บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ

4.1.1 ผลการเตรียมกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษและกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ ได้แสดงไว้ในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษและกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ (กรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง)*

องค์ประกอบ	เมล็ดฝ้าย	กากเมล็ดฝ้าย
โปรตีน	33.13 ± 0.11	52.01 ± 1.22
ไขมัน	38.86 ± 0.06	1.93 ± 0.04
เถ้า	6.38 ± 0.06	8.22 ± 0.41
เส้นใยอาหาร	1.31 ± 0.08	1.24 ± 0.02
คาร์โบไฮเดรต	20.33 ± 0.21	36.59 ± 0.99
กอสสิปอลอิสระ	0.04 ± 0.003	0.08 ± 0.002

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตาราง 4.1 พบว่าปริมาณโปรตีนในกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษจะสูงกว่าในเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ โดยในกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษจะมีโปรตีน 52.01% ส่วนในเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษจะมีโปรตีน 33.13% นอกจากนี้พบว่าในกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษจะมีไขมันเหลือเพียง 1.93% ซึ่ง

น้อยกว่าในเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ (38.86%) และเมื่อพิจารณาปริมาณสารกอสสิปอลอิสระพบว่าในเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษจะมีปริมาณกอสสิปอลอิสระ 0.04% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถบริโภคได้ แต่ในกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษจะมีปริมาณของกอสสิปอลอิสระอยู่สูงกว่าคือมีอยู่ 0.08% ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้

4.1.2 ผลการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ

4.1.2.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ

การสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษด้วยน้ำกลั่นที่ pH 8 เป็นการศึกษาหาอัตราส่วนของกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษต่อสารทำละลายที่ใช้สกัดโปรตีนที่เหมาะสม โดยใช้ค่าปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เป็นเกณฑ์ ซึ่งแสดงไว้ในตาราง 4.2

ตาราง 4.2 ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษเมื่อสกัดโปรตีนด้วยน้ำที่ pH 8 เป็นเวลา 30 นาที

อัตราส่วนกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษต่อน้ำ (กรัมของน้ำหนักแห้ง : มิลลิลิตร)	ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)
1:20	$28.96^{b} \pm 1.34$
1:40	$33.78^{a} \pm 1.15$
1:60	$32.94^{a} \pm 0.37$
1:80	$33.07^{a} \pm 1.42$

a, b, c ... ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากค่าเฉลี่ยปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแสดงในตาราง ฉ.1 (ภาคผนวก ฉ) พบว่าการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษด้วยน้ำที่อัตราส่วนของกากเมล็ดฝ้ายต่อน้ำที่ 1:40 1:60 และ 1:80 ไม่

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่อัตราส่วน 1:20 จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ดังนั้นในงานวิจัยที่ศึกษาชนิดของสารละลายต่างและเวลาในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษจะใช้อัตราส่วนของกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษต่อสารละลายต่างที่ 1:40 (กรัมของน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร) เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษให้ได้ปริมาณโปรตีนที่สกัดจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษให้ได้สูงที่สุด

4.1.2.2 ผลการศึกษาชนิดของสารละลายต่างและเวลาที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ

จากอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษคืออัตราส่วนกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษต่อน้ำที่ 1:40 ในงานวิจัยจึงใช้อัตราส่วนนี้มาศึกษาชนิดและสารละลายต่างต่อไป

4.1.2.2.1 ผลการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์

ผลปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ของกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ ด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาในการสกัด แสดงในตาราง 4.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 4.3 ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษเมื่อสกัดโปรตีนด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.10 0.15 และ 0.20 โมล่าร์

ความเข้มข้นของ $Ca(OH)_2$ (โมล่าร์)	เวลา (นาที)	ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)
0.10	15	$41.69^{e} \pm 0.99$
	30	$50.36^{c} \pm 1.01$
	45	$53.06^{bc} \pm 0.94$
0.15	15	$45.37^{d} \pm 1.94$
	30	$57.33^{a} \pm 1.03$
	45	$55.22^{ab} \pm 1.95$
0.20	15	$50.06^{c} \pm 1.02$
	30	$57.18^{a} \pm 0.94$
	45	$53.56^{b} \pm 1.02$

a, b, c ... ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากค่าเฉลี่ยปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแสดงในตาราง ฉ.2 (ภาคผนวก ฉ) พบว่าการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.15 โมล่าร์ เป็นเวลา 30 นาที จะให้ค่าปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เท่ากับ 57.33% ซึ่งไม่แตกต่างจากการสกัดโปรตีนด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.15 โมล่าร์ เป็นเวลา 45 นาที (55.22%) และที่ความเข้มข้น 0.20 โมล่าร์ เป็นเวลา 30 นาที (57.18%) โดยงานวิจัยได้เลือกการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.15 โมล่าร์ เป็นเวลา 30 นาที เพื่อใช้ในงานวิจัยต่อไป

4.1.2.2.2 ผลการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ผลปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ของกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาในการสกัดต่างๆ แสดงในตาราง 4.4

ตาราง 4.4 ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษเมื่อสกัดโปรตีนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.005 0.02 และ 0.06 โมล่าร์

ความเข้มข้นของ NaOH (โมล่าร์)	เวลา (นาที)	ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)
0.005	15	$46.02^{e} \pm 1.02$
	30	$50.12^{d} \pm 1.03$
	45	$50.55^{d} \pm 1.59$
0.02	15	$69.86^{c} \pm 0.93$
	30	$77.58^{a} \pm 1.94$
	45	$71.38^{bc} \pm 1.94$
0.08	15	$70.38^{c} \pm 2.04$
	30	$74.87^{ab} \pm 2.04$
	45	$71.63^{bc} \pm 1.02$

a, b, c ... ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากค่าเฉลี่ยปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแสดงในตาราง ฉ.3 (ภาคผนวก ฉ) พบว่าการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.02 โมล่าร์ เป็นเวลา 30 นาที จะให้ค่าปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เป็น 77.58% ซึ่งไม่แตกต่างจากการสกัดโปรตีนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.08 โมล่าร์ เป็นเวลา 30 นาที (74.87%) ซึ่งในงานวิจัยได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลือกการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.02 โมล่าร์ เป็นเวลา 30 นาที เพื่อใช้ในงานวิจัยต่อไป

4.1.2.3 ผลการเปรียบเทียบวิธีการสกัดโปรตีนทั้ง 3 วิธีจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีน

ผลจากการสกัดโปรตีนด้วยน้ำกลั่นที่ pH 8 (จากข้อ 4.1.2.1) และการสกัดโปรตีนด้วยสารละลายด่างทั้ง 2 ชนิดคือสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (จากข้อ 4.1.2.2.1) และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (จากข้อ 4.1.2.2.2) ได้เลือกภาวะที่เหมาะสมในแต่ละวิธีที่ให้ปริมาณโปรตีนสกัดสูงสุดมาวิจัยอีกครั้ง โดยเปรียบเทียบการสกัดโปรตีนจากทั้ง 3 วิธี เพื่อเลือกวิธีที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนสกัดจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ ซึ่งแสดงผลในตาราง 4.5

