



บทที่ 4

ผลการทดลอง

1. โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

1.1 หาพีเอชที่เหมาะสมในการสกัด เมื่อสกัดโปรตีนด้วยน้ำปราศจาก
อ็อกโซน โดยใช้อัตราส่วนของแป้งและน้ำเป็น 1:40 ที่พีเอช 7, 8 และ 9 ปรากฏว่าได้
ผลิตผลโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองร้อยละ 22.72 , 37.06 และ 39.42 ตามลำดับ
(ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน 50 กรัม โดยใช้พีเอช
ในการสกัดต่างๆกัน

	พีเอชของสารละลายที่ใช้สกัด		
	7	8	9
น้ำหนักแห้งของตะกอนโปรตีนที่สกัด ได้ (กรัม)	12.35	20.41	22.00
ปริมาณโปรตีนในโปรตีนที่สกัดได้ (ร้อยละ)	91.96	89.60	90.7
โปรตีนที่สกัดได้จากแป้งถั่วเหลือง (กรัม)	11.36	18.53	19.71
ผลิตผล (ร้อยละ)	22.72	37.06	39.42

1.2 คุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง โดยวิธีวิเคราะห์ทางเคมี เมื่อนำโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองชนิดผงแห้งที่เตรียมได้มาทำการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่ามีส่วนประกอบต่างๆ (ตารางที่ 3) ได้แก่ ความชื้นร้อยละ 2.92 โปรตีนร้อยละ 88.15 ไขมันร้อยละ 0.30 เถ้าร้อยละ 2.45 คาร์โบไฮเดรตและใยอาหารร้อยละ 6.18 สำหรับชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองชนิดผงแห้ง แสดงในตารางที่ 4 โครมาโตแกรมการวิเคราะห์กรดอะมิโนแสดงในแผนภาพที่ 13 (ภาคผนวก ฉ.) เมื่อนำปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองมาเปรียบเทียบกับปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นที่ร่างกายต้องการตามมาตรฐานของ FAO/WHO 1973 ได้ผลดังแสดงไว้ในภาพที่ 3

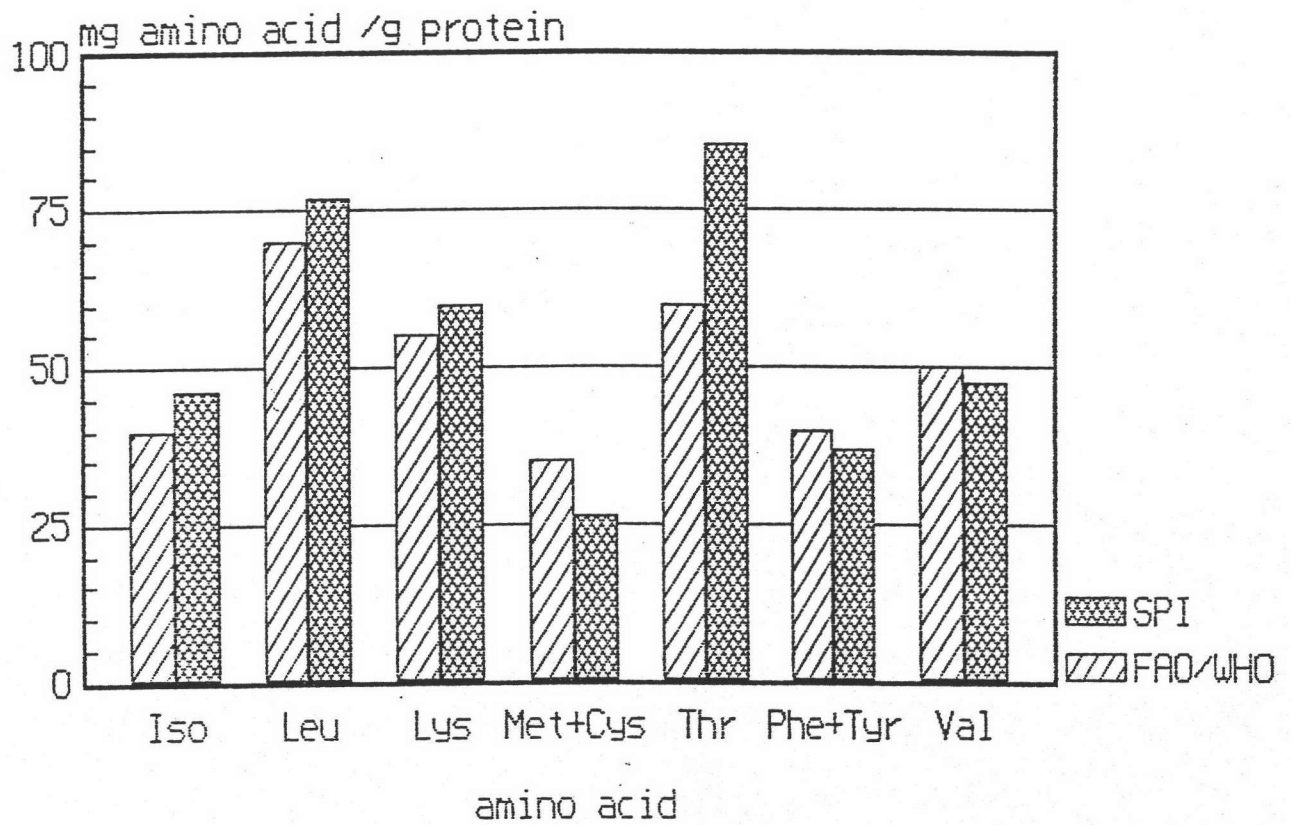
ตารางที่ 3 ส่วนประกอบของสารอาหารในแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน และโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองที่เตรียมได้

ส่วนประกอบของสารอาหาร (ร้อยละ)	แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน	โปรตีนสกัดอบแห้ง	ผงโปรตีนสกัด
ความชื้น	8.06	-	2.92
โปรตีน	48.21	90.70	88.15
ไขมัน	0.72	0.32	0.30
เถ้า	6.17	2.52	2.45
คาร์โบไฮเดรตและสารเยื่อใย	36.84	6.46	6.18

ตารางที่ 4 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโน ในโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

กรดอะมิโน	กรัม/ตัวอย่าง 100 กรัม	มิลลิกรัม/กรัม โปรตีน	อะมิโนแอซิดสคอร์
Cystine	1.11	12.22	74.26
Methionine	1.25	13.77	
Aspartic	10.29	113.32	-
Threonine	3.36	37.00	92.51
Serine	4.53	49.89	-
Glutamic	17.46	192.29	-
Glycine	3.65	40.20	-
Alanine	3.60	39.65	-
Valine	4.30	47.27	94.74
Isoleucine	4.19	46.14	115.36
Leucine	6.96	76.65	109.50
Tyrosine	3.11	34.25	142.25
Phenylalanine	4.64	51.10	-
Lysine	5.44	59.91	107.45
Ammonia	1.74	19.16	-
Histidine	2.31	25.44	-
Tryptophan	-	-	-
Arginine	6.84	75.33	-
Proline	4.94	54.40	-

ภาพที่ 3 กราฟเปรียบเทียบกรดอะมิโนจำเป็นในโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองกับปริมาณที่ร่างกายต้องการ ตามมาตรฐานของ FAO/WHO 1973*



*ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นที่ร่างกายต้องการตามมาตรฐานของ FAO/WHO 1973 แสดงไว้ในตารางที่ 67 (ภาคผนวก ข.)

2. อาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

2.1 ปรับปรุงรสชาติของผลิตภัณฑ์ โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทรายในส่วนผสมที่เป็นคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 แล้วนำไปทดสอบโดยใช้ผู้ชิม 15 คน แต่ละคนชิมทุกผลิตภัณฑ์ แล้วเรียงลำดับความหวาน และให้คะแนนรสชาติ กลิ่น สีของผลิตภัณฑ์ รายละเอียดของการให้คะแนนของผู้ชิมแต่ละคนอยู่ในตารางที่ 18-21 (ภาคผนวก ค.)ตามลำดับ

ความหวาน ผู้ชิมแต่ละคนสามารถเรียงลำดับความหวานของผลิตภัณฑ์ได้เหมือนกัน และตรงกับปริมาณน้ำตาลที่มีในผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 5

รส ผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีน้ำตาลทรายอยู่เลย พบว่าผู้ชิมร้อยละ 73.33 ให้คะแนน 4 (ไม่ชอบ) ที่เหลือให้คะแนน 3 (เฉยๆ) ไม่มีผู้ใดให้คะแนน 1 หรือ 2 เมื่อปริมาณน้ำตาลทรายเพิ่มขึ้นจำนวนผู้ชิมที่ให้คะแนนชอบ(2) และชอบมาก (1) จะเพิ่มขึ้นคือ ในผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลทรายร้อยละ 30 พบว่าผู้ชิมร้อยละ 86.61 ให้คะแนน 1 (ชอบมาก) อีกร้อยละ 13.39 ให้คะแนน 2 (ชอบ) ดังตารางที่ 6

กลิ่น คะแนนที่ผู้ชิมให้แก่ทุกๆผลิตภัณฑ์ จะอยู่ในช่วง 2 (ชอบ) ถึง 3 (เฉยๆ) ยกเว้นในผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีน้ำตาลทรายอยู่เลย มีผู้ชิมร้อยละ 13.33 ให้คะแนน 4 (ไม่ชอบ) เมื่อพิจารณาแล้วจะพบว่า เมื่อปริมาณน้ำตาลทรายเพิ่มขึ้น ร้อยละของผู้ที่ให้คะแนน 2 (ชอบ) จะเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 7

สี คะแนนที่ผู้ชิมให้แก่ทุกๆผลิตภัณฑ์ อยู่ในช่วง 2 (ชอบ) ถึง 3 (เฉยๆ) ดังตารางที่ 8

เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ว พบว่าผู้ชิมให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลทรายในปริมาณสูงมากกว่า จึงเลือกที่จะเติมน้ำตาลทรายลงในผลิตภัณฑ์ ในปริมาณ 30 กรัมต่อ 100 กรัมคาร์โบไฮเดรต

ตารางที่ 5 ความถี่ของคะแนนที่ผู้ชิมให้แก่ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลทรายในปริมาณต่างๆ กัน ในเรื่องความหวาน*

คะแนน	ปริมาณน้ำตาล (กรัม/100 กรัมคาร์โบไฮเดรต)			
	0	10	20	30
1 (หวานมาก)	-	-	-	15 (100)
2	-	-	15 (100)	-
3	-	15 (100)	-	-
4 (หวานน้อยที่สุด)	-	-	-	-

*ค่าในวงเล็บแสดงร้อยละของความถี่

ตารางที่ 5 ความถี่ของคะแนนที่ผู้ชิมให้แก่ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลทรายในปริมาณต่างๆ กัน ในเรื่องรส*

คะแนน	ปริมาณน้ำตาล (กรัม/100 กรัมคาร์โบไฮเดรต)			
	0	10	20	30
1 (ชอบมาก)	-	-	2 (13.33)	13 (86.67)
2 (ชอบ)	-	6 (40.00)	7 (46.67)	2 (13.33)
3 (เฉยๆ)	4 (26.67)	5 (33.33)	6 (40.00)	-
4 (ไม่ชอบ)	11 (73.33)	4 (26.67)	-	-

* ค่าในวงเล็บแสดงร้อยละของความถี่

ตารางที่ 7 ความถี่ของคะแนนที่ผู้ชิมให้แก่ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลทรายในปริมาณต่างๆ กัน ในเรื่องกลิ่น*

คะแนน	ปริมาณน้ำตาล (กรัม/100 กรัมคาร์โบไฮเดรต)			
	0	10	20	30
1 (ชอบมาก)	-	-	-	-
2 (ชอบ)	1 (6.67)	5 (33.33)	9 (60.00)	11 (73.33)
3 (เฉยๆ)	12 (80.00)	10 (66.67)	6 (40.00)	4 (26.67)
4 (ไม่ชอบ)	2 (13.33)	-	-	-

* ค่าในวงเล็บแสดงร้อยละของความถี่

ตารางที่ 8 ความถี่ของคะแนนที่ผู้ชิมให้แก่ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลทรายในปริมาณต่างๆ กัน ในเรื่องสี*

คะแนน	ปริมาณน้ำตาล (กรัม/100 กรัมคาร์โบไฮเดรต)			
	0	10	20	30
1 (ชอบมาก)	-	-	-	-
2 (ชอบ)	6 (40.00)	12 (80.00)	10 (66.67)	10 (66.67)
3 (เฉยๆ)	9 (60.00)	3 (20.00)	5 (33.33)	5 (33.33)
4 (ไม่ชอบ)	-	-	-	-

* ค่าในวงเล็บแสดงร้อยละของความถี่

2.2 ปรับปรุงการละลายและความคงตัวของการแขวนตะกอนของผลิตภัณฑ์

2.2.1 การเลือกวัตถุเจือปนอาหาร เมื่อเติมเลซีตินและกัวร์กัม ปริมาณ 0.5 และ 0.1 กรัม ต่อผลิตภัณฑ์พร้อมดื่ม 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ แล้วนำไปเปรียบเทียบอัตราการละลาย และความคงตัวของการแขวนตะกอน พบว่าการเติมเลซีติน มีผลทำให้อัตราการละลาย และความคงตัวของการแขวนตะกอนดีขึ้น ส่วนการเติมกัวร์กัม ทำให้ความคงตัวของการแขวนตะกอนดีขึ้น แต่อัตราการละลายลดลง ดังตารางที่ 9 ดังนั้น จึงเลือกเติมเลซีตินลงในผลิตภัณฑ์

2.2.2 หาปริมาณที่เหมาะสมของเลซีติน เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณเลซีติน ตั้งแต่ 0-0.5 กรัมต่อผลิตภัณฑ์พร้อมดื่ม 100 มิลลิลิตร แล้วนำไปทดสอบอัตราการละลายและความคงตัวของการแขวนตะกอน ได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 10 พบว่าการเติมเลซีติน 0.4 กรัม จะเป็นปริมาณที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอัตราการละลายดีขึ้น และมีความคงตัว เมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จึงเลือกเติมเลซีตินลงในผลิตภัณฑ์ในปริมาณ 0.4 กรัม ต่อผลิตภัณฑ์พร้อมดื่ม 100 มิลลิลิตร

ตารางที่ 9 อัตราการละลายและความคงตัวของตะกอนของผลิตภัณฑ์เมื่อเติมวัตถุเจือปนอาหารในปริมาณสูงที่สุดที่ WHO อนุญาตให้เติมได้ในนมผง

