

คุณสมบัติของสตาร์ชและโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวบางพันธุ์

Properties of Starch and Protein Isolated from Certain Mungbean Lines

อรอนงค์ นัยวิกุล, จิตธนา แจ่มเมฆ¹, อรพิน ภูมิภมร² และวุฒิชัย นาครักษา³

Onanong Naivikul, Chittana Chammek, Orapin Bhumibhamon and Woatthichai Narkrugsas

ABSTRACT

Twenty mungbean lines were analysed for chemical compositions. The results showed that they contained 7 to 9% moisture, 19 to 24% protein and 59 to 65% carbohydrates. Starch and protein were isolated from three mungbean lines, VC 2742, VC 2745, VC 2755 and the cultivar U - thong 1, using 0.1N.Na₂ CO₃ solution. The amount of isolated starches were 12 to 22%, having the purity of 82 to 89% while the amount of isolated proteins were 12 to 17%, having the purity of 70 to 77%. Using scanning electron microscope to examine the mungbean flour and starch granules, the results showed that the flour had many components attached to starch granules while the isolated starch showed rather clear starch granule, circle, oblong or kidney-like shapes with the size of 14 to 19 microns in width and 21 to 29 microns in length. The functional properties of isolated starch and protein were determined. The results showed that starch isolated from the three mungbean lines had 84 to 93% water absorption, 72 to 80% oil absorption and minimum gelation at 16 to 20% starch by volume which were not quite difference from that of U-Thong 1,. The isolated protein had much lower amount of water absorption, oil absorption and minimum gelation than isolated starch from the same source and some-what difference from U-Thong 1. Protein isolated from U-Thong 1 had less water and oil absorption, but required almost twice protein to form gel, compared to the protein isolated from the three mungbean lines.

บทคัดย่อ

เมื่อนำถั่วเขียว 20 สายพันธุ์มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่ามีความชื้น 7 ถึง 9%, โปรตีน 19 ถึง 24% และคาร์โบไฮเดรต 59 ถึง 65% จึงคัดเลือกถั่วเขียว 3 สายพันธุ์คือ วีซี 2742, 2745 และ 2755 มาบดเป็นแป้งแล้วแยกสตาร์ชและโปรตีนเปรียบเทียบกับถั่วเขียว

พันธุ์อุทุมพร 1 โดยใช้สารละลายเกลือโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ได้สตาร์ชประมาณ 12 ถึง 22% มีความบริสุทธิ์ 82 ถึง 89% และโปรตีนสกัดประมาณ 12 ถึง 17% มีความบริสุทธิ์ 70 ถึง 77% นำแป้งและสตาร์ชมาตรวจดูลักษณะโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนนิ่ง มองเห็น แป้งถั่วเขียวประกอบด้วย

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Dept. of Food Science & Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

² ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

³ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เมล็ดสตาร์ชและสารอาหารอื่นเกาะเกี่ยวอยู่กับเมล็ดสตาร์ช ส่วนสตาร์ชมองเห็นเมล็ดสตาร์ชชัดเจนมีรูปร่างกลมหรือรีหรือคล้ายไต ขนาดกว้างประมาณ 14 ถึง 19 ไมโครเมตร และยาวประมาณ 21 ถึง 29 ไมโครเมตร เมื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางหน้าที่ของสตาร์ชและโปรตีนที่สกัดได้นั้น ปรากฏว่าสตาร์ชจากถั่วเขียว 3 สายพันธุ์ มีคุณสมบัติในการดูดน้ำประมาณ 84 ถึง 93% ดูดน้ำมัน 72 ถึง 80% และทำให้เกิดเจลได้ที่ 16 ถึง 20% สตาร์ชต่อปริมาตร ซึ่งไม่แตกต่างจากถั่วเขียวพันธุ์อุทอง 1 มากนัก แต่โปรตีนสกัดจากถั่วเขียวพันธุ์เดียวกันมีคุณสมบัติในการดูดน้ำ ดูดน้ำมัน และการเกิดเจลน้อยกว่าสตาร์ชมาก และแตกต่างจากถั่วเขียวพันธุ์อุทอง 1 กล่าวคือ โปรตีนสกัดจากถั่วเขียวพันธุ์อุทอง 1 ดูดน้ำและน้ำมันได้น้อยกว่า แต่ใช้ปริมาณโปรตีนในการเกิดเจลมากกว่าเกือบ 2 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวทั้ง 3 สายพันธุ์

