

การประเมินคุณค่าและการปรับปรุงคุณภาพโปรตีน  
ของอาหารทางการแพทย์ชนิดผง  
สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว

นางสาววรรณิ วรรณชัย



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาอาหารเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2537

ISBN 974-584-443-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EVALUATION AND IMPROVEMENT OF PROTEIN QUALITY  
OF MUNG BEAN PROTEIN-BASED  
MEDICAL FOOD POWDER

Miss. Wannee Worawattanachai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science in Pharmacy

Department of Food Chemistry

Graduate School

Chulalongkorn University

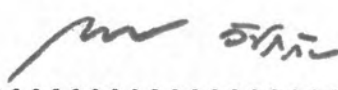
1994

ISBN 974-584-443-8

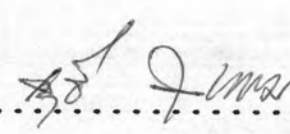
หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินคุณค่าและการปรับปรุงคุณภาพโปรตีนของ
	อาหารทางการแพทยชันติผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว
โดย	นางสาววรรณิ วรรณนชัย
ภาควิชา	อาหารเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ กิ่งสดาลอำไพ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธิติรัตน์ ปานม่วง

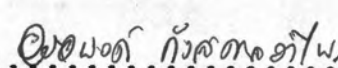
---

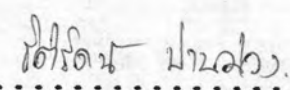
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

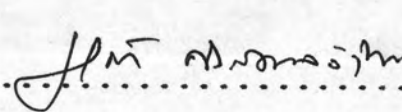
  
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรภักย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(อาจารย์ สุธิ์ สุนทรธรรม)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ กิ่งสดาลอำไพ)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธิติรัตน์ ปานม่วง)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.แแก้ว กิ่งสดาลอำไพ)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

วรรณิ์ วรรณชัย : การประเมินคุณค่าและการปรับปรุงคุณภาพโปรตีนของอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว (EVALUATION AND IMPROVEMENT OF PROTEIN QUALITY OF MUNG BEAN PROTEIN-BASED MEDICAL FOOD POWDER)

อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. อรอนงค์ กังสดาลอำไพ และ ผศ. อธิรัตน์ ปานม่วง, 164 หน้า, ISBN 974-584-443-8

การศึกษานี้ประเมินคุณค่าและปรับปรุงคุณภาพโปรตีนของอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว ผลผลิตอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวประกอบด้วยโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวร้อยละ 20 น้ำมันข้าวโพดร้อยละ 16 ไตรกลีเซอไรด์สายโมเลกุลยาวปานกลางร้อยละ 4 มอลโตเด็คซ์ทรินร้อยละ 60 และเลซิทิน (ปริมาณ 0.5 กรัมต่อปริมาตร 100 มิลลิลิตร) บันผสมให้เข้ากัน แลวนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจาย โดยให้อุณหภูมิลมร้อนเข้าและอุณหภูมิลมร้อนออก 150 และ 70 องศาเซลเซียสตามลำดับ ผลผลิตที่ได้มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เคา คาร์โบไฮเดรตและใยอาหารเป็นส่วนประกอบร้อยละ 2.54, 17.42, 16.47, 1.81 และ 62.42 ตามลำดับ อัตราส่วนของพลังงานที่ได้จากโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 14.90, 31.70 และ 53.40 ตามลำดับ อัตราส่วนพลังงานที่ไม่ได้มาจากโปรตีนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 142.75 กิโลแคลอรีต่อ 1 กรัมไนโตรเจน ผลผลิตที่มีเมไทโอนีน และทรีโอนีนเป็นกรดอะมิโนที่มีปริมาณจำกัด

ปรับปรุงคุณภาพโปรตีนในอาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว โดยการเสริมกรดอะมิโนเมไทโอนีนและทรีโอนีน 19.02 และ 11.16 มิลลิกรัมต่อกรัมโปรตีน ตามลำดับ หรือการเสริมกรดอะมิโนเมไทโอนีน, ทรีโอนีนและไลซีน ไฮโดรคลอไรด์ 19.28, 11.45 และ 8.43 มิลลิกรัมต่อกรัมโปรตีน ตามลำดับ หรือการเสริมเคซีน, เมไทโอนีนและทรีโอนีน 1.1745 กรัม, 14.48 และ 8.63 มิลลิกรัมต่อกรัมโปรตีน ตามลำดับ