ตาราง 4.5 ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ โดยเปรียบเทียบวิธีในการสกัดโปรตีน 3 วิธี คือ สกัดด้วยน้ำที่ pH 8 สกัดด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และใช้อัตราส่วนกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษต่อสารละลายที่ 1:40 (กรัมของน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร)

วิธีในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ	ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)
น้ำที่ pH 8 เป็นเวลา 30 นาที	$33.31^{c} \pm 1.40$
$Ca(OH)_2$ 0.15 M เป็นเวลา 30 นาที	$55.18^{b} \pm 0.68$
NaOH 0.02 M เป็นเวลา 30 นาที	$77.29^{a} \pm 1.65$

a, b, c ... ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

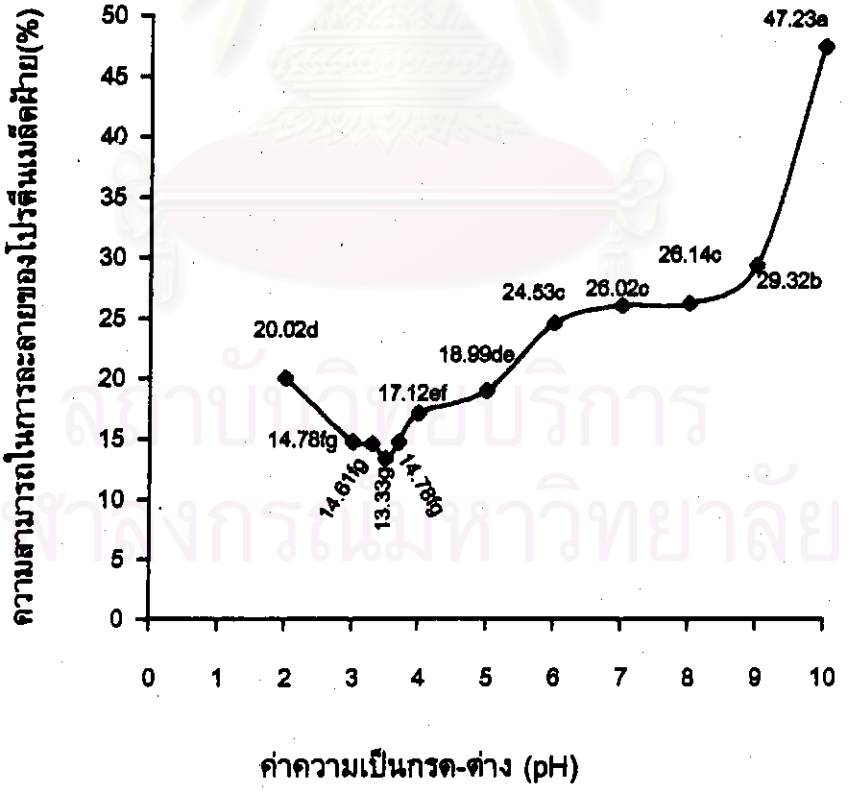
จากค่าเฉลี่ยปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแสดงในตาราง ฉ.4 (ภาคผนวก ฉ) พบว่าการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.02 โมล่าร์ เป็นเวลา 30 นาที

ที่อัตราส่วนกากเมล็ดฝ้ายต่อสารละลายต่าง 1:40 (กรัมของน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร) จะมีความสามารถในการสกัดโปรตีนได้สูงที่สุด

จากภาวะในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษดังกล่าว งานวิจัยจึงใช้เพื่อผลิตโปรตีนสกัดจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษต่อไป

4.1.3 <u>ผลการศึกษาหาค่าความเป็นกรด-ด่างที่ทำให้โปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษมีความสามารถในการละลายต่ำสุดเพื่อใช้ในการตกตะกอนโปรตีน</u> (Dench และคณะ, 1981.)

จากภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ เมื่อนำมาผลิตโปรตีนสกัด จำเป็นต้องทราบว่าโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษตกตะกอนที่ pH ใด เพื่อแยกส่วนของโปรตีนออกมา ซึ่งจากการวิเคราะห์ความสามารถในการละลายของโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษที่ pH ต่างๆ ในช่วง 2-10 ได้ผลดังรูป 4.1



<u>รูป 4.1</u> ความสามารถในการละลายของโปรตีนในเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษที่ pH ต่างๆ

จากค่าเฉลี่ยของความสามารถในการละลายของโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแสดงในตาราง ฉ.5 (ภาคผนวก ฉ) พบว่าโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ มีความสามารถในการละลายต่ำสุดที่ช่วง pH 3-4 ซึ่งในงานวิจัยเลือก pH ที่ใช้ในการตกตะกอนโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษที่ pH 3.5 ซึ่งจะให้ค่าความสามารถในการละลายต่ำสุด

4.1.4 ผลการผลิตโปรตีนสกัดจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อม

จากภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ และ pH ที่ใช้ในการตกตะกอนโปรตีนเมล็ดฝ้าย เมื่อนำมาผลิตโปรตีนสกัดจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ และวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (%Yield) และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนสกัดเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ จะได้ผลตามตาราง 4.6

ตาราง 4.6 องค์ประกอบของโปรตีนสกัดจากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ (กรัมต่อโปรตีนที่สกัดได้ 100 กรัม) และปริมาณโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษที่ได้ (กรัมต่อกากเมล็ดฝ้าย 100 กรัม)*

องค์ประกอบ	กรัมต่อ 100กรัมน้ำหนักแห้ง
โปรตีนสกัดจากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ	
- โปรตีน	73.76±1.19
- ไขมัน	0.82 ± 0.07
- เถ้า	0.75 ± 0.14
- คาร์โบไฮเดรตและใยอาหาร	24.62 ± 1.06
- เกลือ	1.00 ± 0.08
- กอสสิปอลอิสระ	0.0014 ± 0.001
ปริมาณโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ	22.28 ± 1.89

*ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

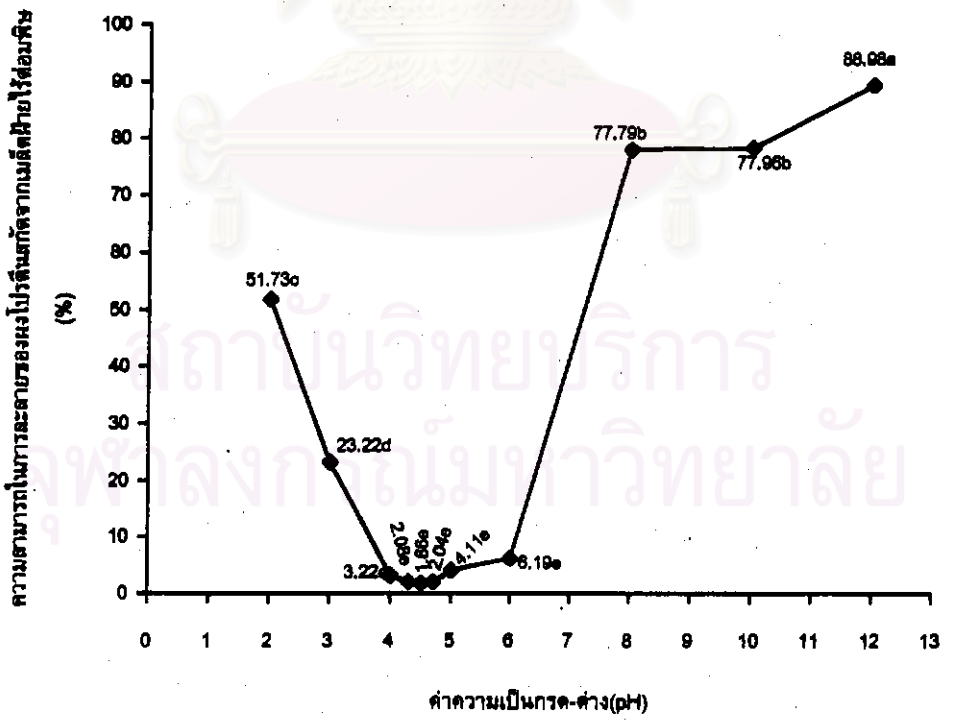
จากตาราง 4.6 พบว่าโปรตีนสกัดจากเมล็ดฝ้ายที่ผลิตจะมีโปรตีนสูงถึง 73.76% มีปริมาณไขมันอยู่ 0.82% และพบว่ามีปริมาณแกลือเกิดขึ้น 1.00% แต่เมื่อพิจารณาปริมาณกอสสิปอลอิสระจะพบว่ามีอยู่ในปริมาณต่ำเพียง 14 ส่วนใน 1 ล้านส่วน (ppm) ซึ่งมีปลอดภัยต่อการบริโภค และยังพบว่าจากกากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษสามารถผลิตโปรตีนสกัดได้ 22.28% อีกด้วย

4.1.5 <u>ผลการศึกษาสมบัติการใช้งานของโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ</u>

จากโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษที่ผลิต นำมาศึกษาสมบัติในการใช้งานเพื่อให้ทราบว่าโปรตีนเมล็ดฝ้ายมีหน้าที่เป็นสารปรุงแต่งในด้านใดบ้าง โดยสมบัติที่วิจัย 6 ด้านได้แก่

1.5.1 <u>สมบัติการละลายของโปรตีนสกัด</u>

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการละลายของโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษในช่วง pH ต่างๆ ได้ผลดังรูป 4.2



<u>รูป 4.2</u> ความสามารถในการละลายของโปรตีนสกัดจากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษที่ pH ต่างๆ

จากค่าเฉลี่ยของความสามารถในการละลายของโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแสดงในตาราง ฉ.6 (ภาคผนวก ฉ) พบว่าโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษจะมีความสามารถในการละลายต่ำในช่วง pH 4-6 ซึ่งมีค่าความสามารถในการละลายอยู่ในช่วง 1.86-6.19% แต่โปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษจะมีความสามารถในการละลายสูงที่ pH 6-10

สมบัติในการใช้งานอีก 5 ด้านที่เหลือได้แก่ สมบัติการดูดซับน้ำของโปรตีนสกัด สมบัติการดูดซับน้ำมันของโปรตีนสกัด ความหนาแน่นของโปรตีนสกัด ความสามารถในการเกิดอีมัลชั่น และสมบัติในการเกิดโฟม แสดงผลในตาราง 4.7

ตาราง 4.7 สมบัติการใช้งานของโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ*

สมบัติการใช้งาน		
Bulk density	(กรัมต่อมิลลิลิตร)	0.42 ± 0.01
Water absorption	(มิลลิลิตรต่อกรัม)	2.27 ± 0.36
Fat absorption	(มิลลิลิตรต่อกรัม)	3.09 ± 0.01
Emulsification activity	(%)	61.05 ± 3.66
Emulsification stability	(%)	53.03 ± 5.48
Foam expansion	(%)	110 ± 0.00
Foam stability	(%)	
- ที่เวลา 1 นาที		67.25 ± 2.44
- ที่เวลา 5 นาที		12.07 ± 2.44
- ที่เวลา 10 นาที		10.34 ± 0.00
- ที่เวลา 15 นาที		10.34 ± 2.81
- ที่เวลา 20 นาที		10.34 ± 2.81
- ที่เวลา 25 นาที		10.34 ± 2.81
- ที่เวลา 30 นาที		6.90 ± 0.00

* ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากตาราง 4.7 พบว่าโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ 1 กรัมน้ำหนักแห้งจะมีปริมาตร 0.42 มิลลิลิตร และมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ 2.27 มิลลิลิตร และสามารถดูดซับน้ำมันได้ 3.09 มิลลิลิตร นอกจากนี้พบว่ามีความสามารถในการเกิดอีมัลชั่นได้ 61.05% และอีมัลชั่นที่เกิดขึ้นมีความเสถียร 53.03% ส่วนสมบัติในการเกิดโฟมของโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ พบว่าโปรตีนเมล็ดฝ้ายสามารถเกิดฟอง 110% และเสถียรภาพของฟองต่ำเมื่อตั้งทิ้งไว้เพียง 5 นาที จะมีค่าเพียง 12.07% เท่านั้น

4.1.6 <u>ผลการประเมินคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนสกัดจากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ โดยวิธีทางเคมี</u>

เมื่อนำโปรตีนสกัดจากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษมาวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็น แสดงผลในตาราง 4.8 และโครมาโตแกรมของการวิเคราะห์กรดอะมิโนแสดงในรูป ง.1 (ภาคผนวก ง.)

<u>ตาราง 4.8</u> ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมของโปรตีนสกัดจากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษเปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน

ชนิดของกรดอะมิโน	โปรตีนมาตรฐาน FAO/WHO 1973	โปรตีนสกัดจากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ	อะมิโนแอซิดสคอร์
Methionine + Cystine	35	21.80	62.29
Lysine	55	35.02	63.67
Threonine	40	36.22	90.55
Isoleucine	40	39.14	97.85
Phenylalanine + Tyrosine	60	59.40	99.00
Leucine	70	76.39	109.13
Valine	50	58.37	116.74
Tryptophan*	10	-	-

* ไม่สามารถวิเคราะห์ได้

จากตาราง 4.8 พบว่าโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษมีเมทไธโอนีน (21.80 มิลลิกรัมต่อกรัมของโปรตีน) และไลซีน (35.02 มิลลิกรัมต่อกรัมของโปรตีน) ซึ่งมีค่าอะมิโนแอซิดสคอร์ต่ำเมื่อเทียบกับโปรตีนมาตรฐานคือมีค่าเท่ากับ 48.14 และ 55.74 ตามลำดับ แต่โปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษจะมีวาลีนและลูซีนอยู่สูงคือ 58.37 และ 87.40 มิลลิกรัมต่อกรัมของโปรตีน ตามลำดับ