วัตถุเจือปนอาหาร ที่เติมลงในผลิตภัณฑ์	อัตราการละลาย (มิลลิลิตร)	ความคงตัวของการ แขวนตะกอน
ไม่เติมวัตถุเจือปน เลซีติน กัวร์กัม	0.2 <0.1 0.25	ไม่คงตัว คงตัว คงตัว

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบธรรมชาติการละลายและความคงตัวของการแขวนตะกอนของผลิตภัณฑ์เมื่อเติมเลซิตินปริมาณต่างๆกัน

ปริมาณเลซิติน (กรัมต่อ 100 มล.)	ธรรมชาติการละลาย (มิลลิลิตร)	ความคงตัวของการ แขวนตะกอน
0	0.2	ไม่คงตัว
0.1	0.2	ไม่คงตัว
0.2	0.2	ไม่คงตัว
0.3	0.15	ไม่คงตัว
0.4	0.1	คงตัว
0.5	<0.1	คงตัว

3. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เมื่อนำอาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองที่เตรียมได้มาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 11

4. การประเมินคุณค่าทางโภชนาการโดยการวิเคราะห์ทางเคมี ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของอาหารทางการแพทย์ชนิดผงแห้งสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง แสดงไว้ในตารางที่ 11 พบว่ามีส่วนประกอบของสารอาหารต่างๆ ดังนี้ ความชื้นร้อยละ 2.86 โปรตีนร้อยละ 17.31 ไขมันร้อยละ 19.29 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 59.15 ปริมาณเถ้าร้อยละ 1.39 มีการกระจายพลังงานของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต เป็นร้อยละ 14.44, 35.21 และ 49.35 ตามลำดับ พลังงานที่ไม่ได้มาจากโปรตีน 148.11 กิโลแคลอรีต่อกรัมไนโตรเจน

เมื่อนำอาหารทางการแพทย์ชนิดผงแห้ง สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ไปวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโน ได้ผลดังตารางที่ 12 และ 13 โคโรมาโตแกรมของการวิเคราะห์กรดอะมิโน ดังภาพที่ 14 และ 15 (ภาคผนวก ฉ.) ตามลำดับ เมื่อนำปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในสูตรอาหารทั้งสองมาเปรียบเทียบกับปริมาณกรดอะมิโน

จำเป็นที่ร่างกายต้องการตามมาตรฐานของ FAO/WHO 1973 ได้ผลดังแสดงไว้ในภาพ
ที่ 4 และ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 11 สมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์
ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

<u>สมบัติทางกายภาพ</u>	
bulk density (กรัม/มิลลิลิตร)	0.51
อัตราการละลาย (มิลลิลิตร)	<0.1
ความคงตัวของการแขวนตะกอน	คงตัว
<u>องค์ประกอบทางเคมี</u>	
ความชื้น (ร้อยละ)	2.86
โปรตีน (ร้อยละ)	17.31
ไขมัน (ร้อยละ)	19.29
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	59.15
เถ้า (ร้อยละ)	1.39
พลังงาน (กิโลแคลอรี/100 กรัม)	479.45
การกระจายพลังงาน (โปรตีน: ไขมัน: คาร์โบไฮเดรต)	14.44:36.21:49.35

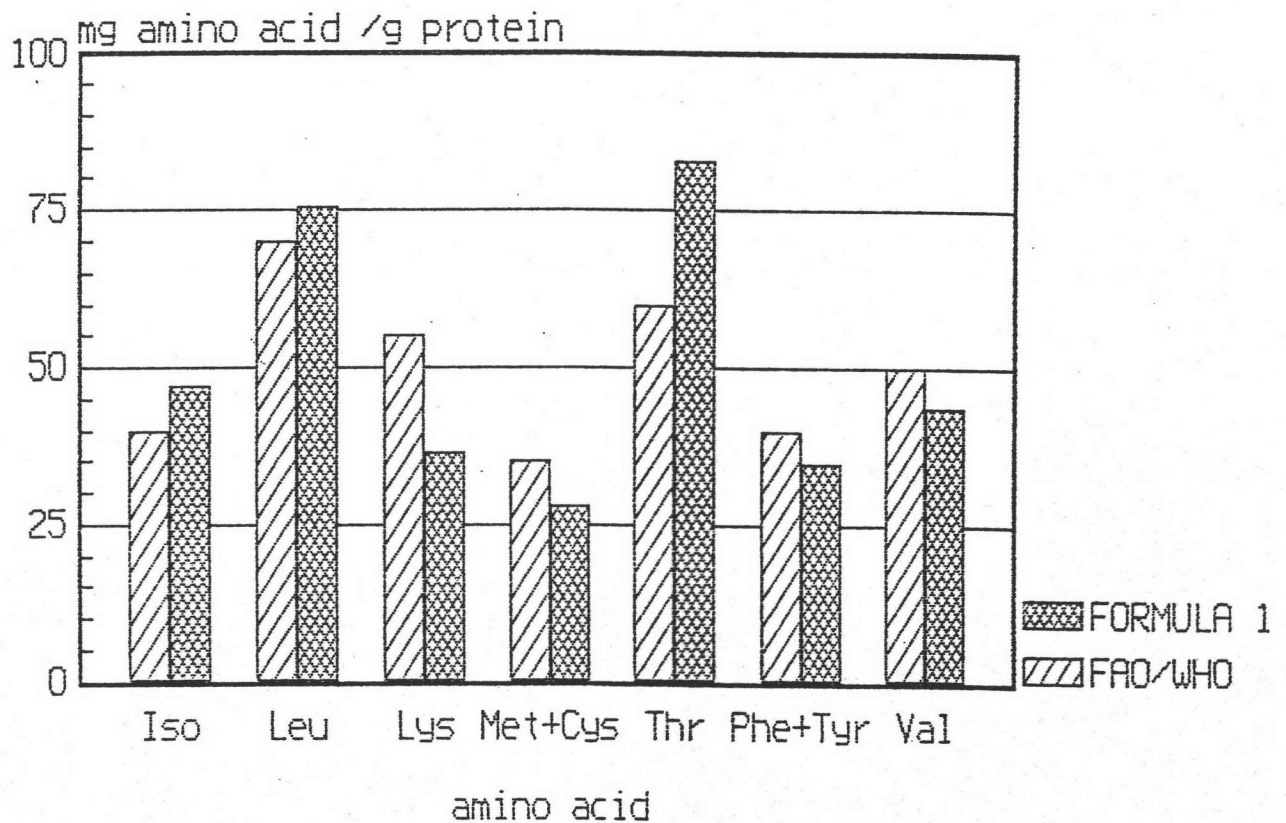
ตารางที่ 12 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโน ในอาหารทางการแพทย์ชนิดผงแห้ง
โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองสูตรที่ 1

กรดอะมิโน	กรัม/ตัวอย่าง 100 กรัม	มิลลิกรัม/กรัม โปรตีน	อะมิโนแอซิดสคอร์
Cystine	0.22	13.10	79.98
Methionine	0.25	14.89	
Aspartic	1.94	115.54	-
Threonine	0.58	34.54	86.36
Serine	0.85	50.62	-
Glutamic	2.33	198.33	-
Glycine	0.65	38.71	-
Alanine	0.63	37.52	-
Valine	0.73	43.48	86.96
Isoleucine	0.79	47.05	117.63
Leucine	1.27	75.64	103.06
Tyrosine	0.53	31.57	137.98
Phenylalanine	0.86	51.22	-
Ammonia	0.38	22.63	-
Lysine	0.61	39.33	66.05
Histidine	0.41	24.42	-
Tryptophan	-	-	-
Arginine	1.26	75.04	-
Proline	0.84	50.03	-

