

# คุณค่าทางโภชนาการของเกษตรโปรตีนจากแป้งถั่วเหลือง ชนิดไขมันเต็มซึ่งผลิตโดยเครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์

## Nutritive Quality of Kaset Protein

### From Full Fat Soy Flour Produced By Village Texturizer

เยาวดี คุปตะพันธ์ สมชาย ประภาวัต ผ่องศรี จิตตบุญท์ วันเพ็ญ มีสมญา<sup>1</sup>

ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์ และ วิภากรณ์ ณ ถาลง

Yaovadee Cuptapun, Somchai Prabhavat, Pongsri Jittanoota,

Wanpen Mesomya, Duangchan Hengsawadi and Vipaporn Na-Thalang

#### ABSTRACT

The protein quality of three Kaset Protein formulae from full fat flour, full fat soy flour fortified by adding 1% DL-methionine, full fat soy flour with adding 25% defatted sesame flour prepared by using village texturizer were evaluated for their nutritive values. The results showed that protein content of Kaset Protein from unfortified and fortified full fat soy flour ranged from 46.13-47.39% on dried weight basis and fat content ranged from 17.59-26.07% on dried weight basis. The essential amino acid analysis of all investigated Kaset Protein indicated that methionine + cystine was the limiting amino acids of Kaset Protein from full fat soy flour alone when compared with the other two formulae of Kaset Protein. However, protein quality of Kaset Protein evaluated by rat bioassay showed statistical significant differences ( $p \leq .05$ ) from the other two formulae for the Kaset Protein from full fat soy flour fortified by adding 1% DL-methionine with its PER was 2.75. The PER of Kaset Protein from full fat soy flour fortified by adding 25% defatted sesame flour was 2.15 but the PER of Kaset Protein from full fat soy flour alone was only 2.01 while the PER of casein was 2.50. The NPU, BV and TD of these fortified Kaset Protein were ranging from 65.20-75.54%, 74.97-86.11%, 86.97-87.74%, respectively but for unfortified Kaset Protein were 67.89%, 77.73%, and 87.34%, respectively while these values from casein were 73.41%, 80.68% and 90.99%, respectively. The result from this study suggested that DL-methionine and defatted sesame flour were good sources for protein fortification to improving the protein quality of Kaset Protein from full fat soy flour.

#### บทคัดย่อ

ได้นำเกษตรโปรตีน 3 สูตร ที่ทำจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มคือเกษตรโปรตีนทำจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มเสริมคุณค่าโปรตีน

ด้วย ดีแอล เมทธีโอนิน ร้อยละ 1, แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มเสริมคุณค่าโปรตีนด้วยแป้งงาพร่องไขมันร้อยละ 25 ซึ่งเตรียมโดยใช้เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์มาทำการหาคุณค่าทางอาหารปรากฏว่าปริมาณของเกษตรโปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม ซึ่งไม่เสริมและเสริม

<sup>1</sup> สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

คุณค่าโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 46.13–47.39 โดยน้ำหนักแห้ง และมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 17.59–16.07 โดยน้ำหนักแห้ง คุณภาพโปรตีนของเกษตรโปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม แต่เพียงอย่างเดียวขาดกรดอะมิโนเมทไธโอนิน + ซิสตีน เมื่อเปรียบเทียบกับเกษตรโปรตีนอีกสองสูตร นอกจากนี้การหาคุณภาพโปรตีนของเกษตรโปรตีน โดยใช้หนูทดลองปรากฏว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่า PER (Protein efficiency ratio) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับเกษตรโปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มเสริมคุณค่าโปรตีนด้วย ดีแอล เมทไธโอนิน ร้อยละ 1 เมื่อเปรียบเทียบกับเกษตรโปรตีนอีกสองสูตร และค่า PER ของเกษตรโปรตีนทำจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มเสริมคุณค่าโปรตีนด้วยดีแอล เมทไธโอนินร้อยละ 1 เท่ากับ 2.75 ส่วน PER ของเกษตรโปรตีนทำจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มเสริมคุณค่าโปรตีนด้วยแป้งงาพรวงไขมันร้อยละ 25 เท่ากับ 2.15 โดยที่ค่า PER ของเกษตรโปรตีนทำจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มแต่เพียงอย่างเดียว เท่ากับ 2.01 ขณะที่ PER ของ casein เท่ากับ 2.50 ค่าของ NPU (Net Protein Utilization), Biological Value (BV) และ True Digestibility (TD) ของเกษตรโปรตีนซึ่งเสริมคุณค่าโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 65.20–75.54, 74.97–86.11 และ 86.97–87.74 ตามลำดับ ส่วนของเกษตรโปรตีน ซึ่งไม่เสริมคุณค่าโปรตีน เท่ากับร้อยละ 67.89, 77.73 และ 87.34 ตามลำดับ ในขณะที่ของ Casein เท่ากับร้อยละ 73.41, 80.68 และ 90.99 ตามลำดับ จากผลของการศึกษานี้สรุปได้ว่าดีแอลเมทไธโอนินและแป้งงาพรวงไขมันสามารถใช้เสริมคุณค่าของโปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มได้ดีขึ้น

