตีนด้วยกรด มีดังนี้

1. ความเข้มข้นและปริมาณของกรด

การเพิ่มความเข้มข้นของกรดจะส่งผลให้อัตราเร็วของการย่อยสลายโปรตีนด้วยกรดเพิ่มขึ้น และต้องใช้ความเข้มข้นและปริมาณกรดที่เหมาะสม เพื่อให้สมดุลย์กับปริมาณโปรตีนของวัตถุดิบและปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการทำให้เป็นกลาง (neutralization) (Pham and del Rosario,1983; วิเชียร ลีลาวัชรมาศ, 2534)

Pham และ del Rosario (1983a) ศึกษาอัตราเร็วของปฏิกิริยาย่อยสลายโปรตีนถั่วเหลือง ที่อุณหภูมิ 125°C โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 4 6 และ 10 โมลาร์ เป็นเวลานาน 12 ชั่วโมง พบว่าปริมาณอะมิโนไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของกรดเพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อความเข้มข้นของกรดสูงขึ้นอัตราเร็วของปฏิกิริยาย่อยสลายโปรตีนจะเพิ่มขึ้น

Sair (1968) ศึกษาผลของปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการย่อยสลายโปรตีน โดยทำการย่อยสลายโปรตีนถั่วเหลืองผสมกับกลูเตนของข้าวสาลี 240 กรัม ด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 10 โมลาร์ ในปริมาณต่าง ๆ กัน คือ 100 150 200 และ 250 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 100°C นาน 11 ชั่วโมง พบว่าเมื่อใช้ 100 มิลลิลิตร ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าอะมิโนไนโตรเจนร้อยละ 35.8 ของไนโตรเจนทั้งหมดและมีรสขม เมื่อย่อยด้วยกรด 150 มิลลิลิตร ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าอะมิโนไนโตรเจนร้อยละ 63.0 ของไนโตรเจนทั้งหมด และมีกลิ่นหอม ส่วนการย่อยด้วยกรด 250 มิลลิลิตร ผลิตภัณฑ์ที่ได้ มีค่าอะมิโนไนโตรเจนสูงสุด คือร้อยละ 67.0 ของไนโตรเจนทั้งหมด และมีกลิ่นหอมอ่อน ๆ

2. **<u>อุณหภูมิและความดัน</u>**

Roach และ Gehrke (1970) ศึกษาผลของอุณหภูมิต่ออัตราการย่อยสลายไกลอะดิน (gliadin) ด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 6 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 110 และ 145°C พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะได้กรดอะมิโนอิสระเพิ่มขึ้น กรดอะมิโนอิสระจะเกิดมากที่สุดเมื่อย่อยสลายที่อุณหภูมิ 145°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ส่วนการย่อยสลายที่อุณหภูมิ 110°C ต้องใช้เวลานานถึง 14 ชั่วโมง จึงจะได้กรดอะมิโนมากที่สุด การทดลองนี้สนับสนุนผลการทดลองของ Greenberg และ Burk (1947) ซึ่งย่อยสลายเจลาตินด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 3 โมลาร์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่ 98 130 และ 140°C ผู้วิจัยรายงานว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณอะมิโนไนโตรเจนจะมากขึ้น แสดงว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นด้วย และการย่อยสลายโปรตีนด้วยกรดที่ความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศจะมีอัตราเร็วของปฏิกิริยาสูงกว่าที่ความดันบรรยากาศเนื่องจากการเพิ่มความดันมีผลทำให้อุณหภูมิเพิ่มตามไปด้วย (Grace, 1974) การย่อยในเครื่อง autoclave ที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 100°C เมื่อเพิ่มความดันเป็น 10 psig อุณหภูมิเพิ่มเป็น 120°Cซึ่งการเพิ่มอุณหภูมิแก่ปฏิกิริยาย่อยสลายโปรตีนด้วยกรดจะส่งผลให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นด้วย (Roach and Gehrke, 1970)

3. **<u>เวลา</u>**

อัตราเร็วของการย่อยโปรตีนด้วยกรดขึ้นกับเวลา เช่นเดียวกับปฏิกิริยาเคมีอื่น ๆ

Pham และ del Rosario (1983a) ศึกษาอัตราเร็วของปฏิกิริยาย่อยสลายโปรตีนถั่วเหลือง ด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 2 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 125°C เวลา 8 24 และ 36 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นอัตราการย่อยสลายโปรตีนจะเพิ่มขึ้น การทดลองนี้สนับสนุนผลการทดลองของ Greenberg และ Burk (1947) ซึ่งศึกษาผลของเวลาต่อปฏิกิริยาย่อยสลายเจลาตินด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 3 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 130°C โดยใช้เวลา 1 2 3 และ 4 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณอะมิโนไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้น

4. **<u>องค์ประกอบของวัตถุดิบ</u>**

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำซอสปรุงรส สามารถใช้ได้หลายชนิด เช่น ถั่วเหลือง กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง กากถั่วเขียว เป็นต้น วัตถุดิบเหล่านี้อาจใช้เพียงชนิดเดียว หรือนำเอาแต่ละชนิดมาผสมเข้าด้วยกันก็ได้ (Prendergast, 1973) องค์ประกอบของวัตถุดิบมีผลต่อการย่อยสลายโปรตีนด้วยกรด โดยไขมันและคาร์โบไฮเดรตในวัตถุดิบมีผลยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายโปรตีนด้วยกรด (Sulser et al., 1967)

Grace (1974) ทดลองย่อยสลายโปรตีนจากวัตถุดิบต่างกัน คือ กากถั่วเหลือง ซึ่งมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต 48% 3% และ 28% โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และกลูเตนของข้าวสาลี ซึ่งมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต 85% 5% และ 7% โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ใช้ภาวะในการผลิตเหมือนกัน เมื่อนำโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้จากวัตถุดิบทั้งสองชนิดนำไปทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัส พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากถั่วเหลืองมีคุณภาพด้านกลิ่นรสดีกว่าโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผลิตจากกลูเตนของข้าวสาลี ผู้วิจัยสรุปว่ากากถั่วเหลืองมีสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีน เช่น คาร์โบไฮเดรต อยู่ในปริมาณสูงกว่ากลูเตนของข้าวสาลี โดยคาร์โบไฮเดรตจะทำปฏิกิริยากับโปรตีนในระหว่างการย่อยสลายด้วยกรด และเกิดปฏิกิริยา Maillard และ Strecker degradation ให้ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีส่วนสำคัญในการเกิดกลิ่นรสที่ดี

2.10.2.2 **<u>การปรับให้เป็นกลาง</u>**

การปรับ pH ให้เป็นกลาง โดยใช้สารปรับความเป็นกลาง เช่น แคลเซียมออกไซด์ (calcium oxide) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (potassium hydroxide) และ โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate) เป็นต้น เพื่อขจัดกรดที่หลงเหลืออยู่ โดยเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และน้ำ (ดังสมการ)

$$2\,HCl + Na_2CO_3 \longrightarrow 2\,NaCl + CO_2 + H_2O$$

การปรับให้เป็นกลางด้วยขั้นตอนที่เหมาะสมจะทำให้ได้น้ำซอสปรุงรสที่มีกลิ่นหอมที่ดี สารปรับความเป็นกลางที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม คือ โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate) เนื่องจากมีราคาถูกและสามารถใช้ในรูปของแข็งจึงไม่ทำให้ความเข้มข้นของน้ำซอสปรุงรสที่ได้เจือจางลงไป การเติมโซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate) จะต้องค่อย ๆ เติมและกวนอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และกลิ่นที่ไม่ดีที่เกิดขึ้นระเหยออกไป ในขั้นนี้ควรปรับให้มี pH ประมาณ 4 – 6.8 หลังปรับให้เป็นกลาง สารละลายจะมีสีน้ำตาลดำ และมีวัตถุเจือปนอื่น ๆ เพื่อที่จะทำให้สารละลายกรดอะมิโนใสจึงต้องมีการกรอง นิยมใช้วิธีการกรองแบบเพิ่มความดัน (filter press) โดยใช้แรงดันสกัดสารละลายกรดอะมิโนออกมา (วิเชียร ลีลาวัชรมาศ, 2534 ; Belohlawek, 1989)

2.10.2.3 **<u>การขจัดกลิ่น</u>**

สารละลายกรดอะมิโนที่ได้จากการผลิตโดยทั่ว ๆ ไป จะมีสีน้ำตาลเข้มออกดำและมีกลิ่นไม่ดีที่เกิดขึ้นเนื่องจากสารประกอบที่มีในวัตถุดิบและกรดอะมิโนบางชนิดที่ได้จากปฏิกิริยาการย่อยสลาย (Manley and Fagerson, 1971) จึงจำเป็นต้องมีการขจัดกลิ่นที่ไม่ดี เพื่อให้ได้น้ำซอสปรุงรสที่บริสุทธิ์และบริโภคได้ วิธีการขจัดกลิ่นมีหลายวิธี เช่น การดูดซับ การสกัด การระเหย การใช้กรด การหมัก เป็นต้น แต่ในอุตสาหกรรมนิยมใช้การดูดซับด้วยคาร์บอนกัมมันต์ (activated carbon) ในปริมาณ 0.1 – 1.0 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 30-70°C ปัจจัยที่มีผลต่อการขจัดกลิ่นด้วยวิธีการดูดซับ มีหลายปัจจัย ได้แก่ ความเข้มข้นของสารที่จะถูกดูดซับ อุณหภูมิของการดูดซับ และชนิดของตัวดูดซับ เป็นต้น น้ำซอสปรุงรสที่ผ่านการขจัดกลิ่นแล้วอาจมีการปรุงแต่งรสชาติให้กลมกล่อมโดยใช้สารปรุงแต่งกลิ่นรส เช่น น้ำตาล เกลือ เป็นต้น (วิเชียร ลีลาวัชรมาศ, 2534; Belohlawek, 1989)

การขจัดกลิ่นด้วยวิธีการดูดซับ (adsorption) เป็นวิธีก;ารแยกสารออกจากสารละลายวิธีหนึ่ง โดยตัวถูกดูดซับ (adsorbate) จะไปเกาะรวมเป็นกลุ่มอยู่ที่ผิวของตัวดูดซับ (adsorbent) ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการดึงดูดของแรงระหว่างโมเลกุลของตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับ (physical adsorption) สารดูดซับที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีหลายชนิด เช่น คาร์บอนกัมมันต์ (active carbon) ซิลิกาเจล (silica gel) เป็นต้น ในงานวิจัยนี้เลือกใช้คาร์บอนกัมมันต์เป็นสารดูดซับเพราะมีศักยภาพในการดูดซับสูงและมีราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับสารดูดซับตัวอื่น โครงสร้างของคาร์บอนกัมมันต์ คือ กราไฟต์ โดยทั่วไปผิวหน้าของคาร์บอนกัมมันต์มีลักษณะโมเลกุลแบบไม่มีขั้ว (non-polar) แต่เนื่องจากเกิด carbon-oxygen complexes ที่ผิวหน้าจึงทำให้โมเลกุลมีขั้วเล็กน้อย แต่ไม่มีความสำคัญนักเมื่อเทียบกับผิวหน้าที่ใช้ดูดซับดังนั้นจึงไม่มีความสามารถในการดูดซับอิออนจากสารละลาย คาร์บอนกัมมันต์นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม เพื่อใช้ขจัดกลิ่นและรสที่ไม่ต้องการ ส่วนใหญ่จะใช้ในรูปของคาร์บอนกัมมันต์ผงและอาจใช้เพื่อฟอกสี วิธีใช้คือเติมคาร์บอนกัมมันต์ผงลงในของเหลวขณะที่กวนเป็นระยะเวลาหนึ่งจึงกรองแยกคาร์บอนกัมมันต์ออก (Lurgi, 1978) ปริมาณของคาร์บอนกัมมันต์ที่ใช้ขึ้นกับว่าใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใดโดยทั่วไปอยู่ในช่วงร้อยละ 0.1-1.0 โดยน้ำหนัก

2.10.2.4 **<u>การบ่มและการใช้สารปรุงแต่ง</u>**

น้ำซอสปรุงรสที่ผ่านการขจัดกลิ่นแล้ว จะถูกนำมาปรุงแต่งรสชาติให้มีรสชาติกลมกล่อมขึ้นโดยใช้สารปรุงแต่ง เช่น น้ำตาล เกลือ HVP และ ผงชูรส จากนั้นจะถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75-80°C เป็นเวลา 15 นาที (Dzanic and Vera, 1985) เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่มีในน้ำซอสปรุงรส จากนั้นจะนำมาบ่ม (aging) ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2-4 สัปดาห์ ในระหว่างการบ่มจะเกิดสารสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (non–enzymatic browning) ทำให้กลิ่นรสของน้ำซอสปรุง

รสดีขึ้น และในช่วงนี้จะมีการตกตะกอนของสารประกอบสีน้ำตาลที่ไม่ละลายน้ำ ทำให้น้ำซอสปรุงรสที่ได้มีความใสมากขึ้น (วิเชียร ลีลาวัชรมาศ, 2534)

2.4 ผลของการย่อยโปรตีนด้วยกรดที่มีต่อคุณภาพของน้ำซอสปรุงรส

2.4.1 **สีของน้ำซอสปรุงรส** สีของน้ำซอสปรุงรสเป็นผลจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ ซึ่งมีกลไกการเกิดปฏิกิริยา 2 แบบ คือ

2.4.1.1 **ปฏิกิริยาการเกิดสารคาราเมล** (caramelization)

เกิดขึ้นเนื่องจากการที่น้ำตาลได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูง ทำให้โมเลกุลของน้ำตาลเกิดการสูญเสียน้ำ ต่อมาเกิดการรวมตัวเข้าด้วยกันได้สารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่ขึ้น ขนาดโมเลกุลของสารที่ได้จากปฏิกิริยาขึ้นกับภาวะในการได้รับความร้อน เช่น อุณหภูมิ เวลา และ pH โดยพบว่าถ้าให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 200°C นาน 90 นาที จะได้สารประกอบสีดำ เรียกว่า “ฮิวมิน (humin)” มีลักษณะเป็นสารแขวนลอย (colloidal) ซึ่งจะมีจุดไอโซอิเลคตริกแตกต่างกันตามขนาดของอนุภาค ปฏิกิริยานี้จะเกิดได้ดีขึ้นถ้าในสารละลายมีโลหะ เช่น เหล็กเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Lee, 1983)

2.4.1.2 **ปฏิกิริยาเมลลาร์ด** (Maillard reaction)

สารประกอบเอมีน เช่น โปรตีน กรดอะมิโน และสารประกอบที่ได้จากปฏิกิริยาการแตกสลายของกรดอะมิโน จะเกิดปฏิกิริยาการรวมตัวกับน้ำตาล โดยน้ำตาลรีดิวส์ (reducing sugar) ซึ่งมีหมู่คาร์บอนิลอิสระ หรืออนุพันธ์ของน้ำตาล เช่น เฟอร์ฟูราล (furfural) และ 5-hydroxymethyl furfural ได้สารประกอบโพลิเมอร์ และโคโพลิเมอร์สีน้ำตาลที่ประกอบด้วยไนโตรเจน เรียกว่า “Melanoidins” (Hudson, 1992)

2.4.2 **กลิ่นรสของน้ำซอสปรุงรส** สารประกอบที่ให้กลิ่น และรสชาติในน้ำซอสปรุงรสมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบทางเคมี ของวัตถุดิบค่อนข้างมาก โดยโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลักในวัตถุดิบ ดังนั้นสารที่ได้จากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิต จะเป็นสารที่ให้กลิ่นและรสชาติของน้ำซอสปรุงรส ซึ่งสามารถแบ่งได้ ดังนี้ คือ

2.4.2.1 **สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ระเหย** (non–volatile nitrogen compound)

ได้แก่ กรดอะมิโน และสารประกอบเปปไทด์ โดยกรดอะมิโนมีปริมาณมากที่สุดและมีผลต่อรสชาติของน้ำซอสปรุงรสอย่างมาก กรดอะมิโนแต่ละชนิดจะมีรสชาติที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.5

Schrodter และ Wolm (1980) กล่าวว่า กรดอะมิโนที่ให้กลิ่นรสที่ดี (desirable flavor) ในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีนด้วยกรด ได้แก่ alanine glycine serine aspartic acid arginine histidine proline cystine และ glutamine ส่วนกรดอะมิโน phynylalanine tyrosine tryptophan และ threonine ให้กลิ่นรสที่ไม่ดี (tolerable or unacceptable flavor)

จากตารางที่ 2.5 พบว่ากรดอะมิโน glycine และ alanine จะให้รสหวาน เนื่องจากกรดอะมิโนทั้งสองมี side chains สั้นจึงสร้างพันธะไฮโดรเจนกับหน่วยรับความรู้สึกของรสหวานได้ แต่กรดอะมิโน leucine และ isoleucine มี side chain คือหมู่ isobutyl และ isopropyl ตามลำดับซึ่งนับว่าเป็น side chain ที่ยาว จึงเป็นอุปสรรค (steric hindrance) ในการสร้างพันธะไฮโดรเจนกับหน่วยรับความรู้สึกของรสหวาน ดังนั้นกรดอะมิโนทั้งสองจึงมีรสขม ส่วนกรดอะมิโนที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ phenylalanine tyrosine valine leucine isoleucine และเปปไทด์ส่วนมากที่มีกรดอะมิโนเหล่านี้เป็นองค์ประกอบอยู่จะให้รสขม สำหรับกรดกลูตามิค (glutamic acid) และกรดแอสพาร์ติก (aspartic acid) จะให้รสเปรี้ยวเนื่องจากการเชื่อมต่อของโปรตอนจากการละลายของกรดอะมิโนในเปปไทด์กับเยื่อหุ้มเซลล์ของตุ่มรับรสเปรี้ยวบนลิ้น
(Shallenberger et al.,1969; Nishimura and Kato, 1988)

นอกจากกรดอะมิโนจะให้รสชาติแล้วยังมีบทบาทสำคัญต่อการเกิดกลิ่นรสในด้านที่เป็นสารตั้งต้น (precursor) ของสารประกอบที่ระเหยได้หลายตัว เช่น ฟิวราโนน (furanone) ไพราซีน (pyrazine) และสารประกอบซัลเฟอร์ ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นรสที่เฉพาะของน้ำซอสปรุงรส และสำหรับเกลือของกรดกลูตามิกสามารถเกิดปฏิกิริยา cyclization ได้ pyrolidone carboxylic acid (PCA) ซึ่งเป็นสารเพิ่มกลิ่นรส (flavor enhancer) ตัวหนึ่งในน้ำซอสปรุงรส

สารประกอบเปปไทด์ส่วนมากจะให้รสขม แต่สารประกอบไดเปปไทด์ของกรดกลูตามิคที่จับกันตรงตำแหน่ง r-carboxylgroup เช่น glutamylaspartic glutamylserine และ glutamylglutamic acid จะให้กลิ่นรสที่ดี (Manley et al., 1981)

2.4.2.2 **สารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้** (volatile nitrogen compound)

ได้แก่ ไพราซีน (pyrasine) ไพริดีนส์ (pyridines) และ ไพรอลส์ (pyrrols) โดย ไพราซีน (pyrasine) เป็นสารประกอบที่เกิดจากการรวมตัวระหว่างกรดอะมิโนกับอัลดีไฮด์ หรือ คีโตน มีปริมาณมากที่สุดในสารประกอบกลุ่มนี้ ส่วน ไพริดีนส์ (pyridines) และ ไพร์รอลส์ (pyrrols) มีปริมาณค่อนข้างน้อย (Manley et al., 1981)

2.4.2.3 **กรดอินทรีย์** (organic acid)

กรดอินทรีย์ในน้ำซอสปรุงรสมีหลายชนิด เช่น กรดลีวูลีนิค (levulinic acid) ซึ่งเป็น dehydration product ของน้ำตาลฟรุคโตสภายใต้ภาวะที่เป็นกรด (Manley et al.,1981) กรดอินทรีย์ เช่น กรดแลคติก (lactic acid) กรดซัคซีนิค (succinic acid) กรดฟอร์มิค (formic acid) จะอยู่ร่วมกับกรดอะมิโน เช่น ฮีสติดีน (histidine) อาร์จินีน (arginine) ไลซีน (lysine) กรดกลูตามิค (glutamic acid) และ กรดแอสพาร์ติก (aspartic acid) (Yokotsuka,1962)

2.4.2.4 **ฟูราน และ ฟูราโนน** (furans and furanones)

สารประกอบกลุ่มนี้ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณน้อยแต่มีผลต่อกลิ่นรสของน้ำซอสปรุงรส เนื่องจากมีค่า threshold ของ aroma และ flavor ต่ำ และให้กลิ่น sweet roasted type character ซึ่งเป็นที่ต้องการ ฟูราโนนที่สำคัญ คือ 3-hydroxy-4-methyl-5-ethyl-2(5H) furanone ให้กลิ่น sweet caramel character สารประกอบตัวนี้ได้จากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของ threonine ไปเป็น r-ketobutyric acid ในระหว่างการย่อยวัตถุดิบด้วยกรด (Manley et al., 1981)

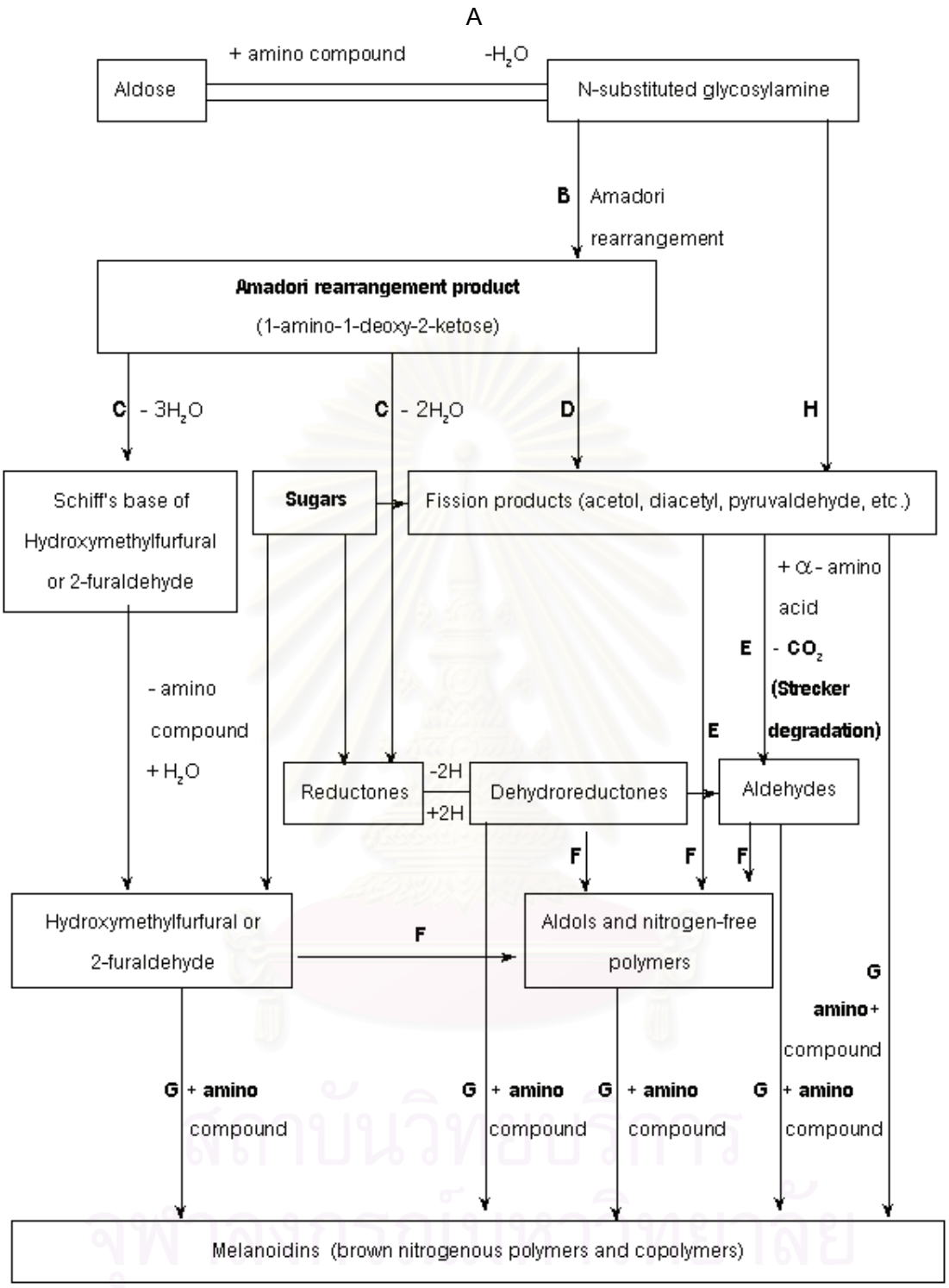
2.4.2.5 **สารประกอบของกำมะถัน** (sulfur containing compound)

มีอยู่ประมาณร้อยละ 31 ของสารที่ระเหยทั้งหมด มีในน้ำซอสปรุงรสที่ใช้กรดกำมะถันเป็นสารละลายไฮโดรไลซ์ สารประกอบซัลเฟอร์มีความสำคัญต่อกลิ่นเนื้อ (meat flavor) โดยพบว่าถ้าแยกสารประกอบซัลเฟอร์จากกลิ่นเนื้อไก่ต้มจะทำให้กลิ่นเนื้อหายไป (Manley et al., 1981)

2.4.2.6 **กลุ่มสารอัลดีไฮด์ คีโตน แอลกอฮอล์ และเอสเตอร์** (aldehyde, ketone, alcohol and ester) อัลดีไฮด์มีปริมาณมากที่สุด คือประมาณร้อยละ 32 ของส่วนที่ระเหยได้ทั้งหมด เกิดจากปฏิริยาสลายตัวของกรดอะมิโน (Strecker degradation) เช่น ลิววีน เป็นสารตั้งต้นของไอโซวาเลอร์อัลดิไฮด์ (isovaleraldehyde) (Manley et al., 1981)

2.4.2.7 **ฟีนอล** (phenol) เกิดจากการย่อยลิกนิน (lignin) ด้วยกรด สารฟีนอลมีค่า threshold concentration ต่ำมาก จึงมีผลต่อกลิ่นและรสของน้ำซอสปรุงรสค่อนข้างมาก เช่นเดียวกับ ฟูรานและฟูรานโนน (Manley et al., 1981)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



<u>ภาพที่ 2.8</u> ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด

ที่มา : Hudson (1992)

ตารางที่ 2.5 รสชาติของกรดอะมิโนที่มีโครงสร้างแบบ L-form

กรดอะมิโน (amino acids)	รสชาติ (Taste)
อะลานีน (alanine)	หวาน
อาร์จินีน (arginine)	ขม
กรดแอสพาร์ติก (aspartic acid)	เปรี้ยว
ซิสเตอีน (cysteine)	ขม / หวาน
กรดกลูตามิค (glutamic acid)	เปรี้ยว
ไกลซีน (glycine)	หวาน
ฮิสติดีน (histidine)	ขม
ไอโซลิวซีน (isoleucine)	ขม
ลิวซีน (leucine)	ขม
เมทไธโอนีน (methionine)	ขม / หวาน
เฟนิลอลานิน (phenylalanine)	ขม
ไลซีน (lysine)	หวาน / ขม
โพรลีน (proline)	หวาน / ขม
ซีรีน (serine)	หวาน / ขม / เปรี้ยว
ทรีโอนีน (threonine)	หวาน
ทริปโตฟาน (tryptophan)	ขม
ไทโรซีน (tyrosine)	ไม่มีรสชาติ
วาลีน (valine)	หวาน / ขม

ที่มา : Haefeli and Glaser (1990)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

น้ำซอสปรุงรสเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บนาน คือ ประมาณ 3 ปี เพราะมีปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์สูง 200-230 กรัมต่อลิตร ซึ่งความเข้มข้นของเกลือในระดับนี้สามารถป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ทั่ว ๆ ไปได้ จุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ต้องเป็นจุลินทรีย์ที่ทนเกลือได้สูง เช่น *Halobacterium sp*. *Sarcina sp*. หรือ film yeast เช่น *Saccharomyces sp*. เป็นต้น ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ทนความร้อนถูกทำลายได้ในการพาสเจอร์ไรซ์น้ำซอสปรุงรส การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์มักเกิดในน้ำซอสปรุงรสที่มีการสัมผัสอากาศ โดยมีกลิ่นที่เปลี่ยนไป (จารุรัตน์ เคียงนภาเจริญ, 2530 อ้างถึงใน อรสา สุริยาพันธ์, 2531; สุมาลี เหลืองสกุล; 2541)

2.6 สารปนเปื้อนที่พบในน้ำซอสปรุงรส

สารพิษ 3–MCPD เป็นสารปนเปื้อนกลุ่ม chloropropanols ซึ่งสารในกลุ่มนี้มีหลายตัวที่สำคัญ ได้แก่ 3-monochloropropane-1,2 diol หรือ 3-chloro-1,2-propanediol (3-MCPD) และ 1,3-dichloro-2-propanol หรือ 2-dichlorohydrine (DCP) สารดังกล่าวเกิดจากการย่อยสลายโปรตีนด้วยกรดเกลือ (HCl) ที่ความเข้มข้นสูง ในภาวะที่มีอุณหภูมิสูง ทำให้เกิดกระบวนการคลอริเนชั่นของไขมัน (high temperature chlorination of lipids) โดยอิออนของเกลือคลอไรด์ที่แตกตัวจากกรดเกลือจะเข้าไปจับกับกลีเซอรอล ในตำแหน่งที่ 3 ของหมู่แอลกอฮอล์ เกิดเป็นสาร 3- MCPD ปนเปื้อนในน้ำซอสปรุงรส (ธวัชชัย มงคลชัย, 2544; Hamm, 1993)

สารทั้ง 2 ตัวดังกล่าวจะมีพิษต่อ ตับ ไต ต่อมไทรอยด์ เยื่อเมือกช่องปาก ลิ้น และอวัยวะสืบพันธุ์ เป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งและก่อการกลายพันธุ์ (mutagen) ในสัตว์ทดลองได้ (WHO, 1993) แต่ข้อมูลทางพิษวิทยาในคนยังไม่มีความชัดเจนว่าสาร 3-MCPD จะก่อให้เกิดมะเร็งในคน และเมื่อคำนวนอัตราเสี่ยงจากการบริโภคน้ำซอสปรุงรสที่ประชากรไทยจะได้รับ พบว่าต่ำกว่าปริมาณที่น่าจะเกิดเป็น 100-1,000 เท่า (ศิริวัฒน์ ทิพย์ธราดล, 2544) สำหรับข้อกำหนดของประเทศต่าง ๆ ในการตรวจพบสาร 3-MCPD แสดงในตารางที่ 2.6

สำหรับวิธีการลดปริมาณการปนเปื้อนสาร 3-MCPD ในน้ำซอสปรุงรสสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การคัดเลือกวัตถุดิบที่ปราศจากไขมัน การปรับลดภาวะที่ย่อยสลายโปรตีนให้เหมาะสมด้วยปฏิกิริยาที่ไม่รุนแรง การกลั่นแยกเอาสารปนเปื้อนออก การย่อยโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยการใช้กรดร่วมกับการใช้เอ็นไซม์ เป็นต้น ซึ่งอาจส่งผลกระทบกับต้นทุนการผลิตที่อาจจะสูงขึ้น รสชาติน้ำซอสปรุงรสที่อาจเปลี่ยนไป และปริมาณโปรตีนที่อาจจะลดลง (ธวัชชัย มงคลชัย, 2544; Hamm, 1993)

ตารางที่ 2.6 ปริมาณสาร 3-MCPD ที่กำหนดให้ตรวจพบได้ในผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสของประเทศต่าง ๆ

ประเทศ	ปริมาณ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
อังกฤษ	0.01
เนเธอร์แลนด์	0.02
แคนาดา	1.00
ฟินแลนด์ ออสเตรีย	ไม่กำหนด
สหรัฐอเมริกา	ไม่กำหนด
ญี่ปุ่น	ไม่กำหนด

ที่มา : กระทรวงสาธารณสุข (2544)

2.7 สารเสริมกลิ่นรสที่นิยมใช้ในน้ำซอสปรุงรส

2.7.1 ไดโซเดียม-5′-ไอโนซิเนต

เป็นสารเสริมกลิ่นรสชนิดหนึ่ง พบในธรรมชาติ โดยพบมากในปลา สัตว์ปีก และวัว มีสูตรเคมี $C_{10}H_{11}N_4Na_2O_8P.\times H_2O$ เป็นผลึกสีขาว ไม่มีกลิ่น มีรสเฉพาะตัว ปริมาณการละลายในน้ำขึ้นกับอุณหภูมิ การใช้ร่วมกับโมโนโซเดียมกลูตาเมตจะช่วยลดรสชาติเปรี้ยวแหลมให้รสชาติกลมกล่อมขึ้น ช่วยเสริมกลิ่นรสเนื้อ สามารถลดการใช้เกลือและน้ำตาลลงได้ 30% โดยรสเดิมไม่เปลี่ยนแปลง ปริมาณที่แนะนำให้ใช้ร่วมกัน คือ ใช้ไดโซเดียม-5′-ไอโนซิเนต 6 ส่วน และโมโนโซเดียมกลูตาเมต 94 ส่วน จะให้การเสริมรสเท่ากับ 4.3 เท่าเมื่อใช้โมโนโซเดียมกลูตาเมตอย่างเดียวและประหยัดมากขึ้นด้วย ส่วนการใช้ไดโซเดียม-5′-ไอโนซิเนตอย่างเดียวเสริมกลิ่นรสอาหารได้ต่ำกว่าโมโนโซเดียมกลูตาเมตมาก (Heath and Reineccius, 1986)

2.7.2 ไดโซเดียม-5′-กัวนิเลต

มีสูตรเคมี $C_{10}H_{12}N_5Na_2O_2P.\times H_2O$ ละลายได้ในน้ำ แต่ปริมาณการละลายขึ้นกับอุณหภูมิ ไม่มีการเสริมกลิ่นรสระหว่าง ไดโซเดียม-5′-กัวนิเลต กับ ไดโซเดียม-5′-ไอโนซิเนต แต่ให้ความหวานมากกว่าไดโซเดียม-5′-ไอโนซิเนต 3 เท่า (Heath and Reineccius, 1986)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