การตรวจสอบคุณภาพโปรตีนโดยวิธีชีววิเคราะห์ในหนูขาวเปรียบเทียบกับเคซีน พบว่าสูตรอาหารที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพโปรตีน ไลคา PER และ NPR เทียบเท่าเคซีน โดยไม่มีความแตกต่างกับเคซีน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สูตรอาหารที่ได้รับการเสริมเคซีน, เมไทโอนีนและทรีโอนีน มีโปรตีนคุณภาพดีและราคาถูกกว่าโปรตีนเคซีน ไลคา protein efficiency ratio (PER), net protein ratio (NPR), true digestibility (TD), biological value (BV) และ net protein utilization (NPU) เท่ากับ 2.84, 3.77, 92.20, 88.88 และ 81.94 ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกับเคซีน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สูตรอาหารที่ได้รับการเสริมเมไทโอนีน ทรีโอนีน หรือเสริมเมไทโอนีน ทรีโอนีน และไลซีน ไฮโดรคลอไรด์ ไม่ทำให้การดูดซึมและการนำไนโตรเจนไปใช้ประโยชน์ในร่างกายเปลี่ยนแปลง แสดงว่าการนำโปรตีนไปใช้ประโยชน์ในทางสรีรวิทยาและชีวเคมีไม่แตกต่างกัน

ภาควิชา ..... ภาควิชาอาหารเคมี .....  
สาขาวิชา ..... ภาควิชาอาหารเคมี .....  
ปีการศึกษา ..... 2536 .....

ลายมือชื่อนิสิต ..... *อรอนงค์ วรรณชัย* .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... *อรอนงค์ กังสดาลอำไพ* .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ..... *อธิรัตน์ ปานม่วง* .....

## C475176 : MAJOR FOOD CHEMISTRY

KEY WORD: MUNG BEAN PROTEIN/PROTEIN QUALITY/MEDICAL FOOD

WANNEE WORAWATTANACHAI : EVALUATION AND IMPROVEMENT OF PROTEIN QUALITY OF MUNG BEAN PROTEIN-BASED MEDICAL FOOD POWDER.

THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. ORANONG KANGSADALAMPAI, Ph.D. AND ASSIST. PROF. THITIRAT PANMAUNG, M.Sc. (FOOD TECH.) 164 pp.

ISBN 974-584-443-8

Evaluation and improvement of protein quality of mung bean protein based medical food formula was performed. The formula was composed of 20% mung bean protein isolate, 16% corn oil, 4% MCT oil, 60% maltodextrin. Lecithin (0.5 g per 100 ml.) was used as an emulsifier. The mixture was homogenized. Then the emulsion was spray dried (150°C for the inlet and 70°C for the outlet temperatures). Proximate analysis showed that the product consisted of 2.54% moisture, 17.42% protein, 16.47% fat, 1.81% ash, 62.42% carbohydrate and fiber. Caloric distribution of protein, fat and carbohydrate were 14.90, 31.70 and 53.40, respectively. Non protein caloric : nitrogen ratio was 142.75 Cal. per 1 g nitrogen. Methionine and threonine were limiting amino acid of the formula.

Improvement on protein quality have been done in three different ways. Firstly, the fortification of methionine (19.02 mg per g protein) and threonine (11.16 mg per g protein). Secondly, the fortification of methionine (19.28 mg per g protein), threonine (11.45 mg per g protein) and lysine hydrochloride (8.43 mg per g protein). Thirdly, the fortification of casein (1.1745 g per g protein), methionine (14.48 mg per g protein) and threonine (8.63 mg per g protein).

Protein quality of the four formulas were examined using rat bioassay with casein was served as standard protein. Protein quality improved formulas had no statistically different ( $p < 0.05$ ) PER and NPR from those of the casein formula. The formula fortified with casein, methionine and threonine was high in quality but rather cheap in price. The protein efficiency ratio (PER), net protein ratio (NPR), true digestibility (TD), biological value (BV) and net protein utilization (NPU) of this formula were 2.84, 3.77, 92.20, 88.88 and 81.94 respectively; with no difference ( $p < 0.05$ ) from those of the casein formula. Absorbed and retained nitrogen of the formulas fortified with methionine and threonine or methionine, threonine and lysine hydrochloride was not different from unimproved formula and indicated no difference of protein utilization in terms of physiology and biochemistry.

ภาควิชา อาหารเคมี.....

สาขาวิชา อาหารเคมี.....

ปีการศึกษา 2536.....