ตารางที่ 13 ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน ในอาหารทางการแพทย์ชนิดผง สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง สูตรที่ 2

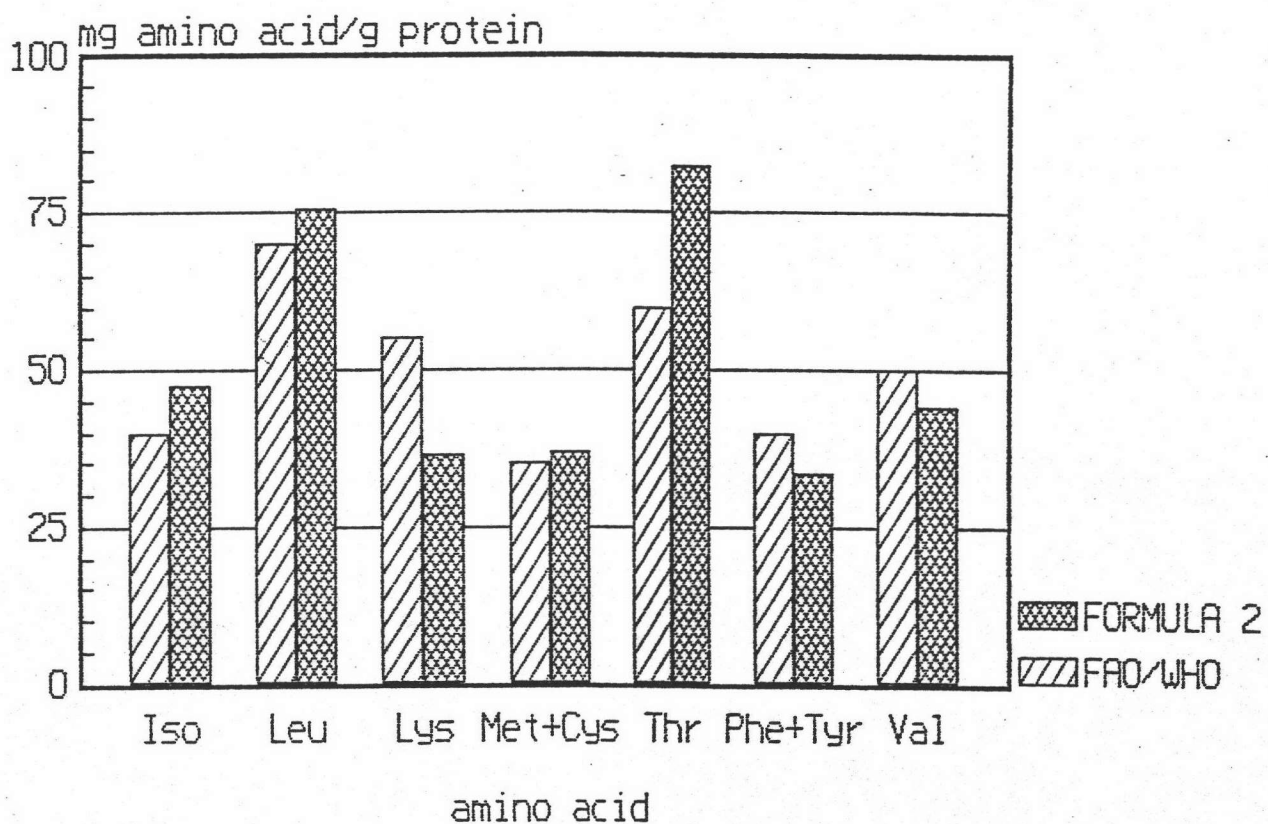
กรดอะมิโน	กรัม/ตัวอย่าง 100 กรัม	มิลลิกรัม/กรัม โปรตีน	อะมิโนแอซิดสคอร์
Cystine	0.23	13.70	105.50
Methionine	0.39	23.23	
Aspartic	1.91	113.76	-
Threonine	0.56	33.35	83.33
Serine	0.80	47.65	-
Glutamic	3.24	192.97	-
Glycine	0.64	38.12	-
Alanine	0.62	36.93	-
Valine	0.74	44.07	88.14
Isoleucine	0.80	47.65	119.12
Leucine	1.27	75.64	108.05
Tyrosine	0.53	31.57	136.98
Phenylalanine	0.85	50.62	-
Ammonia	0.39	23.23	-
Lysine	0.61	36.33	66.06
Histidine	0.40	23.82	-
Tryptophan	-	-	-
Arginine	1.24	73.85	-
Proline	0.83	49.43	-

ภาพที่ 4 กราฟเปรียบเทียบกรดอะมิโนจำเป็นในโปรตีนอาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองสูตรที่ 1 กับปริมาณที่ร่างกายต้องการ ตามมาตรฐานของ FAO/WHO 1973*



*ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นที่ร่างกายต้องการตามมาตรฐานของ FAO/WHO 1973 แสดงไว้ในตารางที่ 67 (ภาคผนวก ข.)

ภาพที่ 5 กราฟเปรียบเทียบกรดอะมิโนจำเป็นในโปรตีนในอาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองสูตรที่ 2 กับปริมาณที่ร่างกายต้องการ ตามมาตรฐานของ FAO/WHO 1973*



* ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นที่ร่างกายต้องการตามมาตรฐานของ FAO/WHO 1973 แสดงไว้ในตารางที่ 67 (ภาคผนวก ข.)

5. การประเมินคุณค่าทางโภชนาการทางชีวภาพ

5.1 การหาค่า PER เมื่อเลี้ยงหนูทดลอง 4 กลุ่มด้วยอาหารต่างชนิดกัน ได้แก่ เคซีน (กลุ่มมาตรฐาน) อาหารทางการแพทย์ชนิดผงแห้งสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองสูตรที่ 1 (กลุ่มทดลอง 1) อาหารทางการแพทย์ชนิดผงแห้งสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองสูตรที่ 2 (กลุ่มทดลอง 2) และอาหารทางการแพทย์ชนิดผงแห้งสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองที่นำเข้าจากต่างประเทศ (กลุ่มทดลอง 3) เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยชั่งน้ำหนักตัว และอาหารที่หนูแต่ละตัวได้รับ นำไปคำนวณค่า PER และ CPER ได้ผลการทดลองดังแสดงไว้ในตารางที่ 22-25 (ภาคผนวก ง.) ส่วนค่าเฉลี่ยของหนูทดลองแต่ละกลุ่มแสดงไว้ในตารางที่ 14 ภาพที่ 6 (ค่า PER) และภาพที่ 7 (ค่า CPER)

ค่าเฉลี่ยของค่า PER ของหนูทดลองกลุ่มมาตรฐาน กลุ่มทดลอง 1, 2 และ 3 เท่ากับ 2.75 ± 0.40 , 1.96 ± 0.61 , 2.43 ± 0.27 และ 3.61 ± 0.16 ตามลำดับ เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ HSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (P.01) แล้ว พบว่าค่า PER ของหนูทดลอง 3 กลุ่มแรก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เฉพาะกลุ่มทดลอง 3 เท่านั้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ HSD ของค่า PER แสดงไว้ในตารางที่ 40 และ 41 (ภาคผนวก จ.) ตามลำดับ