- กากเมล็ดงาขาว พันธุ์เมืองเลย (*Sesamum indicum* Linn.) จากบริษัท ยูเนียน ฟู้ดส์ อินดัสทรี จำกัด (นครปฐม) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำมันงาโดยการบีบอัดด้วยเครื่องแบบไฮโดรลิค ราคากิโลกรัมละ 6 บาท มีลักษณะเป็นผงแห้ง สีน้ำตาล มีกลิ่นงาคั่ว
- โปรตีนถั่วเหลืองย่อยด้วยกรด จากบริษัทไทยเทพรสผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน)
- น้ำตาลทราย ตรามิตรผล ผลิตโดยบริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด
- สารเสริมกลิ่นรสอาหาร ซึ่งเป็นสารผสมระหว่างไดโซเดียม 5′-ไอโนซิเนต กับไดโซเดียม 5′-กัวไนเลต ผลิตโดยบริษัทอายิโนะ โมะ โตะ จำกัด

3.2 สารเคมี

- กรดบอริก (boric acid)	A.R. (E.Merck, Germany)
- กรดซัลฟูริก (sulfuric acid)	A.R. (J.T. Baker Chemical, Holland)
- กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid)	A.R. (E.Merck, Germany)
- กรดไนตริก (nitric acid)	A.R. (J.T.Baker Chemical, Holland)
- กรดไตรคลอโรอะซิตริก (trichloro acetic acid)	A.R. (Carlo Erba, Italy)
- ปิโตรเลียมอีเธอร์ (petroleum ether)	A.R. (J.T.Baker Chemical, Holland)
- เฮกเซน (hexane)	commercial grade (E.Merck, Germany)
- โปตัสเซียมไอโอไดด์ (potassium iodide)	A.R. (Ajax Chemical, Australia)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide)	A.R. (Carlo Erba, Italy)
- ซิลเวอร์ไนเตรต (silver nitrate)	A.R. (Carlo Erba, Italy)
- เฟอร์ริกอลัมอินดิเคเตอร์ (ferric alum indicator)	A.R. (J.T.Baker Chemical, Holland)
- โซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride)	A.R. (Fluka, Switzerland)
- โปตัสเซียมไธโอไซยาเนต (potassium thiocyanate)	A.R. (Fluka, Switzerland)
- คอปเปอร์ซัลเฟต (copper sulphate)	A.R. (Fisher Chemicals, England)
- โพแทสเซียมซัลเฟต (potassium sulphate)	A.R. (APS Finechem, Australia)
- เมทธิลเรด (methyl red)	A.R. (BDH Chemical, England)
- เมทธิลีนบลู (methylene blue)	A.R. (BDH Chemical, England)

- ฟอร์มัลดิไฮด์ (formaldehyde)	A.R. (BDH Chemical, England)
- แมกนีเซียมออกไซด์ (magnesium oxide)	A.R. (APS Finechem, Australia)
- โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate)	Food grade
- คาร์บอนกัมมันต์ (activated carbon)	A.R. (Ajax Chemical, Australia)

3.3 <u>อุปกรณ์</u>

- เครื่องชั่งหยาบทศนิยม 2 ตำแหน่ง	(Mettler Toledo, PB 602)
- เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง	(Mettler Toledo, AG 204)
- เครื่องร่อนผ่านตะแกรง (sieve machine)	(Retch Type Vibro)
- เครื่องโม่หิน	(Stone mill)
- เครื่องหมุนเหวี่ยงทำความเย็น (refrigerated centrifuge)	(Hettich, Rotanta 46 R)
- เครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ (shaking water bath)	(Heto, SBD 50)
- เครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า (magnetic stirrer)	(Ikamag, REC-G)
- เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter)	(Schott, CG 840)
- เครื่องทำแห้งระบบแช่เยือกแข็ง (freeze dryer)	(Christ, Alpha 1-2)
- เครื่องวัดสี	(Minolta, CR-300,CT-310)
- ชุดเครื่องย่อยโปรตีน	(Velp Scientifica, DK 20)
- ชุดเครื่องกลั่นโปรตีน	(Velp Scientifica, DK 140)
- เครื่องวิเคราะห์เส้นใยอาหาร	(Velp Scientifica, Type Fiwe)
- เครื่องสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ (solvent extraction)	(Velp Scientifica, SER 148)
- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV/VIS spectrophotometer)	(JASCO, SSE-343)
- เตาอบลมร้อน (hot air oven) ช่วงอุณหภูมิ 30-250°C	(Memmert, Model 600)
- เตาเผา (muffle furnace) ช่วงอุณหภูมิ 0-1000°C	(Carbolite, Type ELF 10/6)
- หม้อนึ่งความดันไอ (retort)	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 การเตรียมและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบ

3.4.1 การเตรียมกากเมล็ดงาและการกำจัดกรดออกซาลิก

จากการทดลองเบื้องต้น พบว่ากากเมล็ดงาจากโรงงานยังคงมีความชื้นและไขมันอยู่ในปริมาณที่สูงประมาณ 8% และ 16% ตามลำดับ เพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อราและการเกิดปฏิกิริยา autoxidation ของไขมันในระหว่างการเก็บรักษาในระหว่างการทดลอง จึงทำการลดความชื้นของกากเมล็ดงาก่อนโดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิไม่สูงมากนัก เพื่อป้องกันการเสียสภาพของโปรตีน สำหรับกรดออกซาลิกซึ่งเป็นสารต้านคุณค่าทางโภชนาการที่พบมากในส่วนของเปลือกเมล็ดงานั้น พบว่าจะยังคงเหลืออยู่ในกากเมล็ดงาในปริมาณสูง เนื่องจากไม่มีขั้นตอนการกำจัดเปลือกเมล็ดงาออกก่อนในระหว่างการสกัดน้ำมันงา จึงควรกำจัดเปลือกงาออกจากกากเมล็ดงาก่อนที่จะนำวัตถุดิบไปใช้ในขั้นต่อไป โดยมีขั้นตอนดังนี้

- นำกากเมล็ดงามาอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นนำกากเมล็ดงามาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องโม่หิน (stone mill)
- นำกากเมล็ดงามาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช (250 ไมโครเมตร)
- บรรจุกากเมล็ดงาในถุงพลาสติกโพลิเอทธิลีนแบบหนาปิดผนึกแบบสุญญากาศตลอดการทดลอง เก็บในถังพลาสติกที่มีฝาปิดสนิทที่อุณหภูมิห้องตลอดการทดลอง

3.4.2 การสกัดน้ำมันออกจากกากเมล็ดงา

จากการทดลองเบื้องต้นพบว่า เมื่อทดลองผลิตโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา ซึ่งกากเมล็ดงาที่ไม่มีการสกัดน้ำมันออก จะได้โปรตีนสกัดจากเมล็ดงาที่มีปริมาณไขมันหลงเหลืออยู่ประมาณ 4% แต่วัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในการผลิตน้ำซอสปรุงรส ควรมีไขมันอยู่ในปริมาณไม่เกิน 1% เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิด saponification ของไขมันในขั้นการปรับ pH ให้เป็นกลาง และหลีกเลี่ยงการเกิด autoxidation ของไขมัน ซึ่งถ้าหากนำวัตถุดิบที่มีไขมันในปริมาณสูงมาใช้ในการผลิตน้ำซอสปรุงรสจะก่อให้เกิดสารปนเปื้อน 3-MCPD (3-chloro-1,2-propanediol) และ DCP (1,3-dichloro-2-propanol) ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่ม chloropropanols ที่เกิดจากปฏิกิริยาคลอริเนชั่น (chlorination) ของกลีเซอรอลกับอิออนของคลอไรด์ (ลมัย ชูเกียรติวัฒนา, 2524; วิเชียร ลีลาวัชรมาศ, 2524; Hamm, 1993) ดังนั้นจึงนำกากเมล็ดงามาสกัดน้ำมันออกก่อนที่จะนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป โดยมีขั้นตอนดังนี้

- นำกากเมล็ดงาที่เตรียมได้จากข้อ 3.4.1 มาสกัดน้ำมันโดยใช้ตัวทำละลาย เฮกเซน ในอัตราส่วน 1:20 (น้ำหนักต่อปริมาตร) (อรสา สุริยาพันธ์ และ วิชิต ปัญญาทิพย์สกุล, 2528) ด้วยเครื่องสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ (solvent extraction) ที่อุณหภูมิ 180°C นาน 3 ชั่วโมง

- ระเหยเอาเฮกเซนออกโดยอบกากเมล็ดงา ที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.5 <u>การเตรียมน้ำซอสปรุงรส</u>

ในงานวิจัยนี้แบ่งขั้นตอนการเตรียมน้ำซอสปรุงรสเป็น 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก คือ การเตรียมโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด ขั้นตอนที่สองเป็นการขจัดกลิ่นด้วยคาร์บอนกัมมันต์ และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยปรับปรุงรสชาติของน้ำซอสปรุงรสด้วยน้ำตาลทราย และสารเสริมกลิ่นรส ให้เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ ดังมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน ดังนี้

3.5.1 <u>การเตรียมโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด</u>

ขั้นแรกเป็นการผสมโปรตีนเมล็ดงากับกรดเกลือในขวดแก้วรูปชมพู่ ขนาด 500 มิลลิลิตร ในการทดลองทุกครั้งจะใช้ปริมาณของโปรตีนเมล็ดงาคงที่ คือ 100±1 กรัม โดยจะเติมกรดเกลือลงในขวดแก้วก่อนแล้วจึงเติมวัตถุดิบลงไปผสม เพื่อป้องกันการไหม้ของวัตถุดิบบริเวณก้นขวดเนื่องจากได้รับความร้อนโดยตรง เมื่อผสมวัตถุดิบกับกรดเกลือเรียบร้อยแล้วจึงปิดปากขวดด้วยจุกสำลี (หุ้มด้วยผ้าขาวบาง) และแผ่นอลูมิเนียมเปลวทีละชั้นตามลำดับ นำขวดแก้วเรียงใส่ในหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (retort) ควมคุมอุณหภูมิโดยตัวควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 110°C ความดันไอน้ำ 6.08 psig เมื่อครบเวลาที่ต้องการจึงปิดวาล์วไอน้ำและเมื่อความดันภายในเครื่องลดลงเท่าความดันบรรยากาศปกติจึงนำขวดแก้วออกจากหม้อนึ่งความดันไอน้ำ ตั้งทิ้งไว้จนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30°C) ขั้นตอนต่อมา คือ การปรับ pH ของของผสมในขวดแก้วให้มี pH ประมาณ 5 ด้วยโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) การเติมโซเดียมคาร์บอเนตต้องค่อย ๆ เติมเพื่อป้องกันการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากปฏิกิริยาสะเทินเป็นจำนวนมากทันที ซึ่งจะมีผลทำให้ของเหลวพ่นออกมาตามฟองก๊าซด้วย ในระหว่างการปรับ pH ของผสมในขวดแก้วจะเคลื่อนไหวตลอดเวลาโดยการทำงานของเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิ (shaking water bath) เพื่อป้องกันมิให้โซเดียมคาร์บอเนตจับตัวเป็นก้อนและช่วยให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดีสม่ำเสมอ โดยควบคุมอุณภูมิเป็น 25°C ตลอดการทดลองเพื่อลดความร้อนที่เกิดขึ้นในขณะเติมโซเดียมคาร์บอเนต เมื่อปรับ pH ได้ 5 แล้วจึงกรองแยกกากของโปรตีนเมล็ดงาที่เหลือจากการย่อยด้วยกรดออก โดยใช้แรงดูด (suction) ของเหลวที่ได้หลังการกรอง จะเรียกว่า “โปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด”

3.5.2 **<u>การขจัดกลิ่นของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด</u>**

นำโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่ได้จากข้อ 3.5.1 มาขจัดกลิ่นโดยใช้คาร์บอนกัมมันต์ ซึ่งมีลักษณะเป็นผงละเอียดผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105±1°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วเก็บในโถดูดความชื้น (desiccator) ก่อนที่จะนำมาใช้ผสมกับโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดในขวดแก้ว (ขนาด 250 มิลลิลิตร) ตามอัตราส่วนโดยน้ำหนักตามที่ต้องการ การทดลองทุกครั้งใช้โปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดในปริมาณคงที่ คือ 100±1 กรัม ปิดปากขวดด้วยจุกยาง วางขวดแก้วในเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 50°C เปิดสวิทซ์ให้เครื่องเขย่าทำงาน เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำขวดแก้วออกจากเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิ กรองแยกคาร์บอนกัมมันต์ออกโดยใช้กระดาษกรอง โปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่ผ่านการขจัดกลิ่นแล้วจะถูกนำไปตรวจสอบคุณภาพด้านฟิสิกส์ เคมีและประสาทสัมผัส

3.5.3 **<u>การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส</u>**

นำโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่ผ่านการขจัดกลิ่นแล้วมาปรับปรุงรสชาติ โดยใช้น้ำตาลทราย และสารเสริมกลิ่นรสอาหารซึ่งเป็นสารผสมระหว่างไดโซเดียม 5′ - ไอโนซิเนต กับไดโซเดียม 5′-กัวไนเลต จากนั้นนำน้ำซอสปรุงรสที่ได้หลังจากปรับปรุงรสชาติมาผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 15 นาที บรรจุในขวดแก้วขณะร้อนโดยให้มีช่องว่างเหนือผิวอาหาร (head space) ไม่น้อยกว่า 6% ของปริมาตรการบรรจุทั้งหมด (Shank, 1988) บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ก่อนนำมาตรวจสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสและการยอมรับของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส

3.6 **<u>ขั้นตอนการวิจัย</u>**

3.6.1 **<u>การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบ</u>**

3.6.1.1 **<u>การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี</u>**

สุ่มตัวอย่างมาเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ดังนี้

- ความชื้น โดยการอบใน hot air oven (A.O.A.C. 1995)
- โปรตีน โดยวิธี micro Kjeldahl (factor 6.25) (A.O.A.C. 1995)
- ไขมัน โดยวิธี soxhlet (A.O.A.C. 1995)
- เถ้า โดยการเผาในเตาเผาเถ้า (A.O.A.C. 1995)
- เส้นใยหยาบ โดยการย่อยด้วยกรดและด่าง (A.O.A.C. 1995)
- คาร์โบไฮเดรต โดยการหักลบปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบและเถ้าออกจาก 100 ที่เหลือจะเป็นปริมาณคาร์โบไฮเดรต

- กรดออกซาลิก โดยวิธี atomic absorption spectrophotometry (A.O.A.C. 1995) วิเคราะห์โดย กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์

รายละเอียดของวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีแสดงในภาคผนวก ก. สำหรับวิธีวิเคราะห์กรดออกซาลิกแสดงในภาคผนวก ข.

3.6.1.2 **<u>การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ</u>**

- สี โดยใช้เครื่องวัดสี Minolta CR-300

(วิธีตรวจสอบแสดงในภาคผนวก ก.)

- กลิ่น โดยการดมกลิ่น

3.6.2 **<u>ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากเมล็ดงา</u>**

3.6.2.1 **<u>ศึกษาอัตราส่วนของกากเมล็ดงาและเวลาในการสกัดโปรตีน</u>**

นำกากเมล็ดงาที่สกัดน้ำมันแล้ว จากข้อ 3.4.2 มาสกัดโปรตีนโดยดัดแปลงวิธีของ Meyer (1970) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- นำกากเมล็ดงามาละลายในน้ำกลั่น โดยแปรอัตราส่วนของกากเมล็ดงาต่อน้ำที่ 1:20 1:40 และ 1:60 (น้ำหนักต่อปริมาตร)

- ปรับ pH ให้เป็น 10 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มอล (Rivas et al., 1981)

- กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า (magnetic stirrer) ด้วยความเร็วคงที่ โดยแปรเวลาที่ใช้ในการสกัดเป็น 15 30 และ 45 นาที ที่อุณหภูมิห้อง (25±1°C)

- นำเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 15°C เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกเอาส่วนของสารละลายโปรตีนออกจากส่วนที่ไม่ละลาย

- นำสารละลายโปรตีนมาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี micro Kjeldahl เพื่อคำนวณปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (% Protein extracted) (ภาคผนวก ช.) ซึ่งคำนวณได้จาก

$$\%\ \text{Protein extracted (\%Protein solubility)} = \frac{\text{Protein in solution}}{\text{Protein in raw material}} \times 100$$

วางแผนงานวิจัยแบบ 3×3 Symmetric Factorial Completely Randomized Design ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดย Analysis of Variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1992) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

3.6.2.2 **<u>การผลิตโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา</u>**

จากภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากเมล็ดงา (จากข้อ 3.6.2.1) นำภาวะดังกล่าวมาผลิตโปรตีนสกัดโดยดัดแปลงวิธีของ Taha และคณะ (1987)โดยมีขั้นตอนดังนี้

- นำกากเมล็ดงามาละลายในน้ำกลั่นตามอัตราส่วนกากเมล็ดงาต่อน้ำกลั่นที่เหมาะสม (จากข้อ 3.6.2.1)

- ปรับ pH ให้เป็น 10 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มอล

- กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าในเวลาที่เหมาะสม (จากข้อ 3.6.2.1) ที่อุณหภูมิห้อง ($25\pm1^{\circ}C$)

- นำเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ $15^{\circ}C$ เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกเอาส่วนของสารละลายโปรตีน (1) ออกจากส่วนที่ไม่ละลาย

- นำส่วนที่ไม่ละลายน้ำมาสกัดโปรตีนอีกครั้งด้วยน้ำในอัตราส่วน 1:10 (น้ำหนักต่อปริมาตร)

- เหวี่ยงแยกด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ $15^{\circ}C$ เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกส่วนของสารละลายโปรตีน (2)

- นำส่วนของสารละลายโปรตีน (1) และ (2) รวมกัน และตกตะกอนโปรตีนเมล็ดงาด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 นอร์มอล ที่ pH 4.5 (Brito and Nunez, 1982)

- ล้างตะกอนโปรตีนด้วยน้ำกลั่นด้วยอัตราส่วน 1:10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) 2 ครั้ง

- ปั่นแยกด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกตะกอนโปรตีน

- นำตะกอนโปรตีนที่ได้มาทำแห้งด้วยระบบแช่เยือกแข็ง(freeze dried) ที่อุณหภูมิ $-55^{\circ}C$ ความดัน 0.04 mbar ชั่งน้ำหนักและบรรจุในภาชนะปิดสนิท

- หาปริมาณผลิตภัณฑ์โปรตีนสกัดจากเมล็ดงา (%yield) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และตรวจสอบลักษณะทางกายภาพเช่นเดียวกับข้อ 3.6.1

- วิเคราะห์ปริมาณกรดออกซาลิก (A.O.A.C. 1995) (วิธีวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ข.) และเกลือโซเดียมคลอไรด์ (A.O.A.C. 1995) (วิธีวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ค.)

- วิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนโดยวิธี HPLC วิเคราะห์โดยภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (วิธีวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ง.)

3.6.3 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายโปรตีนเมล็ดงาด้วยกรดเกลือ

3.6.3.1 ศึกษาผลของอัตราส่วนโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือ

ทำการย่อยโปรตีนเมล็ดงาด้วยกรดเกลือ (กรดไฮโดรคลอริก) โดยแปรอัตราส่วนของโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือ เป็น 1:2 1:2.5 และ 1:3 (น้ำหนักต่อปริมาตร) กำหนดความเข้มข้นของกรดเกลือเป็น 5 N และเวลา 6 ชั่วโมง (อรสา สุริยาพันธ์, 2531) ที่อุณหภูมิ 110°C ความดันไอน้ำ 6.08 psig เมื่อครบเวลา ปรับ pH เป็น 5 ด้วยโซเดียมคาร์บอเนตกรองแยกเอากากออก นำของเหลวที่ได้หลังการกรอง (โปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด) มาตรวจสอบคุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี และคำนวณหาปริมาณผลผลิตและปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ ดังนี้

- ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิห้อง โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer)
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง ณ อุณหภูมิห้อง โดยใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
- ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (A.O.A.C 1995)
- ปริมาณฟอร์มัลดิไฮด์ไนโตรเจน (มอก. 8-2539)
- ปริมาณแอมโมเนียคัลไนโตรเจน (มอก. 8-2539)
- ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน (มอก. 8-2539)
- ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ (A.O.A.C 1995)
- ระดับการย่อยสลายโดยวิธี TCA Index (Kim et al., 1990)

ซึ่งคำนวณได้จาก

$$\text{ระดับการย่อยสลาย (ร้อยละ)} = \frac{\text{ไนโตรเจนที่ละลายใน 10 \%TCA} \times 100}{\text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด}}$$

- ปริมาณผลผลิต ซึ่งคำนวณได้จาก

$$\text{ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่ได้ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักของวัตถุดิบเริ่มต้น (กรัม)}}$$

- ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ ซึ่งคำนวณได้จาก

ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (ร้อยละ) = ปริมาณโปรตีน (กรัม) ในโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด x 100
ปริมาณโปรตีน (กรัม) ในวัตถุดิบ

(รายละเอียดวิธีวิเคราะห์และคำนวณแสดงในภาคผนวก ค.)

วางแผนงานวิจัยแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 4 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดย Analysis of Variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1992) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

3.6.3.2 **ศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลาในการย่อยสลายโปรตีนเมล็ดงา**

ทำการย่อยโปรตีนเมล็ดงาด้วยกรดเกลือ (กรดไฮโดรคลอริก) โดยแปรความเข้มข้นของกรดเกลือ เป็น 4 5 และ 6 นอร์มอล แปรเวลาในการย่อยสลายเป็น 2 4 และ 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 110°C ความดันไอน้ำ 6.08 psig เมื่อครบเวลา ปรับ pH เป็น 5 ด้วยโซเดียมคาร์บอเนต กรองแยกเอากากออก นำของเหลวที่ได้หลังการกรอง (โปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด) ที่ได้มาตรวจสอบคุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี และคำนวณหาปริมาณผลผลิตและปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ ดังนี้

- ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิห้อง โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer)
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง ณ อุณหภูมิห้อง โดยใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
- ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (A.O.A.C 1995)
- ปริมาณฟอร์มัลดิไฮด์ไนโตรเจน (มอก. 8-2539)
- ปริมาณแอมโมเนียคัลไนโตรเจน (มอก. 8-2539)
- ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน (มอก. 8-2539)
- ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ (A.O.A.C 1995)
- ระดับการย่อยสลายโดยวิธี TCA Index (Kim et al., 1990)

ซึ่งคำนวณได้จาก

ระดับการย่อยสลาย (ร้อยละ) = ไนโตรเจนที่ละลายใน 10 %TCA x 100
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

- ปริมาณผลผลิต ซึ่งคำนวณได้จาก

ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ) = $\frac{\text{น้ำหนักโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่ได้ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักของวัตถุดิบเริ่มต้น (กรัม)}}$

- ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ ซึ่งคำนวณได้จาก

ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (ร้อยละ) = $\frac{\text{ปริมาณโปรตีน (กรัม) ในโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด} \times 100}{\text{ปริมาณโปรตีน (กรัม) ในวัตถุดิบ}}$

- ปริมาณกรดอะมิโน โดยวิธี HPLC วิเคราะห์โดยภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยเลือกโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่เตรียมได้จากภาวะที่เหมาะสมที่สุด

รายละเอียดวิธีวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ค. สำหรับวิธีวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนแสดงในภาคผนวก ง.

วางแผนงานวิจัยแบบ 3×3 Symmetric Factorial Completely Randomized Design ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดย Analysis of Variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1992) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

3.6.3.3 <u>ศึกษาการขจัดกลิ่นด้วยคาร์บอนกัมมันต์</u>

นำโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด ที่ได้จากข้อ 3.6.3.2 มาขจัดกลิ่นด้วยคาร์บอนกัมมันต์ โดยแปรปริมาณคาร์บอนกัมมันต์เป็น 0.1% 0.5% และ 1.0% (โดยน้ำหนัก) แปรเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่นเป็น 1 และ 2 ชั่วโมง ขจัดกลิ่นที่อุณหภูมิ 50°C นำโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่ผ่านการขจัดกลิ่นแล้วมาตรวจสอบคุณภาพทางฟิสิกส์ เคมี และทางประสาทสัมผัส ดังนี้

<u>คุณภาพทางฟิสิกส์</u>

- ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี Minolta CT-310
- ร้อยละการลดลงของค่าสภาพการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร โดยใช้ spectrophotometer (วิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก ค.)

<u>คุณภาพทางเคมี</u>

- ร้อยละการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (วิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก ค.)

<u>คุณภาพทางประสาทสัมผัส</u>

- โดยตรวจสอบ ความใส สี กลิ่น และรสชาติ โดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน จำนวน 12 คน ใช้วิธีให้คะแนน (scoring test) ผู้ทดสอบจะให้คะแนนตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในแบบสอบถาม ซ.1 (แสดงในภาคผนวก ซ.)

วางแผนงานวิจัย แบบ 3 x 2 Asymmetric Factorial Completely Randomized Design ทดลอง 3 ซ้ำ สำหรับการตรวจสอบคุณภาพทางฟิสิกส์และทางเคมี และวางแผนงานวิจัยแบบ 3 x 2 Asymmetric Factorial Randomized Complete Block Design ทดลอง 12 ซ้ำ สำหรับการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดย Anatysis of Variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan 's New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1992) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

3.6.4 **<u>ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด</u>**

3.6.4.1 **<u>ศึกษาการปรับปรุงรสชาติ</u>**

นำโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่ได้จากข้อ 3.6.3.3 มาปรับปรุงรสชาติเปรียบเทียบกับโปรตีนถั่วเหลืองย่อยด้วยกรด โดยใช้น้ำตาลทรายและสารเสริมกลิ่นรสอาหาร ซึ่งเป็นสารผสมระหว่างไดโซเดียม 5′ - ไอโนซิเนต กับ ไดโซเดียม 5′ - กัวไนเลต โดยแปรปริมาณน้ำตาลทรายเป็น 3% และ 5% (โดยน้ำหนัก) และใช้สารเสริมกลิ่นรส ไดโซเดียม 5′ – ไอโนซิเนต กับไดโซเดียม 5′-กัวไนเลต ในปริมาณที่เท่ากัน คือ 0.02% (โดยน้ำหนัก) (นิตยา กอบกัยกิจ, 2544) นำโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่ปรุงแต่งรสชาติแล้วมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 15 นาที และบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ก่อนนำมาตรวจสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยตรวจสอบความใส สี กลิ่น และรสชาติ โดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน จำนวน 12 คน ใช้วิธีให้คะแนน ตามรายละเอียดที่ระบุไว้ใน แบบสอบถาม ซ.1 (แสดงในภาคผนวก ซ.)

วางแผนงานวิจัยแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทดลอง 12 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดย Analysis of Variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1992) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

3.6.4.2 **ศึกษาการยอมรับของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส**

นำน้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนสกัดจากเมล็ดงาที่ผ่านการปรับปรุงกลิ่นและรสชาติมาทดสอบการยอมรับ โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไป จำนวน 30 คน ใช้แบบทดสอบ ซ.2 (แสดงในภาคผนวก ซ.) โดยวิธี Hedonic -9- scale test

3.6.5 **ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์**

นำผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับ มาบรรจุลงในขวดแก้วขณะร้อน เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 เดือน สุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพทางฟิสิกส์ ทางเคมี ทางด้านประสาทสัมผัส และจุลินทรีย์ ทุก ๆ สัปดาห์ ดังนี้

3.6.5.1 **คุณภาพทางฟิสิกส์และเคมี**

- ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิห้อง โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer)
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง ณ อุณหภูมิห้อง โดยใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
- ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (A.O.A.C 1995)
- ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน (มอก. 8-2539)
- ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ (A.O.A.C 1995)

รายละเอียดวิธีวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ค.

3.6.5.2 **คุณภาพทางประสาทสัมผัส**

- โดยตรวจสอบ ความใส สี กลิ่น และรสชาติ โดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน จำนวน 12 คน ใช้วิธีให้คะแนน (scoring test) ผู้ทดสอบจะให้คะแนนตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในแบบสอบถาม ซ.1 (แสดงในภาคผนวก ซ.)

3.6.5.3 **คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์**

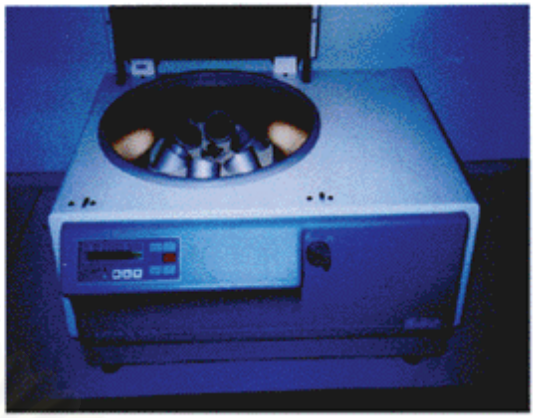
- โดยตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (รายละเอียดวิธีวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก.)