4.2 การสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงา

4.2.1 ผลการเตรียมกากเมล็ดงา

ศึกษาการกำจัดเปลือกเมล็ดงาออกจากกากเมล็ดงาเพื่อลดปริมาณกรดออกซาลิก แสดงผลในตาราง 4.9

ตาราง 4.9 ปริมาณกรดออกซาลิกในกากเมล็ดงาขนาดต่างๆ

ขนาดของกากเมล็ดงา	ปริมาณกรดออกซาลิก (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)
ไม่ผ่านการร่อน	$1.50^{a} \pm 0.03$
25 เมช	$0.95^{b} \pm 0.07$
35 เมช	$0.64^{c} \pm 0.07$
50 เมช	$0.29^{d} \pm 0.02$
70 เมช	$0.24^{d} \pm 0.02$
≥100 เมช	$0.21^{d} \pm 0.01$

a, b, c ... ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

กรดออกซาลิกพบมากในบริเวณแปลือกเมล็ดงา ซึ่งกรดออกซาลิกเป็นสารต้านคุณค่าทางโภชนาการอีกชนิดหนึ่ง จึงจำเป็นต้องกำจัดออกจากกากเมล็ดงา จากตาราง 4.9 ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดออกซาลิก เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแสดงในตาราง ฉ.7 (ภาคผนวก ฉ) พบว่ากากเมล็ดงาที่ไม่ผ่านการร่อนจะมีปริมาณกรดออกซาลิกสูงที่สุดถึง 1.5% แต่เมื่อผ่านการร่อนด้วยตะแกรง ปริมาณกรดออกซาลิกจะลดลงโดยการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 50 เมช มีความสามารถในการลดกรดออกซาลิกลงได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 70 และ 100 เมชหรือมากกว่า 100 เมช แต่ต่างจากการใช้ตะแกรง 35 เมช อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะนำกากเมล็ดงามาร่อนด้วยตะแกรงขนาด 50 เมช ก่อนนำไปทำวิจัยต่อไป

เมื่อได้กากเมล็ดงาที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดโปรตีนแล้ว นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดงาและกากเมล็ดงาที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 50 เมช ได้ผลดังตาราง 4.10

ตาราง 4.10 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของเมล็ดงาและกากเมล็ดงาที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 50 เมช (กรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง)*

องค์ประกอบ	เมล็ดงา	กากเมล็ดงา
โปรตีน	20.23 ± 0.12	61.98 ± 0.62
ไขมัน	54.72 ± 0.31	1.38 ± 0.02
เถ้า	2.04 ± 0.11	20.42 ± 0.14
เส้นใยอาหาร	10.85 ± 0.93	1.33 ± 0.21
คาร์โบไฮเดรต	2.16 ± 1.24	14.90 ± 0.69

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตาราง 4.10 พบว่าในกากเมล็ดงาที่ผ่านการร่อนมีโปรตีน 61.98% สูงกว่าในเมล็ดงาซึ่งมีโปรตีน 20.23% และในเมล็ดงามีปริมาณไขมันสูงถึง 54.72% แต่เมื่อทำสกัดน้ำมันออกพบว่ากากเมล็ดงาที่ผ่านการร่อนแล้วมีไขมันลดลงเหลือเพียง 1.38% และเมื่อพิจารณาที่ปริมาณเส้นใยอาหารจะพบว่าในกากเมล็ดงาจะมีเส้นใยอาหารลดลงอย่างมากเหลือเพียง

1.33% ทั้งนี้เนื่องจากการร่อนเพื่อลดปริมาณกรดออกซาลิก คือการกำจัดเปลือกเมล็ดงาออกไป นั่นเอง ซึ่งส่วนของเปลือกเมล็ดงาจะมีปริมาณแสันใยอาหารอยู่สูง เมื่อกำจัดเปลือกออกไป จึง ทำให้เส้นใยอาหารในกากเมล็ดงาลดลง

4.2.2 ผลการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงา

4.2.2.1 ผลศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงา

การสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงาด้วยน้ำกลั่นที่ pH 8 เป็นการศึกษาหาอัตรา ส่วนของกากเมล็ดงาต่อสารทำละลายที่ใช้สกัดโปรตีนที่เหมาะสม โดยใช้ค่าปริมาณโปรตีนที่ สกัดได้เป็นเกณฑ์ ซึ่งแสดงในตาราง 4.11

ตาราง 4.11 ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดงาเมื่อสกัดโปรตีนด้วยน้ำที่ pH 8 เป็นเวลา 30 นาที

อัตราส่วนกากเมล็ดงาต่อน้ำ (กรัมของน้ำหนักแห้ง : มิลลิลิตร)	ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)
1:20	$7.47^{c} \pm 0.48$
1:40	$15.75^{b} \pm 0.64$
1:60	$20.03^{a} \pm 1.85$
1:80	$21.51^{a} \pm 1.17$

a, b, c ... ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากค่าเฉลี่ยของปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดงา นำไปวิเคราะห์ความแปร ปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแสดงในตาราง ฉ.8 (ภาคผนวก ฉ) พบว่าการสกัด โปรตีนจากกากเมล็ดงาด้วยน้ำที่อัตราส่วนของกากเมล็ดงาต่อน้ำที่ 1:60 และ 1:80 ไม่แตกต่าง กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังนั้นในงานวิจัยที่ศึกษาชนิดของสารละลายต่างและเวลาในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงาจะใช้อัตราส่วนของกากเมล็ดงาต่อสารละลายต่างที่ 1:60 (กรัมของน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร) เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงาให้ได้ปริมาณโปรตีนที่สกัดจากกากเมล็ดงาให้ได้สูงที่สุด

4.2.2.2 <u>ผลการศึกษาชนิดของสารละลายต่างและเวลาที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงา</u>

จากอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงาคืออัตราส่วนกากเมล็ดงาต่อน้ำที่ 1:60 ในงานวิจัยจึงใช้อัตราส่วนนี้มาศึกษาชนิดและสารละลายต่างต่อไป

4.2.2.2.1 <u>ผลการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนกากเมล็ดงาด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์</u>

ผลปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ของกากเมล็ดงา ด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาในการสกัด แสดงในตาราง 4.12

<u>ตาราง 4.12</u> ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดงาเมื่อสกัดโปรตีนด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นที่ 0.10 0.15 และ 0.20 โมล่าร์

ความเข้มข้นของ $Ca(OH)_2$ (โมล่าร์)	เวลา (นาที)	ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)
0.10	15	31.46 ± 1.26
	30	32.44 ± 2.52
	45	33.05 ± 1.25
0.15	15	34.10 ± 1.27
	30	34.40 ± 1.27
	45	34.50 ± 1.25
0.20	15	36.93 ± 1.30
	30	36.90 ± 1.30
	45	36.82 ± 1.30

จากตาราง 4.12 เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% จะได้ผลดังตาราง 4.13

ตาราง 4.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เมื่อสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงาด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นที่ 0.10 0.15 และ 0.20 โมล่าร์