## คำนำ

ปัจจุบันนี้สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ผลิตเกษตรโปรตีนซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนสูงราคาถูก จากแป้งถั่วเหลืองพรวงไขมัน (defatted soy flour) โดยใช้เครื่องคูกเกอร์เอ็กซ์ทราเตอร์ X-25 เพื่อใช้ในการนำมาประกอบ

อาหาร โดยมีคุณค่าทางโภชนาการเท่ากับเนื้อสัตว์ มีราคาถูกกว่าเนื้อสัตว์ประมาณ 3–4 เท่า และได้รับความนิยมในการบริโภคจากประชาชนไทยเป็นอย่างดี (สมชายและคณะ 2527) ต่อมาสมชายและคณะ (2533) ได้ประสบความสำเร็จในการทำเกษตรโปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มโดยใช้เครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ ซึ่งเป็นที่ยอมรับในการบริโภคเป็นอย่างดีในการนำมาประกอบอาหารทดแทนเนื้อสัตว์ เช่น ทำเป็นกระเพาะปลา ก๋วยเตี๋ยว ผัดซีอิ้ว และยำวันเส้น เป็นต้น และมีราคาถูกกว่าเนื้อสัตว์ประมาณ 5–6 เท่า เนื่องจากคุณภาพโปรตีนของเกษตรโปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มมีความสำคัญมากจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้จึงต้องการที่จะหาคุณภาพโปรตีนของเกษตรโปรตีนทำจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มเปรียบเทียบกับที่ทำจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มเสริมคุณค่าของโปรตีนด้วย ดีแอล เมทไธโอนิน (เพราะโปรตีนของถั่วเหลืองขาดกรดอะมิโน methionine) และแป้งงาพรวงไขมัน (เพราะโปรตีนของงามีปริมาณของกรดอะมิโน methionine สูง) โดยใช้หนูทดลอง (rat bioassay) ด้วยการหาอัตราส่วนประสิทธิภาพของโปรตีน (PER, Protein Efficiency Ratio), NPU (Net Protein Utilization), BV (Biological Value) และ TD (True Digestibility) เพื่อให้ทราบถึงคุณภาพของโปรตีนของผลิตภัณฑ์ใหม่ดังกล่าวโดยแท้จริง ก่อนที่จะใช้ประกอบอาหารทดแทนเนื้อสัตว์ต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การเตรียมแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มและแป้งงาพรวงไขมัน

ซึ่งน้ำหนักถั่วเหลือง 30 กิโลกรัม และงาขาว (แยกเปลือก) 8 กิโลกรัม นำมาล้างน้ำ 4 ครั้ง จนสะอาด ทำให้สะเด็ดน้ำ แล้วตากแห้งในตู้อบ (cabinet dryer) ที่อุณหภูมิ 50°–60°ซ เป็นเวลา 10 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ ได้ถั่วเหลืองและงาขาวตากแห้ง นำเอาถั่วเหลืองตากแห้งที่ได้มากะเทาะออกเป็น 2 ซีก ด้วยเครื่องบดที่ใช้มือหมุน แล้วแยกเอาเปลือกออกโดยการผัดด้วยกระดังได้ถั่วเหลืองผ่าซีก ส่วนงาขาวตากแห้งที่ได้ก็นำมาบิบน้ำมันออก 5 ครั้ง