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดย Analysis of Variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1992) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

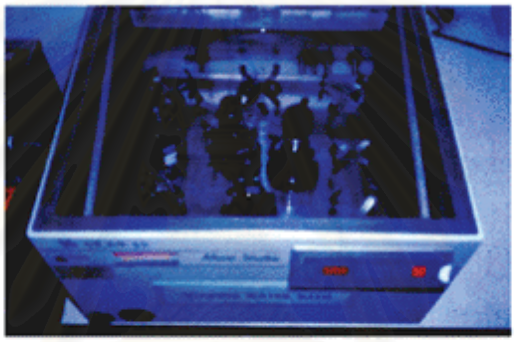
เครื่องมือที่ใช้ในการสกัดไขมัน

(solvent extraction)



เครื่องหมุนเหวี่ยงทำความเย็น

(refrigerated centrifuge)



เครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ

(shaking water bath)

เครื่องทำแห้งระบบแช่เยือกแข็ง

(freeze dryer)

หม้อนึ่งความดันไอ

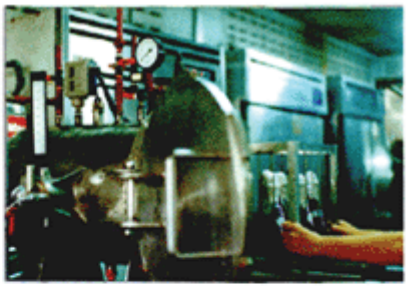
(retort)

ภาพที่ 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

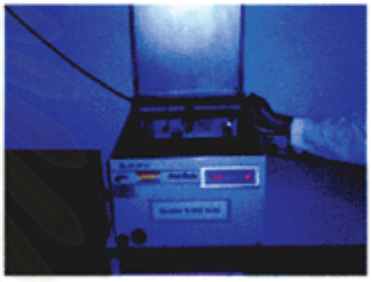
ภาพที่ 3.2 กระบวนการผลิตโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปรตีนเมล็ดงาผสมกับกรดเกลือ



ย่อยสลายด้วยกรดเกลือ ที่อุณหภูมิ 110°C
ความดันไอน้ำ 6.08 psig



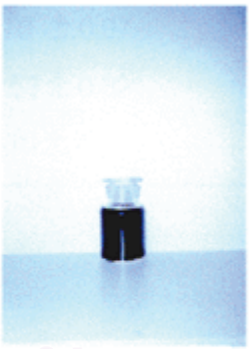
ปรับให้มี pH ประมาณ 5.0 ด้วย NO_2CO_3

กรอง

ขจัดกลิ่นด้วยคาร์บอนกัมมันต์
ที่อุณหภูมิ 50°C

น้ำตาลทราย, สารเสริมกลิ่นรส

ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 80°C 15 นาที



บ่มที่อุณหภูมิห้อง
2 สัปดาห์

น้ำซอสปรุงรสจาก
โปรตีนสกัดจากเมล็ดงา

ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการผลิตน้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบ

4.1.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของกากเมล็ดงาก่อนการร่อน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ของกากเมล็ดงาก่อนการร่อนซึ่งเป็น วัตถุดิบเริ่มต้นที่ใช้ในงานวิจัย ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากเมล็ดงาก่อนการร่อน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี	ค่าเฉลี่ย* ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ความชื้น**	7.92 ± 0.25
โปรตีน	45.25 ± 1.11
ไขมัน	16.68 ± 0.36
เถ้า	19.87 ± 0.53
เส้นใยหยาบ	9.70 ± 0.67
คาร์โบไฮเดรต	14.58 ± 0.32
กรดออกซาลิก	1.10 ± 0.02

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

** ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากเมล็ดงาที่ยังไม่ผ่านการร่อน พบว่ากากเมล็ดงามีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นโปรตีนซึ่งมีอยู่ถึง 45.25% รองลงมาคือ เถ้า 19.87% ไขมัน 16.68%คาร์โบไฮเดรต 14.58% เส้นใยหยาบ 9.70% และกรดออกซาลิก 1.10% ตามลำดับ

ผลการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของกากเมล็ดงาก่อนการร่อน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพของกากเมล็ดงาก่อนการร่อน

วัตถุดิบ	สี*			กลิ่น
	ค่า L	ค่า a	ค่า b	
กากเมล็ดงาก่อนการร่อน	30.78±0.40	+ 4.73±0.19	+9.73±0.48	กลิ่นงาคั่ว

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.2 พบว่ากากเมล็ดงาก่อนการร่อนผ่านตะแกรงมีค่าความสว่างของสี (ค่า L) ประมาณ 30.78 มีค่าสีแดง (ค่า a) ประมาณ +4.73 และมีค่าสีเหลือง ประมาณ +9.73 กากเมล็ดงาจะมีสีน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นหอมเฉพาะของงาคั่ว

4.1.2 **ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของกากเมล็ดงาขนาด 60 เมช**

เมื่อนำกากเมล็ดงาที่ผ่านการร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช เพื่อกำจัดกรดออกซาลิก ซึ่งเป็นสารต้านคุณค่าทางโภชนาการที่พบอยู่ที่เปลือกของเมล็ดงา มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และวิเคราะห์หาปริมาณผลผลิตของกากเมล็ดงาขนาด 60 เมช ที่ได้หลังการร่อนผ่านตะแกรง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณผลผลิต (%yield) ของกากเมล็ดงาขนาด 60 เมช (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี	ค่าเฉลี่ย* ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ความชื้น**	9.22 ± 0.01
โปรตีน	41.91 ± 0.01
ไขมัน	16.84 ± 0.16
เถ้า	13.35 ± 0.35
เส้นใยหยาบ	6.80 ± 0.73
คาร์โบไฮเดรต	21.13 ± 0.27
กรดออกซาลิก	0.29 ± 0.01
ปริมาณผลผลิต**	28.33 ± 1.62

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

** ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากเมล็ดงาหลังการร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช พบว่ากากเมล็ดงามีปริมาณโปรตีน เถ้า เส้นใยหยาบ และกรดออกซาลิกน้อยกว่ากากเมล็ดงาที่ยังไม่ผ่านการร่อน โดยในกากเมล็ดงาขนาด 60 เมช จะมีปริมาณโปรตีน 41.91% เถ้า 13.85% เส้นใยหยาบ 6.80% และมีกรดออกซาลิกเหลืออยู่เพียง 0.29% แต่มีปริมาณไขมันในปริมาณที่ใกล้เคียงกับที่พบในกากเมล็ดงาก่อนการร่อน ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรตนั้น พบว่ากากเมล็ดงาขนาด 60 เมช จะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตอยู่สูง คือ 21.13% และมีความชื้นเพิ่มขึ้นจากเดิมคือมีอยู่ 9.22% มีปริมาณผลผลิตของกากเมล็ดงาขนาด 60 เมช ที่ได้หลังการร่อน 28.33 %

ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของกากเมล็ดงาขนาด 60 เมช ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ลักษณะทางกายภาพของกากเมล็ดงาขนาด 60 เมช

วัตถุดิบ	สี*			กลิ่น
	ค่า L	ค่า a	ค่า b	
กากเมล็ดงาขนาด 60 เมช	32.19±0.38	+ 6.86±0.12	+13.60±0.22	กลิ่นงาคั่ว

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.4 พบว่าเมื่อนำกากเมล็ดงามาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช พบว่ากากเมล็ดงาจะมีค่าความสว่างของสี (ค่า L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น โดยมีค่าประมาณ 32.19 +6.86 และ +13.60 ตามลำดับ ส่งผลให้กากเมล็ดงาขนาด 60 เมช มีสีที่อ่อนกว่ากากเมล็ดงาก่อนการร่อนเล็กน้อย แต่ยังคงมีกลิ่นหอมเฉพาะของงาคั่วอยู่

4.1.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของกากเมล็ดงาหลังสกัดน้ำมัน

จากผลการวิเคราะห์ไขมันในกากเมล็ดงาเริ่มต้น (ตารางที่ 4.1) พบว่ากากเมล็ดงาจากโรงงานน้ำมันงาที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ยังคงมีปริมาณน้ำมันงาหลงเหลืออยู่ในปริมาณค่อนข้างสูง คือ ประมาณ 16%และจากการทดลองผลิตโปรตีนสกัดจากเมล็ดงาเบื้องต้น พบว่ายังคงมีไขมันหลงเหลืออยู่ในโปรตีนสกัดจากเมล็ดงาประมาณ 4% ซึ่งวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในการผลิตน้ำซอสปรุงรสนั้นควรมีไขมันอยู่ในปริมาณไม่เกิน 1%เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดปฏิกิริยาซาพอนิฟิเคชั่น (saponification) ของไขมันในขั้นตอนการปรับให้เป็นกลางและการเกิดสารปนเปื้อน 3-MCPD (3-chloro-1,2-propanediol) และ DCP (1,3-dichloro-2-propanol) ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่ม chloropropanols

ที่เกิดจากปฏิกิริยาคลอริเนชั่น (chlorination) ของกลีเซอรอลกับอิออนของคลอไรด์ (ลมัย ชูเกียรติวัฒนา, 2524; วิเชียร ลีลาวัชรมาศ; Hamm,1993)

เมื่อนำกากเมล็ดงาหลังการสกัดน้ำมันมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 องค์ประกอบทางเคมีของกากเมล็ดงาหลังสกัดน้ำมัน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี	ค่าเฉลี่ย* ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ความชื้น**	6.61 ± 0.28
โปรตีน	47.83 ± 1.65
ไขมัน	0.39 ± 0.01
เถ้า	16.65 ± 0.12
เส้นใยหยาบ	7.6 ± 0.61
คาร์โบไฮเดรต	27.56 ± 1.98
กรดออกซาลิก	0.24 ± 0.02

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

** ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากเมล็ดงาหลังการสกัดน้ำมัน พบว่ากากเมล็ดงามีปริมาณความชื้นและไขมันลดลงเหลือ 6.61% และ 0.39% ตามลำดับ แต่มีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต เถ้า เส้นใยหยาบเพิ่มสูงขึ้น เป็น 47.83% 27.56% 16.65% และ 7.6% ตามลำดับ และมีกรดออกซาลิกอยู่ในปริมาณ 0.24%

ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของกากเมล็ดงาหลังสกัดน้ำมัน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 ลักษณะทางกายภาพของกากเมล็ดงาหลังสกัดน้ำมัน

วัตถุดิบ	สี*			กลิ่น
	ค่า L	ค่า a	ค่า b	
กากเมล็ดงาหลังสกัดน้ำมัน	44.55±0.92	+6.50±0.17	+17.90±075	กลิ่นคาวคล้ายปลาป่น

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.6 พบว่าการสกัดน้ำมันออกจากกากเมล็ดงา จะส่งผลให้กากเมล็ดงาหลังการสกัดน้ำมัน มีค่าความสว่างของสี (ค่า L) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น แต่มีค่าสีแดง (a) ใกล้เคียงกับกากเมล็ดงาขนาด 60 เมช โดยมีค่าประมาณ 44.55 +6.50 และ +17.90 ตามลำดับ ส่งผลให้กากเมล็ดงาขนาด 60 เมช มีสีน้ำตาลเหลืองมากขึ้น และเกิดกลิ่นคาวคล้ายปลาป่น

นอกจากนี้ในขั้นตอนการสกัดน้ำมันออกจากกากเมล็ดงา จะทำให้เกิดการสูญเสียกากเมล็ดงาไปบางส่วนและได้ผลผลิตน้ำมันงาดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ปริมาณกากเมล็ดงาที่สูญเสีย และปริมาณผลผลิตน้ำมันงาที่ได้หลังการสกัดน้ำมัน (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)

ปริมาณ	ค่าเฉลี่ย* ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
กากเมล็ดงาที่สูญเสีย	23.57±2.43
น้ำมันงาที่ได้	13.58±0.47

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ซ้ำ

4.2 ผลการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงา

4.2.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนของกากเมล็ดงาและเวลาในการสกัดโปรตีน

การสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงาด้วยน้ำกลั่นที่ pH 10 เป็นการศึกษาหาอัตราส่วนของกากเมล็ดงาต่อน้ำกลั่นและเวลาในการสกัดโปรตีนที่เหมาะสม โดยใช้ค่าปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เป็นเกณฑ์ ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดงาที่ pH 10 เมื่อศึกษาผลของอัตราส่วนของกากเมล็ดงาต่อน้ำและเวลาในการสกัด

อัตราส่วนกากเมล็ดงาต่อน้ำ (กรัมของน้ำหนักเปียก : มิลลิลิตร)	เวลา (นาที)	ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)
1 : 20	15	$26.74^{f} \pm 0.72$
	30	$31.70^{e} \pm 0.09$
	45	$31.38^{e} \pm 0.02$
1 : 40	15	$36.51^{c} \pm 0.11$
	30	$46.51^{a} \pm 0.06$
	45	$42.48^{b} \pm 0.08$
1 : 60	15	$35.94^{d} \pm 0.06$
	30	$27.15^{f} \pm 0.05$
	45	$27.19^{f} \pm 0.06$

a, b, c… ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันจากแถวในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราส่วนของกากเมล็ดงาต่อน้ำและเวลาในการสกัดต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ จ.1 ภาคผนวก จ) โดยพบว่าการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงาด้วยน้ำที่อัตราส่วนของกากเมล็ดงาต่อน้ำที่ 1:40 เป็นเวลา 30 นาที จะให้ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้สูงสุด เท่ากับ 46.51% รองลงมา คือ การสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงาที่อัตราส่วนเดียวกัน เป็นเวลา 45 นาที ซึ่งแตกต่างจากการสกัดที่อัตราส่วน 1:20 และ 1:60 ในทุกเวลาที่ใช้ในการสกัด โดยจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของสารทำละลาย(น้ำ) มากขึ้น ความสามารถในการสกัดโปรตีนก็จะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อปริมาณสารถูกละลาย (โปรตีน) คงที่ ถึงแม้ว่าจะเพิ่มสารทำละลาย ความสามารถในการสกัดก็จะไม่เพิ่มขึ้น และเมื่อเวลาในการสกัดนานขึ้น ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จะมีแนวโน้มที่ลดลงจากเดิมเล็กน้อย

4.2.2 **ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา**

เมื่อนำโปรตีนสกัดจากกากเมล็ดงาที่ผลิตได้ มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณผลผลิตโปรตีนเมล็ดงาที่ได้ (% yield) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง) และปริมาณผลผลิตโปรตีนเมล็ดงาที่ได้ (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)

องค์ประกอบทางเคมี	ค่าเฉลี่ย* ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ความชื้น**	4.47 ± 0.02
โปรตีน	69.64 ± 1.75
ไขมัน	0.13 ± 0.23
เถ้า	1.73 ± 0.03
เส้นใยหยาบ	0.69 ± 0.14
คาร์โบไฮเดรต	27.82 ± 1.73
กรดออกซาลิก	0.02 ± 0.02
เกลือโซเดียมคลอไรด์	0.64 ± 0.16
โปรตีนเมล็ดงา**	24.85 ±1.33

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

** ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก

จากตารางที่ 4.9 พบว่าโปรตีนเมล็ดงาที่ผลิตได้จะมีโปรตีนอยู่ 69.64% มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 27.82% มีปริมาณไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และกรดออกซาลิกเหลืออยู่เพียง 0.13% 1.73% 0.69% และ 0.02% ตามลำดับ โดยมีปริมาณเกลือเกิดขึ้น 0.64% นอกจากนี้ยังพบว่าจากกากเมล็ดงา 100 กรัม สามารถผลิตโปรตีนสกัดจากเมล็ดงาได้ประมาณ 25 กรัม

ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของโปรตีนเมล็ดงา แสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ลักษณะทางกายภาพของโปรตีนเมล็ดงา

วัตถุดิบ	สี*			กลิ่น
	ค่า L	ค่า a	ค่า b	
โปรตีนเมล็ดงา	36.58±1.50	+3.59±1.46	+13.39±0.92	กลิ่นงาเล็กน้อย

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.10 พบว่าโปรตีนสกัดจากเมล็ดงาที่ได้จากงานวิจัย จะมีค่าความสว่างของสี (ค่า L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ลดลง โดยมีค่าประมาณ 36.58 +3.59 และ +13.39 ตามลำดับ ส่งผลให้โปรตีนสกัดจากเมล็ดงามีสีน้ำตาลที่เข้มกว่ากากเมล็ดงาหลังสกัดน้ำมันเล็กน้อย และในการสกัดโปรตีนจากเมล็ดงาในภาวะด่างจะส่งผลให้โปรตีนเมล็ดงาที่ได้มีกลิ่นคาวคล้ายปลาป่น

4.2.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนเมล็ดงา

เมื่อนำโปรตีนสกัดจากกากเมล็ดงาที่ผลิตได้ มาวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.11 และโครมาโตแกรมของการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน แสดงในภาพ ง.1 (ภาคผนวก ง)

ตารางที่ 4.11 ปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนเมล็ดงา

ชนิดของกรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโน (มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง)
กรดแอสพาร์ติก (aspartic acid)	45.44±1.19
ซีรีน (serine)	5.90±0.09
กรดกลูตามิค (glutamic acid)	109.58±2.65
ไกลซีน (glycine)	31.50±0.65
ฮีสทิดีน (histidine)	19.96±1.38
อาร์จินีน (arginine)	55.66±0.82
ทรีโอนีน (threonine)	10.72±0.06
อลานีน (alanine)	38.46±0.66
โพรลีน (proline)	38.50±0.25
ซีสทีน (cystine)	45.44±1.19
ไทโรซีน (tyrosine)	31.16±0.37
วาลีน (valine)	32.42±0.54
เมทไธโอนีน (methionine)	17.94±0.41
ไลซีน (lysine)	9.17±0.43
ไอโซลิวซีน (isoleucine)	30.13 ±0.32
ลิวซีน (leucine)	51.24±0.31
เฟนิลอลานีน (phenylalanine)	35.62±0.36
ทริปโทฟาน (tryptophan)	ND

* ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ ; ND - ไม่มีการตรวจวิเคราะห์

จากตารางที่ 4.11 พบว่าโปรตีนเมล็ดงามีกรดกลูตามิคในปริมาณมากที่สุด ซึ่งเป็นกรดอะมิโนอิสระที่ต้องการให้มีในผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส โดยจะอยู่ในรูปของเกลือโมโนโซเดียมกลูตาเมต ให้รสชาติที่เรียกว่าอูมามิ (umami) สำหรับกรดแอสพาร์ติกซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จะให้รสเปรี้ยว พบว่ามีในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นโปรตีนเมล็ดงาจึงเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำน้ำซอสปรุงรส สำหรับกรดอะมิโนที่พบในโปรตีนเมล็ดงาในปริมาณน้อย ได้แก่ ซีสทีน ซีรีน และไลซีน

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของ กากเมล็ดงาก่อนร่อน กากเมล็ดงาขนาด 60 เมช กากเมล็ดงาหลังสกัดน้ำมัน และโปรตีนเมล็ดงา แสดงในตารางที่ 4.12 และ ตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.12 องค์ประกอบทางเคมีของกากเมล็ดงาก่อนการร่อน กากเมล็ดงาขนาด 60 เมชกากเมล็ดงาหลังสกัดน้ำมัน และโปรตีนเมล็ดงา (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)*

องค์ประกอบ	กากเมล็ดงาก่อนร่อน	กากเมล็ดงา 60 เมช	กากเมล็ดงาหลังสกัดน้ำมัน	โปรตีนเมล็ดงา
ความชื้น**	7.92±0.25	9.22±0.01	6.61±0.28	4.47±0.02
โปรตีน	45.25±1.11	41.91±0.01	47.83±1.65	69.64±1.75
ไขมัน	16.68±0.36	16.84±0.16	0.39 ±0.01	0.13±0.23
เถ้า	19.87±0.53	13.85±0.35	16.65±0.12	1.73±0.03
เส้นใยหยาบ	9.70±0.67	6.80±0.73	7.60 ±0.61	0.69±0.14
คาร์โบไฮเดรต	14.58±0.32	21.13±0.27	27.56±1.98	27.82±1.73
กรดออกซาลิก	1.10±0.02	0.29±0.01	0.24±0.02	0.02±0.02
โซเดียมคลอไรด์	ND	ND	ND	0.60±0.16

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

** โดยน้ำหนักเปียก

ND หมายถึง ไม่ได้ทำตรวจวิเคราะห์

จากตารางที่ 4.12 พบว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ในกากเมล็ดงา จะเป็นโปรตีน ซึ่งมีอยู่ในปริมาณสูงถึง 45% เมื่อนำมาผลิตเป็นโปรตีนเมล็ดงาจะมีปริมาณโปรตีนอยู่ประมาณ 70% นอกจากนี้ยังพบว่าการร่อนกากเมล็ดงาผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช สามารถกำจัดกรดออกซาลิกได้

จาก 1.10% เหลือเพียง 0.2% และเหลือเพียง 0.02% ในโปรตีนเมล็ดงา ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อการบริโภค สำหรับการสกัดน้ำมันออกจากกากเมล็ดงาก่อนที่จะนำมาใช้ในการผลิตโปรตีนสกัดนั้น จะสามารถลดไขมันที่หลงเหลืออยู่ในกากเมล็ดงาจาก 16% เหลือเพียง 0.4% และเมื่อผลิตเป็นโปรตีนเมล็ดงา จะมีไขมันเหลืออยู่เพียง 0.13%

ตารางที่ 4.13 ลักษณะทางกายภาพของกากเมล็ดงาก่อนการร่อน กากเมล็ดงาขนาด 60 เมช กากเมล็ดงาหลังสกัดน้ำมัน และโปรตีนเมล็ดงา*

องค์ประกอบ	กากเมล็ดงาก่อนร่อน	กากเมล็ดงา 60 เมช	กากเมล็ดงาหลังสกัดน้ำมัน	โปรตีนเมล็ดงา
สี				
ค่า L	30.78±0.40	32.19±0.38	44.55±0.92	36.58±1.50
ค่า a	+4.73±0.19	+6.86±0.12	+6.50±0.17	+ 3.59±1.46
ค่า b	+9.73±0.48	+13.60±0.22	+17.90±0.75	+13.39±0.92
กลิ่น	กลิ่นงาคั่ว	กลิ่นงาคั่ว	คาวคล้ายปลาป่น	กลิ่นงาเล็กน้อย

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.13 พบว่าเมื่อนำกากเมล็ดงามาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช และผ่านการสกัดน้ำมันออก จะส่งผลให้กากเมล็ดงามีสีน้ำตาลที่อ่อนลงจากเดิม และเมื่อผลิตเป็นโปรตีนเมล็ดงาแล้วจะมีสีน้ำตาลที่เข้มขึ้นจากเดิมเล็กน้อย สำหรับกลิ่นของกากเมล็ดงานั้นจะมีกลิ่นของงาคั่ว แต่จะมีกลิ่นคาวคล้ายปลา เมื่อผ่านการสกัดน้ำมัน แต่เมื่อผลิตเป็นโปรตีนเมล็ดงาแล้วจะมีกลิ่นงาเล็กน้อย

4.2.3 ผลการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายโปรตีนเมล็ดงาด้วยกรดเกลือ

4.2.3.1 ผลของอัตราส่วนของโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือ

จากการศึกษาผลของอัตราส่วนของโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือที่มีต่อคุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด โดยแปรอัตราส่วนของโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือ เป็น 3 ระดับ คือ 1:2 1:2.5 และ 1:3 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ทำการย่อยโปรตีนเมล็ดงาด้วยกรดเกลือความเข้มข้น 5 นอร์มอล เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 110°C ความดัน 6.08 psig

(ทดลอง 4 ซ้ำ) นำโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่ได้มาตรวจสอบคุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษา ผลของอัตราส่วนโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือ

ลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี	อัตราส่วนของโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือ (น้ำหนัก : ปริมาตร)		
	1 : 2	1 : 2.5	1 : 3
ความถ่วงจำเพาะ (30±1°C)	1.22 ± 0.00[a]	1.20 ± 0.01[b]	1.19 ± 0.00[c]
ความเป็นกรด-ด่าง (30±1°C)	5.38 ± 0.01[b]	5.22 ± 0.02[c]	5.43 ± 0.01[a]
ไนโตรเจนทั้งหมด (g/l)	34.22 ± 0.03[a]	27.02 ± 0.04[b]	24.47 ± 0.02[c]
ฟอร์มัลดิไฮด์ไนโตรเจน (g/l)	29.37 ± 0.03[a]	26.05 ± 0.01[b]	20.80 ± 0.42[c]
แอมโมเนียคัลไนโตรเจน (g/l)	3.41 ± 0.01[a]	2.94 ± 0.01[b]	2.46 ± 0.01[c]
ไนโตรเจนจากกรดอะมิโน (g/l)	25.96 ± 0.03[a]	23.11 ± 0.02[b]	18.34 ± 0.40[c]
โซเดียมคลอไรด์ (g/l)	193.17 ± 2.07[b]	219.24 ± 0.23[a]	220.53 ± 0.95[a]

a, b, c ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันจากแถวในแนวนอนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าอัตราส่วนของโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือ มีผลต่อค่าความถ่วงจำเพาะ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอร์มัลดิไฮด์ไนโตรเจน ปริมาณแอมโมเนียคัลไนโตรเจน ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน และปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ จ.2 ภาคผนวก จ) โดยพบว่าเมื่ออัตราส่วนของโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น แต่ค่าความถ่วงจำเพาะ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอร์มัลดิไฮด์ไนโตรเจน ปริมาณแอมโมเนียคัลไนโตรเจน และปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโนลดลง

สำหรับปริมาณผลผลิตที่ได้ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) และระดับการย่อยสลาย ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ปริมาณผลผลิต (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) และระดับการย่อยสลาย เมื่อศึกษาผลของอัตราส่วนโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือ

	อัตราส่วนของโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือ (น้ำหนัก : ปริมาตร)		
	1 : 2	1 : 2.5	1 : 3
ผลผลิตที่ได้	62.06 ± 0.42^{c}	68.23 ± 0.17^{b}	72.25 ± 0.11^{a}
ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้	59.84 ± 0.36^{c}	60.60 ± 0.10^{b}	66.44 ± 0.12^{a}
ระดับการย่อยสลาย	68.20 ± 0.04^{a}	62.44 ± 0.03^{b}	59.39 ± 0.02^{c}

a, b, c ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันจากแถวในแนวนอนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าอัตราส่วนของโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือ มีผลต่อปริมาณผลผลิตที่ได้ ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้และระดับการย่อยสลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ จ.3 ภาคผนวก จ) โดยพบว่าเมื่ออัตราส่วนของโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณผลผลิตที่ได้ และปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เพิ่มขึ้น แต่จะส่งผลให้ระดับการย่อยสลายลดลง

เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน พบว่าที่อัตราส่วนของโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือที่ 1:2 จะให้ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโนสูงที่สุด แต่จะให้ปริมาณผลผลิตที่ได้และปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ต่ำกว่าที่อัตราส่วน 1:2.5 สำหรับที่อัตราส่วน1:3 ถึงแม้ว่าจะให้ปริมาณผลผลิตที่ได้ และปริมาณโปรตีนที่สกัดได้สูงที่สุด แต่เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโนแล้วพบว่ามีปริมาณต่ำที่สุด ดังนั้นอัตราส่วนของโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือที่เหมาะสม คือ 1:2.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) จึงเลือกอัตราส่วนนี้ไปศึกษาในขั้นต่อไป

4.2.3.2 ผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลา

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดเกลือ และเวลาในการย่อยสลายโปรตีนเมล็ดงาที่มีต่อคุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด โดยแปรความเข้มข้นของกรดเกลือ 3 ระดับ คือ 4 5 และ 6 นอร์มอล (น้ำหนักต่อปริมาตร) แปรเวลา 3 ระดับ คือ 2 4 และ 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 110°C ความดัน 6.08 psig (ทดลอง 2 ซ้ำ) จากนั้นนำโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่ได้มาตรวจสอบคุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.16

สำหรับปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ผลผลิตที่ได้ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) และระดับการย่อยสลาย ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.17 แสดงแนวโน้มดังภาพที่ 4.1-4.7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.16 ผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลาต่อคุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด

ความเข้มข้นของกรดเกลือ (นอร์มอล)	เวลา (ชั่วโมง)	คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี						
		ความถ่วงจำเพาะ (30±1°C)	pH (30±1°C)	ไนโตรเจนทั้งหมด (g/l)	ฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน (g/l)	แอมโมเนียคัลไนโตรเจน (g/l)	ไนโตรเจนจากกรดอะมิโน (g/l)	โซเดียมคลอไรด์ (g/l)
4	2	1.184±0.002^{e}	4.98±0.00^{e}	22.69±0.02^{f}	21.35±0.30^{h}	2.03±0.01^{f}	19.33±0.31^{g}	150.05±0.39^{h}
	4	1.185±0.002^{e}	5.15±0.02^{d}	25.04±0.15^{d}	22.82±0.39^{g}	2.44±0.02^{e}	20.39±0.37^{f}	170.85±0.81^{g}
	6	1.191±0.000^{de}	5.29±0.00^{c}	25.63±0.03^{c}	24.22±0.59^{f}	2.75±0.28^{c}	21.48±0.63^{e}	192.63±0.41^{c}
5	2	1.184±0.000^{e}	5.30±0.05^{c}	23.95±0.07^{e}	26.11±0.50^{e}	2.56±0.21^{d}	23.56±0.48^{d}	173.71±0.41^{f}
	4	1.205±0.001^{bc}	5.27±0.01^{c}	25.49±0.03^{c}	27.93±0.09^{c}	2.76±0.21^{c}	25.18±0.08^{c}	191.34±0.60^{d}
	6	1.197±0.001^{cd}	5.34±0.01^{b}	28.31±0.00^{b}	27.51±0.50^{cd}	3.28±0.42^{b}	24.24±0.05^{d}	208.68±0.41^{b}
6	2	1.188±0.000^{de}	5.26±0.01^{c}	24.19±0.05^{e}	26.67±0.09^{de}	2.75±0.10^{c}	23.93±0.01^{d}	179.01±0.60^{e}
	4	1.213±0.003^{ab}	5.25±0.00^{c}	25.62±0.37^{c}	29.89±0.10^{b}	3.30±0.03^{b}	26.60±0.13^{b}	193.35±0.60^{c}
	6	1.218±0.002^{sa}	5.43±0.00^{a}	28.73±0.16^{a}	34.86±0.39^{a}	3.52±0.01^{f}	31.35±0.40^{a}	225.31±0.40^{g}

A, b, c,… ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันจากแถวในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลาต่อค่าความถ่วงจำเพาะ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอร์มัลดิไฮด์ไนโตรเจน ปริมาณแอมโมเนียคัลไนโตรเจน ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน และปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ จ.4 ภาคผนวก จ) โดยจะเห็นได้ว่าการเพิ่มความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลาในการย่อยสลายโปรตีนเมล็ดงาจะมีผลทำให้ ค่าความถ่วงจำเพาะ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอร์มัลดิไฮด์ไนโตรเจน ปริมาณแอมโมเนียคัลไนโตรเจน ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน และปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์เพิ่มสูงขึ้น ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.17 ผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลาต่อปริมาณผลผลิต (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) และระดับการย่อยสลายโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด

ความเข้มข้นของกรดเกลือ (นอร์มอล)	เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณผลผลิต (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ระดับการย่อยสลาย
4	2	63.08 ± 0.01^{c}	47.05 ± 0.09^{e}	21.53 ± 0.07^{h}
	4	69.35 ± 0.13^{b}	57.08 ± 0.22^{c}	39.76 ± 0.76^{f}
	6	70.23 ± 0.08^{b}	59.18 ± 0.13^{bc}	62.14 ± 0.37^{c}
5	2	64.56 ± 0.38^{c}	50.83 ± 0.13^{d}	22.64 ± 0.02^{g}
	4	71.29 ± 0.06^{b}	59.74 ± 0.09^{bc}	41.31 ± 0.14^{e}
	6	74.26 ± 0.02^{a}	69.13 ± 0.01^{a}	63.14 ± 0.31^{b}
6	2	64.47 ± 0.05^{b}	51.26 ± 0.14^{d}	23.39 ± 0.01^{g}
	4	71.54 ± 3.38^{b}	60.29 ± 3.71^{b}	45.34 ± 0.10^{d}
	6	74.81 ± 0.13^{a}	70.68 ± 0.51^{a}	68.98 ± 0.51^{a}

a, b, c… ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันจากแถวในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ความเข้มข้นของกรด เวลา และอิทธิพลร่วมระหว่างความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลามีผลต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ และระดับการย่อยสลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่อิทธิพลร่วมระหว่างความเข้มข้นของกรดและเวลาไม่มีผล

ต่อปริมาณผลผลิต ($p>0.05$) (ตารางที่ จ.5 ภาคผนวก จ) โดยจะเห็นได้ว่าการเพิ่มความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลาในการย่อยสลายโปรตีนเมล็ดงาจะมีผลทำให้ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้และระดับการย่อยสลายเพิ่มสูงขึ้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของความเข้มข้นที่มีต่อปริมาณผลผลิต ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ผลของความเข้มข้นของกรดเกลือที่มีต่อปริมาณผลผลิตของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด

ความเข้มข้น (นอร์มอล)	ปริมาณผลผลิต (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
4	67.55 ± 3.49^{b}
5	70.03 ± 4.45^{a}
6	70.27 ± 4.97^{a}

a, b ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันจากแถวในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4.18 จะพบว่าเมื่อความเข้มข้นของกรดเกลือเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณผลผลิตของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของเวลาที่มีต่อปริมาณผลผลิต ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ผลของเวลาที่มีต่อปริมาณผลผลิตของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด

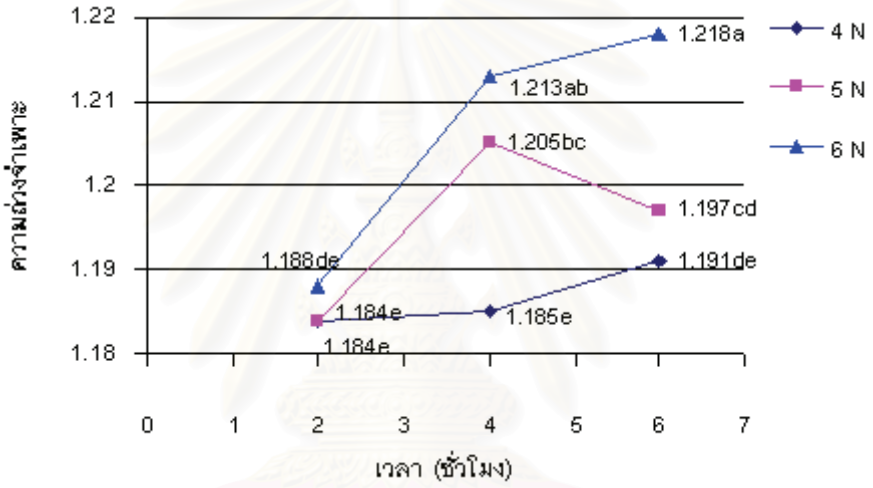
เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณผลผลิต (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
2	64.03 ± 0.76^{c}
4	70.73 ± 1.85^{b}
6	73.09 ± 2.24^{a}

a, b, c ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันจากแถวในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าเวลาในการย่อยสลายมีผลต่อค่าปริมาณผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยพบว่าเมื่อเวลาในการย่อยสลายโปรตีนเมล็ดงาเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณผลผลิตของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดเพิ่มสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาจากค่าปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน ปริมาณผลผลิต และปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ พบว่าการใช้ความเข้มข้นของกรดเกลือ 6 นอร์มอล ย่อยสลายโปรตีนเมล็ดงาเป็นเวลา 6 ชั่วโมง จะทำให้โปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่ได้มีค่า ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน ปริมาณผลผลิต และปริมาณโปรตีนที่สกัดได้สูงที่สุด จึงเลือกภาวะนี้ไปใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

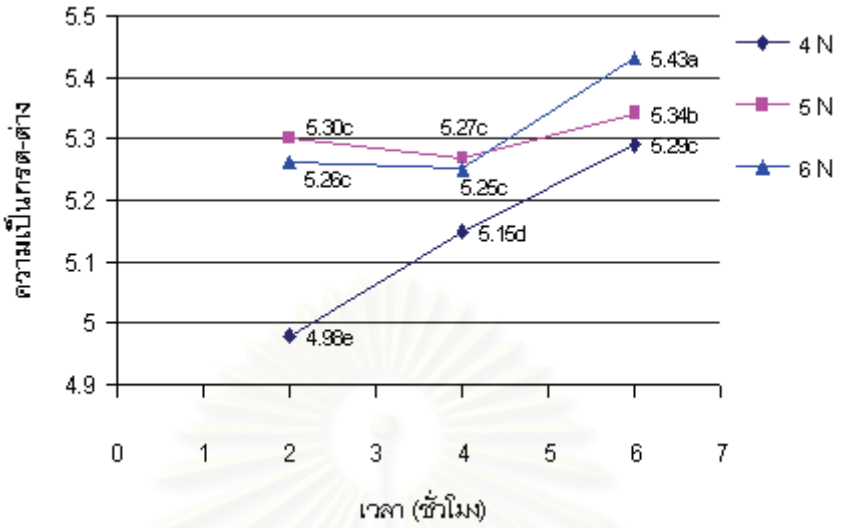
สำหรับแนวโน้มของ ค่าความถ่วงจำเพาะ ความเป็นกรดด่าง ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอร์มัลดิไฮด์ไนโตรเจน ปริมาณแอมโมเนียคัลไนโตรเจน ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ ปริมาณผลผลิต ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้และระดับการย่อยสลาย ที่ความเข้มข้นของกรดเกลือ และเวลาต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 4.1-4.7



a, b, c… ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

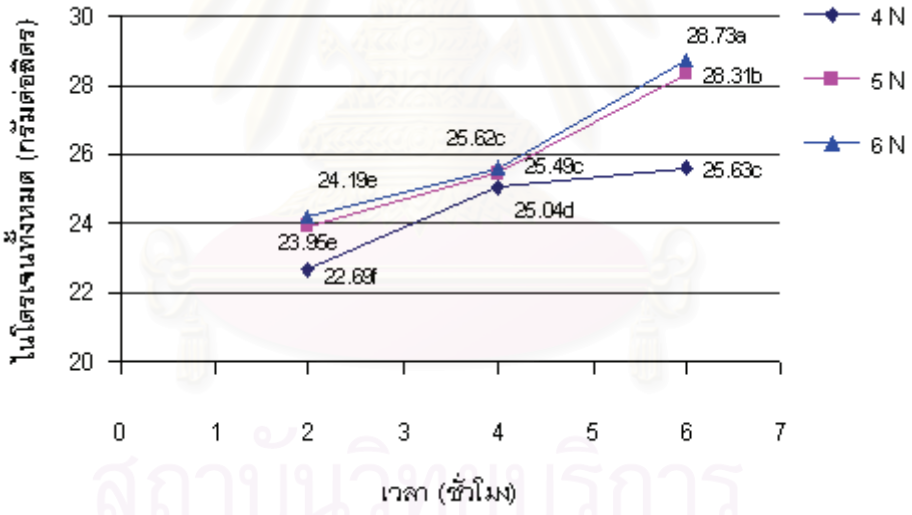
ภาพที่ 4.1 ค่าความถ่วงจำเพาะของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดเมื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