Source Of Variation (SOV)	d.f.	SS	MS	F
ความเข้มข้นของ $Ca(OH)_2$(A)	2	45.71	22.87	14.47*
เวลา(B)	2	4.10	2.05	1.30
AB	4	9.65	2.41	1.53
Error	9	14.22	1.58	
Total	17	73.68		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลตามแผนการทดลองแบบ Symmetric factorial design ขนาด 3x3 พบว่าอิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ มีผลต่อค่าปริมาณโปรตีนที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลของเวลาที่ใช้ในการสกัดและอิทธิพลร่วมระหว่างความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์และเวลาที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ ดังนั้นจึงพิจารณาเฉพาะอิทธิพลหลักของความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีผลต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ ดังตาราง 4.14

ตาราง 4.14 อิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดงา

ความเข้มข้นของ $Ca(OH)_2$	ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้
0.10	$32.98^{c} \pm 1.90$
0.15	$35.04^{b} \pm 0.98$
0.20	$36.88^{a} \pm 1.01$

a, b, c ... ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

พบว่าการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงาด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.20 โมล่าร์ จะให้ค่าปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ดีกว่าที่ความเข้มข้น 0.10 และ 0.15 โมล่าร์ ดังนั้นในงานวิจัยได้เลือกการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงาด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.20 โมล่าร์ เป็นเวลา 15 นาที เพื่อใช้ในงานวิจัยต่อไป

4.2.2.2.2 ผลการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงาด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ผลปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ของกากเมล็ดงา ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาในการสกัดต่างๆ แสดงในตาราง 4.15

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 4.15 ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดงาเมื่อสกัดโปรตีนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.005 0.02 และ 0.08 โมล่าร์

ความเข้มข้นของ NaOH (โมล่าร์)	เวลา (นาที)	ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)
0.005	15	$79.25^{d} \pm 2.60$
	30	$82.92^{cd} \pm 2.65$
	45	$86.46^{cd} \pm 2.60$
0.02	15	$86.70^{cd} \pm 1.30$
	30	$94.87^{a} \pm 1.30$
	45	$91.32^{ab} \pm 1.30$
0.08	15	$88.46^{bc} \pm 1.29$
	30	$94.44^{a} \pm 1.30$
	45	$92.86^{a} \pm 0.99$

a, b, c ... ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากค่าเฉลี่ยของปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดงาด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแสดงในตาราง ฉ.9 (ภาคผนวก ฉ) พบว่าการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงาด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.02 โมล่าร์ เป็นเวลา 30 นาที จะให้ค่าปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เป็น 94.87% ซึ่งไม่แตกต่างจากการสกัดโปรตีนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.02 โมล่าร์ เป็นเวลา 45 นาที และที่ความเข้มข้น 0.08 โมล่าร์ เป็นเวลา 30 และ 45 นาที (มีค่าปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ 91.32% 94.44% และ 92.86%ตามลำดับ) ซึ่งในงานวิจัยได้เลือกการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงาด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.02 โมล่าร์ เป็นเวลา 30 นาที เพื่อใช้ในงานวิจัยต่อไป

4.2.2.3 ผลการเปรียบเทียบวิธีการสกัดโปรตีนทั้ง 3 วิธีจากกากเมล็ดงาเพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีน

จากผลการสกัดโปรตีนด้วยน้ำกลั่นที่ pH 8 (จากข้อ 4.2.2.1)และการสกัดโปรตีนด้วยสารละลายด่างทั้ง 2 ชนิดคือสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (จากข้อ 4.2.2.2.1) และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (จากข้อ 4.2.2.2.2) ได้เลือกภาวะที่เหมาะสมในแต่ละวิธีที่ให้ปริมาณโปรตีนสกัดสูงสุดมาวิจัยอีกครั้ง โดยเปรียบเทียบการสกัดโปรตีนจากทั้ง 3 วิธี เพื่อเลือกวิธีที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนสกัดจากกากเมล็ดงา ซึ่งแสดงผลในตาราง 4.16

ตาราง 4.16 ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดงา โดยเปรียบเทียบวิธีในการสกัดโปรตีนทั้ง 3 วิธี (สกัดด้วยน้ำที่ pH 8 สกัดด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์) และใช้อัตราส่วนกากเมล็ดงาต่อสารละลายที่ 1:60 (กรัมของน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร)

วิธีในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงา	ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)
น้ำที่ pH 8 เป็นเวลา 30 นาที	$20.56^{c} \pm 0.52$
$Ca(OH)_2$ 0.20 โมล่าร์ เป็นเวลา 15 นาที	$37.09^{b} \pm 1.40$
NaOH 0.02 โมล่าร์ เป็นเวลา 30 นาที	$97.02^{a} \pm 1.29$

a, b, c ... ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากค่าเฉลี่ยของปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดงาทั้ง 3 วิธี เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแสดงในตาราง ฉ.10 (ภาคผนวก ฉ) พบว่าการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงาด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.02 โมล่าร์ เป็นเวลา 30 นาที ที่อัตราส่วนกากเมล็ดงาต่อสารละลายด่าง 1:60 (กรัมของน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร) จะมีความสามารถในการสกัดโปรตีนได้สูงที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการสกัดโปรตีนด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และการสกัดด้วยน้ำที่

pH 8 ซึ่งจากภาวะในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงาดังกล่าว งานวิจัยจึงใช้เพื่อผลิตโปรตีนสกัดจากกากเมล็ดงาต่อไป

4.2.3 ผลการผลิตโปรตีนสกัดจากกากเมล็ดงา

จากภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนเมล็ดงา จะนำมาผลิตโปรตีนสกัดจากกากเมล็ดงา โดยตกตะกอนโปรตีนงาที่ pH 5.4 ตามงานวิจัยของ de Rham และ Jost (1979) เนื่องจากเป็น pH ที่ไฟเดตมีความสามารถในการละลายต่ำสุด เมื่อผลิตโปรตีนสกัดจากกากเมล็ดงา จะวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (%Yield) และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนสกัดเมล็ดงา จะได้ผลตามตาราง 4.17

ตาราง 4.17 องค์ประกอบของโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา (กรัมต่อโปรตีนที่สกัดได้ 100 กรัม) และปริมาณโปรตีนเมล็ดงาที่ได้ (กรัมต่อกากเมล็ดงา 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)*

องค์ประกอบ	กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง
โปรตีนเมล็ดงา	
- โปรตีน	83.24 ± 0.01
- ไขมัน	0.52 ± 0.07
- เถ้า	1.82 ± 0.02
- คาร์โบไฮเดรตและใยอาหาร	14.43 ± 0.13
- เกลือ	0.82 ± 0.17
ปริมาณโปรตีนเมล็ดงา	48.24 ± 2.86

*ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากตาราง 4.17 พบว่าโปรตีนเมล็ดงาที่ผลิตจะมีโปรตีนสูงถึง 83.24% มีปริมาณไขมันอยู่ 0.52% และพบว่ามีปริมาณเกลือเกิดขึ้น 0.82% และยังพบว่าจากกากเมล็ดงา 100 กรัมสามารถผลิตโปรตีนสกัดได้สูงถึง 48.24 กรัม

4.2.4 ผลการประเมินคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนสกัดจากเมล็ดงา โดยวิธีทางเคมี

เมื่อนำโปรตีนสกัดจากเมล็ดงามาวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็น แสดงผลในตาราง 4.18 และโครมาโตแกรมของการวิเคราะห์กรดอะมิโนแสดงในรูป ง.2 (ภาคผนวก ง.)