โดยใช้เครื่องไฮดรอลิกเพรส (hydraulic press) ที่แรงอัด 10-11 ตัน ได้งาขาวบีบน้ำมัน นำเอาถั่วเหลืองผ่าซีก และงาขาวบีบน้ำมันมาแยกบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด (pin mill) ได้แบ่งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มและแบ่งงาพร่องไขมันซึ่งมีความละเอียดขนาด 80 เมช (mesh) หนัก 24.45 กิโลกรัม (ร้อยละ 81.50) และ 4.50 กิโลกรัม (ร้อยละ 56.25) ตามลำดับ บรรจุถุงพลาสติกชนิดฉีกแน่น แล้วนำมาหาค่าประกอบทางเคมี ตามวิธีของ AOAC, 1984 และหาปริมาณของกรดอะมิโนโดยกองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

## 2. การเตรียมแบ่งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม 3 สูตร

สูตรที่ 1 และ 2 เป็นแบ่งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม ไม่เสริมและเสริมคุณค่าโปรตีนด้วยการผสม DL-methionine ร้อยละ 1 ตามลำดับ ส่วนสูตรที่ 3 เป็นแบ่งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มเสริมคุณค่าโปรตีนด้วยการผสมแบ่งงาพร่องไขมันลงไปร้อยละ 25 แล้วแยกเขย่าผสมในถุงพลาสติกประมาณ 3 นาที ให้รวมเป็นเนื้อเดียวกันในแต่ละสูตร

## 3. การเตรียมเกษตรโปรตีน 3 สูตร

เกษตรโปรตีนสูตรที่ 1 เตรียมจากแบ่งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม 500 กรัม เกษตรโปรตีนสูตรที่ 2 เตรียมจากแบ่งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม 495 กรัม ผสมกับ DL-methionine 5 กรัม ส่วนเกษตรโปรตีนสูตรที่ 3 เตรียมจากแบ่งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม 375 กรัม และแบ่งงาพร่องไขมัน 125 กรัม นำแบ่งแต่ละสูตรที่ได้มาแยกผสมให้เข้ากันดีโดยเขย่าในถุงพลาสติก ประมาณ 3 นาที แล้วแยกผสมกับน้ำ 200 มิลลิลิตร โดยใช้เครื่องผสม Kenwood เป็นเวลา 3 นาที แล้วนำมาปั้นเป็นก้อนกลมๆ (dough) ด้วยมือ จากนั้นจึงแบ่งเป็นก้อนเล็กๆ ก้อนละ 10 กรัม กดให้แบนด้วยมือแล้วจึงใส่ลงในบ้าของเครื่องวิลเลจ เทคเจอร์โรเซอร์ ซึ่งที่บ้าทาด้านน้ำมันถั่วเหลือง อุณหภูมิของบ้าและผาสดบ้าเท่ากับ 170°-180°ซ โดยใช้แผ่นความร้อน (hot plate) แล้วจึงกดผาบ้าลงไปด้วยแรงกดที่มีความดัน 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ใช้เวลาใน

การกดนาน 10 วินาที แล้วจึงยกผาสดบ้าขึ้นทันที นำเกษตรโปรตีนที่ได้แต่ละสูตรไปตากแห้งในตู้อบ (cabinet dryer) ที่อุณหภูมิ 50°-60°ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ได้เกษตรโปรตีน 3 สูตร ซึ่งมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 421.50-425.00 กรัม หรือร้อยละ 84.30-85.00 โดยน้ำหนักของส่วนผสม แล้วบรรจุในถุงพลาสติกชนิดฉีกแน่น

## 4. การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพของโปรตีนทางชีวภาพ

ในการทำเกษตรโปรตีนทั้ง 3 สูตร เพื่อให้ได้น้ำหนักทั้งหมดสูตรละประมาณ 5 กิโลกรัม จะต้องทำซ้ำตามวิธีการที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จำนวนสูตรละ 13 ครั้ง จนกระทั่งได้น้ำหนักสูตรละประมาณ 5 กิโลกรัม แล้วจึงนำเกษตรโปรตีนแต่ละสูตรมาแยกบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด (pin mill) ให้มีความละเอียดขนาด 80 เมช (mesh) แล้วแยกบรรจุถุงพลาสติก ชนิดฉีกแน่น สำหรับไว้หาคุณภาพของโปรตีนทางชีวภาพ โดยใช้หนูทดลอง (rat bioassay)