คำนำ

ถั่วเขียวเป็นพืชล้มลุก ประเภทใบเลี้ยงคู่ อยู่ในวงศ์ Leguminosae มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Vigna radiata* (L.) Wilezek สำหรับถั่วเขียวที่เกษตรกรไทยปลูกในปัจจุบันเป็นถั่วเขียวเมล็ดมันใหญ่และถั่วเขียวผิวดำ เพื่อส่งขายยังต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่

การใช้ประโยชน์ของถั่วเขียวในอุตสาหกรรมอาหารนั้น นิยมนำมาบดให้ละเอียดด้วยวิธีการบดแบบแห้งและบดแบบเปียก การบดแบบแห้งนั้นนำเมล็ดถั่วเขียวที่กระเทาะเปลือกออกแล้วมาบดด้วยเครื่องตีปั่นให้ละเอียดเป็นแป้ง แต่ไม่นิยมทำเท่าการบดแบบเปียก ซึ่งทำโดยการนำเมล็ดถั่วเขียวมาแช่น้ำจนนุ่มและเปลือกหลุดออก แล้วจึงบดในน้ำจนละเอียด ทำการแยกแป้งออกจากน้ำ และทำให้แห้ง แล้วบดส่วนที่แห้งให้ละเอียดเป็นแป้งถั่วเขียว (สมชาย, 2523 ; Schoch and

Maywald, 1968) นอกจากนี้ยังสามารถนำสตาร์ชและโปรตีนที่แยกออกจากแป้งแล้วมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายชนิด

การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านองค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียว การสกัดโปรตีนและสตาร์ชจากถั่วเขียว รวมทั้งการตรวจสอบคุณสมบัติของโปรตีนสกัดและสตาร์ชให้เป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการนำถั่วเขียวไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดถั่วเขียวจำนวน 20 สายพันธุ์ (Table 1)
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัดและการวิเคราะห์

วิธีการ

1. นำเมล็ดถั่วเขียวมาทำความสะอาด บดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรง 40 เมช เก็บไว้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี
2. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งถั่วเขียว เพื่อหาปริมาณโปรตีน ความชื้น ไขมัน เถ้า เส้นใย โดยวิธีการของ AOAC. (1984) และหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยนำผลรวมของค่าเหล่านี้มาลบจาก 100 ซึ่งกำหนดให้เป็นค่าองค์ประกอบทางเคมีทั้งหมด จึงได้เป็นค่าของคาร์โบไฮเดรต
3. นำแป้งถั่วเขียวมาสกัดโปรตีนและสตาร์ชตามวิธีที่ดัดแปลงแล้วของ Shehata and Thanoun, (1981) ร่วมกับวิธีของ Sathe and Salunkhe (1981, a,b).
4. ตรวจสอบลักษณะของแป้ง และสตาร์ช ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนนิ่ง (scanning electron microscope)
5. ตรวจสอบคุณสมบัติของสตาร์ชและโปรตีนที่สกัดได้ โดยการหาปริมาณการดูดน้ำ การดูดน้ำมัน

Table 1 Twenty mungbean lines obtained from the Mungbean Breeding Project, Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University.