ลายมือชื่อนิสิต..... *อรานงค์ กังสดาลัมไพ*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... *อรานงค์ กังสดาลัมไพ*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... *ทิตีรัตน์ ปันมาung*



## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ รองศาสตราจารย์ ดร. อรอนงค์ กังสดาลอำไพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธิติรัตน์ ปานม่วง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำ ให้ความรู้และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการวิจัย ติดต่อจัดหาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตรวจสอบและแก้ไขข้อความต่าง ๆ ในการเขียนวิทยานิพนธ์นี้ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์สุธี สุนทรธรรม หัวหน้าภาควิชาอาหารเคมี และรองศาสตราจารย์ ดร.แก้ว กังสดาลอำไพ ที่ได้กรุณาทำหน้าที่เป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์นี้ ขอขอบพระคุณ ดร.ภุชญา ไกรสินธุ์ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาองค์การเภสัชกรรม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พจน์ กุลวานิช หัวหน้าภาควิชาเภสัชอุตสาหกรรม และผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชาย เมฆอรุณเรือง หัวหน้าภาควิชาชีวเคมี ที่กรุณาเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณ คุณจรรยา วัฒนทวีกุล กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและพลังงานที่กรุณาให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกในการตรวจวิเคราะห์กรดอะมิโน ขอขอบคุณบริษัทไทยวา จำกัด ที่สนับสนุนเงินทุนและเอื้อเฟื้อวัตถุดิบในการวิจัย ขอขอบคุณ คุณวาทีนี้ ปรีชาจารย์ และคุณเชาวรัตน์ สฐูป ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสารเคมีบางส่วนที่ใช้ในงานวิจัย ขอขอบคุณ คุณณัฐา เลาทกุลจิตต์ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาอาหารเคมีทุกท่าน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย และท้ายนี้ผู้วิจัย ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และน้อง ๆ ที่กรุณาสละเวลาและแรงงาน ช่วยเหลือสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยตลอดมา ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ฅ
สารบัญภาพ .....	ฉ
<b>บทที่</b>	
1. บทนำ .....	1
2. วารสารปริทัศน์ .....	4
3. วิธีดำเนินการวิจัย .....	34
4. ผลการวิจัย .....	51
5. วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย .....	84
เอกสารอ้างอิง .....	98
<b>ภาคผนวก</b>	
ก. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี .....	106
ข. สูตรอาหารสำหรับเลี้ยงหนูทดลอง .....	114
ค. รายละเอียดการประเมินคุณค่าทางโภชนาการของอาหารทางการ แพทย์สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวโดยการวิเคราะห์ทางชีวภาพ .....	117
ง. การวิเคราะห์ทางสถิติ .....	139
จ. โครมาโตแกรมของการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโน ..	157
ฉ. ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นตามมาตรฐานของ FAO/WHO 1973 .	162

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

๗. การเปรียบเทียบราคาอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีน สกัดจากถั่วเขียว และผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์ชนิดผงใน ท้องตลาดที่มีอัตราส่วนการกระจายพลังงานที่ใกล้เคียงกัน . . . .	163
ประวัติ .....	164



## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณสารอาหารในส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดถั่วเขียว .....	5
2	ส่วนประกอบของสารอาหารที่ใช้เตรียมอาหารทางการแพทย์ชนิดผง สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว (สูตรที่ 1) .....	40
3	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้เตรียมอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัด จากถั่วเขียว (สูตรที่ 1) .....	41
4	ส่วนประกอบของอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจาก ถั่วเขียวสูตรต่าง ๆ .....	45
5	ปริมาณสารอาหารในผงโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวชีก .....	52
6	คุณค่าทางโภชนาการของอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีน สกัดจากถั่วเขียว (สูตรที่ 1) .....	53
7	ปริมาณสารอาหารในเคซีน .....	54
8	ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีน สกัดจากถั่วเขียว (สูตรที่ 1) เปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน .	55
9	ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนเคซีน เปรียบเทียบกับโปรตีน มาตรฐาน .....	56
10	คุณค่าทางโภชนาการของอาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจาก ถั่วเขียวสูตรที่ 2, 3 และ 4 .....	60
11	ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในอาหารทางการแพทย์ชนิดผง สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวเสริมด้วยกรดอะมิโนเมไทโอนีนและ ทรีโอนีน (สูตรที่ 2) เปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน .....	61