### 4.1 หาค่าประกอบทางเคมี

นำเกษตรโปรตีนทั้ง 3 สูตร และเคซีน (casein) มาหาค่าประกอบทางเคมีตามวิธีของ AOAC (1984) และหาปริมาณของกรดอะมิโนในโปรตีนของเกษตรโปรตีนทั้ง 3 สูตร โดยกองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

4.2 หาคุณภาพโปรตีนของเกษตรโปรตีน 3 สูตร โดยวิธีทางชีวภาพกับหนูทดลอง (rat bioassay) โดยการหา Protein efficiency ratio (PER), nitrogen balance ซึ่งรวมถึง Net Protein Utilization (NPU), Biological Value (BV) และ True Digestibility (TD) ซึ่งหาได้โดยสูตรดังนี้คือ

$$\text{Protein Efficiency Ratio (PER)} = \frac{\text{Weight gain}}{\text{Protein consumed}}$$

Corrected PER เทียบกับ casein ที่ 2.50 (AOAC, 1984)

$$\text{Net Protein Utilization (NPU)} = \frac{\text{retained nitrogen} \times 100}{\text{intake nitrogen}}$$

$$= \frac{I - (F - F_k) - (U - U_k)}{I}$$

$$\begin{aligned} \text{Biological Value} &= \frac{\text{retained nitrogen} \times 100}{\text{absorbed nitrogen}} \\ &= \frac{I - (F - F_k) - (U - U_k)}{I - (F - F_k)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{True Digestibility (TD)} &= \frac{\text{absorbed nitrogen} \times 100}{\text{intake nitrogen}} \\ &= \frac{I - (F - F_k)}{I} \end{aligned}$$

(Formula given by FAO, 1970)

- I = Nitrogen intake
- F = Faecal nitrogen
- F<sub>k</sub> = Endogenous faecal nitrogen
- U = Urinary nitrogen
- U<sub>k</sub> = Endogenous urinary nitrogen

#### 4.3 การเตรียมอาหารสำหรับหนูทดลอง

นำเกษตรโปรตีนทั้ง 3 สูตร และเคซีน (casein) ไปผสมกับสารอาหารอื่น เช่น วิตามิน เกลือแร่ แป้งข้าวโพด (corn starch), เซลลูโลส, น้ำตาลทราย (sucrose), น้ำมันถั่วเหลือง เพื่อปรับอาหารตามสูตรอาหารทดลองตามวิธีของ AOAC (1984) ให้ได้โปรตีนร้อยละ 10 ± 0.3 และส่วนประกอบอื่นๆ ตามสูตรการเตรียม ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Sample X} &= \frac{1.60 \times 100}{\% \text{ Nitrogen of sample}} \\ \text{Soy oil} &= 8 - \frac{X \times \% \text{ ether extract}}{100} \\ \text{Water} &= 5 - \frac{X \times \% \text{ moisture}}{100} \\ \text{Salt mixture USP} &= 5 - \frac{X \times \% \text{ ash}}{100} \\ \text{Vitamin mixture} &= 1 \\ \text{Cellulose} &= 1 - \frac{X \times \% \text{ crude fiber}}{100} \end{aligned}$$

Sucrose : corn starch (1 : 1), to make 100% จากสูตรนี้ได้อาหารทดลองซึ่งมีโปรตีนร้อยละ 10 ± 0.3 และส่วนประกอบอื่น ดังต่อไปนี้คือ มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 10, น้ำมันถั่วเหลือง (soybean oil) ร้อยละ 8, น้ำร้อยละ 5 เกลือแร่ (salt mixture) ร้อยละ 5 วิตามินผสม (vitamin mixture) ร้อยละ 1, เซลลูโลส (Cellulose) ร้อยละ 1, น้ำตาลทราย (Sucrose) ร้อยละ 35 และแป้งข้าวโพด (corn starch) ร้อยละ 35 มีเคซีน (casein) เป็น reference protein ในการเปรียบเทียบกับคุณภาพของโปรตีนของเกษตรโปรตีนทั้ง 3 สูตร