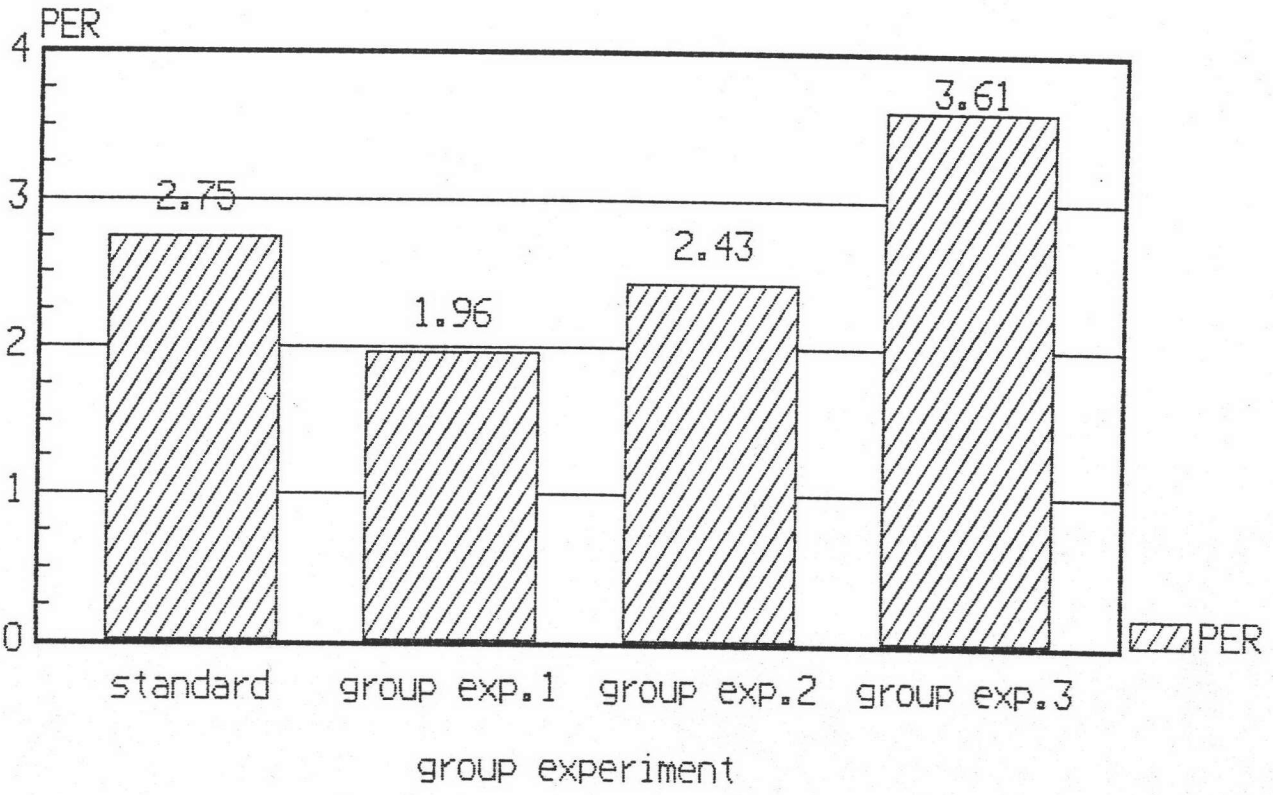
ค่าเฉลี่ยของค่า CPER ของกลุ่มทดลอง 1, 2 และ 3 เท่ากับ 1.73 ± 0.55 , 2.20 ± 0.23 และ 3.27 ± 0.14 ตามลำดับ เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ HSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (P.01) แล้ว ได้ผลเช่นเดียวกับค่า PER คือ เฉพาะกลุ่มทดลอง 3 เท่านั้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ HSD ของค่า CPER แสดงไว้ในตารางที่ 42 และ 43 (ภาคผนวก จ.) ตามลำดับ

ตารางที่ 14 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อาหารที่กิน โปรตีนที่กิน ค่า PER และ ค่า CPER ของหนูทดลองกลุ่มต่างๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ แสดงด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

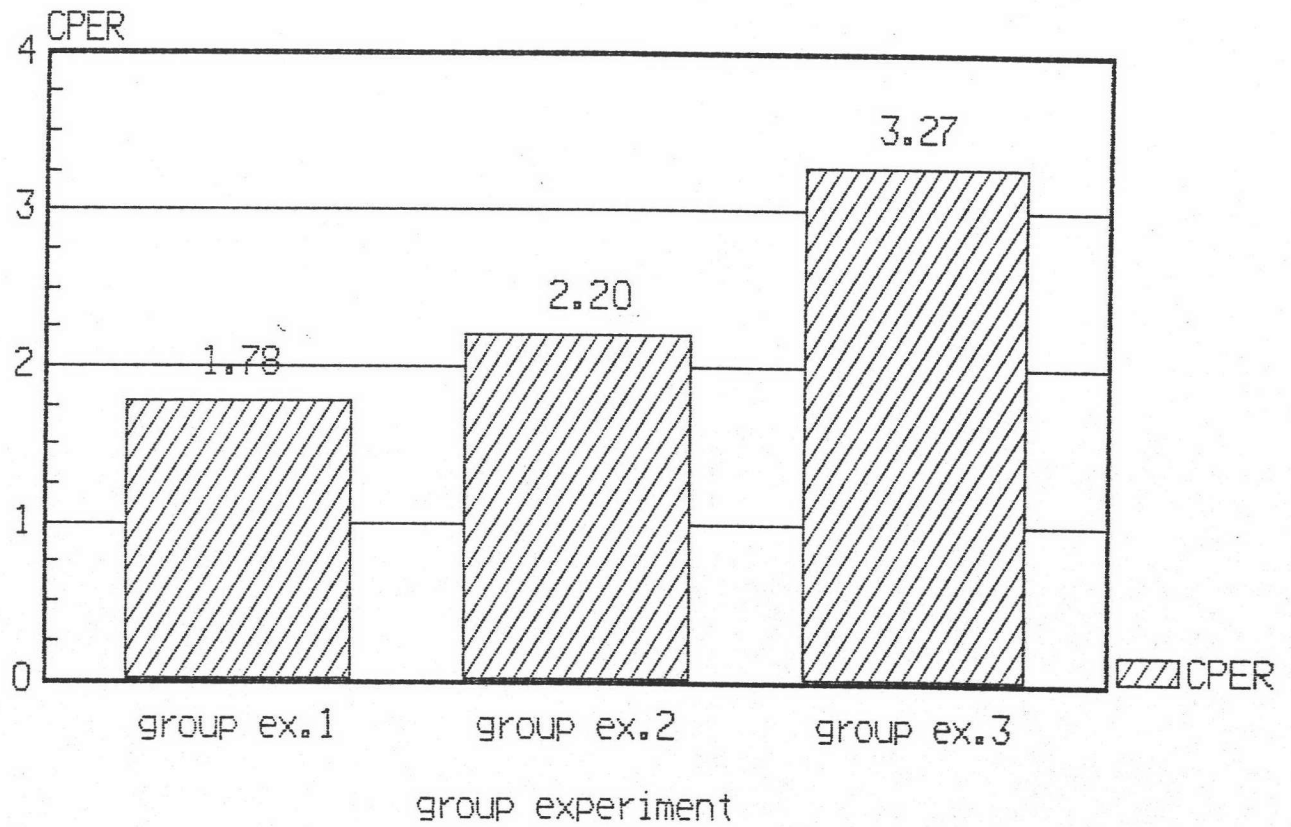
กลุ่ม	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น(กรัม)	อาหารที่กิน(กรัม)	โปรตีนที่กิน(กรัม)	PER [*]	CPER [*]
กลุ่มมาตรฐาน	42.7 (8.6)	169.2 (28.3)	15.60 (2.61)	2.75 ^a (0.40)	-
กลุ่มทดลอง 1	27.2 (10.6)	146.9 (40.1)	13.57 (3.71)	2.15 ^a (0.61)	1.78 ^c (0.55)
กลุ่มทดลอง 2	28.6 (10.6)	123.9 (40.1)	11.77 (3.71)	2.43 ^a (0.61)	2.20 ^c (0.23)
กลุ่มทดลอง 3	72.0 (10.9)	201.0 (28.2)	19.97 (2.80)	3.61 ^b (0.16)	3.27 ^d (0.14)