No.	Vaiety name or Pedigree	Country of Origin
1	MG-50-10A(Y) x ML-5	Philippines x India
2	MG-50-10A(Y) x PLM-448	Philippines x India
3	MG-50-10A(g) x ML-15	Philippines x India
4	MG-50-10A(g) x ML-3	Philippines x India
5	MG-50-10A(g) x CES-1D-21	Philippines x Philippines
6	EG-MG-16 x LM-6	Philippines x India
7	CES-1D-21 x ML-5	Philippines x India
8	PHLV # 18 x ML-3	Philippines x India
9	PHLV # 18 x ML-5	Philippines x India
10	PHLV # 18 x CES-87	Philippines x Philippines
11	ML-3 x LM-6	India x India
12	VC, 2742	AVRDC, Taiwan
13	VC, 2745	AVRDC, Taiwan
14	VC, 2750	AVRDC, Taiwan
15	VC, 2755	AVRDC, Taiwan
16	VC, 2770	AVRDC, Taiwan
17	VC, 2781	AVRDC, Taiwan
18	VC, 2785	AVRDC, Taiwan
19	VC, 2790	AVRDC, Taiwan
20	U-Thong 1	Thailand

และการเกิดเจล ตามวิธีของ Sathe and Salunkhe (1981 b)

ผลและวิจารณ์

1. องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียวสายพันธุ์ต่าง ๆ

เมื่อนำแป้งถั่วเขียวแต่ละสายพันธุ์มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ปรากฏว่า แป้งถั่วเขียวทั้ง 20 สายพันธุ์ มีความชื้นประมาณ 8% โปรตีน 21% เกลือ 4% ไขมัน 1% เส้นใย 1% และคาร์โบไฮเดรต 60% (Table 2) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ของสมชาย (2523) เมื่อพิจารณาปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตของถั่วเขียวพันธุ์ต่าง ๆ เปรียบเทียบกับถั่วเขียวพันธุ์อุทอง 1 สามารถจัดกลุ่มได้เป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1

เป็นกลุ่มที่มีปริมาณโปรตีนสูงแต่คาร์โบไฮเดรตต่ำกว่า ถั่วเขียวพันธุ์อุทอง 1 ได้แก่ สายพันธุ์ที่ 17, 4, 3, 13, 18, 2, 16, 10 และ 7 กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตปานกลางใกล้เคียงกับถั่วเขียวพันธุ์อุทอง 1 ได้แก่ สายพันธุ์ที่ 12 และ 5 ส่วนกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณโปรตีนต่ำและคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าถั่วเขียวพันธุ์อุทอง 1 ได้แก่ สายพันธุ์ที่ 19, 15, 6, 14, 1, 11, 8 และ 9

จากการปรึกษากับนักปรับปรุงพันธุ์ซึ่งได้ทำการทดลองในสภาพไร่ควบคู่ไปด้วย ได้เลือกสายพันธุ์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น (60 ถึง 75 วัน) มีความต้านทานโรคได้ดี เมล็ดมีขนาดเหมาะสม จึงเลือกถั่วเขียว 3 สายพันธุ์ คือ วิชี่ 2745 (กลุ่มที่ 1) วิชี่ 2742 (กลุ่มที่ 2) และ วิชี่ 2755 (กลุ่มที่ 3) เป็นตัวแทนในแต่ละกลุ่ม

Table 2 Chemical compositions of 20 mungbean lines obtained from the Mungbean Breeding Project, Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University.

No.	% Moisture	% Composition (as dry basis)				
		Protein	Ash	Fat	Fiber	Carbohydrates
1	8.82	19.7	4.40	1.04	1.74	64.3
2	9.33	22.9	4.71	1.12	1.92	60.1
3	9.33	22.1	4.18	1.17	3.24	60.0
4	8.55	23.9	4.22	1.26	2.00	60.1
5	9.45	23.4	3.98	1.12	2.25	61.9
6	8.20	19.1	4.51	1.22	2.25	64.7
7	8.72	19.0	4.55	1.22	0.82	65.7
8	8.62	22.6	4.26	1.03	1.54	62.0
9	8.49	22.5	4.51	1.27	1.08	62.1
10	6.98	19.3	4.54	1.03	2.41	65.7
11	9.19	19.9	4.34	1.21	1.71	63.6
12	8.86	22.5	4.14	1.08	2.89	59.8
13	8.87	23.3	4.04	1.23	2.83	60.5
14	7.89	19.7	3.88	1.16	1.44	65.9
15	8.27	20.9	4.15	1.34	1.22	64.1
16	8.67	22.8	4.08	1.37	2.31	60.8
17	8.25	24.2	4.12	1.25	1.49	60.6
18	7.79	23.2	4.25	1.25	1.85	61.7
19	8.42	20.9	4.09	1.21	2.65	62.7
20	9.01	21.7	3.92	1.07	1.73	62.6
Average	8.59 ±	21.7 ±	4.24 ±	1.18 ±	1.97 ±	62.5 ±
	0.59	1.7	0.23	1.01	0.64	2.1