ใช้เกษตรโปรตีนสูตรที่ 1, 2 และ 3 หน้า 2.27, 2.22 และ 2.29 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนเคซีน (casein) ใช้ 1.15 กิโลกรัม (ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$X = \frac{1.6 \times 100}{\%N \text{ of sample}} \times \frac{100}{1000}$$

โดย X = จำนวน sample) เพื่อใช้เตรียมเป็นอาหาร (diet) หนักร้อยละ 10 กิโลกรัม ซึ่งในอาหารหนัก 10 กิโลกรัม นี้ประกอบไปด้วยโปรตีนร้อยละ 10 ± 0.3 สำหรับใช้ในการศึกษาหาคุณภาพของโปรตีนโดย rat bioassay สำหรับหนูทดลอง 40 ตัว โดยมีเคซีน (casein) เป็น reference protein

#### 4.4 การเตรียมหนูทดลอง

เตรียมหนูทดลอง 40 ตัว เป็นหนูเพศผู้สีขาวพันธุ์ Sprague Dawley ซึ่งหย่านมแล้ว อายุประมาณ 3 สัปดาห์ ใช้หนู 10 ตัวต่ออาหารทดลอง 1 สูตร (หลังจากปรับสูตรให้ได้โปรตีนร้อยละ 10 ± 0.3) โดยใช้ Control 1 กลุ่มละ 10 ตัว ซึ่งเลี้ยงด้วยเคซีนโดยมีอาหารทดลอง (เกษตรโปรตีนสูตรที่ 1, 2 และ 3) อีก 3 กลุ่มๆ ละ 10 ตัว แล้วชั่งน้ำหนักหนูทดลองทั้งหมด หนูทดลองจะอยู่ในกรงทดลอง (metabolic cage) ขนาด 12 X 12 X 10 เซนติเมตร กรงละ 1 ตัว อุณหภูมิของห้องทดลองถูกควบคุมให้อยู่ในช่วง 22°-24°ซ และให้มีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงร้อยละ 50-60 ให้แสงสว่าง 12 ชั่วโมงต่อวัน และให้ความมืด 12 ชั่วโมงต่อวัน

#### 4.5 ระยะเวลาในการทดลอง

ระยะเวลาในการหาค่า PER และ Nitrogen balance ใช้เวลา 28 วัน ในหนูทดลองทุกกลุ่มซึ่งใช้เวลา

เดียวกัน เมื่อเริ่มต้นการทดลอง ซึ่งน้ำหนักของหนูแต่ละตัวในแต่ละกลุ่มซึ่งน้ำหนักของหนูจะอยู่ในช่วงประมาณ 40-60 กรัม หนูทดลองอยู่ในกรงทดลองทรงระดิว มีน้ำดื่มตลอดวัน ซึ่งน้ำหนักอาหารที่หนูกินทุกวัน ซึ่งน้ำหนักหนูทุกตัวทุกสัปดาห์ เพื่อนำไปคำนวณหาค่า Protein Efficiency Ratio (PER) ตามวิธีของ AOAC (1984) ทำการทดลอง 28 วัน เก็บปัสสาวะและอุจจาระของหนูทุกกลุ่มทุกสัปดาห์ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาไนโตรเจนโดยวิธี Macro kjeldahl สำหรับศึกษาความสมดุลของไนโตรเจนซึ่งใช้ในการคำนวณหาค่า Net Protein Utilization (NPU), Biological Value (BV), และ True Digestibility (TD) ตามวิธีของ FAO (1970)

#### 4.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลจากการทดลองใช้วิธี Analysis of Variance และหาความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ Duncan new multiple range test ในการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่า PER ในแต่ละกลุ่มการทดลอง