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
12	ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในอาหารทางการแพทย์ชนิดผง สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวเสริมด้วยกรดอะมิโนเมไทโอนีน ทรีโอนีน และไลซีน (สูตรที่ 3) เปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน 62
13	ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตร โปรตีนสกัดจากถั่วเขียวและเคซีน เสริมด้วยกรดอะมิโนเมไทโอนีน และทรีโอนีน (สูตรที่ 4) เปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน .... 63
14	น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อาหารที่กิน โปรตีนที่กิน ค่า PER, ค่า CPER และค่า RPER ของหนูทดลองกลุ่มต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 28 วัน แสดงด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ..... 69
15	น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อาหารที่กิน โปรตีนที่กิน ค่า NPR และค่า RPER ของหนูทดลองกลุ่มต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 14 วัน แสดงด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ..... 74
16	ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับและขับออกทางปัสสาวะ และอุจจาระ ค่า TD, BV และ NPU ของหนูทดลองกลุ่มต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 14 วันแสดงด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ... 80
17	แสดงน้ำหนักตัว โปรตีนที่กิน และค่า PER ของกลุ่มมาตรฐาน (เคซีน) เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 28 วัน ..... 117
18	แสดงน้ำหนักตัว โปรตีนที่กิน ค่า PER, CPER และ RPER ของ กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจาก ถั่วเขียวสูตรที่ 1 เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 28 วัน ..... 118
19	แสดงน้ำหนักตัว โปรตีนที่กิน ค่า PER, CPER และ RPER ของ กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจาก ถั่วเขียวสูตรที่ 2 เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 28 วัน ..... 119

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
20	แสดงน้ำหนักตัว โปรตีนที่กิน ค่า PER, CPER และ RPER ของ กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจาก ถั่วเขียวสูตรที่ 3 เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 28 วัน ..... 120
21	แสดงน้ำหนักตัว โปรตีนที่กิน ค่า PER, CPER และ RPER ของ กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจาก ถั่วเขียวสูตรที่ 4 เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 28 วัน ..... 121
22	น้ำหนักตัว โปรตีนที่กิน ของกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่มีโปรตีน (กลุ่ม Z) ขณะเริ่มต้นและเลี้ยงเป็นเวลา 14 วัน ..... 122
23	น้ำหนักตัว โปรตีนที่กิน ค่า NPR ของกลุ่มมาตรฐาน (เคซีน) เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 14 วัน ..... 123
24	น้ำหนักตัว โปรตีนที่กิน ค่า NPR และ RNPR ของกลุ่มที่เลี้ยงด้วย อาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวสูตรที่ 1 ระยะเวลา 14 วัน ..... 124
25	น้ำหนักตัว โปรตีนที่กิน ค่า NPR และ RNPR ของกลุ่มที่เลี้ยงด้วย อาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวสูตรที่ 2 ระยะเวลา 14 วัน ..... 125
26	น้ำหนักตัว โปรตีนที่กิน ค่า NPR และ RNPR ของกลุ่มที่เลี้ยงด้วย อาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวสูตรที่ 3 ระยะเวลา 14 วัน ..... 126
27	น้ำหนักตัว โปรตีนที่กิน ค่า NPR และ RNPR ของกลุ่มที่เลี้ยงด้วย อาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวสูตรที่ 4 ระยะเวลา 14 วัน ..... 127

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
28 ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ และขับออกทางปัสสาวะ และอุจจาระ ของกุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่มีโปรตีน (กุ่ม Z) ระยะเวลา 14 วัน .....	128
29 ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ และขับออกทางปัสสาวะ และอุจจาระ ของกุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีนมาตรฐาน (เคชิน) ระยะเวลา 14 วัน .....	129
30 ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ และขับออกทางปัสสาวะ และอุจจาระ ของกุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจาก ถั่วเขียวสูตร 1 ระยะเวลา 14 วัน .....	130
31 ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ และขับออกทางปัสสาวะ และอุจจาระ ของกุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจาก ถั่วเขียวสูตร 2 ระยะเวลา 14 วัน .....	131
32 ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ และขับออกทางปัสสาวะ และอุจจาระ ของกุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจาก ถั่วเขียวสูตร 3 ระยะเวลา 14 วัน .....	132
33 ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ และขับออกทางปัสสาวะ และอุจจาระ ของกุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจาก ถั่วเขียวสูตร 4 ระยะเวลา 14 วัน .....	133
34 ค่า Biological value, True digestibility และ Net protein utilization ของกุ่มที่เลี้ยงด้วยโปรตีนมาตรฐาน (เคชิน) ระยะเวลา 14 วัน .....	134