Table 3 Nitrogen content in various solutions extracted from U-Thong 1 mungbean.

Solution	pH	% Nitrogen ^{1/}
Water	6.5	52.2
0.001 N. HCl	5.6	22.7
0.001 N. NaOH	6.7	64.3
0.1 N. Na ₂ CO ₃	10.7	92.5
0.025 N. Na ₂ SO ₃	7.4	65.6
0.5 N. NaCl	6.2	48.0

^{1/}The result was the average of two determinations

เพื่อนำมาสกัดสตาร์ชและโปรตีนและตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์ต่อไป

2. การทำสตาร์ชและสกัดโปรตีนจากถั่วเขียว

ทำการทดลองเปรียบเทียบการใช้ตัวทำละลายต่าง ๆ ในการสกัดโปรตีนจากถั่วเขียวพันธุ์อุทอง 1 ตามขั้นตอนที่แสดงใน Figure 1 โดยใช้ตัวทำละลาย 6 ชนิด คือ น้ำ กรดเกลือเข้มข้น 0.001 นอร์เมล ดังโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.001 นอร์เมล เกลือโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.1 นอร์เมล เกลือโซเดียมซัลไฟด์เข้มข้น 0.025 นอร์เมล และเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5 นอร์เมล ปรากฏผลดัง Table 3

ซึ่งพบว่า การใช้สารละลายเกลือโซเดียมคาร์บอเนตในการสกัดโปรตีน จะทำให้มีไนโตรเจนละลายในสารละลายนี้มากที่สุด (ประมาณ 92%) รองลงมาคือเกลือโซเดียมซัลไฟด์ (65.6%) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (64.3%) และกรดเกลือจะละลายไนโตรเจนได้น้อยที่สุด (22.7%) จึงทำการสกัดโปรตีนและสตาร์ช

จากถั่วเขียวพันธุ์อื่น โดยใช้สารละลายเกลือโซเดียมคาร์บอเนตเท่านั้น ทำให้ได้สตาร์ชในช่วงประมาณ 12 ถึง 22% และโปรตีนประมาณ 12 ถึง 17% (Table 4) ซึ่งนับว่าใกล้เคียงกับวิธีการสกัดของสมชาย (2523) ที่ทำสตาร์ชและสกัดโปรตีนพร้อมกันโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ปรากฏว่า ได้ปริมาณสตาร์ช 20% และโปรตีน 16% แต่ถ้าเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดเฉพาะสตาร์ชโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะได้ปริมาณสตาร์ชถึง 34.5% (Naivikul and D'Appolonia, 1979)

Table 4 Yields of starch and protein isolated from mungbean flour.

Sample	% Starch	% Protein
VC 2742	12.0	17.0
VC 2745	12.8	16.5
VC 2755	15.4	15.5
U-Thong 1	21.9	12.2