### ผลและวิจารณ์

ปริมาณโปรตีนของแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม

และแป้งงาพร่องไขมันเท่ากับร้อยละ 45.05 และ 36.96 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ มีปริมาณไขมันร้อยละ 23.98 และ 38.15 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ ดังแสดงไว้ใน Table 1 คุณภาพของโปรตีนของแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายได้แก่ กรดอะมิโน methionine + cystine ส่วนโปรตีนของแป้งงาพร่องไขมันขาดกรดอะมิโน lysine โดยมี chemical score ของกรดอะมิโน methionine + cystine เท่ากับร้อยละ 66 และ chemical score ของกรดอะมิโน lysine เท่ากับร้อยละ 53 ตามลำดับ ดังแสดงไว้ใน Table 2 เกษตร

**Table 1 Proximate composition of full fat soy flour and defatted sesame flour on percent dry weight of flour.**

Chemical composition (% Dry weight)	Full fat soy flour	Defatted sesame flour
Moisture, %	6.50	4.09
Fat, %	23.98	38.15
Protein, %	45.05	36.96
Ash, %	5.54	5.08
Crude fiber, %	2.64	4.95
Carbohydrate, %	22.79	14.86
Energy, Cal/100 gram	487	551

**Table 2 Essential amino acid compositions of protein of full fat soy flour, defatted sesame flour and FAO/WHO standrad.**

Essential amino acid	Amino acid, mg/gm of protein of		FAO/WHO*
	Full fat soy flour	Defatted sesame flour	
Isoleucine	36	31	40
leucine	69	60	70
Lysine	62	29 (53)	55
Methionine + Tyrosine	23 (66)	49	35
Phenylalanine + Tyrosine	83	78	60
Threonine	38	38	40
Tryptophan	15	16	10
Valine	37	38	50

(-) limiting amino acid with chemical score.

\* Source : Food Composition Table for use in East Asia

$$\text{Chemical score} = \frac{\text{amino acid content of protein in flour}}{\text{amino acid content in FAO/WHO standard}} \times 100$$

โปรตีนสูตรที่ 1 และ 2 ทำจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มซึ่งไม่เสริม และเสริมด้วยกรดอะมิโน DL-methionine ร้อยละ 1 ตามลำดับ ส่วนสูตรโปรตีนสูตรที่ 3 ทำจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มผสมแป้งงาพรวงไขมันร้อยละ 25 ปริมาณโปรตีนของสูตรโปรตีนทั้ง 3 สูตร ผลิตโดยเครื่องวิลเลจเทคโนโลยีโรเซอร์อยู่ในช่วงร้อยละ 46.13-47.39 โดยน้ำหนักแห้ง และมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 17.59-26.07 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ ดังแสดงไว้ Table 3

ปริมาณของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายของสูตรโปรตีนทั้ง 3 สูตร ได้แสดงไว้ Table 4 ปรากฏว่าคุณภาพของสูตรโปรตีนสูตรที่ 2 ซึ่งทำจากแป้งถั่วเหลือง

ชนิดไขมันเต็มผสมกรดอะมิโน DL-methionine ร้อยละ 1 มีคุณภาพของโปรตีนดีที่สุดใน และดีกว่าของเคซีน (casein) โดยมี chemical score ของกรดอะมิโน methionine + cystine เท่ากับร้อยละ 111 ซึ่งมีค่า PER ดังแสดงไว้ใน Table 5 เท่ากับ 2.75 โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรโปรตีนอีกสองสูตร และเคซีน ในขณะที่ PER ของเคซีน (casein) เท่ากับ 2.50 รองลงมาได้แก่ สูตรโปรตีนสูตรที่ 3 ทำจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มผสมแป้งงาพรวงไขมันร้อยละ 25 ซึ่งมี chemical score ของ methionine + cystine เท่ากับร้อยละ 74 ซึ่งมีค่า PER เท่ากับ 2.15 ในขณะที่ค่า PER ของเคซีน

**Table 3 Proximate composition of three formulae of Kaset Protein.**

Chemical composition (% Dry weight)	Kaset Protein formula number		
	1	2	3
Moisture, %	5.20	5.15	5.25
Fat, %	17.59	17.94	26.07
Protein, %	46.49	47.39	46.13
Ash, %	5.23	5.27	5.61
Crude fiber, %	2.68	2.74	1.96
Carbohydrate, %	28.01	26.66	20.23
Energy, Cal/100 gram	456	458	500

**Table 4 Essential amino acid compositions of three formulae of Kaset Protein and FAO/WHO standard.**

Essential amino acid	Amino acid, mg/gm of protein of Kaset Protein formula no.			FAO/WHO*
	1	2	3	
Isoleucine	37	36	35	40
leucine	74	73	70	70
Lysine	60	59	57	55
Methionine + Cystine	24 (69)**	39 (111)	26 (74)	35
Phenylalanine + Tyrosine	72	71	71	60
Threonine	43	42	42	40
Tryptophan	13	14	12	10
Valine	41	40	39	50

\* Source : Food Composition Table for use in East Asia

\*\* (-) limiting amino acid with chemical score.