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
35	ค่า Biological value, True digestibility และ Net protein utilization ของกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว สูตรที่ 1 ระยะเวลา 14 วัน ..... 135
36	ค่า Biological value, True digestibility และ Net protein utilization ของกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว สูตรที่ 2 ระยะเวลา 14 วัน ..... 136
37	ค่า Biological value, True digestibility และ Net protein utilization ของกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว สูตรที่ 3 ระยะเวลา 14 วัน ..... 137
38	ค่า Biological value, True digestibility และ Net protein utilization ของกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว สูตรที่ 4 ระยะเวลา 14 วัน ..... 138
39	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า PER ..... 142
40	ค่าแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสำหรับค่า PER ของหนูทดลอง กลุ่มต่าง ๆ ..... 143
41	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า CPER ..... 144
42	ค่าแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสำหรับค่า CPER ของหนูทดลอง กลุ่มต่าง ๆ ..... 145
43	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า RPER ..... 146

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
44	ค่าแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสำหรับค่า RPER ของหนูกทดลอง กลุ่มต่าง ๆ ..... 147
45	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า NPR ..... 148
46	ค่าแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสำหรับค่า NPR ของหนูกทดลอง กลุ่มต่าง ๆ ..... 149
47	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า RNPR ..... 150
48	ค่าแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสำหรับค่า RNPR ของหนูกทดลอง กลุ่มต่าง ๆ ..... 151
49	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TD ..... 152
50	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า BV ..... 153
51	ค่าแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสำหรับค่า BV ของหนูกทดลองกลุ่ม ต่าง ๆ ..... 154
52	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า NPU ..... 155
53	ค่าแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสำหรับค่า NPU ของหนูกทดลอง กลุ่มต่าง ๆ ..... 156
54	ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นตามมาตรฐานของ FAO/WHO 1973 .. 162
55	การเปรียบเทียบราคาอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีน สกัดจากถั่วเขียว และผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์ในท้องตลาด ที่มีอัตราส่วนการกระจายพลังงานที่ใกล้เคียงกัน ..... 163

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเตรียมโปรตีนสกัดชนิดผงจากถั่วเขียวชีก .....	37
2	การเตรียมอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว (สูตรที่ 1) .....	42
3	กราฟเปรียบเทียบปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในโปรตีนของอาหารทาง การแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว (สูตรที่ 1) กับโปรตีน มาตรฐาน FAO/WHO .....	57
4	กราฟเปรียบเทียบปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในเคซีนกับโปรตีน มาตรฐาน FAO/WHO .....	58
5	กราฟเปรียบเทียบปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในโปรตีนของอาหาร ทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว (สูตรที่ 2) กับโปรตีน มาตรฐาน FAO/WHO .....	64
6	กราฟเปรียบเทียบชนิดและปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในโปรตีนของ อาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว (สูตรที่ 3) กับ โปรตีนมาตรฐาน FAO/WHO .....	65
7	กราฟเปรียบเทียบปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในโปรตีนของอาหาร ทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว (สูตรที่ 4) กับโปรตีน มาตรฐาน FAO/WHO .....	66
8	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย PER ของกลุ่มมาตรฐาน และกลุ่มทดลอง ต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 28 วัน .....	70
9	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย CPER ของกลุ่มทดลอง 1, 2 ,3 และ 4 เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 28 วัน .....	71

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
10	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย RPER ของกลุ่มทดลอง 1, 2, 3 และ 4 เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 28 วัน ..... 72
11	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย NPR ของกลุ่มมาตรฐาน และกลุ่มทดลองต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 28 วัน ..... 75
12	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย RNPR ของกลุ่มทดลอง 1, 2, 3 และ 4 เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 28 วัน ..... 76
13	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย RPER และ RNPR ของกลุ่มทดลอง 1, 2, 3 และ 4 ..... 77
14	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย TD ของกลุ่มมาตรฐาน และกลุ่มทดลองต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 14 วัน ..... 81
15	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย BV ของกลุ่มมาตรฐาน และกลุ่มทดลองต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 14 วัน ..... 82
16	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย NPU ของกลุ่มมาตรฐาน และกลุ่มทดลองต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 14 วัน ..... 83
17	โครมาโตแกรมการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวสูตรที่ 1 ..... 157
18	โครมาโตแกรมการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของเคซีน. 158
19	โครมาโตแกรมการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวสูตรที่ 2 ..... 159
20	โครมาโตแกรมการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวสูตรที่ 3 ..... 160
21	โครมาโตแกรมการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวสูตรที่ 4 ..... 161