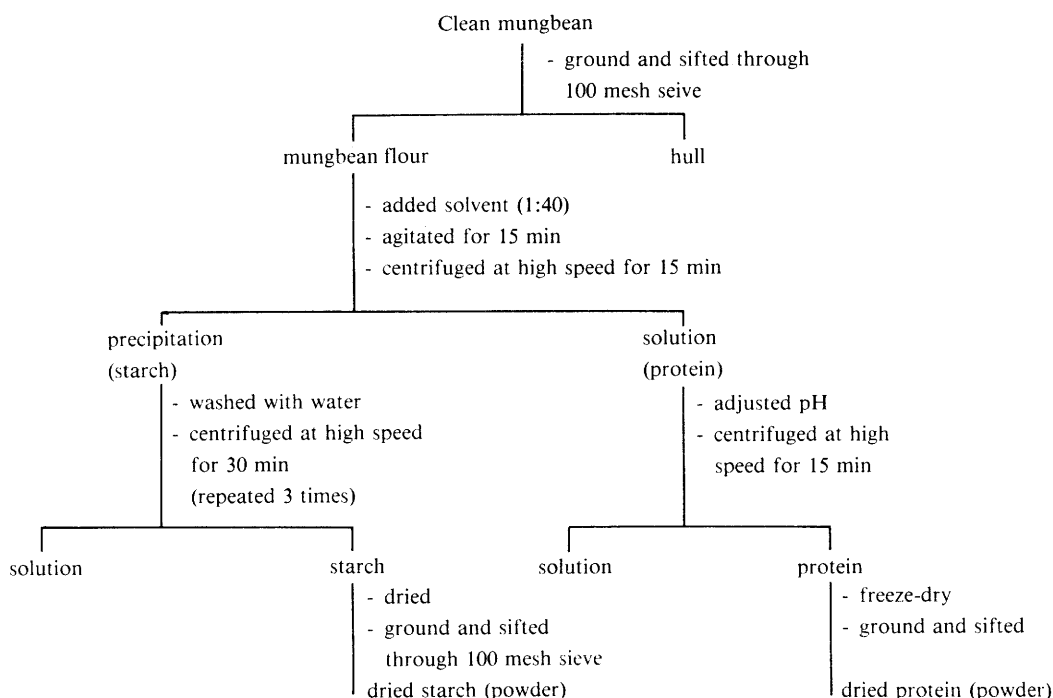
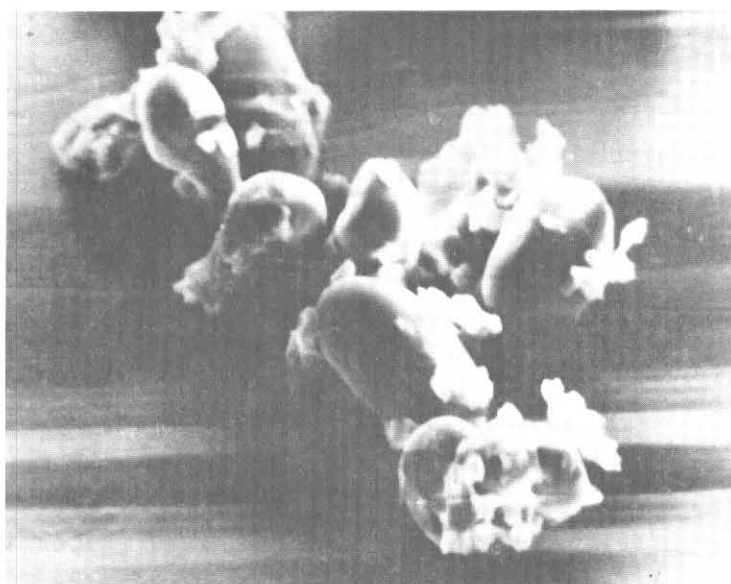


Figure 1 Steps of starch and protein isolated from mungbean.