ตาราง 4.18 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมของโปรตีนสกัดจากเมล็ดงาเปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน

ชนิดของกรดอะมิโน	โปรตีนมาตรฐาน FAO/WHO 1973	โปรตีนสกัดจากเมล็ดงา	อะมิโนแอซิดสตอร์
Methionine + Cystine	35	45.57	130.20
Lysine	55	22.72	41.31
Threonine	40	34.79	86.98
Isoleucine	40	33.73	84.33
Phenylalanine + Tyrosine	60	40.47	67.45
Leucine	70	68.52	97.89
Valine	50	45.68	91.36
Tryptophan*	10	-	-

* ไม่สามารถวิเคราะห์ได้

จากตาราง 4.18 พบว่าโปรตีนเมล็ดงามีเมทไธโอนีนในปริมาณสูงคือมีเมทไธโอนีน 45.57 มิลลิกรัมต่อกรัมของโปรตีน แต่จะมีไลซีนต่ำเพียง 35.02 มิลลิกรัมต่อกรัมของโปรตีน

4.3 การสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดถั่วเหลือง

4.3.1 ผลการเตรียมกากเมล็ดถั่วเหลือง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วเหลืองและกากเมล็ดถั่วเหลือง แสดงไว้ในตาราง 4.19

ตาราง 4.19 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของเมล็ดถั่วเหลืองและกากเมล็ดถั่วเหลือง (กรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง)*

องค์ประกอบ	เมล็ดถั่วเหลือง	กากเมล็ดถั่วเหลือง
โปรตีน	39.52±1.80	51.30±2.77
ไขมัน	19.08±0.08	0.81±0.02
เถ้า	7.64±0.10	5.67±0.07
เส้นใยอาหาร	0.97±0.22	0.94±0.08
คาร์โบไฮเดรต	37.80±2.00	41.28±2.79

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตาราง 4.19 พบว่าในกากเมล็ดถั่วเหลืองมีโปรตีน 51.30% ซึ่งมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าในเมล็ดถั่วเหลือง (มีโปรตีน 39.52%) และในเมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณไขมันต่ำเพียง 19.08% แต่เมื่อสกัดน้ำมันออกพบว่ากากเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการร่อนแล้วมีไขมันลดลงเหลือเพียง 0.81%

4.3.2 ผลการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดถั่วเหลือง

4.3.2.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดถั่วเหลือง

การสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดถั่วเหลืองด้วยน้ำกลั่นที่ pH 8 เป็นการศึกษาหาอัตราส่วนของกากเมล็ดถั่วเหลืองต่อสารทำละลายที่ใช้สกัดโปรตีนที่เหมาะสม โดยใช้ค่าปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เป็นเกณฑ์ ซึ่งแสดงไว้ในตาราง 4.20

ตาราง 4.20 ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดถั่วเหลืองเมื่อสกัดโปรตีนด้วยน้ำที่ pH 8 เป็นเวลา 30 นาที

อัตราส่วนกากเมล็ดถั่วเหลืองต่อน้ำ (กรัมของน้ำหนักแห้ง : มิลลิลิตร)	ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)
1:20	$55.21^{b} \pm 1.78$
1:40	$61.88^{a} \pm 1.19$
1:60	$61.08^{a} \pm 1.81$
1:80	$60.92^{a} \pm 1.63$

a, b, c ... ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากค่าเฉลี่ยของปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดถั่วเหลืองด้วยน้ำที่ pH 8 นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแสดงในตาราง ฉ.11 (ภาคผนวก ฉ) พบว่าการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดถั่วเหลืองด้วยน้ำที่อัตราส่วนของกากเมล็ดถั่วเหลืองต่อน้ำที่ 1:40 1:60 และ 1:80 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดังนั้นในงานวิจัยที่ศึกษาชนิดของสารละลายต่างและเวลาในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดถั่วเหลืองจะใช้อัตราส่วนของกากเมล็ดถั่วเหลืองต่อสารละลายต่างที่ 1:40 (กรัมของน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร) เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดถั่วเหลืองให้ได้ปริมาณโปรตีนที่สกัดจากกากเมล็ดถั่วเหลืองให้ได้สูงที่สุด

4.3.2.2 ผลศึกษาชนิดของสารละลายต่างและเวลาที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดถั่วเหลือง

จากอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดถั่วเหลืองคืออัตราส่วนกากเมล็ดถั่วเหลืองต่อน้ำที่ 1:40 ในงานวิจัยจึงใช้อัตราส่วนนี้มาศึกษาชนิดและสารละลายต่างต่อไป

4.3.2.2.1 ผลศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนกากเมล็ดถั่วเหลืองด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์

ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ของกากเมล็ดถั่วเหลือง ด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาในการสกัด แสดงในตาราง 4.21

ตาราง 4.21 ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดถั่วเหลืองเมื่อสกัดโปรตีนด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.15 0.20 และ 0.25 โมล่าร์

ความเข้มข้นของ $Ca(OH)_2$ (โมล่าร์)	เวลา (นาที)	ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)
0.15	15	$61.17^{e} \pm 1.04$
	30	$65.43^{d} \pm 2.76$
	45	$71.02^{c} \pm 2.08$
0.20	15	$65.67^{d} \pm 1.04$
	30	$76.56^{a} \pm 3.33$
	45	$75.63^{ab} \pm 2.08$
0.25	15	$71.93^{c} \pm 1.04$
	30	$75.42^{ab} \pm 2.09$
	45	$73.18^{bc} \pm 2.83$

a, b, c ... ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากค่าเฉลี่ยของปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดถั่วเหลืองด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในตาราง ฉ.12 (ภาคผนวก ฉ) พบว่าการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดถั่วเหลืองด้วย สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.20 โมล่าร์ เป็นเวลา 30 นาที (มีค่าปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เป็น 76.56%) จะมีความสามารถในการสกัดโปรตีนไม่แตกต่างจากการสกัดโปรตีนด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.20 โมล่าร์ เป็นเวลา 45 นาที และ สกัดด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.25 โมล่าร์ เป็นเวลา 30 นาที (มีค่าปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เป็น 75.63% และ 75.42% ตามลำดับ)

ในงานวิจัยได้เลือกการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดงาด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.20 โมล่าร์ เป็นเวลา 30 นาที เพื่อใช้ในงานวิจัยต่อไป

4.3.2.2.2 <u>ผลการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดถั่วเหลืองด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์</u>

ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ของกากเมล็ดถั่วเหลือง ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาในการสกัดต่าง ๆ แสดงในตาราง 4.22