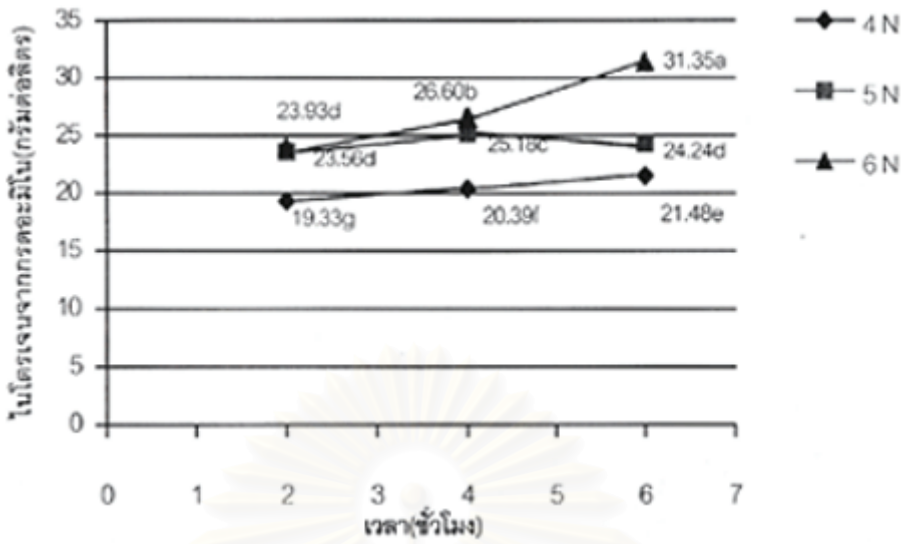
a, b, c… ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ภาพที่ 4.2 ค่าความเป็นกรด-ด่างของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดเมื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลา



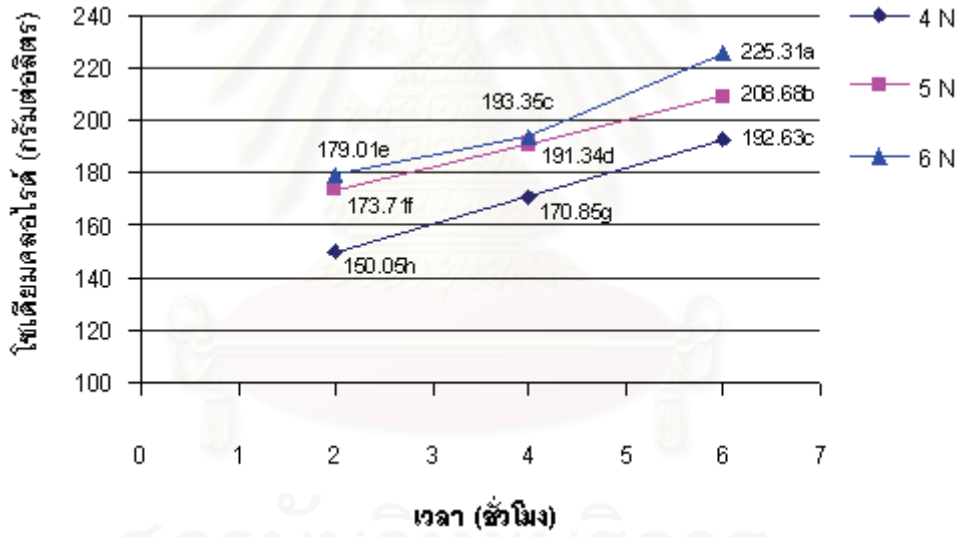
a, b, c… ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ภาพที่ 4.3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดเมื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลา



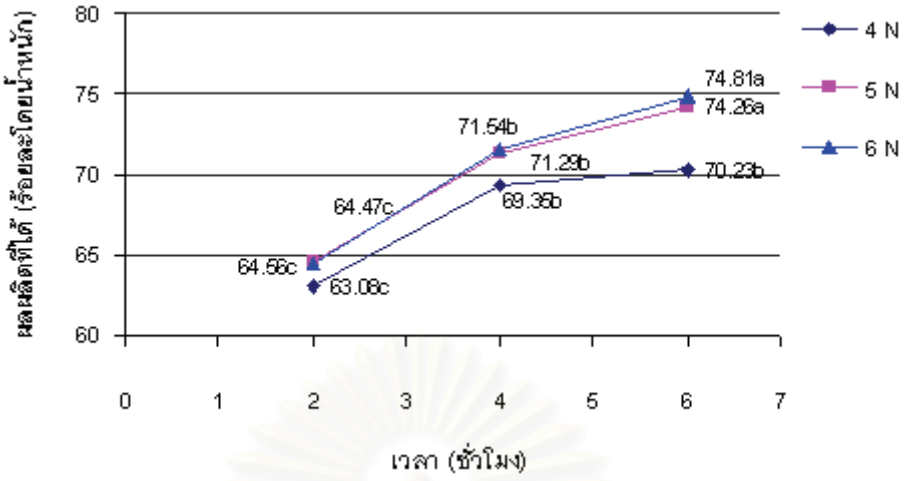
a, b, c.... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ภาพที่ 4.4 ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโนของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยเมื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลา



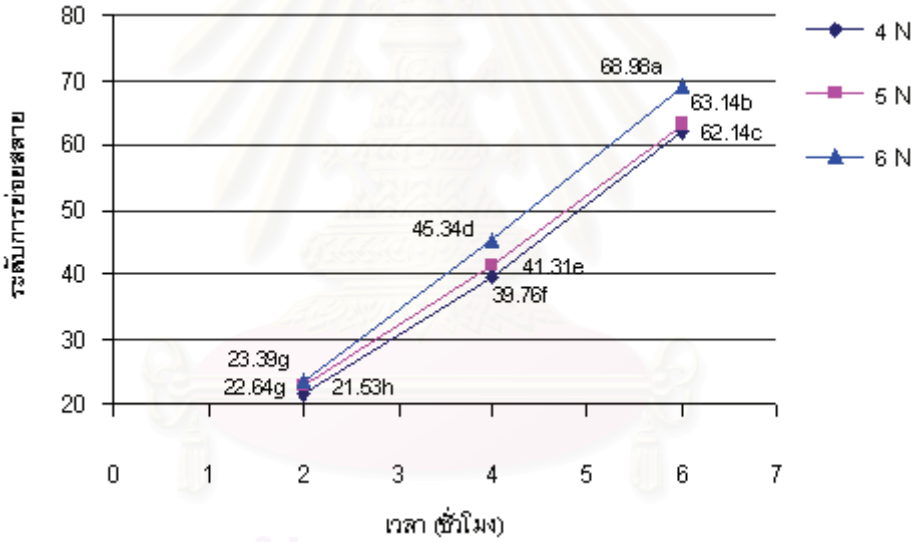
a, b, c.... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ภาพที่ 4.5 ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดเมื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลา



a, b, c ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ภาพที่ 4.6 ปริมาณผลผลิตที่ได้ของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดเมื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลา



a, b, c… ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ภาพที่ 4.7 ค่าระดับการย่อยสลายของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดเมื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลา

4.2.3.3 **ผลการศึกษาคุณภาพของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด**

4.2.3.3.1 **คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี**

จากการตรวจสอบคุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วนโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือเป็น 1:2.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ความเข้มข้นของกรดเกลือ 6 นอร์มอล เวลา 6 ชั่วโมง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.20 สำหรับปริมาณกรดอะมิโนแสดงดังในตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.20 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด*

คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี	มอก. 8-2539 ชั้นคุณภาพที่ 1	มอก. 8-2539 ชั้นคุณภาพที่ 2	โปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด	โปรตีนถั่วเหลือง[ก]ย่อยด้วยกรด
ความถ่วงจำเพาะ ($30\pm1^{\circ}C$)	>1.23	>1.20	1.220±0.002	1.223±0.001
ความเป็นกรด-ด่าง ($30\pm1^{\circ}C$)	5.0-6.2	4.0-6.2	5.40±0.10	4.98±0.03
ไนโตรเจนทั้งหมด (กรัมต่อลิตร)	>30.0	>24.0	27.84±0.16	29.49±0.11
ไนโตรเจนจากกรดอะมิโน (กรัมต่อลิตร)	>20.0	>15.0	30.75±0.45	26.03±1.04
โซเดียมคลอไรด์ (กรัมต่อลิตร)	>190	>180	223.25±0.33	209.43±0.26

* ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ

มอก.8-2539 หมายถึง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำซอสปรุงรส

[ก] โปรตีนถั่วเหลืองย่อยด้วยกรด (ยังไม่ผ่านขั้นตอนการปรุงแต่งกลิ่นรส) จากบริษัทไทยเทพรสผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 4.20 พบว่า โปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่เตรียมได้จากงานวิจัยมี ค่าความถ่วงจำเพาะ ความเป็นกรดด่าง ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน และปริมาณโซเดียมคลอไรด์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำซอสปรุงรส ชั้นคุณภาพที่ 1 แต่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำซอสปรุงรส ชั้นคุณภาพที่ 2 และเมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนถั่วเหลืองย่อยด้วยกรด พบว่าโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน และปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์สูงกว่าโปรตีนถั่วเหลืองย่อยด้วยกรด แต่มีค่าความถ่วงจำเพาะและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.21 ปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด

ชนิดของกรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโน (มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง)	
	โปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด*	ซอสปรุงรสฝาเขียว[ก]
กรดแอสพาร์ติก (aspartic acid)	12.53±0.01	8.98
ซีรีน (serine)	1.69±0.01	5.32
กรดกลูตามิค (glutamic acid)	39.19±0.29	21.84
ไกลซีน (glycine)	8.88±0.03	4.68
ฮีสทิดีน (histidine)	3.95±0.16	2.98
อาร์จินีน (arginine)	9.00±0.19	6.77
ทรีโอนีน (threonine)	2.73±0.07	3.72
อลานีน (alanine)	11.42±0.09	8.18
โพรลีน (proline)	13.02±1.29	8.60
ซีสทีน (cystine)	3.19±0.07	0.11
ไธโรซีน (tyrosine)	5.72±0.17	2.16
วาลีน (valine)	9.80±0.03	4.27
เมทไธโอนีน (methionine)	4.38±0.10	1.30
ไลซีน (lysine)	1.96±0.01	4.18
ไอโซลิวซีน (isoleucine)	7.01 ±0.05	3.63
ไอโซลิวซีน (isoleucine)	7.01 ±0.05	3.63
ลิวซีน (leucine)	11.99±0.03	5.65
เฟนีลอลานีน (phenylalanine)	6.30±0.01	6.10
ทริปโทฟาน (tryptophan)	ND	ND

* ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ

ND - ไม่มีการตรวจวิเคราะห์

[n] ซอสปรุงรสฝาเขียว (ซอสถั่วเหลือง) ตราภูเขาทอง ผลิตโดยบริษัทไทยเทพรสผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนอิสระ ในตารางที่ 4.21 พบว่าโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดจะมีปริมาณกรดอะมิโน glutamic acid aspartic acid glycine arginine alanine proline cystine tyrosine valine methionine isoleucine และ leucine ในปริมาณที่สูงกว่าซอสถั่วเหลืองทางการค้า สำหรับกรดอะมิโนที่พบในปริมาณต่ำ ได้แก่ serine threonine และ lysine ซึ่งพบในปริมาณที่น้อยกว่าในซอสถั่วเหลืองทางการค้า

4.2.3.4 **ผลการขจัดกลิ่น**

ศึกษาอิทธิพลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่นที่มีผลต่อคุณภาพทางฟิสิกส์ เคมี และทางประสาทสัมผัส ที่อุณหภูมิ 50°C โดยแปรปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ที่ใช้ 3 ระดับ คือ 0.1% 0.5% และ 1.0% โดยน้ำหนัก แปรเวลาเป็น 2 ระดับ คือ 1 และ 2 ชั่วโมง นำโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่ผ่านการขจัดกลิ่นในแต่ละภาวะมาตรวจสอบคุณภาพทางเคมี ทางฟิสิกส์ และทางประสาทสัมผัส ดังนี้

4.2.3.4.1 **คุณภาพทางฟิสิกส์**

- **ค่าสี** เมื่อนำโปรตีนเมล็ดงาหลังการขจัดกลิ่น มาตรวจสอบค่าสี ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 ค่าสีของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดเมื่อศึกษาผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น

ปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	เวลา (ชั่วโมง)	สี*		
		ค่า L	ค่า a	ค่า b
0.1	1	0.27 ± 0.00^{c}	-0.13 ± 0.05^{e}	$+0.04\pm0.00^{cd}$
	2	0.25 ± 0.00^{d}	-0.11 ± 0.06^{de}	$+0.00\pm0.04^{d}$
0.5	1	0.38 ± 0.00^{a}	$+0.20\pm0.06^{a}$	$+0.17\pm0.04^{a}$
	2	0.32 ± 0.00^{b}	-0.03 ± 0.06^{cd}	$+0.11\pm0.20^{ab}$
1.0	1	0.32 ± 0.00^{b}	$+0.03\pm0.00^{bc}$	$+0.10\pm0.02^{bc}$
	2	0.38 ± 0.00^{a}	$+0.10\pm0.06^{b}$	$+0.13\pm0.07^{ab}$

* ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

a, b, c… ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันจากแถวในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ และอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลา มีผลต่อค่าสีของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่พบว่าอิทธิพลของเวลาไม่มีผลต่อค่าสี ($p > 0.05$) (ตารางที่ จ.6 ภาคผนวก จ.) โดยจะพบว่าเมื่อปริมาณคาร์บอนกัมมันต์เพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้โปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดมีค่าความสว่างของสี (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น

- **ร้อยละการลดลงของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร**

ร้อยละการลดลงของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร ของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดเมื่อศึกษาผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ร้อยละการลดลงของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร ของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดเมื่อศึกษาผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น

ปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	เวลา (ชั่วโมง)	ร้อยละการลดลงของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร
0.1	1	4.56 ± 0.10^{f}
	2	13.16 ± 0.06^{e}
0.5	1	24.64 ± 0.05^{d}
	2	38.32 ± 0.47^{c}
1.0	1	4.35 ± 0.54^{b}
	2	46.80 ± 0.24^{a}

a, b, c… ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันจากแถวในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณคาร์บอน กัมมันต์และเวลาต่อค่าร้อยละการลดลงของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ จ.7 ภาคผนวก จ) โดยจะเห็นว่ามีค่าลดลงประมาณ 5-47% ขึ้นกับภาวะที่ใช้ โดยการเพิ่มปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ และการเพิ่มเวลา จะมีผลทำให้ร้อยละการลดลงของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร มีค่าเพิ่มขึ้น

4.2.3.4.2 **คุณภาพทางเคมี** ได้แก่ ร้อยละการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด ผลการตรวจสอบ แสดงในตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ร้อยละการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษาผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น

ปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	เวลา (ชั่วโมง)	ร้อยละการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด
0.1	1	2.85 ± 0.50^{c}
	2	3.18 ± 0.50^{c}
0.5	1	3.07 ± 0.19^{c}
	2	3.73 ± 0.19^{c}
1.0	1	5.70 ± 0.83^{b}
	2	9.21 ± 0.33^{a}

a,b,c ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันจากแถวในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณคาร์บอน กัมมันต์และเวลาต่อค่าร้อยละการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ จ.7 ภาคผนวก จ) โดยพบว่าการเพิ่มปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลา จะมีผลทำให้ค่าร้อยละการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนมีค่าเพิ่มขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.3.4.3 **คุณภาพทางประสาทสัมผัส** เมื่อนำโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่ผ่านการขจัดกลิ่นที่ภาวะต่าง ๆ มาตรวจสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้แบบสอบถาม ซ.1 (ภาคผนวก ซ.) ผลการตรวจสอบ แสดงในตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 คะแนนเฉลี่ยและระดับการยอมรับของความใส สี กลิ่น และรสชาติของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษาผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น

ลักษณะ	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับการยอมรับ					
		เวลา 1 ชั่วโมง			เวลา 2 ชั่วโมง		
		ปริมาณคาร์บอนกัมมันต์			ปริมาณคาร์บอนกัมมันต์		
		0.1%	0.5%	1.0%	0.1%	0.5%	1.0%
ความใส	10	5.50±2.07^{ab}	6.67±1.83^{a}	6.17±1.85^{ab}	5.08±1.78^{b}	5.17±2.25^{b}	5.42±2.11^{b}
ระดับการยอมรับ		ยอมรับได้	ยอมรับได้	ยอมรับได้	ยอมรับได้	ยอมรับได้	ยอมรับได้
สี	10	7.00±1.13^{a}	7.00±1.13^{a}	7.00±1.54^{a}	6.08±2.61^{a}	6.00±2.41^{a}	6.92±1.44^{a}
ระดับการยอมรับ		ยอมรับได้	ยอมรับได้	ยอมรับได้	ยอมรับได้	ยอมรับได้	ยอมรับได้
กลิ่น	30	13.67±6.41^{ab}	13.25±5.93^{b}	14.58±6.63^{ab}	12.33±7.48^{b}	12.55±5.15^{b}	16.67±5.43^{b}
ระดับการยอมรับ		ยอมรับได้	ยอมรับได้	ยอมรับได้	ยอมรับได้	ยอมรับได้	ยอมรับได้
รสชาติ							
รสแปลกปลอม	10	6.92±1.83^{ab}	7.25±1.62^{a}	7.50±1.62^{a}	6.25±1.91^{b}	7.17±1.27^{ab}	7.75±1.06^{a}
รสเค็ม	10	3.75±1.71^{a}	4.17±2.33^{a}	4.25±2.38^{a}	3.17±1.70^{a}	3.75±1.82^{a}	4.33±2.50^{a}
รสหวาน	10	3.25±2.38^{a}	3.33±2.81^{a}	3.50±2.20^{a}	2.92±2.47^{a}	2.58±1.78^{a}	2.92±2.57^{a}
รสอูมามิ	20	11.17±5.54^{a}	11.42±5.74^{a}	13.00±4.00^{a}	10.33±4.58^{a}	11.50±4.95^{a}	12.42±5.47^{a}
รสชาติรวม	50	25.08±9.12^{ab}	26.17±7.71^{ab}	28.25±7.25^{a}	22.67±7.36^{b}	25.00±6.54^{ab}	27.42±9.56^{ab}
ระดับการยอมรับ	100	ยอมรับได้	ยอมรับได้	ยอมรับได้	ยอมรับได้	ยอมรับได้	ยอมรับได้
คะแนนรวม	100	62.33±15.36^{b}	65.17±12.69^{b}	69.58±13.40^{ab}	63.33±12.49^{b}	67.58±11.41^{ab}	73.50±11.52^{a}

a,b ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันจากแถวในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

- ระดับการยอมรับ แบ่งเป็น 5 ระดับ คือ 1= ไม่ยอมรับ 2=เกือบใช้ได้ 3= ยอมรับได้ 4=คุณภาพดี และ 5 = คุณภาพดีมาก (คะแนนเฉลี่ยของระดับการยอมรับ แสดงในภาคผนวก ฉ.)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณคาร์บอน กัมมันต์และเวลามีผลต่อคะแนนทางด้าน กลิ่น รสแปลกปลอม และรสชาติรวมอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ จ.8 ภาคผนวก จ) โดยพบว่าเมื่อปริมาณคาร์บอนกัมมันต์เพิ่มขึ้น คะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่น รสแปลกปลอมและรสชาติรวมจะเพิ่มมากขึ้น แต่จะพบว่าอิทธิพลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์จะไม่มีผลต่อคะแนนทางด้านสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีอิทธิพลต่อคะแนนทางด้าน กลิ่น รสแปลกปลอม และรสชาติรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเพิ่มปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ จะส่งผลให้คะแนนทางด้าน กลิ่น รสแปลกปลอม และรสชาติรวมเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.26-4.28 และเมื่อพิจารณาอิทธิพลของเวลาพบว่ามี

ผลต่อคะแนนทางด้านความใสและสี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเพิ่มเวลาในการขจัดกลิ่นจะมีผลให้คะแนนทางด้านความใส และสีลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.29-4.30

ตารางที่ 4.26 ผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ที่มีต่อคะแนนด้านกลิ่นของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด

ปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ (%)	กลิ่น
0.1	13.00 ± 6.85^{b}
0.5	12.91 ± 5.45^{b}
1.0	15.62 ± 6.02^{a}

a,b ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันจากแถวในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.27 ผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ที่มีต่อคะแนนด้านรสแปลกปลอมของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด

ปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ (%)	รสแปลกปลอม
0.1	6.58 ± 1.86^{b}
0.5	7.21 ± 1.47^{b}
1.0	7.62 ± 1.35^{a}

a,b ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันจากแถวในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.28 ผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ที่มีต่อคะแนนด้านรสชาติรวมของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด

ปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ (%)	รสชาติรวม
0.1	23.88 ± 8.20^{b}
0.5	25.58 ± 7.01^{ab}
1.0	27.83 ± 8.31^{a}

a,b ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันจากแถวในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.29 ผลของเวลาที่มีต่อคะแนนด้านความใสของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด ที่ผ่านการขจัดกลิ่นด้วยคาร์บอนกัมมันต์

เวลา (ชั่วโมง)	ความใส
1	6.11 ± 1.92^{a}
2	5.22 ± 2.00^{b}

a,b ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันจากแถวในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.30 ผลของเวลาที่มีต่อคะแนนด้านสีของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด ที่ผ่านการขจัดกลิ่นด้วยคาร์บอนกัมมันต์

เวลา (ชั่วโมง)	สี
1	7.00 ± 1.24^{a}
2	6.33 ± 2.19^{b}

a,b ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันจากแถวในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.4 ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด

4.2.4.1 การปรับปรุงรสชาติ

ศึกษาการปรับปรุงรสชาติ โดยใช้น้ำตาลทราย และสารเสริมกลิ่นรส โดยแปรระดับน้ำตาลทรายที่ใช้ 2 ระดับ คือ 3% และ 5% (โดยน้ำหนัก) โดยใช้สารเสริมกลิ่นรส ไดโซเดียม 5′ - ไอโนซิเนตกับ ไดโซเดียม 5′-กัวไนเลต ในปริมาณ 0.02% (โดยน้ำหนัก) นำโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดและโปรตีนถั่วเหลืองย่อยด้วยกรดที่ปรุงแต่งรสชาติแล้ว มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 15 นาที บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 สัปดาห์ นำน้ำซอสปรุงรสที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัส ได้ผลดังแสดงใน ตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 คะแนนเฉลี่ยและระดับการยอมรับของความใส สี กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสที่ปรับปรุงรสชาติโดยใช้น้ำตาลทรายในระดับต่างกัน

ลักษณะ	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับการยอมรับ			
		โปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด		โปรตีนถั่วเหลืองย่อยด้วยกรด[n]	
		น้ำตาล 3%	น้ำตาล 5%	น้ำตาล 3%	น้ำตาล 5%
ความใส	10	6.92±0.90[a]	6.69±0.90[a]	6.83±1.11[a]	6.83±0.94[a]
ระดับการยอมรับ		มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี
สี	10	6.67±0.65[a]	6.67±0.65[a]	5.92±1.16[a]	6.17±1.03[a]
ระดับการยอมรับ		มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี
กลิ่น	30	20.83±2.79[a]	20.17±3.19[ab]	18.58±2.47[b]	19.75±3.08[ab]
ระดับการยอมรับ		มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี
รสชาติ					
รสแปลกปลอม	10	7.83±0.39[a]	7.75±0.62[a]	7.58±0.67[a]	7.67±0.65[a]
รสเค็ม	10	6.17±0.58[a]	5.92±0.51[a]	6.08±0.51[a]	6.25±0.62[a]
รสหวาน	10	6.33±0.49[a]	6.50±0.52[a]	6.42±0.51[a]	6.67±0.49[a]
รสอูมามิ	20	16.08±1.31[a]	16.33±1.37[a]	16.33±1.15[a]	16.17±1.59[a]
รสชาติรวม	50	36.42±1.16[a]	36.50±1.57[a]	36.42±1.56[a]	36.75±1.22[a]
ระดับการยอมรับ		มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี
คะแนนรวม	100	70.83±3.61[a]	70.25±3.96[a]	67.75±3.86[b]	69.50±4.40[ab]

a,b ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันจากแถวในแนวนอนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

- ระดับการยอมรับ แบ่งเป็น 5 ระดับ คือ 1= ไม่ยอมรับ 2= เกือบใช้ได้ 3= ยอมรับได้ 4= คุณภาพดี

5=คุณภาพดีมาก (คะแนนเฉลี่ยของระดับการยอมรับ แสดงในภาคผนวก ฉ)

[n] โปรตีนถั่วเหลืองย่อยด้วยกรด จากบริษัทไทยเทพรส ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน)

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าปริมาณน้ำตาลทรายที่ใช้ในการ ปรับปรุงรสชาติไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ จ.10 ภาคผนวก จ) นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำซอสปรุงรสที่เตรียมจากโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด ไม่มีความแตกต่างกับน้ำซอสปรุงรสที่เตรียมจากโปรตีนถั่วเหลืองย่อยด้วยกรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และเพื่อเป็นการประหยัด จึงเลือกโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่ปรับปรุง รสชาติด้วยน้ำตาลทรายในปริมาณ 3% โดยน้ำหนัก เป็นสูตรที่เหมาะสมในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในขั้นต่อไป

4.2.4.2 **<u>การทดสอบยอมรับของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส</u>**

เมื่อนำน้ำซอสปรุงรสที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่น และรสชาติ แล้วมาทดสอบระดับการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไป จำนวน 30 คน การให้คะแนนเป็นแบบ Hedonic scale 9 scale และสอบถามความเห็นของผู้ทดสอบว่าผลิตภัณฑ์โปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด ควรจัดเป็นเครื่องปรุงรสชนิดใด ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.32

<u>ตารางที่</u> 4.32 คะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส

ระดับคะแนน	จำนวนผู้ทดสอบ	เหตุผลที่ไม่ยอมรับ
1 = ไม่ชอบมากที่สุด	-	
2 = ไม่ชอบมาก	-	
3 = ไม่ชอบปานกลาง	-	
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย	-	
5 = เฉย	-	
6 = ชอบเล็กน้อย	6	
7 = ชอบปานกลาง	9	
8 = ชอบมาก	13	
9 = ชอบมากที่สุด	2	
ผู้ทดสอบรวม	30	
คะแนนรวม	221	
คะแนนเฉลี่ย	7.37	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.33 ความเห็นของผู้ทดสอบที่มีต่อตัวอย่างที่นำมาทดสอบ

ผลิตภัณฑ์	จำนวนผู้ทดสอบ	คิดเป็นร้อยละ
น้ำซอสปรุงรส	27	90
น้ำซีอิ๊วขาว	3	10
เครื่องปรุงรสชนิดอื่น	-	-

จากการทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสที่พัฒนาจากโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับในระดับปานกลางถึงชอบมาก (คะแนน7-8) และผู้ทดสอบมีความเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่นำมาทดสอบจัดเป็นน้ำซอสปรุงรส คิดเป็นร้อยละ 90 และจัดเป็นน้ำซีอิ๊วขาว คิดเป็นร้อยละ 10

4.2.5 **ผลการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส**

นำน้ำซอสปรุงรสที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ มาเก็บที่อุณหภูมิห้อง ($30\pm2^{\circ}C$) เป็นเวลา 1 เดือน โดยสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพทางฟิสิกส์และเคมี คุณภาพทาง ประสาทสัมผัส และคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ ทุก ๆ 1 สัปดาห์

4.2.5.1 **คุณภาพทางฟิสิกส์และทางเคมี**

ตรวจสอบคุณภาพทางฟิสิกส์และทางเคมีของตัวอย่างน้ำซอสปรุงรสที่ผลิตจากโปรตีนสกัดจากเมล็ดงาที่ระยะเวลาการเก็บ 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์ ผลการตรวจสอบแสดงในตารางที่ 4.34

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.34 คุณภาพทางฟิสิกส์และทางเคมีของน้ำซอสปรุงรส เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 เดือน

คุณลักษณะทางฟิสิกส์และเคมี	มอก. 8-2539	ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
		เวลา (สัปดาห์)				
		0	1	2	3	4
ความถ่วงจำเพาะ ($30\pm1^{o}C$)	>1.23	1.220±0.000[a]	1.221±0.001[a]	1.221±0.001[a]	1.220±0.001[a]	1.223±0.001[a]
ความเป็นกรด-ด่าง ($30\pm1^{o}C$)	5.0-6.2	5.38±0.01[a]	5.38±0.03[a]	5.39±0.01[a]	5.38±0.01[a]	5.38±0.01[a]
ไนโตรเจนทั้งหมด (กรัมต่อลิตร)	>30.0	28.40±0.01[a]	28.39±0.01[a]	28.39±0.01[a]	28.41±0.02[a]	28.39±0.01[a]
ไนโตรเจนจากกรดอะมิโน (กรัมต่อลิตร)	>20.0	30.67±0.03[a]	30.67±0.03[a]	30.68±0.01[a]	30.68±0.05[a]	30.64±0.02[a]
โซเดียมคลอไรด์ (กรัมต่อลิตร)	>190	223.25±0.22[a]	223.31±0.03[a]	223.36±0.06[a]	223.35±0.02[a]	223.34±0.09[a]

ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับเหมือนกันจากแถวในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

มอก. 8-2539 คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำซอสปรุงรส

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าน้ำซอสปรุงรสที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 เดือน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางฟิสิกส์และเคมีของน้ำซอสปรุงรสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ จ.12 ภาคผนวก จ.)

4.2.5.2 **<u>คุณภาพทางประสาทสัมผัส</u>**

นำน้ำซอสปรุงรสที่เก็บที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์ มาตรวจสอบ คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้แบบทดสอบ ซ.1 ได้ผลการตรวจสอบดังแสดงในตารางที่ 4.35

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.35 คะแนนเฉลี่ยและระดับการยอมรับของความใส สี กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสที่ระยะเวลาในการเก็บต่างกัน

ลักษณะ	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับการยอมรับ				
		เวลา (สัปดาห์)				
		0	1	2	3	4
ความใส	10	6.58±0.51[a]	6.50±0.52[a]	6.75±0.45[a]	6.58±0.51[a]	6.50±0.52[a]
ระดับการยอมรับ		มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี
สี	10	7.00±0.60[a]	7.00±0.60[a]	6.75±0.45[a]	7.00±0.60[a]	7.00±0.43[a]
ระดับการยอมรับ		มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี
กลิ่น	30	20.25±0.97[a]	19.92±0.67[a]	19.92±0.90[a]	20.08±1.00[a]	20.00±0.74[a]
ระดับการยอมรับ		มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี
รสชาติ						
รสแปลกปลอม	10	7.42±0.51	7.50±0.52	7.50±0.67	7.33±0.49	7.50±0.52
รสเค็ม	10	6.42±0.51[a]	6.50±0.52[a]	6.67±0.49[a]	6.58±0.51[a]	6.25±0.45[a]
รสหวาน	10	7.00±0.60[a]	6.92±0.51[a]	6.75±0.45[a]	6.83±0.72[a]	7.08±0.67[a]
รสอูมามิ	20	17.08±0.51[a]	16.58±0.79[a]	16.83±0.58[a]	16.75±0.75[a]	17.17±0.83[a]
รสชาติรวม	50	37.75±1.06[a]	37.75±1.14[a]	37.75±1.06[a]	37.42±1.51[a]	38.00±0.85[a]
ระดับการยอมรับ		มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี	มีคุณภาพดี
คะแนนรวม	100	71.67±1.30[a]	71.50±1.31[a]	71.75±1.86[a]	71.08±1.62[a]	71.50±1.62[a]

ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับเหมือนกันจากแถวในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

- ระดับการยอมรับ แบ่งเป็น 5 ระดับ คือ 1 = ไม่ยอมรับ 2 = เกือบใช้ได้ 3 = ยอมรับได้ 4 = คุณภาพดี

5 = คุณภาพดีมาก (คะแนนเฉลี่ยของระดับการยอมรับ แสดงในภาคผนวก ฉ.)

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าน้ำซอสปรุงรสที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 เดือน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ จ.13 ภาคผนวก จ.)