A) Mungbean flour 1000

B) Mungbean starch granule 2000 x

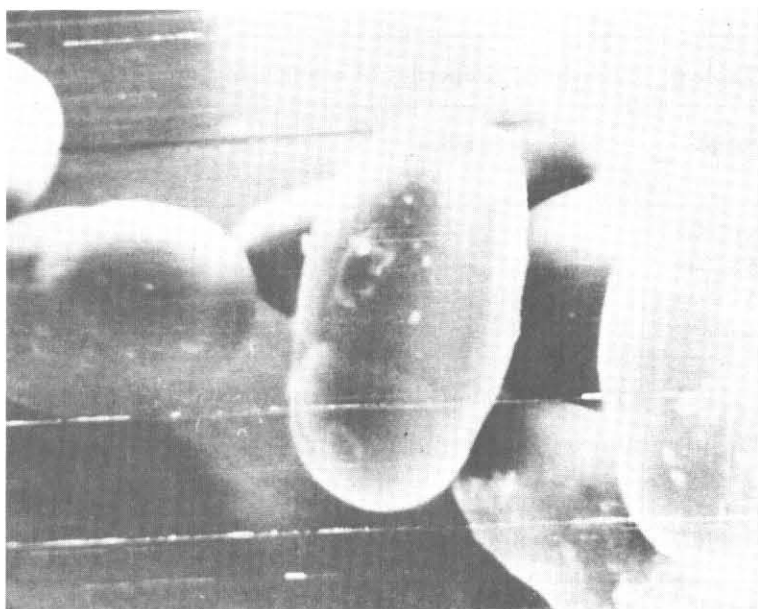


Figure 2 Characteristics of flour and starch granule from mungbean using scanning electron microscope.

จะเห็นว่าปริมาณสตาร์ชที่สกัดได้มีน้อยกว่าปริมาณที่มีอยู่จริงในแป้งถั่วเขียว แต่เนื่องจากจุดประสงค์ในการสกัดครั้งนี้ต้องการให้ได้สตาร์ชและโปรตีนที่บริสุทธิ์เพียงพอในการตรวจสอบคุณสมบัติเฉพาะของสตาร์ชและโปรตีนนั้น ๆ โดยสตาร์ชที่สกัดได้มีความบริสุทธิ์ประมาณ 82 ถึง 90% และโปรตีนมีความบริสุทธิ์ ประมาณ 70 ถึง 77% (Table 5) ซึ่งนับว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

Table 5 Purity of starch and protein isolated from mungbean flour of 4 mungbean lines.

Sample	% Purity of Starch	% Purity of Protein
VC 2742	83.5	73.7
VC 2745	82.3	77.3
VC 2755	84.8	70.5
U-Thong 1	89.0	70.0

Table 6 Functional properties of mungbean starch from 4 mungbean lines.

Sample	% Water absorption	% Oil absorption	% Starch for min. gelation
VC 2742	93	75	16
VC 2745	92	72	18
VC 2755	84	80	20
U-Thong 1	99	79	20

ส่วนโปรตีนสกัดมีคุณสมบัติในการดูดน้ำและน้ำมันน้อยกว่าสตาร์ชมาก (ประมาณ 3 %) และจะเกิดเจลได้ในส่วนผสมของโปรตีนกับน้ำประมาณ 8 ถึง 14% เท่านั้น (Table 7)

Table 7 Functional properties of protein from 4 mungbean lines.

Sample	% Water absorption	% Oil absorption	% Protein for min. gelation
VC 2742	3.03	3.01	8
VC 2745	3.05	2.99	8
VC 2755	3.08	2.83	8
U-Thong 1	2.88	2.50	14

3. ลักษณะของแป้งถั่วเขียวและสตาร์ชสกัดจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนนิ่ง

นำแป้งถั่วเขียวและสตาร์ชที่สกัดได้ไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่าแป้งถั่วเขียวประกอบด้วยเม็ดสตาร์ชและสารอาหารอื่น ได้แก่ โปรตีน และไขมันเกาะเกี่ยวรวมอยู่กับเม็ดสตาร์ช (Figure 2A) เมื่อสกัดให้ได้เฉพาะสตาร์ชจะเห็นเม็ดสตาร์ชมีรูปร่างรีคล้ายไตหรือบางเม็ดค่อนข้างกลม มีขนาดกว้างประมาณ 14 ถึง 19 ไมโครเมตร และยาวประมาณ 21 ถึง 29 ไมโครเมตร (Figure 2B)