(-) amino acid with chemical score.

$$\text{Chemical score} = \frac{\text{amino-acid content of protein in Kaset Protein}}{\text{amino acid content in FAO/WHO standard.}} \times 100$$

เท่ากับ 2.50 และสุดท้ายได้แก่ เกษตรโปรตีนสูตรที่ 1 ทำจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มแต่เพียงอย่างเดียวซึ่งมี chemical score ของ methionine + cystine เท่ากับ ร้อยละ 69 โดยมีค่า PER เท่ากับ 2.01 ในขณะที่ค่า PER ของเคซีนเท่ากับ 2.50 โดยที่ค่า PER ของเกษตรโปรตีนสูตรที่ 1 และ 3 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบกับค่า PER ของเคซีน จากผลของการทดลองโดย rat bioassay เห็นได้ว่าเกษตรโปรตีนสูตรที่ 2 และ 3 มีค่า PER เท่ากับ 2.75 และ 2.15 เมื่อเปรียบเทียบกับค่า PER ของเกษตรโปรตีนสูตรที่ 1 ซึ่งเท่ากับ 2.01 ในขณะที่ค่า PER ของเคซีนเท่ากับ 2.50 ค่าของ NPU, BV และ TD ของเกษตรโปรตีนสูตรที่ 2 และ 3 อยู่ในช่วงร้อยละ 65.20-75.54, 74.97-86.11, 86.97-87.74 ตามลำดับ ส่วนของเกษตรโปรตีนสูตรที่ 1 เท่ากับร้อยละ 67.89, 77.73

และ 87.34 ตามลำดับ ในขณะที่ของเคซีนเท่ากับร้อยละ 73.41, 80.68 และ 90.99 ตามลำดับ ดังแสดงไว้ใน Table 6 ดังนั้นคุณภาพของเกษตรโปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มดีขึ้นย่อมขึ้นอยู่กับปริมาณของ DL-methionine และแป้งงาพรวงไขมันที่เติมลงไป แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มก่อนทำเป็นเกษตรโปรตีนซึ่งมีผลทำให้ค่า chemical score ของ methionine + cystine สูงกว่าร้อยละ 70 ตลอดจนค่า PER, NPU, BV และ TD ของเกษตรโปรตีนสูงเกินกว่าเกษตรโปรตีนที่ทำจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มแต่เพียงอย่างเดียว สมชายและคณะ (2533) (2) ได้นำเอาเกษตรโปรตีนทั้งสามสูตรดังกล่าวมาใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ซึ่งมีราคาแพงในการประกอบอาหาร เช่น ก๋วยเตี๋ยวผัดซีอิ้ว และยำวุ้นเส้น ได้รับการยอมรับในการบริโภคจากผู้ชิมเป็นอย่างดีในเรื่องสี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และการยอมรับในการบริโภค

**Table 5 PER (Protein efficiency ratio) of three formulae of Kaset Protein.**

Kaset Protein formula no.	Diet (% Protein)	Weight gain (g)	Protein consumed (g)	PER <sup>1</sup>	
				observed	corrected <sup>2</sup>
1	10	91.54 ± 16.16 <sup>3</sup>	37.65 ± 3.91	2.42 ± 0.23	2.01 ± 0.19 <sup>c</sup>
2	10	144.48 ± 25.83	43.35 ± 4.65	3.32 ± 0.24	2.75 ± 0.20 <sup>a</sup>
3	10	112.78 ± 10.02	43.44 ± 1.70	2.59 ± 0.16	2.15 ± 0.14 <sup>c</sup>
Casein	10	117.88 ± 10.58	39.11 ± 2.43	3.01 ± 0.17	2.50 <sup>b</sup>