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 4.22 ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดถั่วเหลือง เมื่อสกัดโปรตีนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.005 0.02 และ 0.08 โมล่าร์

ความเข้มข้นของ NaOH (โมล่าร์)	เวลา (นาที)	ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)
0.005	15	$62.65^{d} \pm 3.13$
	30	$71.25^{c} \pm 1.04$
	45	$75.36^{bc} \pm 2.08$
0.02	15	$74.52^{bc} \pm 3.09$
	30	$81.55^{a} \pm 2.07$
	45	$77.12^{ab} \pm 4.16$
0.08	15	$74.06^{bc} \pm 2.08$
	30	$81.64^{a} \pm 1.04$
	45	$74.56^{bc} \pm 1.04$

a, b, c ... ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากค่าเฉลี่ยของปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดถั่วเหลืองด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในตาราง ฉ.13 (ภาคผนวก ฉ) พบว่าการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดถั่วเหลืองด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.02 โมล่าร์ เป็นเวลา 30 นาที จะให้ค่าปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เป็น 81.55% ซึ่งไม่แตกต่างจากการสกัดโปรตีนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.02 โมล่าร์ เป็นเวลา 45 นาที และที่ความเข้มข้น 0.08 โมล่าร์ เป็นเวลา 30 นาที (มีค่าปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ 77.12% และ 81.64%ตามลำดับ) ซึ่งในงานวิจัยได้เลือกการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดถั่วเหลืองด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.02 โมล่าร์ เป็นเวลา 30 นาที เพื่อใช้ในงานวิจัยต่อไป

4.3.2.3 ผลการเปรียบเทียบวิธีการสกัดโปรตีนทั้ง 3 วิธีจากกากเมล็ดถั่วเหลืองเพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีน

ผลจากการสกัดโปรตีนด้วยน้ำกลั่นที่ pH 8 (จากข้อ 4.3.2.1) และการสกัดโปรตีนด้วยสารละลายต่างทั้ง 2 ชนิดคือสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (จากข้อ 4.3.2.2.1) และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (จากข้อ 4.3.2.2.2) ได้เลือกภาวะที่เหมาะสมในแต่ละวิธีที่ให้ปริมาณโปรตีนสกัดสูงสุดมาวิจัยอีกครั้ง โดยเปรียบเทียบการสกัดโปรตีนจากทั้ง 3 วิธี เพื่อเลือกวิธีที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนสกัดจากกากเมล็ดถั่วเหลือง ซึ่งแสดงผลในตาราง 4.23

ตาราง 4.23 ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดถั่วเหลือง โดยเปรียบเทียบวิธีในการสกัดโปรตีนทั้ง 3 วิธี คือ สกัดด้วยน้ำที่ pH 8 สกัดด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และใช้อัตราส่วนกากเมล็ดถั่วเหลืองต่อสารละลายที่ 1:40 (กรัมของน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร)

วิธีในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดถั่วเหลือง	ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)
น้ำที่ pH 8 เป็นเวลา 30 นาที	$60.94^{c} \pm 0.76$
$Ca(OH)_2$ 0.20 โมล่าร์ เป็นเวลา 30 นาที	$75.88^{b} \pm 0.35$
NaOH 0.02 โมล่าร์ เป็นเวลา 30 นาที	$80.11^{a} \pm 0.94$

a, b, c ... ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากค่าเฉลี่ยของปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากเมล็ดงาด้วยวิธีในการสกัดทั้ง 3 วิธี เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแสดงในตาราง ฉ.14 (ภาคผนวก ฉ) พบว่าการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดถั่วเหลืองด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.02 โมล่าร์ เป็นเวลา 30 นาที ที่อัตราส่วนกากเมล็ดงาต่อสารละลายต่าง 1:40 (กรัมของน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร) จะมีความสามารถในการสกัดโปรตีนได้สูงที่สุด

จากภาวะในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดถั่วเหลืองดังกล่าว งานวิจัยจึงใช้เพื่อผลิตโปรตีนสกัดจากกากเมล็ดถั่วเหลืองต่อไป

4.3.3 ผลการผลิตโปรตีนสกัดจากกากเมล็ดถั่วเหลือง

จากภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนเมล็ดถั่วเหลือง จะนำมาผลิตโปรตีนสกัดจากกากเมล็ดถั่วเหลือง โดยตกตะกอนโปรตีนงาที่ pH 5.5 ตามงานวิจัยของ Taha และคณะ (1979) เนื่องจากเป็น pH ที่ไฟเดตมีความสามารถในการละลายต่ำสุด เมื่อผลิตโปรตีนสกัดจากกากเมล็ดถั่วเหลือง จะวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (%Yield) และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนสกัดเมล็ดถั่วเหลือง จะได้ผลตามตาราง 4.24

ตาราง 4.24 องค์ประกอบของโปรตีนสกัดจากเมล็ดถั่วเหลือง (กรัมต่อโปรตีนที่สกัดได้ 100 กรัม) และปริมาณโปรตีนเมล็ดถั่วเหลืองที่ได้ (กรัมต่อกากเมล็ดถั่วเหลือง 100 กรัม)*

องค์ประกอบ	กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง
โปรตีนเมล็ดถั่วเหลือง	
- โปรตีน	88.16 ± 0.08
- ไขมัน	0.67 ± 0.02
- เถ้า	0.81 ± 0.03
- คาร์โบไฮเดรตและใยอาหาร	10.87 ± 0.81
- เกลือ	0.94 ± 0.16
ปริมาณโปรตีนเมล็ดถั่วเหลือง	29.39 ± 0.81

*ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากตาราง 4.24 พบว่าโปรตีนเมล็ดถั่วเหลืองที่ผลิตจะมีโปรตีนสูงถึง 88.16% มีปริมาณไขมันอยู่ 0.67% และพบว่ามีปริมาณเกลือเกิดขึ้น 0.94% และยังพบว่าจากกากเมล็ดถั่วเหลือง 100 กรัมสามารถผลิตโปรตีนสกัดได้สูงถึง 29.39 กรัม

4.3.4 ผลการประเมินคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนสกัดจากเมล็ดถั่วเหลือง โดยวิธีทางเคมี

เมื่อนำโปรตีนสกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองมาวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็น แสดงผลในตาราง 4.25 และโครมาโตแกรมของการวิเคราะห์กรดอะมิโนแสดงในรูป ง.3 (ภาคผนวก ง.)