4. คุณสมบัติของสตาร์ชและโปรตีนสกัด

เมื่อนำสตาร์ชที่สกัดได้มาทดสอบความสามารถในการดูดน้ำ ดูดน้ำมันและการเกิดเจล ปรากฏว่า สตาร์ชถั่วเขียวดูดน้ำได้ดีกว่าดูดน้ำมัน ประมาณ 10 ถึง 20% และจะเกิดเจลได้ในส่วนผสมของสตาร์ชกับน้ำต่ำสุดประมาณ 16 ถึง 20% น้ำหนักต่อปริมาตร (Table 6)

คุณสมบัติเหล่านี้มีผลต่อการนำสารและโปรตีนสกัดไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เนื่องจากในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับน้ำ น้ำมัน และการเกิดเจลของวัตถุดิบร่วมกันกับส่วนผสมอื่น ๆ

สรุป

1. ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนของถั่วเขียวสายพันธุ์ต่าง ๆ แตกต่างกัน สามารถจัดเป็นกลุ่มได้ 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีโปรตีนสูงแต่คาร์โบไฮเดรตต่ำกว่า ถั่วเขียวพันธุ์อุทอง 1 กลุ่มที่ 2 มีโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตใกล้เคียงกับถั่วเขียวพันธุ์อุทอง 1 และกลุ่มที่ 3 มีโปรตีนต่ำแต่คาร์โบไฮเดรตสูงกว่าถั่วเขียวพันธุ์อุทอง 1
2. สายพันธุ์ถั่วเขียวที่เลือกเป็นตัวแทนกลุ่มพิจารณาจากคุณสมบัติทางพืชไร่ โดยเลือกสายพันธุ์วีชี 2745 (กลุ่มที่ 1) สายพันธุ์วีชี 2742 (กลุ่มที่ 2) และสายพันธุ์วีชี 2755 (กลุ่มที่ 3) เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของโปรตีนและสารสกัดต่อไป
3. วิธีการสกัดที่ใช้คือใช้สารละลายเกลือโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.1 นอร์เมล ทำการสกัดสารและโปรตีนพร้อมกัน ได้ปริมาณสารประมาณ 12 ถึง 22% และโปรตีน 12 ถึง 17% โดยสารมีความบริสุทธิ์ประมาณ 82 ถึง 89% และโปรตีนบริสุทธิ์ประมาณ 70 ถึง 77%
4. คุณสมบัติของสารถั่วเขียวทั้ง 3 สายพันธุ์คล้ายคลึงกันและคล้ายกับสารจากถั่วเขียวพันธุ์อุทอง 1
5. คุณสมบัติของโปรตีนถั่วเขียว 3 สายพันธุ์ไม่ต่างกัน แต่แตกต่างจากโปรตีนถั่วเขียวพันธุ์อุทอง 1 โดยโปรตีนจากถั่วเขียวพันธุ์อุทอง 1 มีความสามารถในการดูดน้ำและน้ำมันน้อยกว่า และต้องใช้ปริมาณโปรตีนในส่วนผสมกับน้ำให้เกิดเจลเกือบ 2 เท่า

เอกสารอ้างอิง

- สมชาย ประภาวัต. 2523. การใช้ประโยชน์จากถั่วเขียว, เอกสารประกอบการอบรมวิชาชีพประชาชนภาคฤดูร้อน. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กทม. (โรเนียว)
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1984. Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th ed., Washington D.C.
- Naivikul, O, and B.L.D'Appolonia. 1979. Carbohydrate of legume flours compared with wheat flour. II. Starch. Cereal Chem. 56(1) : 24-27.
- Sathe, S.K. and D.K. Salunkhe. 1981a. Solubilization and electrophoretic characterization of the great northern bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein. J. Food Sci. 46(1): 82-87.
- _____. 1981b. Isolation partial characterization and modification of the great northern bean (*Phaseolus vulgaris* L.) starch. J. Food Sci. 46(2) : 617-621.
- Schoch, T.J. and E.C. Maywald. 1968. Preparation and properties of various legume starches. Cereal Chem. 45(1):564-573.
- Shehata, A.A.Y. and M.M. Thannoun. 1981. Extractibility of nitrogenous constituents from Iragi mungbean as affected by pH, salt type and other factors. Agr. and Food Chem. 29(1):53-57.