1 Protein Efficiency Ratio (PER) = weight gain/protein consumed.

2 Corrected PER as adjusted to 2.50 for casein.

3 Means within the same column indicated by the same letters are not significantly different at P ≤ .05 level.

**Table 6 Nitrogen balance studies (NPU, BV, TD) of three formulae Kaset Protein.**

Kaset Protein formula no.	Diet % Protein	NPU <sup>1</sup>	BV <sup>2</sup>	TD <sup>3</sup>
1	10	67.89	77.73	87.34
2	10	75.54	86.11	87.74
3	10	65.20	74.97	86.97
Casein	10	73.41	80.68	90.99

1 Net Protein Utilization (NPU) = (retained nitrogen/intake nitrogen) 100

2 Biological Value (BV) = (retained nitrogen/intake nitrogen) 100

3 True Digestibility (TD) = (absorbed nitrogen/intake nitrogen) 100

## สรุป

ปริมาณโปรตีนของเกษตรโปรตีนทำจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม 3 สูตร ผลิตโดยใช้เครื่องวิลเลจเทคเจอร์โรเซอร์ อยู่ในช่วงร้อยละ 46.13-47.39 โดยน้ำหนักแห้ง และมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 17.59-26.07 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ คุณภาพของโปรตีนของเกษตรโปรตีนทำจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้โดยการเสริมคุณค่าโปรตีนด้วย DL-methionine ร้อยละ 1, แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มเสริมคุณค่าโปรตีนด้วยแป้งงาพรวงไขมันร้อยละ 25 มีค่า PER เท่ากับ 2.75 และ 2.15 ตามลำดับและค่า PER ของเกษตรโปรตีนทำจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มแต่เพียงอย่างเดียวเท่ากับ 2.01 ในขณะที่ค่า PER ของเคซีน (casein) เท่ากับ 2.50 ส่วนค่า NPU, BV และ TD ของเกษตรโปรตีนทำจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มผสม DL-methionine ร้อยละ 1, แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มผสมแป้งงาพรวงไขมันร้อยละ 25 มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 65.20-75.54, 74.97-86.11 และ 86.97-87.74 ตามลำดับ ซึ่งค่าต่างๆ เหล่านี้สูงกว่าเกษตรโปรตีนที่ทำจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มเพียงอย่างเดียว จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่า DL-methionine และแป้งงาพรวงไขมันสามารถใช้เสริมคุณค่าโปรตีนของเกษตรโปรตีนทำจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มให้ดีขึ้น ซึ่งดีกว่า เทาเทียมหรือใกล้เคียงกับเคซีนซึ่งเป็นโปรตีนที่ได้จากสัตว์

## เอกสารอ้างอิง

สมชาย ประภาวัต, อุดม กาญจนปกรณชัย, กุลวดี ครอบพาณิชย์, ประชา บุญญสิริกุล อนุกุล พลศิริ

และประเสริฐ สายสิทธิ์. 2527. ผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนสูงราคาถูก จากถั่วเหลือง ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. บริษัท สยามออฟเซ็ท จำกัด. กรุงเทพมหานคร. หน้า 82-113.

สมชาย ประภาวัต, สุภรัตน์ ชวนะ และมัณฑนา ร่วมรักษ์. 2533. การผลิตเกษตรโปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มโดยใช้เครื่องวิลเลจเทคเจอร์โรเซอร์ และทดสอบการยอมรับ. รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 28. หมวดเกษตรศาสตร์ หมวดวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หมวดเศรษฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ หมวดทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม หมวดศึกษาศาสตร์และมนุษยศาสตร์ จัดโดย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน 29-31 มกราคม 2533. หน้า 331-42.

AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. The William Byrd Press, Inc. Washington, D.C.

Food and Agricultural Organization of the United Nations. 1970. Amino Acid Content of Foods and Biological Data on Proteins. Food Policy and Food Science Service, Nutrition Division. FAO : Nutritional Studies No. 24. FAO, Rome.

Food and Agricultural Organization of the United Nations, U.S. Department of Health, Education and Welfare. 1972. Food Composition Table for Use in East Asia. U.S. Government Printing Office.