4.2.5.3 **<u>คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์</u>**

ในงานวิจัยได้ตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำซอสปรุงรสที่เก็บที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์ โดยวิธี pour plate ซึ่งผลของการตรวจสอบ พบว่าไม่พบจุลินทรีย์ในตัวอย่างน้ำซอสปรุงรสที่สุ่มขึ้นมาตรวจสอบในแต่ละสัปดาห์ เป็นเวลา 1 เดือน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการวิจัย

5.1 องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบ

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากเมล็ดงา ดังตารางที่ 4.1 พบว่ากากเมล็ดงามีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นโปรตีน ซึ่งมีอยู่ 45.25% รองลงมาคือ เถ้า 19.87% ไขมัน 16.68% คาร์โบไฮเดรต 14.58% เส้นใยหยาบ 9.70% ตามลำดับ ดังนั้นกากเมล็ดงาจึงเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่ดีแหล่งหนึ่ง เหมาะที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในการสกัดโปรตีนเพื่อใช้ในการผลิตอาหาร และเมื่อพิจารณาปริมาณกรดออกซาลิกซึ่งเป็นสารต้านคุณค่าทางโภชนาการที่พบมากในส่วนของเปลือกเมล็ดงา ประมาณ 2-3 % โดยกรดออกซาลิกสามารถรวมตัวกับแร่ธาตุบางชนิด เช่น แคลเซียม ทำให้ร่างกายไม่สามารถนำแร่ธาตุไปใช้ได้ พบว่าในกากเมล็ดงาเริ่มต้นจะมีกรดออกซาลิกอยู่ในปริมาณค่อนข้างสูงประมาณ 1.10% ทั้งนี้เพราะกากเมล็ดงาที่ใช้ในงานวิจัยนั้นเป็นกากเมล็ดงาที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันงาโดยการบีบอัดน้ำมันจากเมล็ดงาทั้งเมล็ด โดยไม่มีขั้นตอนการกำจัดเปลือกเมล็ดงาออกก่อน ดังนั้นจึงต้องกำจัดส่วนของเปลือกเมล็ดงาออกก่อน ซึ่งการนำกากเมล็ดงามาร่อนด้วยตะแกรงจะสามารถแยกเปลือกเมล็ดงาออกได้ทำให้ปริมาณกรดออกซาลิกลดลง (Johnson et al., 1979; Lyon, 1972; Carter et al., 1961)

จากงานวิจัยพบว่า การนำกากเมล็ดงามาร่อนด้วยตะแกรงขนาด 60 เมช สามารถลดปริมาณกรดออกซาลิกจาก 1.10% ให้เหลือเพียง 0.29% (ตารางที่ 4.3) เพราะจะกำจัดเปลือกเมล็ดงาออกจากเนื้องา และเปลือกเมล็ดงามีความเหนียวเมื่อบดเปลือกจะมีชิ้นใหญ่จึงไม่สามารถผ่านตะแกรงออกมาได้ อีกทั้งการร่อนกากเมล็ดงายังส่งผลให้กากเมล็ดงามีปริมาณเถ้าและเส้นใยหยาบลดลง เนื่องจากเส้นใยหยาบจะพบมากในส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกสุด (seed husk) ที่อยู่ในส่วนของเปลือกเมล็ดงา ซึ่งไม่สามารถผ่านตะแกรงออกมาได้ นอกจากนี้การร่อนกากเมล็ดงายังส่งผลให้ปริมาณความชื้นในกากเมล็ดงาเพิ่มสูงขึ้น เนื่องมาจากการที่กากเมล็ดงาสัมผัสกับอากาศเป็นเวลานานตั้งแต่ขั้นตอนการบดและการร่อนกากเมล็ดงาผ่านตะแกรง สำหรับปริมาณโปรตีนพบว่ามีปริมาณลดลงจากเดิมเล็กน้อย เนื่องจากในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบได้มีการนำกากเมล็ดงาไปอบที่อุณหภูมิ 60°C นาน 5 ชั่วโมง ก่อนที่จะนำมาบดให้มีขนาดเล็กลง เพื่อลดความชื้นและลดการเกิดปฏิกิริยา autoxidation ของไขมัน จึงส่งผลให้โปรตีน บางส่วนเกิดการเสียสภาพไปเนื่องจากความร้อน

จากการวิเคราะห์ปริมาณไขมันในกากเมล็ดงา (ตารางที่ 4.1) พบว่ากากเมล็ดงายังคงมีปริมาณน้ำมันงาหลงเหลืออยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างสูงประมาณ 16 % จากผลการวิจัยพบว่าการสกัดน้ำมันออกจากกากเมล็ดงา จะสามารถลดปริมาณไขมันในกากเมล็ดงาให้เหลืออยู่เพียง 0.39% (ตารางที่ 4.5) ส่งผลให้กากเมล็ดงาหลังสกัดน้ำมันมีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเส้นใยหยาบเพิ่มสูงขึ้น จากการที่กากเมล็ดงาเริ่มต้นมีไขมันอยู่ในปริมาณที่สูงนั้นเป็นเพราะในขั้นตอนการสกัดน้ำมันของโรงงานน้ำมันงาในประเทศไทยจะใช้วิธีการบีบอัด ซึ่งอาจใช้เครื่องบีบแบบเกลียว (screw press) หรือการใช้เครื่องบีบแบบไฮโดรลิค (hydraulic press) เพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพต่ำเมื่อเทียบกับการสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย ส่งผลให้มีไขมันหลงเหลืออยู่ในกากเมล็ดงาประมาณ 14-16 % (สุมาลัย และคณะ, 2533)

จากผลการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของกากเมล็ดงา เมื่อพิจารณาค่าสี พบว่าการร่อนกากเมล็ดงาผ่านตะแกรง และการสกัดน้ำมันออกจากกากเมล็ดงา จะส่งผลให้กากเมล็ดงามีค่าความสว่างของสี (ค่า L) และค่าสีเหลือง (ค่า b) เพิ่มขึ้น ดังนั้นกากเมล็ดงาจึงมีสีน้ำตาลที่อ่อนลงทั้งนี้เพราะการร่อนกากเมล็ดงาจะกำจัดเปลือกเมล็ดงาในส่วนของสเปอร์มาเดิร์ม ซึ่งเป็นส่วนเปลือกนอกสุดของเมล็ดงาที่มีรงควัตถุซึ่งเป็นตัวให้สีของเปลือกเมล็ดงาอยู่ในแต่ละเซลล์ (Carter et al., 1961) รงควัตถุที่พบมากคือ Pheophytin A และ Pheophytin B (Lyon, 1972) ซึ่งพบในน้ำมันงา โดย Pheophytin นั้นมีสีน้ำตาล-เหลือง (olive brown) เมื่อผ่านความร้อน Pheophytinจะมีปริมาณลดลง และมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเป็น Pyropheophytin ซึ่งมีสีเหลืองมะกอก (olive) (Van et al., 1996) และการสกัดน้ำมันออกจากกากเมล็ดงาจะส่งผลให้รงควัตถุที่มีอยู่ในกากเมล็ดงาบางส่วนละลายในไขมันออกมา เมื่อพิจารณาทางด้านกลิ่น พบว่ากากเมล็ดงาที่ยังไม่ผ่านการร่อน และกากเมล็ดงาขนาด 60 เมช จะยังคงมีกลิ่นหอมของงาคั่วซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะ กลิ่นที่พบในกากเมล็ดงาเกิดจากอนุพันธ์ของ pyrazine furan aldehydes และ ketones ในขั้นตอนการสกัดน้ำมันออกจากกากเมล็ดงาจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันเกิดกลิ่นของ aldehydes และ ketones ที่ให้กลิ่นปลา ซึ่งเกิดจากปฏิริยา β-oxidation ซึ่งมีไขมันและกรดไขมันเป็นสารตั้งต้น (precursors) (Soliman et al., 1985)

5.2 <u>การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงา</u>

5.2.1 <u>การศึกษาอัตราส่วนของกากเมล็ดงาและเวลาในการสกัดโปรตีน</u>

ขั้นตอนนี้ศึกษาผลของอัตราส่วนกากเมล็ดงาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงาที่มีต่อค่าปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ ที่ pH 10 แปรอัตราส่วนกากเมล็ดงาต่อน้ำเป็น 1:20 1:40 และ 1:60 (น้ำหนักต่อปริมาตร) แปรเวลา เป็น 15 30 และ 45 นาที จากผลการวิจัยในตารางที่ 4.8 พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราส่วนกากเมล็ดงาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการสกัดโปรตีนต่อค่าปริมาณโปรตีนที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงาด้วยน้ำที่อัตราส่วนกากเมล็ดงาต่อน้ำที่ 1:40 เป็นเวลา 30 นาที จะให้ค่าปริมาณโปรตีนที่สกัดได้สูงสุดเท่ากับ 46.51% ซึ่งแตกต่างจากการสกัดที่เวลา 15 และ 45 นาที ที่อัตราส่วนเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และแตกต่างจากการสกัดที่อัตราส่วน 1:20 และ 1:60 ในทุกเวลาการสกัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

Rivas et al. (1981) รายงานว่า อัตราส่วนกากเมล็ดงาต่อน้ำมีอิทธิพลต่อปริมาณไนโตรเจนที่สกัดได้มากกว่าเวลาที่ใช้ในการสกัดโปรตีน ซึ่งการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงาที่อัตราส่วนกากเมล็ดงาต่อน้ำที่ 1:20 โปรตีนจะสามารถละลายออกจากกากเมล็ดงาได้น้อย แต่เมื่อมีการเพิ่มสารทำละลาย (น้ำ) มากขึ้นที่อัตราส่วน 1:40 พบว่าโปรตีนจะถูกสกัดออกมาจากกากเมล็ดงาได้มากขึ้น แต่หากเพิ่มน้ำเป็นอัตราส่วน 1:60 ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จะไม่แตกต่างกับการสกัดโปรตีนที่อัตราส่วน 1:40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าในกระบวนการสกัดโปรตีน หากเพิ่มปริมาณของสารทำละลายมากขึ้น ความสามารถในการสกัดก็จะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อมีปริมาณสารถูกละลาย (โปรตีน) คงที่ ถึงแม้ว่าจะเพิ่มสารทำละลายก็จะไม่สามารถสกัดโปรตีนได้เพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาที่อัตราส่วนกากเมล็ดงาเดียวกัน พบว่าเมื่อเวลาในการสกัดนานขึ้น ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จะมีแนวโน้มลดลงจากเดิมเล็กน้อยทั้งนี้เป็นเพราะเมื่อโปรตีนสัมผัสกับสารละลายด่างนานเกินไป จะทำให้โปรตีนบางส่วนเกิดการเสียสภาพ (denature) เนื่องจากในขณะที่โปรตีนละลาย โมเลกุลของโปรตีนจะคลายตัว ทำให้หมู่ที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ออกมาอยู่ด้านนอกโมเลกุล ยิ่งสัมผัสกับโปรตีนเป็นเวลานานมากขึ้น หมู่ไม่ชอบน้ำก็จะหันมาอยู่ภายนอกโมเลกุลมากขึ้น โปรตีนจะสูญเสียแรง electrostatic ทำให้โปรตีนเกิดการรวมตัวกันและตกตะกอนลงมาได้ (Vojdani, 1996) และจากการที่กากเมล็ดงามีกรดไฟติกอยู่ในปริมาณที่สูงถึง 5% (de Rham and Jost, 1979) และมีแคลเซียมอยู่ประมาณ 1-2% (Carter et al., 1961) โดยในสารละลายด่างกรดไฟติกจะให้ประจุรวมเป็นลบ เพราะปล่อยโปรตอนออกจากโมเลกุลเช่นเดียวกับโปรตีนส่งผลให้โปรตีนและกรดไฟติกจับตัวกันโดยมีแคลเซียมไอออนทำหน้าที่เป็น calcium salt bridge ดังนั้นโปรตีนจึงอาจเกิดการรวมตัวเป็น protein-phytate complex ได้ด้วย ส่งผลให้โปรตีนสูญเสียความสามารถในการละลายเกิดการตกตะกอน เมื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในสารละลาย ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จึงลดลง (Damodaran, 1996; O' Dell and de Boland, 1976; de Rham and Jost, 1979)

5.2.2 **<u>องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา</u>**

โปรตีนสกัดจากกากเมล็ดงาที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำซอสปรุงรส ในงานวิจัยนี้ผลิตจากกากเมล็ดงาซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมน้ำมันงา จากบริษัท ยูเนียน ฟู้ดส์ อินดัสทรี จำกัด เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนเมล็ดงา (ตารางที่ 4.9) พบว่ามีโปรตีนอยู่สูงถึง69.64 % โดยน้ำหนัก ส่วนคาร์โบไฮเดรตและไขมัน มีอยู่ 27.82% และ 0.13% โดยน้ำหนักตามลำดับ องค์ประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตน้ำซอสปรุงรส มีผลต่อการย่อยสลายโปรตีนด้วยกรด วัตถุดิบที่นำมาใช้ควรมีปริมาณโปรตีนสูงพอเหมาะ คือ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแห้ง (วันชัย สมชิต และ ละมัย ชูเกียรติวัฒนา, 2524) คาร์โบไฮเดรตควรมีอยู่พอประมาณ เนื่องจากในระหว่างการย่อยสลายด้วยกรด คาร์โบไฮเดรตจะทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนที่ได้จากการย่อยโปรตีน เกิดปฏิกิริยา Maillard และ Strecker degradation ให้สารระเหยที่ให้กลิ่นในน้ำซอสปรุงรส (Manley and Fagerson, 1971; Prendergast, 1973) แต่ถ้าวัตถุดิบมีคาร์โบไฮเดรตอยู่มากเกินไป จะทำให้กรดอะมิโนที่ได้จากการย่อยโปรตีนมีอยู่ต่ำ เนื่องจากกรดอะมิโนสูญเสียไปในการเกิดปฏิกิริยา Maillard และ Strecker degradation กับคาร์โบไฮเดรต ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นรสไม่ดีและมีสีเข้ม (Pham and del Rosario, 1983b; วันชัย สมชิต และ ละมัย ชูเกียรติวัฒนา, 2524) ส่วนไขมันควรมีอยู่ในปริมาณต่ำ เนื่องจากไขมันในวัตถุดิบมีผลในการขัดขวางการย่อยสลายโปรตีนด้วยกรด เพราะไขมันอาจเกิด cross link กับโมเลกุลของโปรตีน โครงสร้างดังกล่าวต้านทานต่อการย่อยสลายด้วยกรด ซึ่งเป็นผลมาจาก steric hindrance ของ bulky side chain ในโมเลกุลของโปรตีน (Roach and Gehrke, 1970) และวัตถุดิบที่มีไขมันอยู่มากจะเกิด saponification ในขั้นการปรับ pH เป็นกลาง เนื่องจากเกิดเกลือโซเดียมของกรดไขมัน ทำให้ต้องใช้ด่างในการปรับ pH มากเกินกว่าที่ควร ส่งผลให้เกิดกลิ่นแปลกปลอม นอกจากนั้นไขมันยังเกิดปฏิกิริยา oxidation ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืนได้ (วิเชียร ลีลาวัชรมาศ, 2534) และถ้าหากวัตถุดิบมีไขมันสูงมาจะก่อให้เกิดการปนเปื้อนของสาร 3-MCPD (3-Chloro-1, 2-propanediol) และ DCP (1,3-Dichloro-2-propanol) ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่ม chloropropanols ที่เกิดจากปฏิกิริยาคลอริเนชัน (chlorination) ของสารกลีเซอรอลกับอิออนของคลอไรด์ได้ (Hamm,1993) โปรตีนสกัดจากเมล็ดงาซึ่งมีปริมาณโปรตีนอยู่สูง มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตอยู่พอประมาณ และมีไขมันอยู่ต่ำ จึงจัดเป็นแหล่งโปรตีนที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำซอสปรุงรส จากตารางที่ 4.12 จะเห็นได้ว่ากากเมล็ดงาซึ่งมีอยู่ในปริมาณสูงถึง 45% เมื่อนำมาผลิตเป็นโปรตีนเมล็ดงาจะมีปริมาณโปรตีนอยู่ประมาณ 70% นอกจากนี้ยังพบว่าการร่อนกากเมล็ดงาผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช จะสามารถกำจัดกรดออกซาลิกได้จาก 1.10% เหลือเพียง 0.2% ในโปรตีนเมล็ดงา ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อการบริโภค สำหรับกรดไฟติกที่มี

อยู่ในกากเมล็ดงานั้น ส่วนใหญ่จะถูกกำจัดออกไปในขั้นตอนการสกัดโปรตีนในสภาวะด่าง โดยเกิดการรวมเป็น protein-phytate complex และตกตะกอนลงมา (Damodaran, 1996; O'Dell and de Boland, 1976)

สำหรับการสกัดน้ำมันออกจากกากเมล็ดงาก่อนที่จะนำมาใช้ในการผลิตโปรตีนสกัดนั้น จะสามารถลดไขมันที่หลงเหลืออยู่ในกากเมล็ดงาจาก 16% เหลือเพียง 0.4% และเมื่อผลิตเป็นโปรตีนเมล็ดงาจะมีไขมันเหลืออยู่เพียง 0.13% ซึ่งมีปริมาณต่ำ

พบว่าเมื่อนำกากเมล็ดงามาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช และผ่านการสกัดน้ำมันออกจะส่งผลให้กากเมล็ดงามีสีน้ำตาลที่อ่อนลงจากเดิม และเมื่อผลิตเป็นโปรตีนเมล็ดงาแล้วจะมีสีน้ำตาลที่เข้มขึ้นจากเดิมเล็กน้อย สำหรับกลิ่นของกากเมล็ดงานั้นจะมีกลิ่นของงาคั่ว แต่จะมีกลิ่นคาวคล้ายปลาเมื่อผ่านการสกัดน้ำมัน แต่เมื่อผลิตเป็นโปรตีนเมล็ดงาแล้วจะมีกลิ่นงาเล็กน้อย

สำหรับลักษณะทางกายภาพที่ตรวจสอบ (ตารางที่ 4.10) พบว่าโปรตีนสกัดจากเมล็ดงาที่ได้หลังการทำแห้งด้วยระบบแช่เยือกแข็ง มีค่าความสว่างของสี (ค่า L) ค่าสีเหลือง (b) และค่าสีแดง (a) ลดลง และจากตารางที่ 4.13 จะเห็นว่าโปรตีนเมล็ดงาจะมีสีน้ำตาลที่เข้มขึ้นจากเดิมเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะในการสกัดโปรตีนในภาวะด่าง จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำและเข้มขึ้น เนื่องจากเกิดปฏิริยา oxidation ของสารประกอบโพลีฟีนอลิก (polyphenolic compounds) ส่งผลให้โปรตีนเมล็ดงามีสีน้ำตาลที่เข้มกว่ากากเมล็ดงาหลังการสกัดน้ำมันเล็กน้อย

สำหรับปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนเมล็ดงา (ตารางที่ 4.11) พบว่ากรดอะมิโนที่พบมากที่สุด คือ glutamic acid ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่ให้รสชาติที่ดีแก่น้ำซอสปรุงรส โดยจะอยู่ในรูปของเกลือโมโนโซเดียมกลูตาเมต (monosodium glutamate, MSG) ให้รสชาติที่เรียกว่า อูมามิ นอกจากนี้ยังพบว่า โปรตีนเมล็ดงามีปริมาณ aspartic acid glycine arginine alanine proline ในปริมาณที่สูง ซึ่งกรดอะมิโนเหล่านี้จะกลิ่นรสที่ดีในน้ำซอสปรุงรส (Schrodter and Wolm, 1980) ส่วนกรดแอสพาร์ติกจะให้รสเปรี้ยว (Shallenberger et al., 1969; Nishimura and Kato, 1988) สำหรับกรดอะมิโนที่พบในปริมาณน้อยในโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด ได้แก่ serine threonine และ lysine

ดังนั้นโปรตีนเมล็ดงาจึงเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำน้ำซอสปรุงรส เนื่องจากมีโปรตีนสูง มีคาร์โบไฮเดรตพอประมาณ และมีไขมันต่ำ

5.3 การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายโปรตีนเมล็ดงาด้วยกรดเกลือ

5.3.1 ผลของอัตราส่วนของโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือ

ขั้นตอนนี้ศึกษาผลของอัตราส่วนของโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือ ที่มีต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน ปริมาณแอมโมเนียคัลไนโตรเจน ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน และระดับการย่อยสลาย ที่อุณหภูมิ 110°C ใช้ความเข้มข้นของกรดเกลือ 5 นอร์มอล เวลา 6 ชั่วโมง แปรอัตราส่วนของโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือ เป็น 1:2 1:2.5 และ 1:3 (น้ำหนักต่อปริมาตร)

การวิเคราะห์ไนโตรเจนใช้ Kjeldahl method ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนจากสารประกอบอินทรีย์ ที่มีทั้งโปรตีนและสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีนแต่มีไนโตรเจนรวมอยู่ด้วย ค่าไนโตรเจนจากกรดอะมิโน หมายถึง ไนโตรเจนของกรดอะมิโนอิสระที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีน เป็นค่าที่ได้จากผลต่างระหว่างฟอร์มัลดิไฮด์ไนโตรเจนกับแอมโมเนียคัลไนโตรเจน ซึ่งฟอร์มัลดิไฮด์ไนโตรเจน หมายถึง ปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของหมู่อะมิโนอิสระและไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนีย ส่วนแอมโมเนียคัลไนโตรเจน หมายถึง ปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนีย (A.O.A.C, 1995)

จากผลการวิจัยใน ตารางที่ 4.14 พบว่าอัตราส่วนของโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือมีผลต่อค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน ปริมาณแอมโมเนียคัลไนโตรเจน ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโนอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการเพิ่มอัตราส่วนของโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือจากอัตราส่วน 1:2 เป็น 1:2.5 และ 1:3 (น้ำหนักต่อปริมาตร) จะมีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน ปริมาณแอมโมเนียคัลไนโตรเจน ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโนลดลงตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาถึงร้อยละของผลผลิตที่ได้และปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (ตารางที่ 4.15) พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนมีผลทำให้ร้อยละของผลผลิตที่ได้และปริมาณโปรตีนที่สกัดได้มีค่าเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณกรดเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ปฏิกิริยาการย่อยสลายเกิดได้ดีขึ้น คือ สามารถสลายพันธะเปปไทด์ในโมเลกุลโปรตีนเกิดเป็นกรดอะมิโนอิสระได้มากขึ้น ซึ่งกรดอะมิโนอิสระบางส่วนที่ย่อยออกมา ที่ภาวะเหมาะสมเกิดปฏิกิริยา Maillard และ Strecker degradation กับน้ำตาลซึ่งได้จากการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตในวัตถุดิบให้สารระเหยได้ที่ให้กลิ่น นอกจากนั้น ยังให้สารประกอบสีดำที่ไม่ละลายน้ำ เรียกว่า melanoidin หรือ humin อีกด้วย (Manley and Fagerson,1971; Sulser et al., 1967) Danehy et al. (1951) รายงานว่าการย่อยสลายโปรตีนด้วยกรด กรดอะมิโนจะทำ

ปฏิกิริยากับ aldehydes ซึ่งได้จากปฏิกิริยา Maillard และ Strecker degradation ทำให้เกิด humin โดยมีการสูญเสียไนโตรเจนจากกรดอะมิโน tryptophan tyrosine cystine arginine lysine และ histidine ไปในการเกิด humin จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโนที่ตรวจพบในโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดลดลง

สำหรับคุณภาพทางเคมีและกายภาพด้านอื่น ๆ เช่น ค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ พบว่าเมื่อปริมาณกรดเกลือที่ใช้ในการย่อยสลายเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดเกลือโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น ในขั้นตอนการปรับ pH ให้เป็นกลาง ด้วยโซเดียมคาร์บอเนต ส่วนค่าความถ่วงจำเพาะจะมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อปริมาณกรดเกลือเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะปริมาณสารที่มีอยู่ในโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เช่น ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน มีปริมาณที่ลดลง จึงส่งผลให้ค่าความถ่วงจำเพาะมีแนวโน้มที่ลดลงด้วย

เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน พบว่าที่อัตราส่วนโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือที่ 1:2 จะให้ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโนสูงที่สุด แต่จะให้ปริมาณผลผลิตที่ได้และปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ต่ำกว่าที่อัตราส่วน 1:2.5 สำหรับที่อัตราส่วน1:3 ถึงแม้ว่าจะให้ปริมาณผลผลิตที่ได้ และปริมาณโปรตีนที่สกัดได้สูงที่สุด แต่เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโนแล้วพบว่ามีปริมาณต่ำที่สุด ดังนั้นเมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน ปริมาณผลผลิตที่ได้และปริมาณโปรตีนที่สกัด พบว่าอัตราส่วนของโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือที่เหมาะสมที่สุด คือ 1:2.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) จึงเลือกอัตราส่วนนี้ไปศึกษาในขั้นต่อไป

5.3.2 <u>ผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลา</u>

ขั้นตอนนี้ศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลา ต่อการย่อยสลายโปรตีนเมล็ดงา โดยแปรความเข้มข้นของกรดเกลือ เป็น 4 5 และ 6 นอร์มอล แปรเวลาในการย่อยสลายเป็น 2 4 และ 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 110°C จากผลการทดลอง ในตารางที่ 4.16 และภาพที่ 4.1-4.7 พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลาต่อค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ และระดับการย่อยสลายอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายโปรตีนเมล็ดงาจะมีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้และ

ระดับการย่อยสลายเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของกรดและเวลา มีผลทำให้อัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณกรดอะมิโนอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นด้วย (Hill, 1965; Rudeepan et al., 1994) ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของ Pham และ del Rosario (1983a) โดยทดลองย่อยสลายโปรตีนจากกากถั่วเหลืองและ กากมะพร้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันโดยใช้ไฮโดรคลอริก และกรดซัลฟูริก แปรความเข้มข้นของกรดเป็น 2 4 6 10 N และ 3 6 14 18 N ตามลำดับ จากนั้นให้ความร้อนภายใต้การ reflux ที่อุณหภูมิ 37 60 95 110 และ 125°C เป็นเวลา 8 24 36 48 และ 72 ชั่วโมง พบว่าที่อุณหภูมิเดียวกัน เมื่อเพิ่มความเข้มข้นและเวลาในการย่อยสลายโปรตีน จะส่งผลให้มีปริมาณกรดอะมิโนอิสระเกิดเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ พบว่าเมื่อความเข้มข้นและเวลาในการย่อยสลายเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์เพิ่มสูงขึ้นซึ่งเป็นผลจากการปรับ pH ให้เป็นกลางด้วยโซเดียมคาร์บอเนต โดยถ้ามีการเติมโซเดียมคาร์บอเนตลงไปมากก็จะสามารถรวมกับกรดเกลือ ได้ผลผลิตเป็นโซเดียมคลอไรด์

เมื่อพิจารณาจากค่าปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน ปริมาณผลผลิตและปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ พบว่าการใช้ความเข้มข้นของกรดเกลือ 6 นอร์มอล ย่อยสลายโปรตีนเมล็ดงาเป็นเวลา 6 ชั่วโมง จะทำให้โปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่ได้มีค่าปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน ปริมาณผลผลิต และปริมาณโปรตีนที่สกัดได้สูงที่สุด จึงเลือกภาวะนี้ไปใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

5.3.3 <u>ผลการศึกษาคุณภาพของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด</u>

จากผลการตรวจสอบคุณภาพของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด (ตารางที่ 4.20) พบว่าโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่เตรียมได้จากงานวิจัย มีค่าความถ่วงจำเพาะ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน และปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำซอสปรุงรส ชั้นคุณภาพที่ 1 แต่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำซอสปรุงรส ชั้นคุณภาพที่ 2 และเมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนถั่วเหลืองย่อยด้วยกรด พบว่าโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน และปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์สูงกว่าแต่มีค่าความถ่วงจำเพาะและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดใกล้เคียงกัน

สำหรับปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มีในปริมาณมากนั้น สามารถลดปริมาณได้ โดยวิธีการเจือจางด้วยน้ำ หรือใช้วิธี Dialysis (วิเชียร ลีลาวัชรมาศ, 2524; Rudeepan et al., 1995) เมื่อพิจารณาปริมาณกรดอะมิโนอิสระ พบว่าโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดจะมีปริมาณ glutamic acid aspartic acid glycine arginine alanine proline ในปริมาณที่สูง ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่ให้กลิ่นรสที่ดีในน้ำซอสปรุงรส (Schrodter and Wolm, 1980) โดยกรดกลูตามิคเป็นกรดอะมิโนที่ให้รสชาติที่ดีแก่น้ำซอสปรุงรส ซึ่งจะอยู่ในรูปของเกลือโมโนโซเดียมกลูตาเมต (monosodium glutamate, MSG) ให้รสชาติที่เรียกว่า อูมามิ ส่วนกรดแอสพาร์ติกจะให้รสเปรี้ยว (Shallenberger et al., 1969; Nishimura and Kato, 1988) สำหรับกรดอะมิโนที่พบในปริมาณน้อยในโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด ได้แก่ serine threonine และ lysine ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าที่พบในซอสถั่วเหลือง ทั้งนี้เพราะในโปรตีนเมล็ดงาจะมี lysine ในปริมาณที่ต่ำ ดังนั้นหากมีการเติมกากถั่วเหลือง หรือ ข้าวโพด ลงในน้ำซอสปรุงรสจะทำให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มมากขึ้น (Johnson et al., 1979)

5.3.4 <u>ผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น</u>

ในการย่อยสลายโปรตีนอาจมีกลิ่นแปลกปลอม จากการเกิดกรดอะมิโนอิสระบางชนิดและสารประกอบบางอย่างซึ่งได้จากปฏิกิริยาย่อยสลายวัตถุดิบ กลิ่นแปลกปลอมเหล่านี้อาจขจัดได้โดยการดูดซับด้วยคาร์บอนกัมมันต์ (activated carbon) ขั้นตอนนี้จึงศึกษาผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น โดยแปรปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ เป็น 3 ระดับ คือ 0.1% 0.5% และ 1.0% (โดยน้ำหนัก) แปรเวลาเป็น 1 และ 2 ชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงที่ใช้ในการขจัดกลิ่นที่ใช้กันในอุตสาหกรรมทั่ว ๆ ไป (Manley and Fagerson, 1971)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และอิทธิพลร่วมของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์กับเวลามีผลต่อค่าสีของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าเมื่อปริมาณคาร์บอนกัมมันต์เพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้โปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดมีค่าความสว่างของสี (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น ดังนั้นโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดจึงมีสีน้ำตาลที่อ่อนลง (ตารางที่ 4.22) สอดคล้องกับค่าร้อยละการลดลงของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร โดยการเพิ่มปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และการเพิ่มเวลาจะมีผลทำให้ค่าร้อยละการลดลงของค่าการดูดกลืนแสง ที่ 420 นาโนเมตร มีค่าเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.23) และเมื่อพิจารณาคะแนนทางประสาทสัมผัส พบว่ามีอิทธิพลร่วม

ระหว่างปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลาต่อคะแนนทางด้าน กลิ่น รสแปลกปลอม และรสชาติรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.25) โดยพบว่าเมื่อปริมาณคาร์บอนกัมมันต์เพิ่มขึ้น คะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่น รสแปลกปลอม และรสชาติรวมจะเพิ่มมากขึ้น (ตารางที่ 4.26 และ 4.27) แต่จะเห็นว่าปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ที่เพิ่มขึ้นจะไม่มีผลต่อคะแนนทางด้าน สีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการขจัดกลิ่นด้วยการดูดซับด้วยคาร์บอนกัมมันต์จะมีผลทำให้โปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดมีสีน้ำตาลแดงที่อ่อนลงเล็กน้อยเท่านั้น

สำหรับร้อยละการของสูญเสียปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ตารางที่ 4.24) พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลาต่อค่าร้อยละของการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าการเพิ่มปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลาในการขจัดกลิ่น จะส่งผลให้ค่าร้อยละของการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากการถูกดูดซับด้วยคาร์บอนกัมมันต์ และบางส่วนตกตะกอนเนื่องจากได้รับความร้อนระหว่างการดูดซับเป็นเวลานาน

คาร์บอนกัมมันต์มีสมบัติเป็นตัวดูดซับ (adsorbent) ซึ่งดูดซับสารบางประเภท (adsorbates) ไว้ที่ผิวด้วยแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของสารทั้ง 2 ประเภท โครงสร้างและน้ำหนักโมเลกุลของ adsorbates มีผลต่อปฏิกิริยาการดูดซับ โดยเฉพาะพวกที่มีโครงสร้างเป็น aromatic ring ได้ดี (Hassler, 1974) จึงดูดซับกรดอะมิโน phenylalanine tryptophan และ tyrosine ได้ดี Schrodter และ Wolm (1980) รายงานว่ากรดอะมิโน tryptophan และ tyrosine ให้กลิ่นรสที่ยอมรับไม่ได้ (unacceptable flavor) และกรดอะมิโน phenylalanine ให้กลิ่นรสที่ไม่ดีปานกลาง (tolerable flavor) นอกจากนั้นคาร์บอนกัมมันต์ยังดูดซับ phenolic compounds และสารประกอบอื่น ๆ ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นและสีที่ไม่ดีได้อีกด้วย การใช้คาร์บอนกัมมันต์ดูดซับกรดอะมิโนรวมทั้งสารประกอบอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดกลิ่นไม่ดีในผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส จึงช่วยกำจัดกลิ่นแปลกปลอมจากสารประกอบอื่นในน้ำซอสปรุงรสได้ด้วย ความสามารถในการกำจัดกลิ่นแปลกปลอมขึ้นกับปริมาณของคาร์บอนกัมมันต์ที่ใช้

Hassler (1974) กล่าวว่า ในกระบวนการดูดซับตัวถูกดูดซับต้องใช้เวลาระยะหนึ่งในการเคลื่อนที่และเกาะที่ผิวของคาร์บอนกัมมันต์ ผลจากการทดลองในงานวิจัยนี้ พบว่า การเพิ่มเวลาที่ใช้ในการดูดซับจาก 1 ชั่วโมง เป็น 2 ชั่วโมง ไม่มีผลต่อคะแนนทางด้านกลิ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อคะแนนทางด้านความใส และสี ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.29

และ 4.30) แสดงว่าการเพิ่มเวลาในการดูดซับด้วยคาร์บอนกัมมันต์ จะสามารถดูดซับสารสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายโปรตีนเมล็ดงาด้วยกรดได้

เมื่อพิจารณาจากคะแนนทางประสาทสัมผัส พบว่าการใช้คาร์บอนกัมมันต์ในระดับ 1.0% ที่เวลา 2 ชั่วโมงจะได้รับคะแนนรวมสูงที่สุด แต่จะมีการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดไปในปริมาณที่สูงที่สุด ดังนั้นที่ภาวะนี้จึงไม่เหมาะสม แต่ที่ระดับคาร์บอนกัมมันต์ 1.0% เวลา 1 ชั่วโมง จะมีคะแนนทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกับที่ระดับ 0.1% เวลา 2 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่จะมีการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปริมาณที่น้อยกว่า ดังนั้นภาวะที่เหมาะสมในการขจัดกลิ่น คือ ใช้ปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ 0.1% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