* เปรียบเทียบตามแนวตั้ง ตัวเลขที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ภาพที่ 6 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า PER ของหนูกทดลองกลุ่มต่างๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์



ภาพที่ 7 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า CPER ของหนูกุ่มทดลอง 1, 2 และ 3 เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์



5.2 การหาค่า NPR รายละเอียดของน้ำหนักตัว อาหารที่กิน ค่า NPR และ RNPR ของหนูแต่ละตัวแสดงไว้ในตารางที่ 25-29 (ภาคผนวก ง.) ส่วนค่าเฉลี่ยของหนูทดลองแต่ละกลุ่ม แสดงไว้ในตารางที่ 15 ภาพที่ 8 (ค่า NPR) และภาพที่ 9 (ค่า RNPR)

ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวที่ลดลงของหนูทดลองกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่มีโปรตีนเป็นเวลา 14 วันเท่ากับ 5.7 ± 3.2 กรัม ค่าเฉลี่ยของค่า NPR ของหนูทดลองกลุ่มมาตรฐาน กลุ่มทดลอง 1 กลุ่มทดลอง 2 และกลุ่มทดลอง 3 เท่ากับ 3.47 ± 0.46 , 3.02 ± 0.66 , 3.41 ± 0.51 และ 4.75 ± 0.38 ตามลำดับ เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ HSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (P.01) แล้วพบว่า เฉพาะกลุ่มทดลอง 3 เท่านั้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ HSD ของค่า NPR แสดงในตารางที่ 44 และ 45 (ภาคผนวก จ.) ตามลำดับ

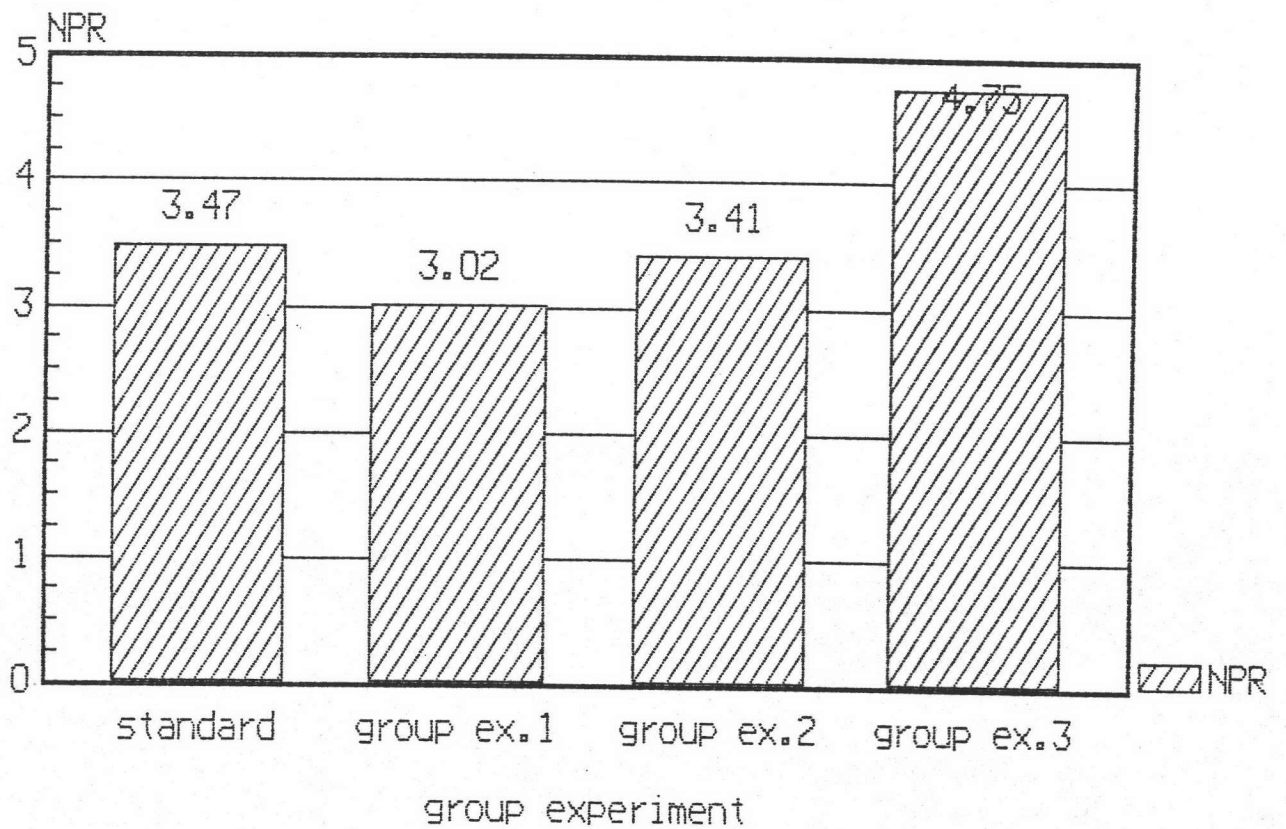
ค่าเฉลี่ยของค่า RNPR ของหนูกลุ่มทดลองที่ 1 , 2 และ 3 เท่ากับ 87.06 ± 19.22 , 98.30 ± 14.60 และ 136.90 ± 10.90 ตามลำดับ เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ HSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (p.01) แล้วพบว่า เฉพาะกลุ่มทดลอง 3 เท่านั้นที่มีความแตกต่างจากกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ HSD ของค่า RNPR แสดงไว้ในตารางที่ 46 และ 47 (ภาคผนวก จ.) ตามลำดับ

ตารางที่ 15 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อาหารที่กิน โปรตีนที่กิน ค่า NPR และ ค่า RNPR ของหนูทดลองกลุ่มต่างๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 14 วัน แสดงด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