ตาราง 4.25 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมของโปรตีนสกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน

ชนิดของกรดอะมิโน	โปรตีนมาตรฐาน FAO/WHO 1973	โปรตีนสกัดจากเมล็ดถั่วเหลือง	อะมิโนแอซิดสคอร์
Methionine + Cystine	35	16.85	48.14
Lysine	55	55.74	101.35
Threonine	40	40.03	100.08
Isoleucine	40	46.81	117.03
Phenylalanine + Tyrosine	60	49.30	82.17
Leucine	70	87.40	124.86
Valine	50	51.90	103.80
Tryptophan*	10	-	-

* ไม่สามารถวิเคราะห์ได้

จากตาราง 4.25 พบว่าโปรตีนเมล็ดถั่วเหลืองมีเมทไธโอนีนต่ำ คือมีเมทไธโอนีน 16.85 มิลลิกรัมต่อกรัมของโปรตีน แต่จะมีไลซีนสูงถึง 55.74 มิลลิกรัมต่อกรัมของโปรตีน

4.4 ผลปรับปรุงคุณภาพของโปรตีนสกัดจากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษโดยการผสมโปรตีนสกัดจากเมล็ดงาและโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองและประเมินปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นโดยเปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน FAO/WHO(1973)

จากการวิเคราะห์คุณภาพของโปรตีนสกัดเมล็ดฝ้าย โปรตีนสกัดเมล็ดงา และโปรตีนสกัดถั่วเหลือง (จากตาราง 4.8 4.18 และ 4.25 ตามลำดับ) พบว่าโปรตีนเมล็ดฝ้ายจะมีกรดอะมิโนเมทไธโอนีนและไลซีนต่ำ ในขณะที่โปรตีนสกัดเมล็ดงามีไลซีนสูง และโปรตีนสกัดถั่วเหลืองมีเมทไธโอนีนสูง หากผสมโปรตีนสกัดทั้ง 3 ชนิดเข้าด้วยกัน น่าจะส่งผลให้โปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษมีคุณภาพดียิ่งขึ้น

เมื่อผสมโปรตีนสกัดเมล็ดฝ้ายด้วยโปรตีนสกัดเมล็ดงาและโปรตีนสกัดถั่วเหลืองทั้ง 4 สูตรแล้ว เมื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนจะได้ผลดังตาราง 4.26 และเมื่อพิจารณาปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นของโปรตีนผสมทั้ง 4 สูตร จะแสดงผลดังตาราง 4.27-4.30 ตามลำดับ และโครมาโตแกรมของการวิเคราะห์กรดอะมิโนแสดงในรูป ง.4–ง.7 ตามลำดับ (ภาคผนวก ง.)

ตาราง 4.26 ปริมาณโปรตีนของโปรตีนผสมทั้ง 4 สูตรระหว่างโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ โปรตีนเมล็ดงา และ โปรตีนเมล็ดถั่วเหลือง (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)*

อัตราส่วนของโปรตีนฝ้าย โปรตีนงา และโปรตีนถั่วเหลือง ที่ผสม (สูตรโปรตีนผสม)	ปริมาณโปรตีน (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)
1 : 1 : 1 (สูตร 1)	78.81 ± 1.80
1 : 2 : 1 (สูตร 2)	80.29 ± 0.87
1 : 1 : 2 (สูตร 3)	81.24 ± 0.48
1 : 1.5 : 1.5 (สูตร 4)	82.64 ± 0.28

* ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ

ตาราง 4.27 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นของโปรตีนผสมระหว่างโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ โปรตีนเมล็ดงา และโปรตีนเมล็ดถั่วเหลืองในอัตราส่วน 1:1:1 (สูตรที่ 1) เปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน*

กรดอะมิโน	สูตรที่ 1 (มิลลิกรัมต่อกรัมโปรตีน)	โปรตีนมาตรฐาน* (มิลลิกรัมต่อกรัมโปรตีน)	อะมิโนแอซิดสคอร์
Methionine + Cystine	29.63	35	84.66
Lysine	44.79	55	81.44
Threonine	37.71	40	94.28
Isoleucine	39.92	40	99.80
Phenylalanine + Tyrosine	56.79	60	94.65
Leucine	73.61	70	105.16
Valine	53.63	50	107.26
Tryptophan**	-	10	-

* โปรตีนมาตรฐานของ FAO/WHO 1973

** ไม่สามารถวิเคราะห์ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 4.28 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นของโปรตีนผสมระหว่างโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ โปรตีนเมล็ดงา และโปรตีนเมล็ดถั่วเหลืองในอัตราส่วน 1:2:1 (สูตรที่ 2) เปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน*

กรดอะมิโน	สูตรที่ 2 (มิลลิกรัมต่อกรัมโปรตีน)	โปรตีนมาตรฐาน* (มิลลิกรัมต่อกรัมโปรตีน)	อะมิโนแอซิดสคอร์
Methionine + Cystine	28.62	35	81.77
Lysine	39.58	55	71.96
Threonine	36.69	40	91.73
Isoleucine	37.89	40	94.73
Phenylalanine + Tyrosine	53.69	60	89.48
Leucine	71.57	70	102.24
Valine	50.52	50	101.04
Tryptophan**	-	10	-

* โปรตีนมาตรฐานของ FAO/WHO 1973

** ไม่สามารถวิเคราะห์ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 4.29 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นของโปรตีนผสมระหว่างโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ โปรตีนเมล็ดงา และโปรตีนเมล็ดถั่วเหลืองในอัตราส่วน 1:1:2 (สูตรที่ 3) เปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน*

กรดอะมิโน	สูตรที่ 3 (มิลลิกรัมต่อกรัมโปรตีน)	โปรตีนมาตรฐาน* (มิลลิกรัมต่อกรัมโปรตีน)	อะมิโนแอซิดสคอร์
Methionine + Cystine	32.74	35	93.54
Lysine	50.58	55	101.16
Threonine	36.25	40	90.63
Isoleucine	42.02	40	105.05
Phenylalanine + Tyrosine	50.26	60	83.77
Leucine	78.78	70	112.54
Valine	51.11	50	102.22
Tryptophan**	-	10	-

* โปรตีนมาตรฐานของ FAO/WHO 1973

** ไม่สามารถวิเคราะห์ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 4.30 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นของโปรตีนผสมระหว่างโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ โปรตีนเมล็ดงา และโปรตีนเมล็ดถั่วเหลืองในอัตราส่วน 1:1.5:1.5 (สูตรที่ 4) เปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน*

กรดอะมิโน	สูตรที่ 4 (มิลลิกรัมต่อกรัมโปรตีน)	โปรตีนมาตรฐาน* (มิลลิกรัมต่อกรัมโปรตีน)	อะมิโนแอซิดสคอร์
Methionine + Cystine	32.74	35	93.54
Lysine	46.87	55	85.22
Threonine	38.82	40	97.05
Isoleucine	40.01	40	100.03
Phenylalanine + Tyrosine	52.45	60	87.42
Leucine	72.18	70	103.11
Valine	51.84	50	103.68
Tryptophan**	-	10	-

* โปรตีนมาตรฐานของ FAO/WHO 1973

** ไม่สามารถวิเคราะห์ได้

จากตาราง 4.26 พบว่าการผสมโปรตีนระหว่างโปรตีนเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษ โปรตีนเมล็ดงา และโปรตีนเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 สูตรจะมีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาปริมาณกรดอะมิโนของโปรตีนผสมทั้ง 4 สูตร (จากตาราง 4.27-4.30) พบว่าโปรตีนผสมทั้ง 4 สูตรจะมีคุณภาพของโปรตีนสูงกว่าในโปรตีนเมล็ดฝ้าย (จากตาราง 4.8)