5.4 <u>ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา</u>

ขั้นตอนนี้ ศึกษาการปรับปรุงรสชาติของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดเปรียบเทียบกับโปรตีนถั่วเหลืองย่อยด้วยกรด ที่ยังไม่ผ่านการปรุงแต่งรสชาติจากบริษัทไทยเทพรสผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน) โดยแปรปริมาณน้ำตาล เป็น 3% และ 5% (โดยน้ำหนัก) และใช้สารเสริมกลิ่นรส ซึ่งเป็นสารผสมระหว่าง ไดโซเดียม 5′-ไอโนซิเนต กับ ไดโซเดียม 5′-กัวไนเลต ในปริมาณที่เท่ากันคือ 0.02% (โดยน้ำหนัก)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนด้านรสชาติของ ตัวอย่างน้ำซอสปรุงรสที่นำมาตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4.31) แต่จะพบว่าโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดจะมีคะแนนการยอมรับรวม และคะแนนทางด้านกลิ่น และรสชาติสูงกว่าโปรตีนถั่วเหลืองย่อยด้วยกรดเล็กน้อย และจากผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดเปรียบเทียบกับซอสถั่วเหลืองทางการค้า (ตารางที่ 4.21) พบว่าโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดจะมีปริมาณ glutamic acid aspartic acid glycine arginine alanine proline ในปริมาณที่สูง ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่ให้กลิ่นรสที่ดีในน้ำซอสปรุงรส (Schrodter and Wolm, 1980) เมื่อพิจารณาคุณค่าทางโภชนาการพบว่า น้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนสกัดจากเมล็ดงามีปริมาณกรดอะมิโนสูงกว่าซอสถั่วเหลืองทางการค้า ยกเว้น กรดอะมิโน serine threonine และ lysine ที่มีปริมาณต่ำกว่าซอสถั่วเหลืองทางการค้า

จากผลการทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบทั่วไป จำนวน 30 คน (ตารางที่ 4.32) พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสที่ได้จากโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา โดยมี

ระดับการยอมรับอยู่ในช่วงชอบปานกลางถึงชอบมาก และผู้ทดสอบมีความเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่นำมาทดสอบจัดเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำซอสปรุงรส

5.5 <u>การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์</u>

ในงานวิจัยนี้ได้เก็บผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสเป็นเวลา 1 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง ($30\pm2^{\circ}C$) เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางฟิสิกส์และเคมี คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส และคุณภาพทางจุลินทรีย์ จากการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสทุก 1 สัปดาห์ แสดงให้เห็นว่า คุณภาพทางฟิสิกส์และเคมี คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ภายในเวลา 1 เดือน และสำหรับคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์นั้นตรวจไม่พบจุลินทรีย์ เนื่องจากน้ำซอสปรุงรสได้ผ่านการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ $80^{\circ}C$ เป็น 15 นาที ซึ่งเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ที่มีในน้ำซอสปรุงรสได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลงานวิจัย

1. กากเมล็ดงามีความชื้น 7.92% โปรตีน 45.25% ไขมัน 16.68% เถ้า 19.87% เส้นใยหยาบ 9.70% คาร์โบไฮเดรต 14.58% และกรดออกซาลิก 1.10%

2. การร่อนกากเมล็ดงาด้วยตะแกรงขนาด 60 เมช จะสามารถกำจัดกรดออกซาลิกได้ถึง 78% ซึ่งจะเหลืออยู่ประมาณ 0.24%

3. กากเมล็ดงาที่ผ่านการสกัดน้ำมันออก ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา มีความชื้น 6.61% โปรตีน 47.853% ไขมัน 0.39% เถ้า 16.65% เส้นใยหยาบ 7.60% คาร์โบไฮเดรต 27.56% และกรดออกซาลิก 0.24%

4. อัตราส่วนกากเมล็ดงาต่อน้ำที่ 1:40 เวลา 30 นาที เป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงา

5. โปรตีนเมล็ดงาที่ผลิตได้ในงานวิจัย จัดเป็นโปรตีนเข้มข้น (protein concentrate) มีความชื้น 4.47% โปรตีน 69.64% ไขมัน 0.12% เถ้า 1.73% เส้นใยหยาบ 0.69% คาร์โบไฮเดรต 27.82% และกรดออกซาลิก 0.02%

6. อัตราส่วนของโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือที่เหมาะสมในการย่อยสลายโปรตีนเมล็ดงา คือ 1:2.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) โดยใช้กรดเกลือความเข้มข้น 5 นอร์มอล ที่อุณหภูมิ 110°C ความดัน 6.08 psig เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

7. ภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายโปรตีนเมล็ดงาด้วยกรดเกลือ คือ ใช้อัตราส่วนโปรตีนเมล็ดงาต่อกรด 1:2.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ความเข้มข้นของกรดเกลือ 6 นอร์มอล ที่อุณหภูมิ 110°C ความดัน 6.08 psig เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

8. ภาวะที่เหมาะสมในการขจัดกลิ่นด้วยคาร์บอนกัมมันต์ คือ ใช้ปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ ร้อยละ 0.1 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 °C

9. ภาวะที่เหมาะสมในการปรับปรุงรสชาติโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด คือ ใช้น้ำตาลทรายร้อยละ 3 และสารเสริมกลิ่นรสผสมระหว่างไดโซเดียม 5′-ไอโนซิเนต กับไดโซเดียม 5′-กัวไนเลต ร้อยละ 0.02

10. น้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา มีคุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำซอสปรุงรส (มอก. 8-2539) ดังนี้ ความถ่วงจำเพาะ (30±1°C) 1.22 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (30±1°C) 5.40 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 27.84 กรัมต่อลิตร ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ไนโตรเจน 34.86 กรัมต่อลิตร แอมโมเนียคัลไนโตรเจน 3.52กรัมต่อลิตร ไนโตรเจนจากกรดอะมิโน 30.75 กรัมต่อลิตร และโซเดียมคลอไรด์ 223 กรัมต่อลิตร

11. ผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา มีระดับการยอมรับอยู่ในช่วงชอบปานกลางถึงชอบมาก และสามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 เดือน โดยคุณภาพด้านฟิสิกส์และเคมี ด้านประสาทสัมผัสไม่เปลี่ยนแปลง

<u>ข้อเสนอแนะ</u>

1. ศึกษาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดให้มีคุณภาพดีขึ้น เช่น การย่อยสลายด้วยกรดร่วมกับการใช้เอนไซม์

2. ศึกษาปริมาณสารปนเปื้อน 3-MCPD ที่อาจพบในผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา

3. ศึกษาการใช้กากเมล็ดงาร่วมกับวัตถุดิบชนิดอื่น ในการผลิตน้ำซอสปรุงรส

4. ศึกษาการใช้โปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่เตรียมจากภาวะที่ศึกษาข้างต้น ในรูปแบบอื่น เช่น น้ำซอสปรุงรสผง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

การคลัง, กระทรวง กรมศุลกากร. 2544. สถิติการนำเข้า-ส่งออกสินค้า. [ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา: http://www.customs.go.th/cgi-bin/customs/stat/result1.pl [18 มกราคม 2544].

เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2542. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2541/42.

จารุรัตน์ เคียงนภาเจริญ. 19 กันยายน 2530. บริษัทไทยเทพรส จำกัด. สัมภาษณ์. อ้างถึงใน อรสา สุริยาพันธ์. การใช้โปรตีนถั่วเขียวเหลือใช้จากอุตสาหกรรมวุ้นเส้นในการผลิตน้ำซอสปรุงรส. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531.

ธวัชชัย มงคลชัย. 2543. ซีอิ๊ว ทางเลือกที่ปลอดภัยกว่าซอสปรุงรส. ข่าวเทคโนโลยีชีวภาพ. ปีที่ 6 ฉบับที่ 4 (เมษายน): หน้า 5.

ธวัชชัย วรศานต์. 2539. รายงานการวิจัย เรื่องการใช้เทคโนโลยีการปลูกงาต้นฤดูฝนของเกษตรกรในแหล่งผลิตสำคัญบางจังหวัด. กลุ่มพืชน้ำมัน กองส่งเสริมพืชไร่นา กรมส่งเสริมการเกษตร, หน้า 1-2.

พรรณวดี วิถีสำราญธรรม. 2540. การสกัดโปรตีนเข้มข้นจากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษและการปรับปรุงคุณภาพของโปรตีนที่ได้โดยการเสริมด้วยโปรตีนเข้มข้นจากเมล็ดงาและถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร. กรุงเทพมหานคร: บริษัทฟอร์แมทพริ้นติ้งจำกัด.

นฤทัย วรสถิตย์, สรศักดิ์ มณีขาว, สายสุนีย์ รังสิปิยกุล, พรพรรณ สุทธิแย้ม, จำลอง กกรัมย์ และพเยาว์ พรหมพันธุ์ใจ. 2541. งาพืชทรงคุณค่า. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุม สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

นฤมิตร จิระหิรัญเสถียร. 27 มกราคม 2542. ผู้จัดการฝ่ายการตลาด บริษัทยูเนียน ฟู้ดส์อินดัสทรี จำกัด. สัมภาษณ์.

นิตยา กอบกัยกิจ. 19 กุมภาพันธ์ 2544. ผู้จัดการฝ่ายควบคุมคุณภาพ บริษัท ไทยเทพรส ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน). สัมภาษณ์.

มานิสา ธีระวัฒน์สกุล, วีระศักดิ์ อนัมบุตร, ไพโรจน์ พันธุ์พฤกษ์, ศิริพงษ์ คุ้มภัย, เกรียงไกร จำเริญมา, สมาธิ์ ภรณ์ เชียน, พรพรรณ สิทธิแย้ม, จำลอง กกรัมย์ และนฤทัย ศรีกุล. 2539. เอกสารวิชาการงา. อุบลราชธานี: อุบลกิจออฟเซทการพิมพ์.

มาตรฐานอุตสาหกรรม, สำนักงาน. 2539. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำซอสปรุงรส.พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม.

มีนา ใบโพธิ์วงศ์. 2518. การศึกษาการทำซีอิ๊วจากถั่วผสมโดยวิธีย่อยด้วยกรด. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อ้างถึงใน อรสา สุริยาพันธ์. การใช้โปรตีนถั่วเขียวเหลือใช้จากอุตสาหกรรมวุ้นเส้นในการผลิตน้ำซอสปรุงรส. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531.

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ, วิเชียร วรพุทธพร, อุสาห์ เจริญวัฒนา และสุทธิพงศ์ อุริยะพงศ์สรรค์. การใช้ประโยชน์

จากงา. วารสารแก่นเกษตร. ปีที่ 14 ฉบับที่ 6. (พ.ค.-ธ.ค)

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ, สาโรช ค้าเจริญ, เชิดชัย รัตนเศรษฐากุล, บัญญัติ เหล่าไพบูลย์, สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์, อภิชัย ศิวประภากร, พิทักษ์ ศรีประย่า, สมพงษ์ ฉายพุทธ,พรรณศรี สากิยะ และบุญตา ธรรมบุตร. 2531. การใช้ประโยชน์จากงาสำหรับเป็นอาหารคนและสัตว์. ในรายงานสัมมนาเชิงปฏิบัติการ เรื่อง งานวิจัยงา ครั้งที่ 3. 1-2 เมษายน 2531. ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี. จังหวัดอุบลราชธานี. หน้า 276-281.

เรืองเดช สุขสมบูรณ์. 2531. การปลูกงา. กรุงเทพมหานคร: กองส่งเสริมพืชพันธุ์ กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ลมัย ชูเกียรติวัฒนา. 2524. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในขบวนการทำน้ำซอสปรุงรส. วิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาตรี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒบางแสน.

วาสนา วงศ์ใหญ่. 2538. งาดำพันธุ์ มก.18. เอกสารการบรรยายในการประชุมสัมมนาทางวิชาการละหุ่งและงา. 28-29 กันยายน 2538 ณ โรงแรมสีมาธานี จังหวัดนครราชสีมา.

วิเชียร ลีลาวัชรมาศ. 2534. ซีอิ๊ว. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.วันชัย สมชิต และลมัย ชูเกียรติวัฒนา. 2524. ซีอิ้วเคมี. วารสารอาหาร 13(1) : 42-49.

วันเพ็ญ จิตรเจริญ. 2539. หลักการวิเคราะห์และควบคุมคุณภาพอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. (ม.ป.ท.).

ศิริวัฒน์ ทิพย์ธราดล. 2544. อย. รุก ขจัดปัญหาสารก่อมะเร็งในซอสปรุงรส. [ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา: http://www.fda.moph.go.th/fda- net/HTML/PRODUCT/FOOD/MCPD/ news_MCPD_122_43.html. [5 มกราคม 2544].

สาธารณสุข, กระทรวง 2544. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. กองควบคุมอาหาร. สารพิษ 3-MCPD ในซอสปรุงรส. [ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา: http://www.fda.moph. go.th/fda-net/HTML/PRODUCT/FOOD/MCPD/3_MCPD.htm. [5 มกราคม 2544].

สุนันทา ภิญญาวัธน์. 2539. ชีวเคมี 1. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

สุมาลี เหลืองสกุล. 2541. จุลชีววิทยาทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: ชัยเจริญ.

สุมาลัย ศรีกำไลทอง, พิศสมัย เจนวนิชปัญจกุล, สุภัทรา มั่นสกุล, สมนึก อาษาจาร์ ประยุทธิ์ เกียรติภูมิชัย ศักดา นำชัยสี่วัฒนา และโกศล มุสิกวัฒน์. 2533. การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำมันงา. ในรายงานผลงานการวิจัยงา การประชุมวิชาการงาน วิจัยงา ครั้งที่ 4. 15-16 พฤษภาคม 2533. ณ ศูนย์ฝึกอบรมพัฒนาชุมชน บางละมุง จังหวัดชลบุรี. หน้า 304-315.

อภิชาติ ผลเกิด. 2539. การใช้เทคโนโลยีการปลูกงาในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคเหนือและภาคตะวันตก ปี 2538. กลุ่มพืชน้ำมัน กองส่งเสริมพืชไร่นา กรมส่งเสริมการเกษตร.

อภิชาติ ผลเกิด, วิไลภรณ์ ชนกนำชัย และกรรยา น้ำรอบ. 2543. การปลูกงา. [ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา: http://www.doae.go.th/library/html/detail/nga/index.htm [14 ธันวาคม 2543].

อรสา สุริยาพันธ์. 2531. การใช้โปรตีนถั่วเขียวเหลือใช้จากอุตสาหกรรมวุ้นเส้นในการผลิต น้ำซอสปรุงรส. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรสา สุริยาพันธ์ และ วิชิต ปัญญาทิพย์สกุล. 2527. การสกัดน้ำมันจากเมล็ดงา. โครงการเรียนการสอนเพื่อ

เสริมประสบการณ์. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาอังกฤษ

Aaslyng, M.D., Martens, M., Poll, L., Nielsen, P.M., Flyge, H., and Larsen, L.M. 1998. Chemical and sensory characterization of hydrolyzed vegetable protein,a savory flavoring. J. Agric. Food Chem. 46: 481-489.

A.O.A.C. 1995. Official Method of Analysis. The Association of Official Analytical Chemists. ashington D.C: Association of Official Analytical Chemists.

Bailey, A.E. 1951. Industrial Oil and Fat Products. 2 nd ed. New York: Interscience Publishers Inc.

Belohlawek, L. 1989. Process and production of making a vegetable protein Hydrolysate food seasoning. U.S. Patent 4,798,736.

Berardi, L.C., Martinz, W.H., and Fernandez, C.J. 1969. Cottonseed protein isolates: Two-step extraction procedure. Food Technol. 23: 75-82.

Budarari, 1989. The Merck index. 11th. USA: Merck & CO.

Brito, O.J., and Nunez, N. 1982. Evaluation of sesame flour as a complementary protein source for combinations with soy and corn flours. J. Food Sci. 47: 457-460

Carter, F.L., Cirino, V.O., and Allen, L.E. 1961. Effect of processing on the composition of sesame seed and meal. J. AOCS. 38: 148-150.

Cochran, W.G., and Cox, G.M. 1992. Experimental Design. New york: John Willey&Sons.

Cruz, O. A., and Hedrick, H.B. 1985. Utilization of sesame flour in fermented salami. J. Food Sci. 50: 1177-1178.

Damodaran, S. 1996. Amino acids, peptides, and proteins. In Fennema, O.R. (ed).,Food chemistry, pp. 322-429. New York: Marcel Dekker, Inc.

Danehy, J.P., and Pigman, W.W. 1951. Reaction between sugars and nitrogenoud Compounds and their relationship to certain food problems. Advance in Protein Research. 3: 241-281

de Boland, A.R., Garner, G.B., and O'Dell, B.L. 1975. Identification and properties of "phytate" in cereal grains and oilseed products. J. Agric. Food Chem. 23 (6): 1186-1189.

Dench,J.E., Nilo Rivas, R., and Caygill, J.C. 1981. Selected functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) flour and two protein isolates. J. Sci. Food. Agric. 32:557-564.

de Padua, M.R. 1983. Some functional and utilization characteristics of sesame flour and proteins. J. Food Sci. 48: 1145-1147.

de Rham, O., and Jost, T. 1979. Phytate-protein interaction in soybean extracts and low-phytate soy protein products. J. Food Sci. 44: 596-600.

Dipasa. 2001. Sesame flour. [Online]. Available from: http://www.dipasa.nl/sesflour.htm. [2001, March 10]

Dzanic, H., Mujic, I., and Sudarski, V. 1985. Protein hydrolysates from soy grits and dehydrated

alfalfa flour. J. Agric. Food Chem. 33: 683-685.

Erdman, Jr., J.W. 1979. Oilseed phytates: nutrition implication. J. AOCS. 56: 736-741.

Gopalan, C., Ramasastri, B.V., and Balasubramanian, S.C. 1982. Nutritive value of Indian foods. Hyderabad: National Institute of Nutrition, Indian Council of Medical Research.

Grace, J. 1974. The use of degraded protein in foodstuffs for nutrition, flavour and Flavour enhancement. Aust. Food Technl. 26(2): 60-64.

Graf, E. 1983 (a). Applications of phytic acid. J. AOCS. 60: 1861-1867.

Graf, E. 1983 (b). Calcium binding to phytic acid. J. Agric.Food Chem. 31: 851-855.

Greenberg, D.M., and Burk, N.F. 1947. Rate of hydrolysis of solution of proteins in Acids as measured by the formation of amino nitrogen. J. Amer. Chem. Soc. 49(1): 275-286.

Grynspan,F.,and Cheryan, M. 1983. Calcium phytate: effect of pH and molar ratio on in vitro solubility. J. AOCS. 60: 1761-1764.

Guerra, M. J., and Park, Y.K. 1975. Extraction of sesame seed protein fractions from commercial sesame seed cake. J. Nutr. 34: 477-481.

Guil, J. L., Torija, M.E., Gimenez, J.J., Garcia, I.R., and Gimenez, A. 1996. Oxalic acid and calcium determination in wild edible plants. J. Agric. Food Chem. 44: 1821-1823.

Haefeli, R.J., and Glaser, D. 1990. Taste responsed and thresholds obtained with the primary amino acids in humans. In Taste chemistry. New York: Chapman & Hall.

Hamm, D.J. 1993. Process for the production of hydrolyzed vegetable proteins using gaseous hydrochloric acid and the product therefrom. U. S. Patent 5,180,597.

Hassler, W. J. 1974. Purification with activated carbon. New York: Chemical Publishing Co., Inc.

Hill, R.L. 1965. Hydrolysis of proteins. In Advance Protein Chemistry. New York : Academic Press.

Hudson, B.J.F. 1992. Biochemistry of Food Proteins. London: Elsevier Applied Science.

Inyang, U.E., and Iduh., A.O. 1996. Influence of pH and salt concentration on protein solubility, emulsifying and foaming properties of sesame protein concentrate. J. AOCS. 73 (12): 1663-1667.

Johnson, L.A.,Suleiman, T.M., and Lusas, E.W. 1979. Sesame protein: a review and prospectus. J. AOCS. 56: 463-468.

Kim, E.J., and Park, J.R. 1995. The effect of protein extraction pH on the components of sesame protein concentrates. J. the Kor. Soc. Food. Nutr. 24(4): 613-618. Food Science and Technology Abstracts 28(1996) No.1: 1 G 24.

Kim (Lee), S.Y., Peter Park, S.W., and Rhee, K.C. 1990. Functional properties of proteolytic enzyme modified soy protein isolate. J. Agric. Food Chem. 38: 651-656.

Kinsella, J. E. 1976. Functional properties of proteins in food. A Survey Crit. Rev. Food. Sci. Nutr. 7: 219-280.

Lee, F.A. 1983. Basic Food Chemistry. pp. 289-291 London : AVI Publishing Co.Inc., Westport Connecticut.

Lurgi, Gesellschaft fur Chemotechick m.b.h. 1978. Activated carbon and its applications. pp. 1-26. Frankfurt, Germany,

Lyon,C.K. 1972. Sesame: current knowledge of composition and use. J. AOCS. 49: 245-249.

Manley,C.H., and Fagerson, I.S. 1971. Aspects of aroma and taste characteristics of hydrolyzed vegetable protein. Flav. Ind. 2 (12): 686-690.

Manley,C.H., J.S. McCann and R.L. Swane J.R. 1981. The chemical base of the taste and flavour enhancing properties of hydrolyzed protein. In The Quality of Food and Beverage Chemistry and Technology. London: Academic Press Inc.

Matthews, R.H., Shape, E.J., and Clark, W.M. 1970. The use of some oil seed flours in bread. Cereal Chem. 47: 181-186.

Metoba, M., and Hata,T. 1972. Relationship between bitterness of peptides and their chemical structure. Arg. Biol. Chem. 36: 1423-1431.

Meyer, E.W. 1970. Soya protein isolates for food. In Lawric, R.A.(ed.), Protein as human food , pp. 346-362. Connecticut: The AVI Publishing Company.

Nilo Rivas, R. Dench, J.E., and Caygill, J.C. 1981. Nitrogen extractability of sesame (*Sesamum indicum* L.) seed and the preparation of two protein isolates. J. Sci. Food Agric. 32: 557-564.

Nishimura, T., and Kato, H. 1988. Taste of free amino acids and peptides. Food Rev. Inter. 4(2): 175-194.

O' Dell, B.L., and de Boland, A. 1976. Complexation of phytate with proteins and cations in corn germ and oilseed meal. J. Agric. Food Chem. 24: 804-808.

Olsman, H. 1979. Hydrolyzed and autolyzed vegetable protein as functionnal food ingredients. J. AOAC. 56: 375-376.

Otero, M.A., Cabello, A.J., Vasallo, M.C., Garcia, L., and Lopez J.C. 1998. Preparation of an imitation soy sauce from hydrolyzed dried yeast *candida utilis.* J. Food Process. Preserv. 22: 419-432.

Pham, C.B., and del Rosario, R.R. 1983 (a). The preparation of protein hydrolysate from defatted coconut and soybean meal: I Effect of process variable on the amino acid released and flavour development. J. Food Technology. 18: 21-24.

Pham, C.B., and del Rosario, R.R. 1983 (b). The preparation of protein hydrolysate from defatted coconut and soybean meal: II. Quality and sensory evaluation of products. J. Food Technology. 18: 163-170.

Prendergast, K. 1973. Versatility of hydrolysed proteins. Food Manufacture. 48(4): 37-39, 58-59.

Prendergast, K. 1974. Protein hydrolysate. Food Trade Rev. 44 (1): 14, 16-21.

Rajendran, S., and Prakash, V. 1988. Isolation and characterization of β-globulin low molecular weight protein fraction from sesame seed (*Sesamum indicum* L.) J. Agric. Food Chem. 36: 269-275.

Ramachandra, B.S., Sastry, M.C., and Subba Rao, L.S. 1970. Process development studies on the wet dehulling and processing of sesame seed to obtain edible protein concentrates. J. Food Sci. Technol. 7: 127-131.

Rivas, N.R., Dench, J.E., and Caygill, J.C. 1981. Nitrogen extractability of sesame (*sesamum indicum* L.) seed and the preparation of two protein isolates. J. Sci.Food Agric. 32: 565-571.

Roach, D., and Gehrke, C.W. 1970. The hydrolysis of proteins. J. Chromatog. 52(5): 393-404.

Robinson, D.S. 1987. Food biochemistry and nutritional value. Essex: Longman.

Rooney, L.W., Gustafson, C.B., Clark, S.P., and Carter, C.M. 1972. Comparison of the baking properties of several oilseed flours. J. Food Sci. 37: 14-18.

Rudeepan, W., Nakayama, T., and Beuchat, L.R.1995. Characteristics of acid hydrolysate from defatted peanut flour. J. Food Sci. 60 (3): 443-445.

Rudeepan, W., Nakayama, T., Beuchat, L.R., and Phillips R.D. 1994. Kinetics of acid hydrolysis of defatted peanut flour. J. Food Sci. 59 (3): 621-625.

Sair, L. 1968. Hydrolysis under acid conditions. U.S. Patent. 3,391,001.

Salunkhe, D.K., Chaven. J.K., Adsule, R.N., and Kadom, S.S. 1992. World Oilseeds Chemistry technology and Utilization, pp. 371-395 New York: A AVI Book Published by Van Nostrand Reinhold.

Schrodter, R., and Wolm, G. 1980. Optimization of conditions for flavour formation in amino acid / glucose model systems. Nahrung. 24 (2): 175-183.

Shallenberger, R.S., Aeree, T.E., and Lee, C.Y. 1969. Sweet taste of D - and L- sugars and amino-acids and the steric nature of their chemo-receptor site. Nature. 221 (2): 555-556.

Shamanthaka Sastry, M.C., Subramanian, N., and Rajagopalan,R. 1969. Studies on the wet dehulling of sesame seed to obtain superior grade protein concentrates. J. AOCS. 46: 592A-569A.

Shank, F.R. 1988. Canned Foods. Principles of thermal process control, acidification and container

closure evaluation. p. 147 New York: The Food Processors Institute.

Sulser, H., de Pizzol, J., and Buchi, W. 1967. A probable flavoring principle in vegetable-protein hydrolysates. J. Food Sci. 32(6): 611-615.

Taha, F.S., EL-nockrashy, A.S., Mohamed, S.S., and Wagdy, S.1987(a). Process for the Preparation of all vegetable protein beverage. In Trends in Food Product Development, pp. 173-177. Singapore: Singapore Institute of Food Science and Technology.

Taha, F.S., Fahmy, M., and Sadek, M.A. 1987 (b). Low-phytate protein concentrate and isolate from sesame seed. J. AOCS. 53: 289-292.

Vojdani, F. 1996. Solubility. In Hall, G.M. (ed.), Methods of testing protein functionality, pp.11-60. London: Blackie Academic & Professional.

Weiss, E.A. 1971. Castor Sesame and Sunflower. London: Leonard Hill Books.

WHO. 1993. Food Additives series 32, prepared by the 41 st meeting of JECFA, WHO/IPCS.

Yokotsuka, T. 1962. Aroma and flavor of Japanese soy sauce. Advance in Food Research. 10: 75-134.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ลักษณะทางกายภาพและจุลินทรีย์

ก.1 <u>การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น</u> (ดัดแปลงจากวิธีของ A.O.A.C. 1995)

<u>อุปกรณ์</u>

เตาอบลมร้อน (hot air oven) ช่วงอุณหภูมิ 30-250°C Memmert Model 600

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 5 กรัม ใส่ในภาชนะอลูมิเนียม (aluminuim dish) ที่แห้งและทราบน้ำหนักที่แน่นอน

2. นำตัวอย่างเข้าอบหาความชื้นในอุปกรณ์ดังกล่าว ที่อุณหภูมิ 100-105°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3. ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) แล้วชั่งน้ำหนักและอบตัวอย่างจนกว่าน้ำหนักคงที่

<u>การคำนวณ</u>

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ(กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)}}$$

ก.2 <u>การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน</u> (ดัดแปลงจากวิธีของ A.O.A.C. 1995)

<u>อุปกรณ์</u>

Velp Scientifica Digestion Unit (DK 20) และ Velp Scientifica Distillation Unit (DK 140)

<u>สารเคมี</u>

1. สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 N ที่ standardized ด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 N
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 50% (W/W)
4. สารละลายกรดบอริกความเข้มข้น 4% (W/V)
5. สารเร่งปฏิกิริยา (คอปเปอร์ซัลเฟต 0.04 กรัม และ โพแทสเซียมซัลเฟต 3.5 กรัม)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. โมดิฟายด์เมธิลเรดอินดิเคเตอร์ (เตรียมโดยละลายเมธิลเรดจำนวน 0.125 กรัม และเมธิลลีนบลูจำนวน 0.0825 กรัม ในเอทธานอล 90% 100 มิลลิลิตร)

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ใส่ใน Kjeldahl tube
2. เติมสารเร่งปฏิกิริยา (คอปเปอร์ซัลเฟต 0.04 กรัม และ โพแทสเซียมซัลเฟต 3.5 กรัม)
3. เติมสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร
4. นำไปย่อยด้วยเครื่อง Velp Scientifica Digestion Unit DK 20 ซึ่งควบคุมอุณหภูมิในการย่อยเป็น

ช่วงที่ 1 ใช้อุณหภูมิ 200°C เป็นเวลา 15-20 นาที

ช่วงที่ 2 ใช้อุณหภูมิ 400°C เป็นเวลา 30-45 นาที หรือจนตัวอย่างเป็นสีฟ้าอ่อนหรือไม่มีสี แล้วย่อยต่อไปอีก 30 นาที

5. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร ต่อ Kjeldahl tube เข้ากับเครื่อง Velp Scientifica Distillation Unit DK 140 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 50% จนกลายเป็นสีดำ
6. เตรียมขวดหรือฟลาสก์ที่มีสารละลายกรดบอริกความเข้มข้น 4% ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ซึ่งเติม methyl red – methylene blue 2–3 หยด เพื่อเป็นอินดิเคเตอร์
7. กลั่นตัวอย่างจนในขวดมีสารละลายปริมาตร 250 มิลลิลิตร
8. นำสารละลายที่กลั่นได้ในกรดบอริกมาไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน กรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 N จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพู

<u>การคำนวณ</u>

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} = \frac{(A - B) \times N \times 1.4}{W}$$

$$\text{ปริมาณโปรตีน (\%)} = \text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} \times 6.25$$

กำหนดให้

A = ปริมาตร (มิลลิลิตร) ของกรดซัลฟูริกใช้ไทเทรตกับ blank

B = ปริมาตร (มิลลิลิตร) ของกรดซัลฟูริกใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง

N = normality ของสารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐาน

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

ก.3 <u>การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน</u> (A.O.A.C. 1995)

<u>อุปกรณ์</u>

Soxhlet apparatus

<u>สารเคมี</u>

ปิโตรเลียมอีเธอร์

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. ชั่งตัวอย่างที่แห้ง 2 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรอง Whatman No.42 แล้วนำไปใส่ใน thimble ใส่ใน extraction tube ของ Soxhlet apparatus

2. ใส่ปิโตรเลียมอีเธอร์ ปริมาณ 250 มิลลิลิตร ลงในขวดก้นกลมของ Soxhlet apparatus ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน

3. นำไป refux บน heating mantle ใช้อุณหภูมิ 40–60°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นก่อนนำขวดก้นกลมออก

4. ระเหยเอาปิโตรเลียมอีเธอร์ออกจากขวดก้นกลมที่สกัดไขมัน จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 100°C 4 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่

5. ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักไขมันที่สกัดได้ แล้วคำนวณหาปริมาณไขมัน

<u>การคำนวณ</u>

$$\text{ปริมาณไขมัน (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันที่สกัดได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

ก.4 <u>การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า</u> (A.O.A.C. 1995)

<u>อุปกรณ์</u>

1. เตาเผา (muffle furnace)
2. crucible
3. hot plate

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. นำ crucible ไปเผาที่อุณหภูมิ 550°C จนได้น้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่าง 3-5 กรัม ใส่ใน crucible แล้วนำตัวอย่างไปเผาด้วย hot plate จนตัวอย่างไม่มีควัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. นำตัวอย่างไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550°C นาน 4 ชั่วโมง หรือจนตัวอย่างเป็นเถ้าสีขาว

4. ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักเถ้าที่ได้ เพื่อคำนวณหาปริมาณเถ้า

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้าทั้งหมด (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้าหลังเผา (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

ก.5 การวิเคราะห์เส้นใยหยาบ (ดัดแปลงจากวิธีของ A.O.A.C. 1995)

อุปกรณ์

1. เครื่องวิเคราะห์เส้นใยอาหาร Velp Scientifica Type Fiwe
2. เตาอบลมร้อน (hot air oven) ช่วงอุณหภูมิ 30-250°C Memmert Model 600
3. เตาเผา (muffle furnace)
4. hot plate
5. fillter crucible

สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 1.25% (W/W)
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.25% (W/V)
3. N-Octanol

วิธีวิเคราะห์

1. หาค่าความชื้นของตัวอย่างโดยอบที่อุณหภูมิ 105°C จนได้น้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น

2. บดตัวอย่างให้ละเอียดแล้วใส่ใน fillter crucible ชั่งน้ำหนักของตัวอย่างประมาณ 1 กรัม

3. เติมสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 1.25% ปริมาณ 150 มิลลิเมตร หลังจากทำให้ร้อนด้วย hot plate เพื่อลดเวลาในการต้มให้เดือด

4. เติม N-Octanol 3-5 หยด เพื่อป้องกันการเกิดฟอง

5. หลังจากส่วนผสมเดือดแล้ว ต้มต่อไปอีก 30 นาที

6. เปิดวาล์วไปที่ vacuum เพื่อระบายกรดซัลฟูริกออก

7. ล้างด้วยน้ำกลั่นร้อน ๆ ครั้งละ 30 มิลลิลิตร 3 ครั้ง ในการล้างแต่ละครั้งให้เปิดวาล์วไปที่ pressure เพื่อดันให้อากาศผ่านฐานของถ้วยแก้วทำให้ส่วนผสมในถ้วยแก้วคลุกเคล้ากันโดยตลอด

8. หลังจากปล่อยน้ำล้างครั้งสุดท้ายออกจนหมดแล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.25% ที่ทำให้ร้อนไว้ก่อนแล้ว ปริมาณ 150 มิลลิลิตร พร้อมกับหยด N-Octanol 3-5 หยด

9. ต้มให้เดือดนาน 30 นาที

10. ทำขั้นตอนที่ 6-7 ซ้ำ

11. ล้างด้วยน้ำกลั่นเย็น อีก 1 ครั้ง แล้วล้างอีก 3 ครั้งด้วย acetone 25 มิลลิลิตร เปิดให้ความร้อนเข้าทุกครั้งที่ทำการล้าง

12. ทำให้แห้งโดยอบที่อุณหภูมิ 105°C นาน 1 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะได้น้ำหนักคงที่ (ค่านี้เป็นน้ำหนักของเส้นใยหยาบรวมกับน้ำหนักของเถ้า)

13. หากต้องการหาปริมาณของเถ้า ให้เผาที่อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นลงในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักของเส้นใยหยาบที่ปราศจากเถ้า เพื่อนำน้ำหนักที่ได้ไปหักออกจากน้ำหนักในข้อ 12 จะได้น้ำหนักของเส้นใยหยาบที่ปราศจากเถ้า

<u>การคำนวณ</u>

$$\text{ปริมาณเส้นใยหยาบ (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักหลังอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักหลังเผา (กรัม)}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

ก.6 <u>การคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต</u>

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (%) = 100 - (โปรตีน+ไขมัน+เถ้า+เส้นใยหยาบ)

ก.7 <u>การวัดค่าสี</u>

<u>อุปกรณ์</u>

1. เครื่องวัดค่าสี (Hunter colorimeter) Minolta Chroma Meter รุ่น CR-300
2. หัววัด CR-300 สำหรับตัวอย่างที่เป็นของแห้ง
3. หัววัด CT-310 และ sample cell CT-A21 สำหรับตัวอย่างของเหลวใสไม่มีตะกอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการ

1. นำชุดหัววัดตัวอย่างประกอบเข้ากับเครื่องวัดค่าสี

2. ทำการปรับมาตรฐาน (calibrate) ค่าสีของเครื่องโดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐานที่มีค่าสีระบบ Hunter คือ L = 96.54 a = +0.03 และ b = +1.69

3. วัดค่าสีของตัวอย่างเดียวกันซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นหาค่าเฉลี่ยเป็นหนึ่งค่า บันทึกค่า L a และ b ในระบบ Hunter ที่ได้จากเครื่อง

ก. 8 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (ดัดแปลงจากวิธีของ A.O.A.C. 1995)

อุปกรณ์

1. จานเพาะเชื้อ
2. ปิเปต
3. หลอดทดลอง
4. ตะเกียงแอลกอฮอล์

สารเคมี

1. อาหารสำเร็จรูป Plate Count Agar
2. สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 20%

วิธีวิเคราะห์

1. ปิเปตน้ำซอสปรุงรส 11 มิลลิลิตร ผสมลงในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 20% ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วจำนวน 99 มิลลิลิตร เพื่อให้ได้สารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 10^{-1}

2. ทำการเจือจางสารละลายตัวอย่างด้วยสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 20% ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วจนได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 10^{-2} 10^{-3} และ 10^{-4}

3. ใช้ปิเปตที่ฆ่าเชื้อแล้ว ดูดสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อที่อบฆ่าเชื้อแล้ว (ทำ 2 ซ้ำ)

4. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar ที่หลอมและยังอุ่นอยู่ลงในจานเพาะเชื้อให้ทั่ว เขย่าจานให้สารละลายตัวอย่างกระจายไปทั่ว (pour plate)

5. ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว นำไปบ่มในตู้เพาะเชื้อ อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยเลือกจานที่มีจำนวนโคโลนีระหว่าง 30-300 โคโลนี หาค่าเฉลี่ยคิดเป็นจำนวนจุลินทรีย์ต่อมิลลิลิตรตัวอย่างน้ำซอสปรุงรส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
วิธีวิเคราะห์กรดออกซาลิก

ข.1 วิธีวิเคราะห์กรดออกซาลิก (ตามวิธี A.O.A.C. 1995)

หลักการ

วิเคราะห์หากรดออกซาลิก โดยวิธีทำให้กรดออกซาลิกตกตะกอนในรูปของแคลเซียมออกซาเลทในสารละลายบัฟเฟอร์ (pH 4-4.5) แยกตะกอนออกจากสารละลายโดยวิธีเหวี่ยง (centrifuge) 15 นาที ด้วยความเร็ว 1700 รอบต่อนาที วัดหาค่าแคลเซียมในตะกอน โดยวิธี atomic absorption spectrophotometry แล้วคำนวณออกมาในรูปของกรดออกซาลิก

สารละลายและวิธีเตรียม

1. สารละลายอะซีเตทบัฟเฟอร์ (acetate buffer solution pH 4.5)

ละลายแคลเซียมคลอไรด์ (anhydrous $CaCl_2$, AR) 2.5 กรัม ในกรดอะซิติก (acetic acid 1+1) 50 มิลลิลิตร (สารละลาย ก.)