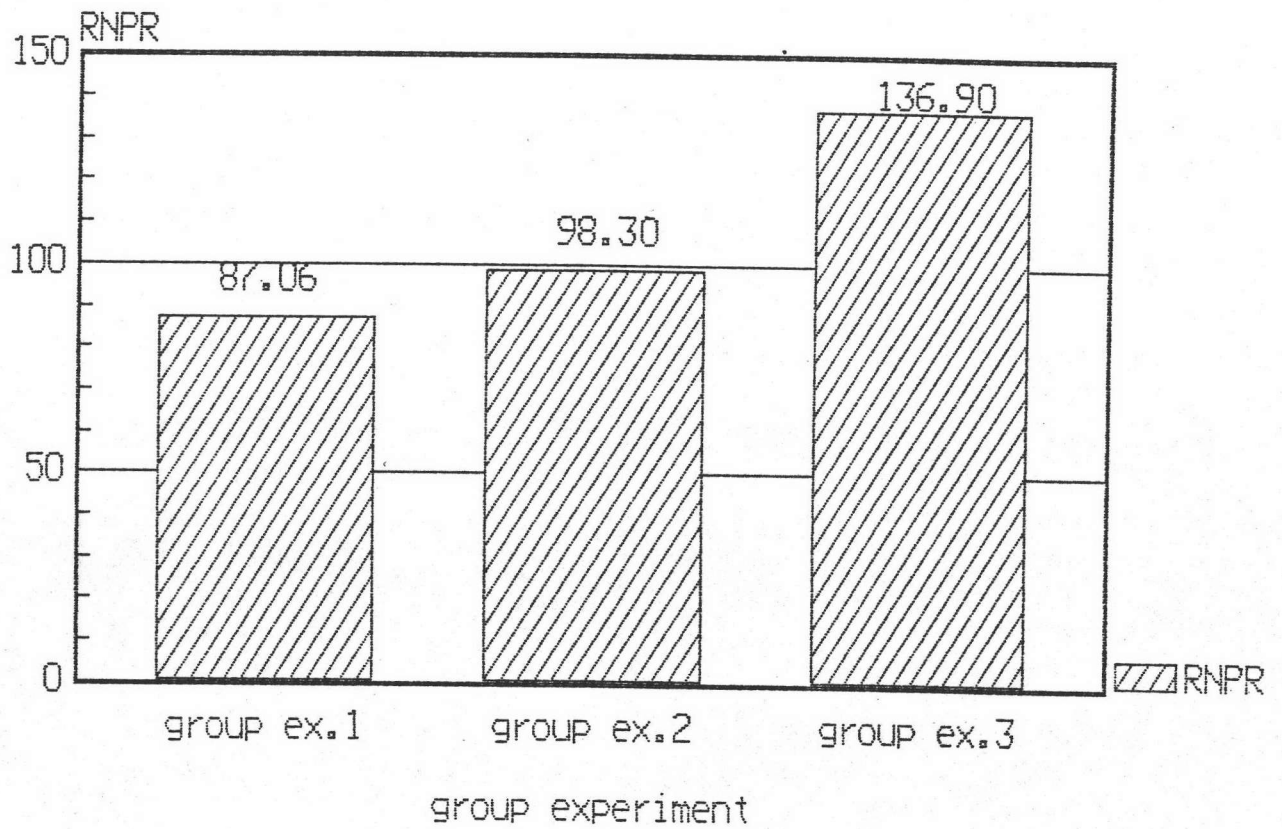
กลุ่ม	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น(กรัม)	อาหารที่กิน(กรัม)	โปรตีนที่กิน(กรัม)	NPR [*]	RNPR [*]
กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่มีโปรตีน	- 5.7 (3.2)		0	-	-
กลุ่มมาตรฐาน	21.2 (3.6)	84.6 (9.3)	7.80 (0.81)	3.47 ^a (0.46)	-
กลุ่มทดลอง 1	11.3 (5.3)	70.3 (14.3)	6.50 (1.25)	3.02 ^a (0.66)	87.06 ^a (19.22)
กลุ่มทดลอง 2	14.3 (3.1)	61.9 (7.0)	5.87 (0.63)	3.41 ^a (0.51)	98.30 ^a (14.60)
กลุ่มทดลอง 3	41.7 (5.6)	100.8 (11.7)	10.02 (1.12)	4.75 ^b (0.38)	136.90 ^b (10.90)

* เปรียบเทียบตามแนวตั้ง ตัวเลขที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ภาพที่ 8 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า NER ของหนุทดลองกลุ่มต่างๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 14 วัน



ภาพที่ 9 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า RNPR ของหนูกลุ่มทดลอง 1,2 และ 3 เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 14 วัน



5.3 การหาค่า NPU ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับและไนโตรเจนที่ขับออกทางอุจจาระและปัสสาวะ ตลอดจนค่า TD, BV และ NPU ของหนูกทดลองแต่ละตัว แสดงไว้ในตารางที่ 31-39 (ภาคผนวก ง.) ส่วนค่าเฉลี่ยของหนูกทดลองแต่ละกลุ่มแสดงไว้ในตารางที่ 16 ภาพที่ 10 (ค่า TD) ภาพที่ 11 (ค่า BV) และภาพที่ 12 (ค่า NPU) ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนที่ถูกขับออกทางอุจจาระและปัสสาวะของหนูกทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่มีโปรตีน เป็นเวลา 14 วัน ที่นำมาใช้ในการคำนวณเท่ากับ 76.53 ± 14.67 และ 53.16 ± 11.32 มิลลิกรัม ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยของค่า TD ของหนูกทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มมาตรฐาน กลุ่มทดลอง 1 กลุ่มทดลอง 2 และกลุ่มทดลอง 3 เท่ากับ 92.24 ± 1.44 , 89.99 ± 2.56 , 92.19 ± 1.52 และ 1.61 ตามลำดับ เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนและทดสอบ HSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (P.01) แล้ว พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ HSD ของค่า TD แสดงไว้ในตารางที่ 48 และ 49 (ภาคผนวก จ.) ตามลำดับ

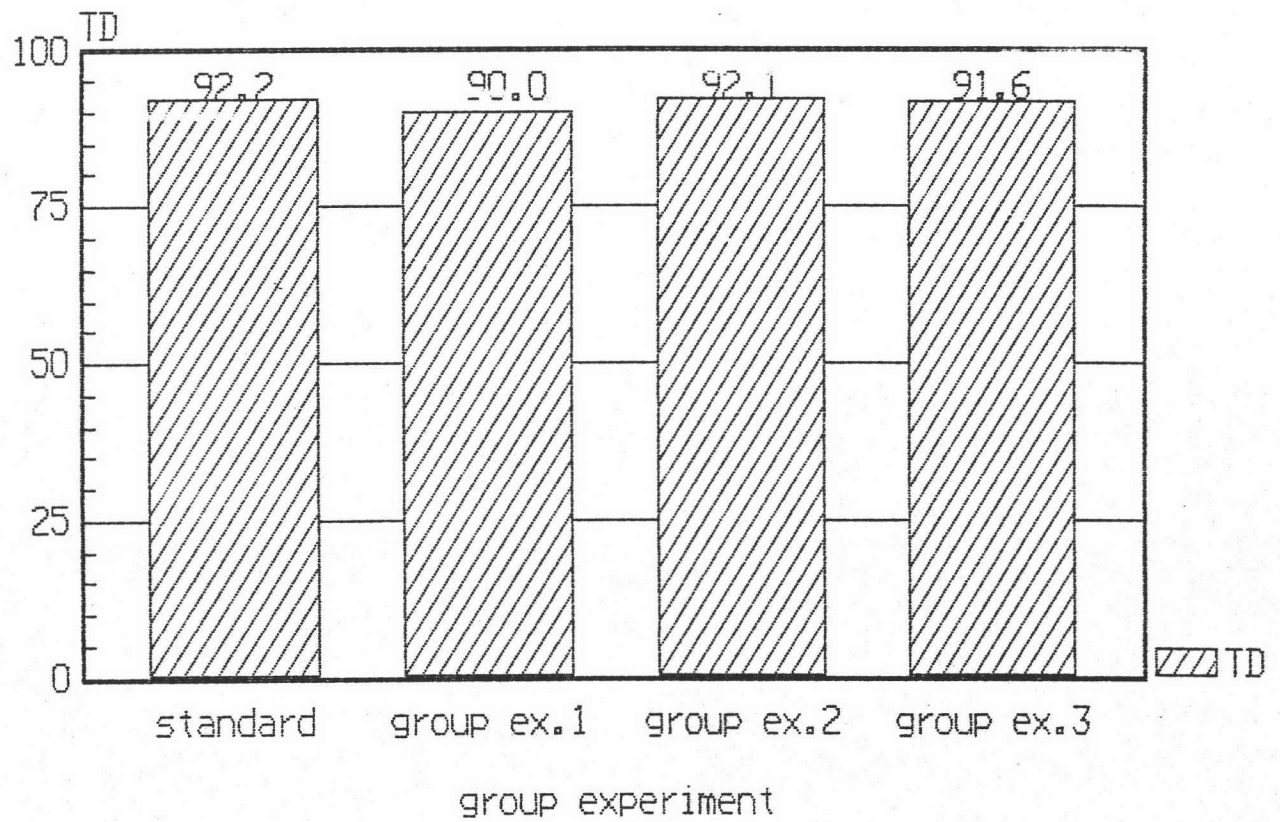
ค่าเฉลี่ยของค่า BV ของหนูกทดลองทั้ง 4 กลุ่ม เท่ากับ 92.24 ± 3.63 , 81.27 ± 3.24 , 83.54 ± 4.03 และ 88.30 ± 3.44 ตามลำดับ เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนและทดสอบ HSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (P.01) แล้ว พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 3 คู่ ได้แก่ ระหว่างกลุ่มมาตรฐาน กับกลุ่มทดลอง 1 และ 2 และกลุ่มทดลอง 1 กับกลุ่มทดลอง 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ HSD ของค่า BV แสดงไว้ในตารางที่ 50 และ 51 (ภาคผนวก จ.) ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยของค่า NPU ของหนูกทดลอง ทั้ง 4 กลุ่ม เท่ากับ 85.12 ± 4.30 , 73.15 ± 4.00 , 77.03 ± 4.30 และ 80.91 ± 3.69 ตามลำดับ เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนและทดสอบ HSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (P.01) แล้ว พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เฉพาะระหว่างกลุ่มมาตรฐานกับกลุ่มทดลอง 1 และ 2 และระหว่างกลุ่มทดลอง 1 และ 3 เท่านั้น การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ HSD ของค่า NPU แสดงไว้ในตารางที่ 52 และ 53 (ภาคผนวก จ.) ตามลำดับ