ละลายโซเดียมอะซีเตท ($NaOAc.\ 3H_2O$, AR) 33 กรัม ในน้ำกลั่น (demineralized distilled water) แล้วเติมน้ำกลั่นให้เป็น 50 มิลลิลิตร ในขวดวอลลูมเมตริก (สารละลาย ข.)

นำสารละลาย ก. และ ข. มารวมกัน

2. วอชลิควิค (wash liquid)

ตวงกรดอะซิติก (CH_3COOH , glacial) 12.5 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ เติมแคลเซียมออกซาเลท (calcium oxalate, AR) ลงไปคนให้ละลาย ตั้งทิ้งไว้ เติมแคลเซียมออกซาเลทลงไปเรื่อย ๆ จนอิ่มตัว ถ่ายใส่ขวดแก้วเก็บในตู้เย็น ก่อนใช้นำมากรองในปริมาตรที่ต้องการใช้ในแต่ละครั้ง

3. สารละลายกรดทังสโตฟอสฟอริก (tungstophosphoric acid reagent)

ละลายกรดทังสโตฟอสฟอริก 2.5 กรัม ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดวอลลูมเมตริก

4. สารละลายแลนทานั่ม 5 % (5% La_2O_3)

ละลายแลนทานั่มออกไซด์ (La_2O_3, AR) 5.9 กรัม ในน้ำกลั่นประมาณ 50 มิลลิลิตร ค่อย ๆ เติมกรดไฮโดรคลอริก (conc HCl, AR) 25 มิลลิลิตร เพื่อละลายแลนทานั่มออกไซด์ เติมน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดวอลลูมเมตริก

5. กรดไฮโดรคลอริก 6 นอร์มอล (6 N. HCl)

ตวงกรดไฮโดรคลอริก (conc HCl, AR) 497 มิลลิลิตร เทใส่ในขวดวอลลูมเมตริก 1,000 มิลลิลิตร ที่มีน้ำกลั่นอยู่ประมาณ ½ ขวด เขย่าให้เข้ากันแล้วเติมน้ำกลั่นให้ถึงขีดปริมาตร

6. แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 6 นอร์มอล (6 N. NH_4OH, AR)

ตวงแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (conc. NH_4OH, AR) 448.35 มิลลิลิตร เทใส่ในขวดวอลลูมเมตริกขนาด 1,000 มิลลิลิตร ที่มีน้ำกลั่นอยู่แล้วประมาณ ½ ขวด เขย่าให้เข้ากันแล้วเติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร

7. สารละลายมาตรฐานแคลเซียม 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร (1 mg/ml calcium standard solution)

ชั่งแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$, AR) 2.497 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร ในขวดวอลลูมเมตริกขนาด 1,000 มิลลิลิตร แล้วค่อย ๆ เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตรเขย่าให้เข้ากัน หลังจากหมดควันแล้วเติมน้ำกลั่นให้ถึงขีดปริมาตร

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. นำตัวอย่างสดชั่งน้ำหนักแน่นอน 50 กรัม หรือตัวอย่างแห้ง 25 กรัม เติมน้ำกลั่น 150 มิลลิลิตร แล้วปั่นในเครื่องปั่น (blender) 3 นาที ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

2. ชั่งส่วนที่ปั่นแล้ว 35 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ได้น้ำหนักประมาณ 300 กรัม เติม 6 นอร์มอล กรดไฮโดรคลอริก 55 มิลลิลิตร และคาร์พลิลลิคแอลกอฮอล์ (caprylic alcohol) 2 หยด นำไปต้ม 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น ถ่ายใส่ขวดวอลลูมเมตริกขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำให้ถึงขีดปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน ปล่อยทิ้งไว้ค้างคืน กรองด้วยกระดาษกรองชนิดหยาบ ทิ้ง 100 มิลลิลิตรแรกของส่วนที่กรองได้ เก็บส่วนที่เหลือ

3. ปิเปตสารละลายที่กรองได้ 25 มิลลิลิตร ใส่ขวดเออร์เลนเมอเยอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดทังสโตฟอสฟอริก 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้นาน 5 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรองวอทแมนเบอร์ 42

4. ปิเปตสารละลายมา 20 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดเซนตริฟิวส์ (centrifuge tube) เติมสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มอลทีละหยด ให้ได้ pH 4-4.5

5. เติมสารละลายบัฟเฟอร์ 5 มิลลิลิตร คนด้วยแท่งแก้ว ล้างแท่งแก้วด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย ตั้งทิ้งไว้ค้างคืน

6. นำมาเหวี่ยง (centrifuge) ด้วยความเร็ว 1,700 รอบต่อนาที ประมาณ 15 นาที เพื่อให้ตะกอนนอนก้น ค่อย ๆ เทส่วนบนทิ้ง โดยเทเบา ๆ ครั้งเดียวติดต่อกัน

7. ล้างตะกอนด้วยวอชลิควิด 20 มิลลิลิตร เหวี่ยงซ้ำอีกเหมือนเดิมจนตะกอนสะอาด เติมกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4 1+9) 5 มิลลิลิตร ลงในตะกอน เทสารละลายทั้งหมดจากหลอด

เซนตริฟิวส์ลงในขวดวอลลูมเมตริกขนาด 10 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริก (1+9) จนถึงขีดปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน

ปิเปตสารละลายมา 2 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวอลลูมเมตริกขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายแลนทานั่ม 5% 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร เขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปวัดค่า %absorption จากเครื่องอะตอมมิคแอบซอร์พชั่น (atomic absorption spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 422.7 นาโนเมตร ทำ blank ควบคู่ไปด้วย

8. จากสารละลายมาตรฐาน แคลเซียม 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ปิเปตมา 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวอลลูมเมตริกขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน ปิเปตมา 0, 2.0 ,4.0, 6.0, 8.0,10.0 และ 12.0 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวอลลูมเมตริกขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายแลนทานั่ม 5 % 10 มิลลิลิตร ทุกขวดเติมน้ำกลั่นให้ถึงขีดปริมาตร จะได้สารละลายมาตรฐานแคลเซียม 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 ไมโครกรัม/มิลลิลิตรตามลำดับ นำไปอ่านค่า % absorption จากเครื่องอะตอมมิคแอบซอร์พชั่น ที่ความยาวคลื่น 422.7 นาโนเมตร

<u>การคำนวณ</u>

1. เปลี่ยนค่า % absorption เป็น absorbance แล้วเอาค่า blank ไปลบออก

2. นำค่า absorbance ของสารละลายมาตรฐาน ไปทำ calibration curve คู่กับความเข้มข้นของแคลเซียม (ไมโครกรัม)

3. เปรียบเทียบค่า absorbance ของตัวอย่าง หาความเข้มข้นของแคลเซียมในตัวอย่างจาก calibration curve แล้วคำนวณหาค่าของกรดออกซาลิก จากสูตร

$$\text{กรดออกซาลิก (mg/100 g)} = \frac{\text{ppm แคลเซียม} \times (2.246/1{,}000 \times \text{Dilution} \times 100) \times (\text{น้ำหนักตัวอย่าง} + 150)}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง} \times 35}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

วิธีวิเคราะห์คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของผลิตภัณฑ์

ค.1 <u>ความถ่วงจำเพาะ</u>

วัดด้วยไฮโดรมิเตอร์ ที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส

ค.2 <u>ความเป็นกรด-ด่าง</u>

วัดด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

ค.3 <u>การเตรียมสารละลายตัวอย่าง</u>

ใช้ตัวอย่าง 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นเป็น 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ค.4 <u>วิธีวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด</u>

ให้ปฏิบัติตามวิธี A.O.A.C (1995) ข้อ 2.4.05 ดังรายละเอียดในวิธีวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (แสดงในภาคผนวก ก.) โดยใช้สารละลายตัวอย่างจากข้อ ค.3 ปริมาตร 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ค.5 <u>วิธีวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน</u>

ไนโตรเจนจากกรดอะมิโน คือ ผลต่างคิดเป็นกรัมในน้ำซอสปรุงรส 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร ระหว่างฟอร์มัลดิไฮด์ไนโตรเจน (formaldehyde nitrogen) กับ แอมโมเนียคัลไนโตรเจน (ammoniacal nitrogen)

ค.5.1 <u>ฟอร์มัลดิไฮด์ไนโตรเจน</u>

เครื่องมือ

เครื่องวัดความเป็นกรด -ด่าง

สารเคมี

(1) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

(2) สารละลายฟอร์มาลดิไฮดที่มีความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 9 (โดยการปรับความเป็นกรด - ด่างกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์)

วิธีวิเคราะห์

นำสารละลายตัวอย่างในข้อ ค.3 มา 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 7 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เติมสารละลายฟอร์มัลดิไฮด์ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จนได้ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 9

วิธีคำนวณ

ให้คำนวณฟอร์มัลดิไฮด์ไนโตรเจนจากสูตร

$$X = 14\ VM$$

เมื่อ X คือ ปริมาณของฟอร์มัลดิไฮด์ไนโตรเจน ในน้ำซอสปรุงรสตัวอย่าง 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร เป็นกรัม

V คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรตเป็นลูกบาศก์เดซิเมตร

M คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

ค.5.2 <u>วิธีวิเคราะห์แอมโมเนียคัลไนโตรเจน</u>

สารเคมี

(1) แมกนีเซียมออกไซด์

(2) กรดบอริก ร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก

(3) สารละลายกรดซัลฟูริก 0.05 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

(4) เมทิลเรด-โบรโมครีซอลกรีนอินดิเคเตอร์

วิธีวิเคราะห์

ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างจากข้อ ค.3 มา 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในขวดกลั่น เติมแมกนีเซียมออกไซด์ 3 กรัม และน้ำกลั่น 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วกลั่นแอมโมเนียที่เกิดขึ้นลงในขวดแก้วที่มีกรดบอริก 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร และเมทิลเรด-โบรโมครีซอลกรีนอินดิเคเตอร์ 6 ถึง 10 หยด จนกระทั่งปริมาตรของสารละลายในขวดกลั่นเหลือเพียง 1 ใน 4 ของปริมาตรเดิม ไทเทรตแอมโมเนียที่กลั่นได้ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกจนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเทา

วิธีคำนวณ

คำนวณหาแอมโมเนียคัลไนโตรเจน จากสูตร

$$Y = 5.6\ VM$$

เมื่อ Y คือ ปริมาณของแอมโมเนียคัลไนโตรเจนในน้ำซอลปรุงรสตัวอย่าง 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร เป็นกรัม

V คือ ปริมาตรของสารละลายกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไทเทรต เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

N คือ ความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริก เป็นโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

ค.6 <u>การวิเคราะห์ปริมาณเกลือ</u> (ดัดแปลงจากวิธีของ A.O.A.C. 1995)

สารเคมี

(1) สารละลายกรดไนตริก เข้มข้น 50% โดยปริมาตร

(2) สารละลายโพแทสเซียมไธโอไซยาเนต ความเข้มข้น 0.1 N.

(3) สารละลายซิลเวอร์ไนเตรต ความเข้มข้น 0.1 N.

(4) เฟอร์ริกอลัมอินดิเคเตอร์

วิธีวิเคราะห์

1. ใช้ตัวอย่าง 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นเป็น 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นใช้สารละลายตัวอย่าง 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ใน Eelenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต ความเข้มข้น 0.1N. ปริมาตรที่แน่นอนให้มากพอที่จะตกตะกอนคลอไรด์ทั้งหมดเป็น ซิลเวอร์คลอไรด์

2. เติมกรดไนตริก ความเข้มข้น 50% โดยปริมาตร 20 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดจนกระทั่งของแข็งอื่นที่ไม่ใช่ซิลเวอร์คลอไรด์ละลายหมด ใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที จากนั้นทำให้เย็น

3. เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร และเฟอร์ริกอลัมอินดิเคเตอร์ 5 หยด

4. ไทเทรตด้วยสารละลายโพแทสเซียมไธโอไซยาเนต ความเข้มข้น 0.1 N. จนกระทั่งสารละลายกลายเป็นสีน้ำตาลอ่อน

ปริมาตรของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรตที่ใช้จริง (มิลลิลิตร) = ปริมาตรของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต ที่เติมลงในตัวอย่าง – ปริมาตรของสารละลายโพแทสเซียมไธโอไซยาเนตที่ใช้ไตเตรท

1 มิลลิลิตร ของ 0.1 N. $AgNO_3$ = 0.58% NaCl

ค.7 <u>วิธีวิเคราะห์ระดับการย่อยสลายด้วยวิธี TCA Index</u> (Kim et al.,1990)

เครื่องมือ

เครื่องหมุนเหวี่ยง

เครื่องย่อยโปรตีน

เครื่องกลั่นโปรตีน

สารเคมี

(1) สารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติก ความเข้มข้น 10 % (TCA)

วิธีวิเคราะห์

1. ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ผสมกับ สารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติก ความเข้มข้น 10 % 10 มิลลิลิตร นำไปเหวี่ยงแยกที่ความเร็ว 3500 รอบ/นาที นาน 15 นาที

2. นำส่วนใสกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No. 1

3. วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่ละลายใน 10% TCA (soluble nitrogen) และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen) ด้วยวิธี Kjeldahl method (A.O.A.C, 1995)

วิธีคำนวณ

คำนวณระดับการย่อยสลายดังนี้

$$\text{ระดับการย่อยสลาย (ร้อยละ)} = \frac{\text{ไนโตรเจนที่ละลายใน 10 \%TCA} \times 100}{\text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด}}$$

ค.8 <u>การคำนวณร้อยละโปรตีนที่สกัดได้</u>

ปริมาณโปรตีนในโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด (กรัม) = XY x 6.25

เมื่อ X คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด (กรัมต่อลิตร)

Y คือ ปริมาณของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่ได้ (ลิตร)

ปริมาณโปรตีนในวัตถุดิบ (กรัม) = P x Q

เมื่อ P คือ ปริมาณโปรตีนในวัตถุดิบ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

Q คือ น้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ (กรัม)

$$\text{ร้อยละโปรตีนที่สกัดได้} = \frac{\text{ปริมาณโปรตีน (กรัม) ในโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด} \times 100}{\text{ปริมาณโปรตีน (กรัม) ในวัตถุดิบ}}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค. 9 **<u>การคำนวณร้อยละการลดลงของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร</u>**

$$X = \frac{(Y - Z) \times 100}{Y}$$

เมื่อ X คือ ร้อยละการลดลงของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร

Y คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตรของตัวอย่างก่อนการขจัดกลิ่น (dilution 1 ต่อ 19)

Z คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตรของตัวอย่างหลังการขจัดกลิ่น (dilution 1 ต่อ 19)

ค.10 **<u>การคำนวณร้อยละการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด</u>**

$$X = \frac{(Y - Z) \times 100}{Y}$$

เมื่อ X คือ ร้อยละการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

Y คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (กรัมต่อลิตร) ของตัวอย่างก่อนการขจัดกลิ่น

Z คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (กรัมต่อลิตร) ของตัวอย่างหลังการขจัดกลิ่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน

ง.1 การวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนโดยวิธี AccQ.Tag (วิธีของ WATERS)

เป็นวิธีใหม่ที่ Waters พัฒนาขึ้น ซึ่งแต่เดิมใช้สารเคมีทำอนุพันธ์กับกรดอะมิโนแบบ pre-column ก่อนฉีดตัวอย่างเข้าสู่ separating column แล้วถูกตรวจวัดสัญญาณ (sensitivity) ของแต่ละอนุพันธ์กรดอะมิโนด้วยเครื่องตรวจวัดสัญญาณ (detector) สารเคมีที่มักนำมาทำอนุพันธ์กับกรดอะมิโน เช่น OPA (orthophthaldehyde), FMOC-Cl (fluorenyl methyl chloroformate) หรือ PITC (phenylisothiocyanate) แต่อย่างไรก็ตามการทำอนุพันธ์กรดอะมิโนด้วยสารเคมี ดังกล่าว อนุพันธ์ที่ได้มักไม่เสถียร สารเคมีทำปฏิกิริยาเฉพาะ single amino acid เท่านั้น หรือถูกรบกวนจากสารเคมีที่มากเกิน ทำให้เกิดการปนเปื้อน (peak intefere) นอกจากนี้ยังพบอีกว่า เมื่อทำอนุพันธ์แล้วนำมาวิเคราะห์ใหม่ในแต่ละครั้ง ปริมาณที่วัดได้มักไม่เท่าเดิม จึงทำให้ความเชื่อถือในการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนด้วยวิธีการทำอนุพันธ์ดังกล่าวได้รับความนิยมลดลง

วิธีใหม่ที่ทาง Waters พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวคือ วิธี AccQ.Tag ซึ่งเป็นการทำอนุพันธ์กรดอะมิโนด้วยวิธี pre-column เช่นกัน ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย สะดวกและใช้สารเคมีน้อย

สารเคมีที่ใช้คือ AQC (AccQ-fluor reagent) มีชื่อทางเคมีคือ 6-amino quinolyl-N-hydroxy succinimidyl carbamate) ซึ่งเป็นสารเคมีที่ทำอนุพันธ์กับ primary และ secondary amino acid ได้เป็นอนุพันธ์ของกรดอะมิโนที่มีความเสถียร สามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องได้นานเป็นอาทิตย์ และสามารถแยกได้ง่ายด้วย reverse phase HPLC system โดยใช้ column ที่ Waters พัฒนาขึ้น อนุพันธ์ที่แยกได้สามารถตรวจวัดด้วย fluorescent detector ที่ 395 นาโนเมตรได้ดี นอกจากนี้สาร AQC. ที่มากเกินพอในการทำอนุพันธ์จะถูก hydrolyse ด้วย H_2O กลายเป็นสาร AMQ (aminoquinoline) ซึ่งถูกตรวจวัดได้น้อยด้วย fluorescent detector ที่ 395 นาโนเมตร จึงทำให้ไม่ถูก interfere ด้วยสาร AQC. ที่มากเกินพอ

อุปกรณ์

1. Waters AccQ. Tag amino acid analysis column ทำหน้าที่แยกอนุพันธ์ของกรดอะมิโน ซึ่ง column ที่ใช้เป็นแบบ Nova-Pak™ C18, 4 ไมโครเมตร

2. Waters AccQ. Tag Eluent A. Concentrate ใช้ทำ gradient mobile phase

3. Waters amino acid hydrolysate standard 1 ml ampoules ใน 1 ชุดมี 10 ampoules ในแต่ละ ampoules ประกอบด้วย

- 2.5 mM, 17 hydrolysate amino acid
- 1.25 mM, Cystine

4. 6 x 50 mm. sample tubes สำหรับใช้ในการเตรียมตัวอย่างและสารมาตรฐาน
5. Waters AccQ. fluor reagent kit ใน 1 ชุด ประกอบด้วยอย่างละ 5 ขวด ของ
   - Waters AccQ. fluor borate buffer (1)
   - Waters AccQ. fluor reagent powder (2A) เป็นผง
   - Waters AccQ. fluor reagent diluent (2B)

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียม AQC. reagent เพื่อทำอนุพันธ์

ใช้ 1 ml ของ Waters AccQ. fluor reagent diluent (2B) ใส่ลงใน (2A) ปิดฝาเขย่า 10 วินาที และให้ความร้อน 55°C จนผงใน (2A) ละลายหมด ระวังอย่าให้ความร้อนนานเกิน 10 นาที เมื่อเตรียมเสร็จเก็บไว้ใน dessicator ที่อุณหภูมิห้อง ได้นาน 1 อาทิตย์

2. การเตรียมสารมาตรฐานและอนุพันธ์ของสารมาตรฐาน

2.1 การเตรียมสารมาตรฐาน

(1) การเตรียมสารมาตรฐานแบบไม่มี internal standard (external) ใช้ amino acid hydrolysate standard ปริมาตร 40 μl กับ Milli-Q water 960 μl เก็บที่อุณหภูมิ –20°C ได้นาน 1 เดือน

สารมาตรฐานที่เตรียมได้จะประกอบด้วย 100 pmol/μl ของแต่ละชนิดกรดอะมิโน และ 50 pmol/μl ของ cystine

(2) การเตรียมสารมาตรฐานแบบ internal standard ใส่ amino acid hydrolysate standard 40 μl และ internal standard stock solution 40 μl (ละลาย 2–amino butyric acid 6.45 mg ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 M 25 ml เก็บที่อุณหภูมิ –20°C ได้ นาน 6 เดือน) จากนั้นเติม Milli–Q H_2O ลงไป 920 μl

สารมาตรฐานที่เตรียมได้จะประกอบด้วย 100 pmol/μl ของแต่ละชนิดกรดอะมิโนและ 50 pmol/μl ของ cystine และ internal standard 100 pmol/μl

2.2 การเตรียมอนุพันธ์ของสารมาตรฐาน

(1) ใส่สารมาตรฐาน 10 μl ที่เตรียมไว้ใน sample tube ขนาด 6 X 50 mm.

(2) ใส่ AccQ. fluor borate buffer ปริมาณ 70 μl. ของ

(3) ใส่ AQC. reagent ที่เตรียมไว้ 20 μl

(4) วางที่อุณภูมิห้อง 1 นาที ก่อนนำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 55° C เป็นเวลา 10 นาที หรือ 40°C ใน autosampler เป็น เวลา 15 นาที ก็ได้

3. การเตรียมตัวอย่างและอนุพันธ์ของตัวอย่าง

ตัวอย่างจะต้อง hydrolyse ด้วย pico-tag workstation หรือ กรดไฮโดรคลอริก หรือ กรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 6 นอร์มอล ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.1 การเตรียมตัวอย่าง

(1) การเตรียมตัวอย่างแบบไม่มี internal standard (external) ใส่สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 20 mM ปริมาณ 20 μl (เตรียมจาก constant-boiling HCl 10 μl ใน 3 ml Milli-Q H_2O) ในตัวอย่าง

(2) การเตรียมสารมาตรฐานแบบ internal standard ใส่ internal standard stock ปริมาณ 20 μl ที่เตรียมไว้ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 20 mM ปริมาณ 980 μl จากนั้นใส่สารมาตรฐานแบบ internal standard ปริมาณ 20 μl ในตัวอย่าง

3.2 การเตรียมอนุพันธ์ของตัวอย่าง

(1) ใส่ AccQ. fluor borate ปริมาณ 60 μl ลงในตัวอย่างที่เตรียมไว้จากนั้นเขย่าให้เข้ากัน

(2) ใส่ AQC. reagent ที่เตรียมไว้ 20 μl ของ เขย่าทันทีเป็นเวลา 10 วินาที

(3) ทิ้งไว้ 1 นาที เพื่อรอให้ AQC. ที่มากเกินพอถูก hydrolyse ด้วย H_2O ไปเป็น AMQ.

(4) นำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 10 นาที หรือที่ 40°C ใน autosampler เป็นเวลา 15 นาที

3.3 การแยกอนุพันธ์ของกรดอะมิโนด้วยระบบ HPLC

ประกอบด้วย

(1) pump ใช้เป็นแบบ gradient ได้ ทำหน้าที่ขับดัน mobile phase เข้ารวมกับตัวอย่างเพื่อพาตัวอย่างเข้าสู่ separating column

- mobile phase ใช้ 3 ชนิด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก. eluent A (เตรียมโดยใช้ AccQ. Tag eluent concentrate 200 มิลลิลิตร ในน้ำ Milli-Q 2 ลิตร และสามารถเก็บไว้ที่ 4°C เป็นเวลานาน ถึง 1 เดือน)

ข. eluent B - HPLC grade acetonitrile

ค. eluent C - HPLC Milli- Q water

ตามวิธีของ AccQ. Tag ใช้เวลาในการวิเคราะห์ตัวอย่าง 45-50 นาที

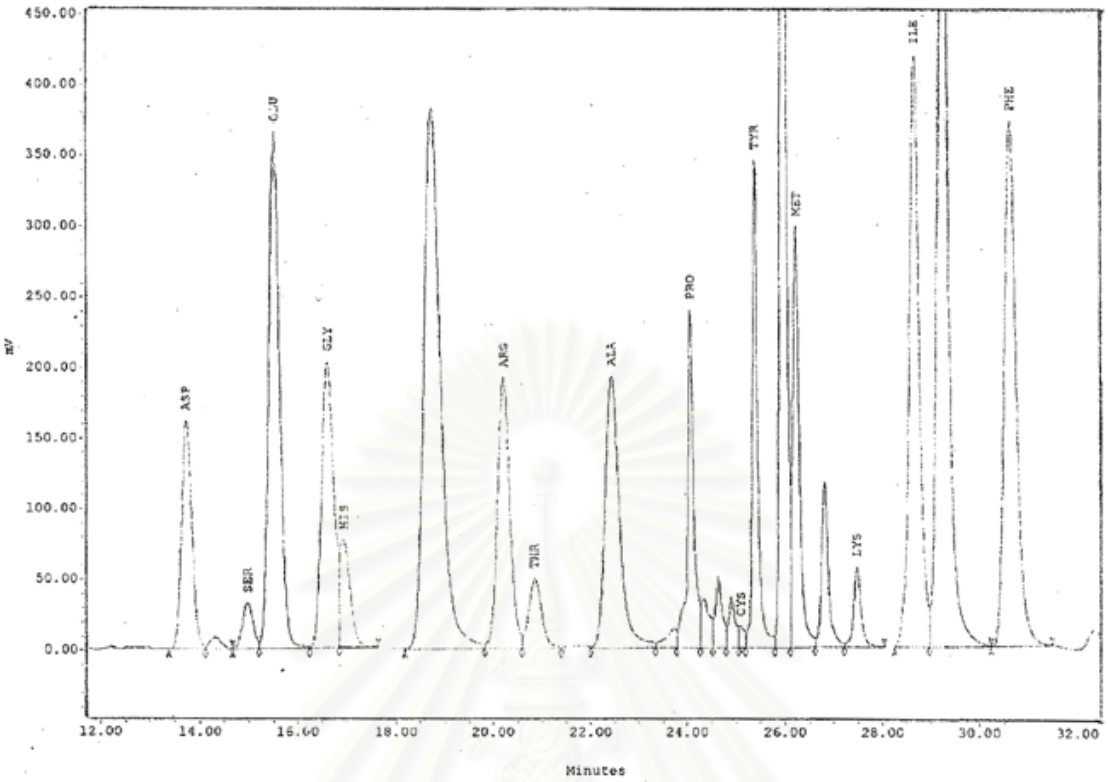
(2) เครื่องฉีดตัวอย่างอัตโนมัติ สามารถฉีดตัวอย่างได้แม่นยำ ไม่เกิดความคลาดเคลื่อน และทำอนุพันธ์ของกรดอะมิโนได้อย่างอัตโนมัติอีกด้วย

(3) separating column เป็น column ที่ใช้สำหรับ AccQ. Tag โดยเฉพาะ ทำให้การแยกอนุพันธ์ของกรดอะมิโนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยปกติอุณหภูมิของ column ที่ใช้คือ 37°C

(4) detector ใช้ fluorescent detector ที่ความยาวคลื่น 395 นาโนเมตร หรือใช้ UV/VIS detector ที่ 254 นาโนเมตร ก็ได้

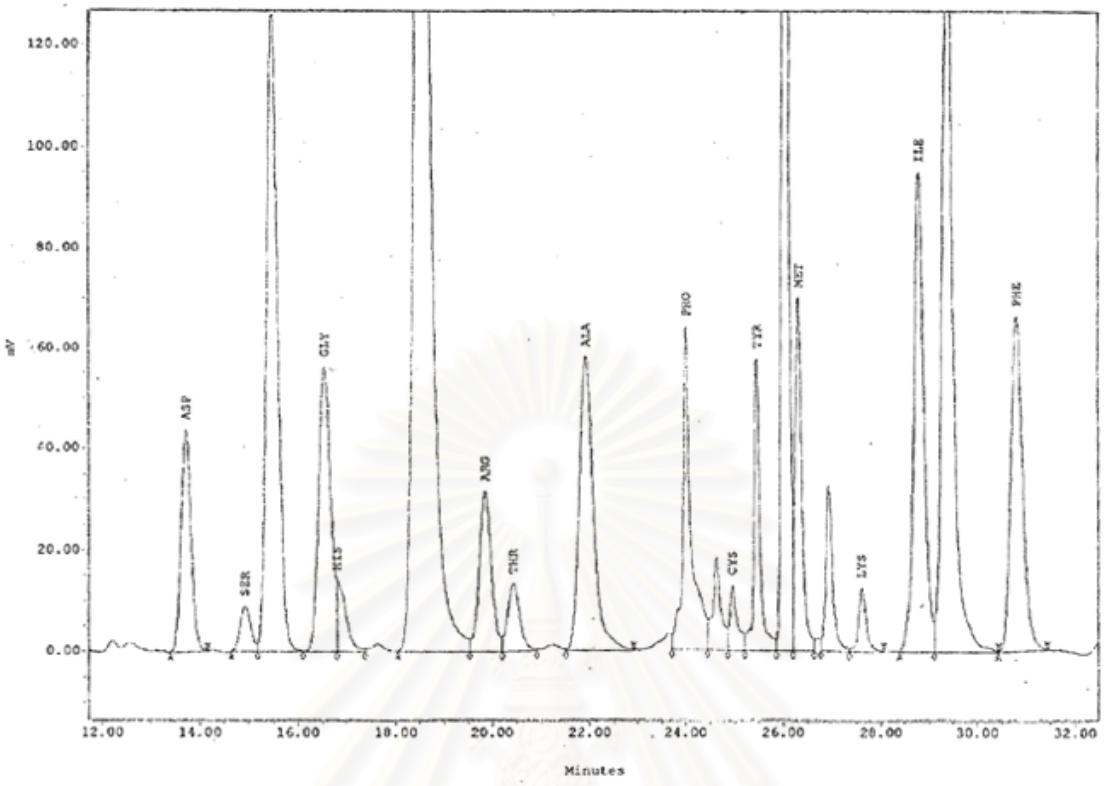
(5) เครื่องประมวลผล จะรับสัญญาณจาก detector แบบ analog และแปลงมาเป็น digital และประมวลผลออกในเชิงปริมาณของ amino acid ที่แยกได้แต่ละชนิด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