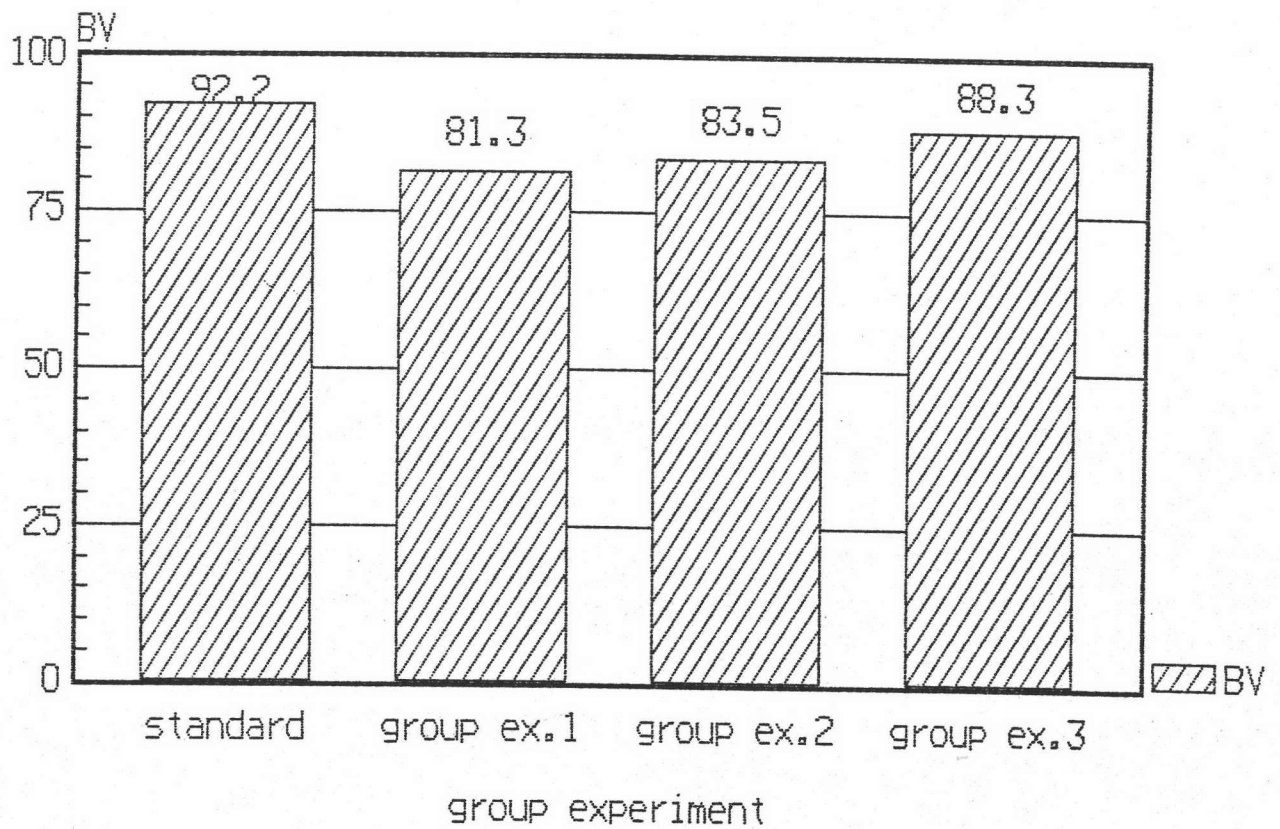
ตารางที่ 16 ไนโตรเจนที่ได้รับและขับออกทางปัสสาวะและอุจจาระ ค่า TD, BV และ NPU ของหนูกทดลองกลุ่มต่างๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 14 วัน แสดงด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

กลุ่ม	ไนโตรเจน (มิลลิกรัม)			TD [*]	BV [*]	NPU [*]
	ที่ได้รับ	ปัสสาวะ	อุจจาระ			
กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่มีโปรตีน	0	53.16 (11.32)	76.53 (14.67)	-	-	-
กลุ่มมาตรฐาน	2.072 (0.186)	192.70 (69.67)	190.67 (35.21)	92.24 ^a (1.44)	92.24 ^a (3.68)	85.12 ^a (4.30)
กลุ่มทดลอง 1	1.681 (0.418)	326.61 (82.00)	190.74 (28.24)	89.99 ^a (2.56)	81.27 ^b (3.24)	73.15 ^b (4.00)
กลุ่มทดลอง 2	1.593 (0.191)	285.65 (64.60)	154.23 (29.80)	92.19 ^a (1.52)	83.54 ^{b,c} (4.03)	77.03 ^{b,c} (4.30)
กลุ่มทดลอง 3	2.571 (0.278)	322.70 (89.54)	244.67 (48.11)	91.62 ^a (1.61)	88.30 ^{a,c} (3.44)	80.91 ^{a,c} (3.69)

ภาพที่ 10 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า TD ของหนุทดลองกลุ่มต่างๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 14 วัน



ภาพที่ 11 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า BV ของหนูกทดลองกลุ่มต่างๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 14 วัน



ภาพที่ 12 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า NPU ของหนุทดลองกลุ่มต่างๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 14 วัน