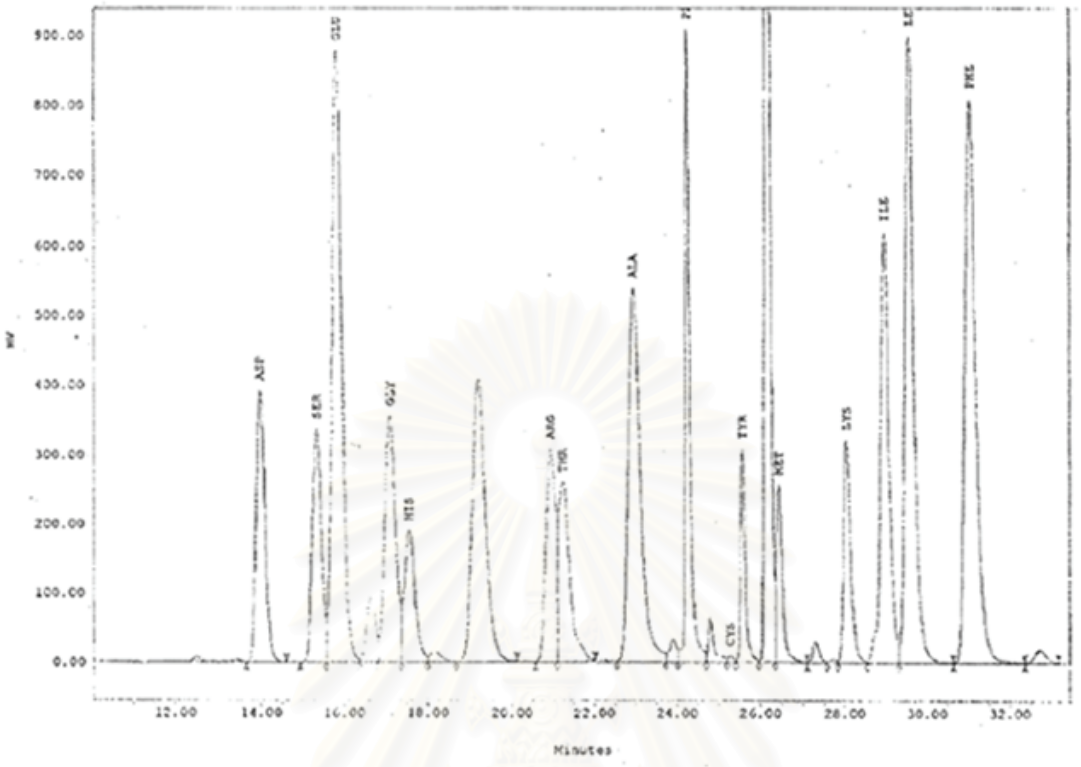
ภาพ ง.1 โครมาโตแกรมของกรดอะมิโนในโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพ ง.2 โครมาโตแกรมของกรดอะมิโนในโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพ ง.3 โครมาโตแกรมของกรดอะมิโนในน้ำซอสปรุงรสฝาเขียวตราภูเขาทอง ผลิตโดย บริษัทไทยเทพรสผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางที่ จ.1 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดงาที่ pH 10 เมื่อศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างกากเมล็ดต่อน้ำและเวลาในการสกัด

Source Of Variation (SOV)	d.f.	MS	F-ratio
อัตราส่วนระหว่างกากเมล็ดงาต่อน้ำ (A)	2	419.07	6734.65*
เวลาในการสกัด (B)	2	10.00	160.66*
AB	4	83.04	1334.47*
Error	18	0.06	
Total	27		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.2 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของคุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษาผลของอัตราส่วนโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือ

คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี	SOV	d.f.	MS	F-ratio
ความถ่วงจำเพาะ	Treatment	2	9.11×10^{-4}	762.77*
	Error	9	1.19×10^{-6}	
	Total	11		
ความเป็นกรด-ด่าง	Treatment	2	4.60×10^{-2}	182.01*
	Error	9	2.52×10^{-4}	
	Total	11		
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	Treatment	2	102.204	123467.39*
	Error	9	8.27×10^{-4}	
	Total	11		
ปริมาณฟอร์มัลดิไฮด์ไนโตรเจน	Treatment	2	74.36	1291.37*
	Error	9	5.78×10^{-2}	
	Total	11		
ปริมาณแอมโมเนียคัลไนโตรเจน	Treatment	2	0.907	6404.29*
	Error	9	1.42×10^{-4}	
	Total	11		
ปริมาณไนโตรเจนจากกรดอะมิโน	Treatment	2	59.21	1091.50*
	Error	9	5.43×10^{-2}	
	Total	11		
ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์	Treatment	2	953.01	542.19*
	Error	9	1.76×10^{-2}	
	Total	11		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ จ.3 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณผลผลิต ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ และระดับการย่อยสลายของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษาผลของอัตราส่วนโปรตีนเมล็ดงาต่อกรดเกลือ

	SOV	d.f.	MS	F-ratio
ปริมาณผลผลิต	Treatment	2	105.42	1418.11*
	Error	9	7.43×10^{-2}	
	Total	11		
ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้	Treatment	2	52.16	974.74*
	Error	9	5.35×10^{-2}	
	Total	11		
ระดับการย่อยสลาย	Treatment	2	79.99	80883.81*
	Error	9	9.89×10^{-4}	
	Total	11		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.4 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของคุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลา

คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี	SOV	d.f.	MS	F-ratio
ความถ่วงจำเพาะ	A : ความเข้มข้น	2	5.92×10^{-4}	35.54*
	B : เวลา	2	5.18×10^{-4}	31.10*
	AB	4	1.21×10^{-4}	7.29*
	Error	9		
	Total	18		
ความเป็นกรด-ด่าง	A : ความเข้มข้น	2	5.75×10^{-2}	159.31*
	B : เวลา	2	5.18×10^{-2}	143.40*
	AB	4	1.10×10^{-2}	30.45*
	Error	9	3.61×10^{-4}	
	Total	18		
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	A : ความเข้มข้น	2	5.20	243.18*
	B : เวลา	2	23.47	1098.19*
	AB	4	0.97	45.43*
	Error	9	2.14×10^{-4}	
	Total	18		
ปริมาณฟอร์มัลดิไฮด์ไนโตรเจน	A : ความเข้มข้น	2	89.01	628.58*
	B : เวลา	2	25.89	182.85*
	AB	4	7.05	49.75*
	Error	9	0.14	
	Total	18		
ปริมาณแอมโมเนียคัลไนโตรเจน	A : ความเข้มข้น	2	0.92	503.60*
	B : เวลา	2	0.82	446.99*
	AB	4	1.87×10^{-2}	10.16*
	Error	9	1.84×10^{-3}	
	Total	18		
เกลือโซเดียมคลอไรด์	A : ความเข้มข้น	2	1253.01	4346.52*
	B : เวลา	2	2574.90	8932.00*
	AB	4	33.29	115.49*
	Error	9	0.28	
	Total	18		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.5 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณผลผลิต ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ และระดับการย่อยสลายโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดเกลือและเวลา

คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี	SOV	d.f.	MS	F-ratio
ปริมาณผลผลิต	A : ความเข้มข้น	2	13.63	10.56*
	B : เวลา	2	132.63	102.72*
	AB	4	1.58	1.22^{ns}
	Error	9	1.30	
	Total	18		
ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้	A : ความเข้มข้น	2	70.40	44.71*
	B : เวลา	2	415.97	264.20*
	AB	4	12.08	7.67*
	Error	9	1.57	
	Total	18		
ระดับการย่อยสลาย	A : ความเข้มข้น	2	36.67	296.39*
	B : เวลา	2	2680.20	21666.03*
	AB	4	4.47	36.18*
	Error	9		
	Total	18		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.6 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เมื่อศึกษาผลของผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น

ค่าสี	SOV	d.f.	MS	F-ratio
ค่า L	A : %Carbon	2	1.56×10^{-2}	351.50*
	B : เวลา	1	2.22×10^{-5}	0.50^{ns}
	AB	2	4.95×10^{-3}	111.50*
	Error	12	4.44×10^{-5}	
	Total	18		
ค่า a	A : %Carbon	2	8.17×10^{-2}	30.72*
	B : เวลา	1	1.03×10^{-2}	3.86^{ns}
	AB	2	4.40×10^{-2}	16.56*
	Error	12	2.66×10^{-3}	
	Total	18		
ค่า b	A : %Carbon	2	2.45×10^{-2}	19.12*
	B : เวลา	1	2.45×10^{-3}	1.91^{ns}
	AB	2	3.95×10^{-3}	3.07^{ns}
	Error	12	1.28×10^{-3}	
	Total	18		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.7 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของร้อยละการลดลงของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร และร้อยละการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษาผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น

	SOV	d.f.	MS	F-ratio
ร้อยละการลดลงของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร	A : %Carbon	2	2057.95	4857.18*
	B : เวลา	1	305.78	32689.05*
	AB	2	47.52	754.77*
	Error	12	6.29×10^{-2}	
	Total	18		
ร้อยละการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	A : %Carbon	2	12.34	53.65*
	B : เวลา	1	45.50	197.94*
	AB	2	10.87	47.26*
	Error	12	0.23	
	Total	18		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.8 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษาผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น

ลักษณะ	SOV	d.f.	MS	F-ratio
ความใส	A : %Carbon	2	2.63	1.39^{ns}
	B : เวลา	1	14.22	7.51*
	AB	2	1.85	0.98^{ns}
	Block	11	14.24	7.52 *
	Error	55	1.89	
	Total	72		
สี	A : %Carbon	2	1.54	1.05^{ns}
	B : เวลา	1	8.00	5.49*
	AB	2	1.54	1.05^{ns}
	Block	11	12.33	8.46 *
	Error	55	1.45	
	Total	72		
กลิ่น	A : %Carbon	2	48.67	3.34*
	B : เวลา	1	1.69	0.11^{ns}
	AB	2	17.58	1.21^{ns}
	Block	11	158.27	10.89*
	Error	55	14.53	
	Total	72		
รสแปลกปลอม	A : %Carbon	2	6.60	3.66 *
	B : เวลา	1	0.50	0.27^{ns}
	AB	2	1.29	0.72^{ns}
	Block	11	1.78	3.50*
	Error	55		
	Total	72		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.8 (ต่อ) ค่าความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษาผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น

ลักษณะ	SOV	d.f.	MS	F-ratio
รสเค็ม	A : %Carbon	2	4.22	1.92^{ns}
	B : เวลา	1	1.68	0.76^{ns}
	AB	2	0.72	0.32^{ns}
	Block	11	15.40	6.98*
	Error	55	2.21	
	Total	72		
รสหวาน	A : %Carbon	2	0.38	0.18^{ns}
	B : เวลา	1	5.5	2.73^{ns}
	AB	2	0.26	0.13^{ns}
	Block	11	24.07	11.84*
	Error	55	2.03	
	Total	72		
รสอูมามิ	A : %Carbon	2	23.60	2.65^{ns}
	B : เวลา	1	3.55	0.40^{ns}
	AB	2	1.35	0.15^{ns}
	Block	11	110.45	12.39*
	Error	55	8.91	
	Total	72		
รสชาติรวม	A : %Carbon	2	94.60	3.43*
	B : เวลา	1	39.01	1.41^{ns}
	AB	2	4.18	0.15^{ns}
	Block	11	245.60	8.89*
	Error	55	27.62	
	Total	72		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คะแนนรวม	A : %Carbon	2	460.29	5.52*
	B : เวลา	1	107.55	1.29 ns
	AB	2	12.76	0.15 ns
	Block	11	578.13	6.93 *
	Error	55	83.42	
	Total	72		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.9 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด เมื่อศึกษาผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น

ลักษณะ	SOV	d.f.	MS	F-ratio
ความใส	A : %Carbon	2	0.50	1.27^{ns}
	B : เวลา	1	2.17	0.32^{ns}
	AB	2	1.79	5.49*
	Block	11	0.40	4.54*
	Error	55		
	Total	72		
สี	A : %Carbon	2	4.17×10^{-2}	0.33^{ns}
	B : เวลา	1	1.39×10^{-2}	0.11^{ns}
	AB	2	0.43	3.44*
	Block	11	1.82	14.57*
	Error	55	0.13	
	Total	72		
กลิ่น	A : %Carbon	2	0.72	2.06^{ns}
	B : เวลา	1	1.39×10^{-2}	0.04^{ns}
	AB	2	0.39	1.11^{ns}
	Block	11	0.62	1.77^{ns}
	Error	55	0.35	
	Total	72		
รสชาติรวม	A : %Carbon	2	1.39×10^{-2}	0.03^{ns}
	B : เวลา	1	0.50^{ns}	1.19^{ns}
	AB	2	1.54	3.67*
	Block	11	1.26	3.02*
	Error	55	0.42	
	Total	72		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ จ.10 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส ที่ปรับปรุงรสชาติโดยใช้น้ำตาลทรายในระดับต่างกัน

	SOV	d.f.	MS	F-ratio
ความใส	Treatment	3	$2.78x10^{-2}$	0.05^{ns}
	Block	11	2.21	4.30*
	Error	33	0.51	
	Total	48		
สี	Treatment	3	1.69	2.21^{ns}
	Block	11	0.98	1.28^{ns}
	Error	33	0.76	
	Total	48		
กลิ่น	Treatment	3	10.72	2.62^{ns}
	Block	11	21.20	5.17*
	Error	33	4.10	
	Total	48		
รสแปลกปลอม	Treatment	3	0.14	0.46^{ns}
	Block	11	0.49	1.61^{ns}
	Error	33	0.31	
	Total	48		
รสเค็ม	Treatment	3	0.24	0.94^{ns}
	Block	11	0.48	1.84^{ns}
	Error	33	0.26	
	Total	48		
รสหวาน	Treatment	3	0.24	1.23^{ns}
	Block	11	0.43	2.18*
	Error	33	0.20	
	Total	48		
รสอูมามิ	Treatment	3	0.19	0.31^{ns}
	Block	11	5.61	9.17*
	Error	33	0.61	

	Total	48		
รสชาติรวม	Treatment	3	0.30	0.22^{ns}
	Block	11	3.57	2.57*
	Error	33	1.40	
	Total	48		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.10 (ต่อ) ค่าความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส ที่ปรับปรุงรสชาติโดยใช้น้ำตาลทรายในระดับต่างกัน

	SOV	d.f.	MS	F-ratio
คะแนนรวม	Treatment	3	21.50	3.31*
	Block	11	43.52	6.70*
	Error	33	6.50	
	Total	48		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.11 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส ที่ปรับปรุงรสชาติโดยใช้น้ำตาลทรายในระดับต่างกัน

	SOV	d.f.	MS	F-ratio
ความใส	Treatment	3	0.24	2.66^{ns}
	Block	11	0.73	8.01*
	Error	33	9.15×10^{-2}	
	Total	48		
สี	Treatment	3	2.08×10^{-3}	0.25^{ns}
	Block	11	0.84	10.30*
	Error	33	8.14×10^{-2}	
	Total	48		
กลิ่น	Treatment	3	2.77×10^{-2}	0.16^{ns}
	Block	11	0.35	1.98^{ns}
	Error	33	0.18	
	Total	48		
รสชาติรวม	Treatment	3	0.13	0.59^{ns}
	Block	11	0.37	1.66^{ns}
	Error	33	0.22	
	Total	48		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.12 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของคุณภาพทางฟิสิกส์และทางเคมีของน้ำซอสปรุงรสเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 เดือน

คุณภาพทางฟิสิกส์และทางเคมี	SOV	d.f.	MS	F-ratio
ความถ่วงจำเพาะ	Treatment	4	7.33×10^{-7}	1.22^{ns}
	Error	10	6.00×10^{-7}	
	Total	14		
ความเป็นกรด-ด่าง	Treatment	4	3.77×10^{-4}	1.53^{ns}
	Error	10	2.46×10^{-4}	
	Total	14		
ไนโตรเจนทั้งหมด	Treatment	4	1.77×10^{-4}	0.70^{ns}
	Error	10	2.46×10^{-4}	
	Total	14		
ไนโตรเจนจากกรดอะมิโน	Treatment	4	9.93×10^{-4}	1.20^{ns}
	Error	10	8.27×10^{-4}	
	Total	14		
โซเดียมคลอไรด์	Treatment	4	5.98×10^{-3}	0.47^{ns}
	Error	10	1.27×10^{-2}	
	Total	14		

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.13 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสที่ระยะเวลาการเก็บต่างกัน

ลักษณะ	SOV	d.f.	MS	F-ratio
ความใส	Treatment	4	0.13	0.42^{ns}
	Block	11	$8.94x10^{-2}$	0.30^{ns}
	Error	44	0.30	
	Total	60		
สี	Treatment	4	0.15	0.67^{ns}
	Block	11	0.58	2.63^{ns}
	Error	44	0.22	
	Total	60		
กลิ่น	Treatment	4	0.23	0.34^{ns}
	Block	11	0.94	1.34^{ns}
	Error	44	0.70	
	Total	60		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.13 (ต่อ) ค่าความแปรปรวนทางสถิติของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสที่ระยะเวลาการเก็บต่างกัน

ลักษณะ	SOV	d.f.	MS	F-ratio
รสแปลกปลอม	Treatment	4	6.66×10^{-2}	0.22^{ns}
	Block	11	0.30	0.98^{ns}
	Error	44	0.30	
	Total	60		
รสเค็ม	Treatment	4	0.30	1.10^{ns}
	Block	11	0.12	0.45^{ns}
	Error	44	0.28	
	Total	60		
รสหวาน	Treatment	4	0.21	0.57^{ns}
	Block	11	0.34	0.94^{ns}
	Error	44	0.36	
	Total	60		
รสอูมามิ	Treatment	4	0.69	1.43^{ns}
	Block	11	0.56	1.17^{ns}
	Error	44	0.48	
	Total	60		
รสชาติรวม	Treatment	4	0.52	0.39^{ns}
	Block	11	1.24	0.94^{ns}
	Error	44	1.32	
	Total	60		
คะแนนรวม	Treatment	4	0.79	0.36^{ns}
	Block	11	3.43	1.57^{ns}
	Error	44	2.18	
	Total	60		

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.14 ค่าความแปรปรวนทางสถิติของระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสที่ระยะเวลาการเก็บต่างกัน

ลักษณะ	SOV	d.f.	MS	F-ratio
ความใส	Treatment	4	1.67×10^{-2}	0.12^{ns}
	Block	11	0.39	2.74^{ns}
	Error	44	0.14	
	Total	60		
สี	Treatment	4	0.22	1.58^{ns}
	Block	11	0.13	0.90^{ns}
	Error	44	0.14	
	Total	60		
กลิ่น	Treatment	4	1.67×10^{-2}	0.08^{ns}
	Block	11	0.27	1.34^{ns}
	Error	44	0.20	
	Total	60		
รสชาติรวม	Treatment	4	0.08	0.39^{ns}
	Block	11	0.15	0.71^{ns}
	Error	44	0.21	
	Total	60		

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ
ตารางแสดงระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ ฉ.1 ระดับการยอมรับของ ความใส สี กลิ่น และรสชาติของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดที่ขจัดกลิ่นด้วยการดูดซับด้วยคาร์บอนกัมมันต์ เมื่อศึกษาผลของปริมาณคาร์บอนกัมมันต์และเวลาที่ใช้ในการขจัดกลิ่น

ลักษณะ	ระดับการยอมรับเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	เวลา 1 ชั่วโมง			เวลา 2 ชั่วโมง		
	ปริมาณคาร์บอนกัมมันต์			ปริมาณคาร์บอนกัมมันต์		
	0.1%	0.5%	1.0%	0.1%	0.5%	1.0%
ความใส	2.83±0.94 bc	3.42±0.51 a	2.75±1.06 bc	3.25±0.62 ab	2.67±0.78 b	2.83±0.72 bc
สี	3.08±0.67 b	3.42±0.51 a	3.17±0.83 ab	3.25±0.62 ab	3.08±0.67 b	3.25±0.45 ab
กลิ่น	2.58±0.79 b	3.17±0.39 a	2.92±0.51 ab	2.83±0.72 ab	2.92±0.67 ab	3.00±0.60 ab
รสชาติ	2.58±0.79 b	3.00±0.60 a	2.58±0.79 ab	2.75±0.62 ab	2.25±0.62 ab	2.67±0.98 ab
รวม						

a, b, c… ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวในแนวนอนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ. 2 ระดับการยอมรับของ ความใส สี กลิ่น และรสชาติของโปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรดและโปรตีนถั่วเหลืองย่อยด้วยกรดที่เตรียมโดยใช้น้ำตาลทรายปรับปรุงรสชาติในระดับต่างกัน

ลักษณะ	ระดับการยอมรับเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	โปรตีนเมล็ดงาย่อยด้วยกรด		โปรตีนถั่วเหลืองย่อยด้วยกรด	
	น้ำตาล 3%	น้ำตาล 5%	น้ำตาล 3%	น้ำตาล 5%
ความใส	3.25 ± 0.45^{a}	3.58 ± 0.51^{a}	3.42 ± 0.51^{ab}	3.50 ± 0.52^{ab}
สี	3.50 ± 0.52^{a}	3.50 ± 0.52^{a}	3.58 ± 0.51^{a}	3.50 ± 0.52^{a}
กลิ่น	3.33 ± 0.49^{a}	3.25 ± 0.45^{a}	3.25 ± 0.45^{a}	3.29 ± 0.49^{a}
รสชาติรวม	3.42 ± 0.51^{a}	3.58 ± 0.51^{a}	3.33 ± 0.49^{a}	3.42 ± 0.51^{a}

a,b ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันจากแถวในแนวนอนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ. 3 ระดับการยอมรับของ ความใส สี กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสที่ระยะเวลาการเก็บต่างกัน

ลักษณะ	ระดับการยอมรับเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	เวลา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ความใส	3.83±0.39[a]	3.75±0.45[a]	3.75±0.45[a]	3.75±0.45[a]	3.75±0.45[a]
สี	3.92±029[a]	3.62±0.49[a]	3.75±0.45[a]	3.92±0.29[a]	3.92±0.29[a]
กลิ่น	3.75±0.45[a]	3.67±0.49[a]	3.75±0.45[a]	3.75±0.45[a]	3.75±0.45[a]
รสชาติรวม	3.83±0.39[a]	3.67±0.49[a]	3.83±0.39[a]	3.67±0.49[a]	3.75±0.45[a]

ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับเหมือนกันจากแถวในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช
ตัวอย่างการคำนวณค่าปริมาณโปรตีนที่สกัดได้

ตัวอย่าง

กากเมล็ดงามีโปรตีน 48.26% ดังนั้นกากเมล็ดงา 5 กรัม มีปริมาณโปรตีนคิดเป็น 2.41 กรัม (5×48.26/100)

จากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ในสารละลายโปรตีน (ส่วนใส) มีโปรตีน 0.61% ได้สารละลายโปรตีนที่สกัดได้ มีปริมาณ 182.95 กรัม คิดเป็นปริมาณ 1.12 กรัม (182.95×0.61/100) ดังนั้นจะได้

$$\text{ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (\% Protein Extracted)} = \frac{\text{ปริมาณโปรตีนในสารละลาย}}{\text{ปริมาณโปรตีนที่มีในวัตถุดิบ}} \times 100$$

ดังนั้น

$$\text{ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (\% Protein Extracted)} = \frac{1.12}{2.41} \times 100 = 46.47\ \%$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ซ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ซ.1 <u>แบบประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส</u>

วันที่.....ชื่อผู้ทดสอบ.....

เพศ.....

โปรดพิจารณาลักษณะและชิมผลิตภัณฑ์ที่ให้ แล้วให้คะแนนตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ ซึ่งตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ระดับของการยอมรับ 1-5 เป็นดังนี้

1 = ยังใช้ไม่ได้ 2 = เกือบใช้ได้ 3 = ยอมรับได้ 4 = คุณภาพดี 5 = คุณภาพดีมาก

คุณภาพ	ลักษณะ			
ความใส	ขุ่น (1-2 คะแนน)			
	ใส, มีตะกอน (3-4 คะแนน)			
	ใส, ไม่มีตะกอน (5-10 คะแนน)			
	ระดับการยอมรับ (1-5)			
สี	สีดำ (1 คะแนน)			
	สีน้ำตาลอมเหลือง (2-4 คะแนน)			
	สีน้ำตาลอมแดง (5-7 คะแนน)			
	สีน้ำตาลเข้ม (8-10 คะแนน)			
	ระดับการยอมรับ (1-5)			
กลิ่น	มีกลิ่นแปลกปลอมมาก เช่น กลิ่นสารเคมี กลิ่นเน่า กลิ่นเหม็นเปรี้ยว (0-5 คะแนน)			
	มีกลิ่นหอมเล็กน้อย แต่มีกลิ่นแปลกปลอม (6-10 คะแนน)			
	มีกลิ่นหอมเล็กน้อย แต่ไม่มีกลิ่นแปลกปลอม (11-15 คะแนน)			
	มีกลิ่นหอมดี ไม่มีกลิ่นแปลกปลอมอื่นใด (16-20 คะแนน)			
	มีกลิ่นหอมดีมาก (21-25 คะแนน)			
	มีกลิ่นหอมดีมากเป็นพิเศษตามลักษณะเฉพาะของน้ำซอสปรุงรส (26-30 คะแนน)			
	ระดับการยอมรับ (1-5)			

รสชาติ	1. รสแปลกปลอมต่างจากรสชาติของน้ำซอสปรุงรส เช่น รสขม - รสแปลกปลอมมาก (1-4 คะแนน)			
	- รสแปลกปลอมแต่ยังเป็นที่ยอมรับ (5-7 คะแนน)			
	- ไม่มีรสแปลกปลอม (8-10 คะแนน)			
	2. รสเค็ม - รสเค็มน้อยหรือมากเกินไป (1-4 คะแนน) น้อยไป			
	มากไป			
	- รสเค็มพอเหมาะ (5-10 คะแนน)			

คุณภาพ	ลักษณะ			
รสชาติ	3. รสหวานของน้ำตาล - รสหวานน้อยหรือมากไป (1-4 คะแนน)			
	น้อยไป			
	มากไป			
	- รสหวานพอเหมาะ (5-10 คะแนน)			
	4. รสอูมามิ - รสอูมามิน้อยหรือมากไป (1-10 คะแนน)			
	น้อยไป			
	มากไป			
	- รสอูมามิพอเหมาะ (11-20 คะแนน)			
	ระดับการยอมรับ (1-5)			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

ซ.2 <u>แบบทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์</u>

แบบสอบถามนี้มีจุดประสงค์เพื่อทดสอบระดับการยอมรับผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสที่พัฒนาขึ้นมา โปรดชิมผลิตภัณฑ์ที่จัดให้ แล้วให้คะแนนความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ตามรายละเอียดด้านล่างที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

ชื่อ..... อายุ..... ปี เพศ..... วันที่ทดสอบ.....

โดย	ระดับ	1	หมายความ	ไม่ชอบมากที่สุด
	คะแนน	2	ว่า	ไม่ชอบมาก
		3		ไม่ชอบปานกลาง
		4		ไม่ชอบเล็กน้อย
		5		เฉย
		6		ชอบเล็กน้อย
		7		ชอบปานกลาง
		8		ชอบมาก
		9		ชอบมากที่สุด

ถ้าให้คะแนนต่ำกว่าระดับคะแนน 4 ลงไปถือว่าไม่ยอมรับ กรุณาให้เหตุผลที่ไม่ยอมรับด้วย

หมายเลขตัวอย่าง	ระดับคะแนน	เหตุผลที่ไม่ยอมรับ
.....	.....	.....
.....	.....	.....

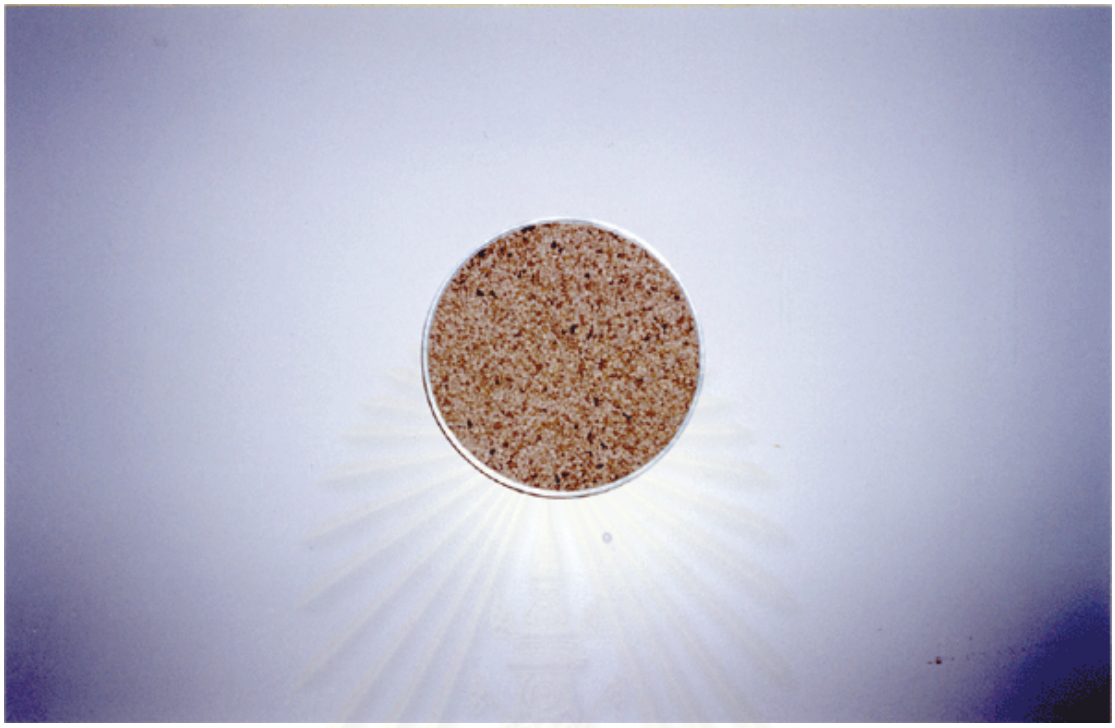
ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ที่นำมาทดสอบนี้จัดเป็นเครื่องปรุงรสชนิดใด กรุณาใส่หมายเลขตัวอย่างลงหน้าชื่อของชนิดผลิตภัณฑ์นั้น

.....เป็น น้ำซอสปรุงรส

.....เป็น น้ำซีอิ๊วขาว

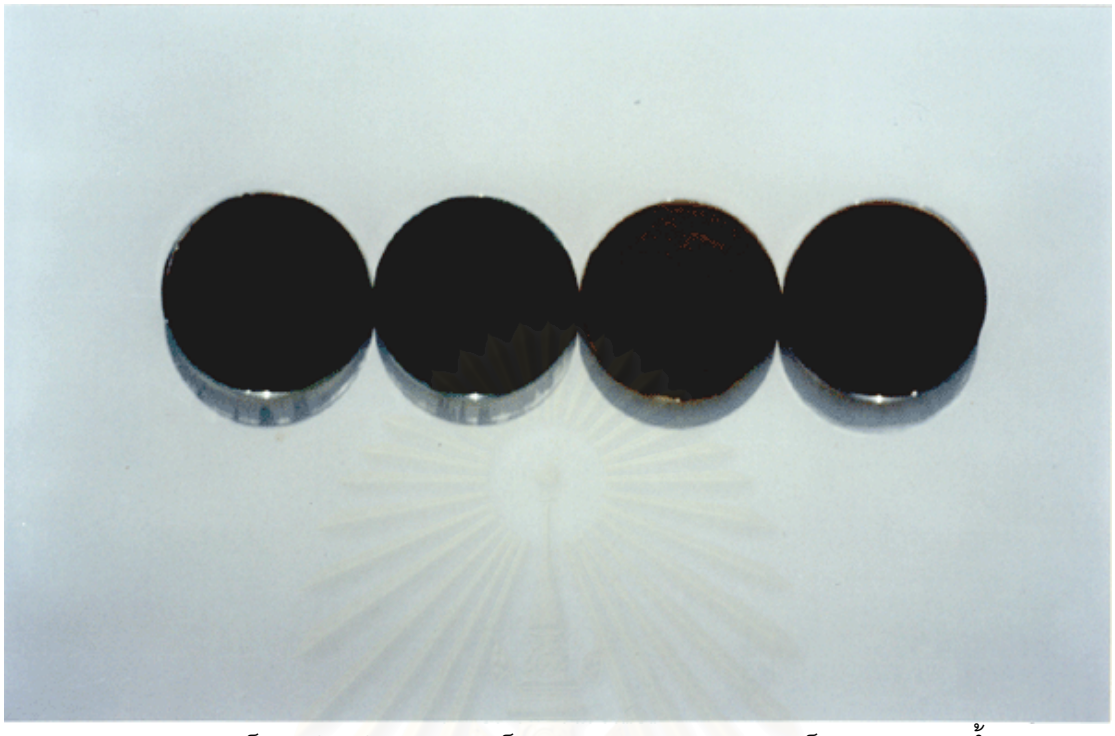
.....เป็น เครื่องปรุงรสชนิดอื่น เช่น.....

ภาคผนวก ฌ
ภาพวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์



ภาพ ฌ.1 เมล็ดงาขาวพันธุ์เมืองเลย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพ ฌ.2 กากเมล็ดงาก่อนร่อน กากเมล็ดงาขนาด 60 เมช กากเมล็ดงาหลังสกัดน้ำมันและโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา (จากซ้ายไปขวา)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพ ฌ.3 น้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว อรุณี จิตชื่น เกิดวันที่ 29 มิถุนายน พ.ศ. 2518 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตร คณะเกษตรและอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏจันทรเกษม ในปีการศึกษา 2539 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย