

บทที่ 4

ผลการวิจัย

1. การเตรียมโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวชีก

1.1 การเตรียมโปรตีนสกัดและการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ในโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวชีก

นำตะกอนโปรตีนที่สกัดได้มากระจายตัวในน้ำ ปรับพีเอชให้เป็นกลาง เมื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนพบว่าปริมาณโปรตีน 15.90 กรัมต่อถั่วเขียวชีก 100 กรัม

1.2 การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของผงโปรตีนสกัดจาก ถั่วเขียวชีกโดยวิธีทางเคมี

เมื่อนำโปรตีนที่สกัดได้มาทำเป็นผงแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจาย โดยมีสภาวะในการทำแห้ง คือ อุณหภูมิลมร้อนเข้า 190 องศาเซลเซียส อุณหภูมิลมร้อนออก 90 องศาเซลเซียส และอัตราการไหลของลมเข้า 800 ลิตรต่อชั่วโมง ได้ผงโปรตีนแห้ง นำมาวิเคราะห์โดยวิธีทางเคมี พบว่ามีส่วนประกอบต่าง ๆ ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณสารอาหารในผงโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวชีก

สารอาหาร	ปริมาณ* (ร้อยละ)
ความชื้น	5.39 (0.07)
โปรตีน	78.87 (0.04)
ไขมัน	1.86 (0.08)
เถ้า	6.05 (0.03)
คาร์โบไฮเดรตและใยอาหาร	7.83

* ค่าในวงเล็บเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง

2. การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว (สูตรที่ 1) และเคซีนโดยการวิเคราะห์ทางเคมี

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว (สูตรที่ 1) และเคซีน แสดงไว้ในตารางที่ 6

และ 7

ชนิดและปริมาณกรดอะมิโน, ค่าอะมิโนแอซิดสคอร์ แสดงในตารางที่ 8 และ 9 โครมาโตแกรมการวิเคราะห์กรดอะมิโนแสดงในแผนภาพที่ 17 และ 18 (ภาคผนวก จ.) ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว (สูตรที่ 1) และเคซีน เปรียบเทียบกับปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในโปรตีนมาตรฐานของ FAO/WHO 1973 (44) แสดงไว้ในภาพที่ 3 และ 4

ตารางที่ 6 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว (สูตรที่ 1)

สารอาหาร	ปริมาณ* (ร้อยละ)
ความชื้น	2.54 (0.04)
โปรตีน	17.42 (0.03)
ไขมัน	16.47 (0.06)
เถ้า	1.81 (0.03)
คาร์โบไฮเดรตและใยอาหาร	62.42
<u>การกระจายพลังงาน (ร้อยละ)</u>	
โปรตีน	14.90
ไขมัน	31.70
คาร์โบไฮเดรต	53.40
<u>พลังงานที่ไม่ได้มาจากโปรตีนต่อไนโตรเจน</u>	
(กิโลแคลอรีต่อกรัมไนโตรเจน)	142.75
<u>น้ำหนักอาหารผง**</u>	
(กรัมต่อ 100 กิโลแคลอรี)	21.39

* ค่าในวงเล็บเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง

** น้ำหนักอาหารผงที่ใช้ละลายน้ำเพื่อเตรียมอาหารทางการแพทย์

พร้อมปริมาตร 100 มิลลิลิตร มีความเข้มข้นของพลังงาน 1 กิโลแคลอรีต่อมิลลิลิตร

ตารางที่ 7 ปริมาณสารอาหารในเคซีน

สารอาหาร	ปริมาณ* (ร้อยละ)
ความชื้น	9.19 (0.04)
โปรตีน	85.14 (0.05)
ไขมัน	1.33 (0.08)
เถ้า	1.53 (0.03)
คาร์โบไฮเดรตและใยอาหาร	2.80

* ค่าในวงเล็บเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง

ตารางที่ 8 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว (สูตรที่ 1) เปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน*

กรดอะมิโน	สูตรที่ 1 (มิลลิกรัมต่อ กรัมโปรตีน)	โปรตีนมาตรฐาน* (มิลลิกรัมต่อ กรัมโปรตีน)	อะมิโนแอซิด สตอร์
Aspartic	114.40		
Threonine	30.05	40	75.12
Serine	54.16		
Glutamic	176.22		
Proline	49.28		
Glycine	33.44		
Alanine	38.58		
Valine	50.05	50	100.10
Cystine	6.60	}	
Methionine	10.43		35
Iso-leucine	41.67	40	104.19
Leucine	84.16	70	120.23
Tyrosine	29.86	}	
Phenylalanine	67.41		60
Lysine	67.46	55	122.65
Histidine	28.37		
Arginine	83.88		
Tryptophan	11.58	10	115.80

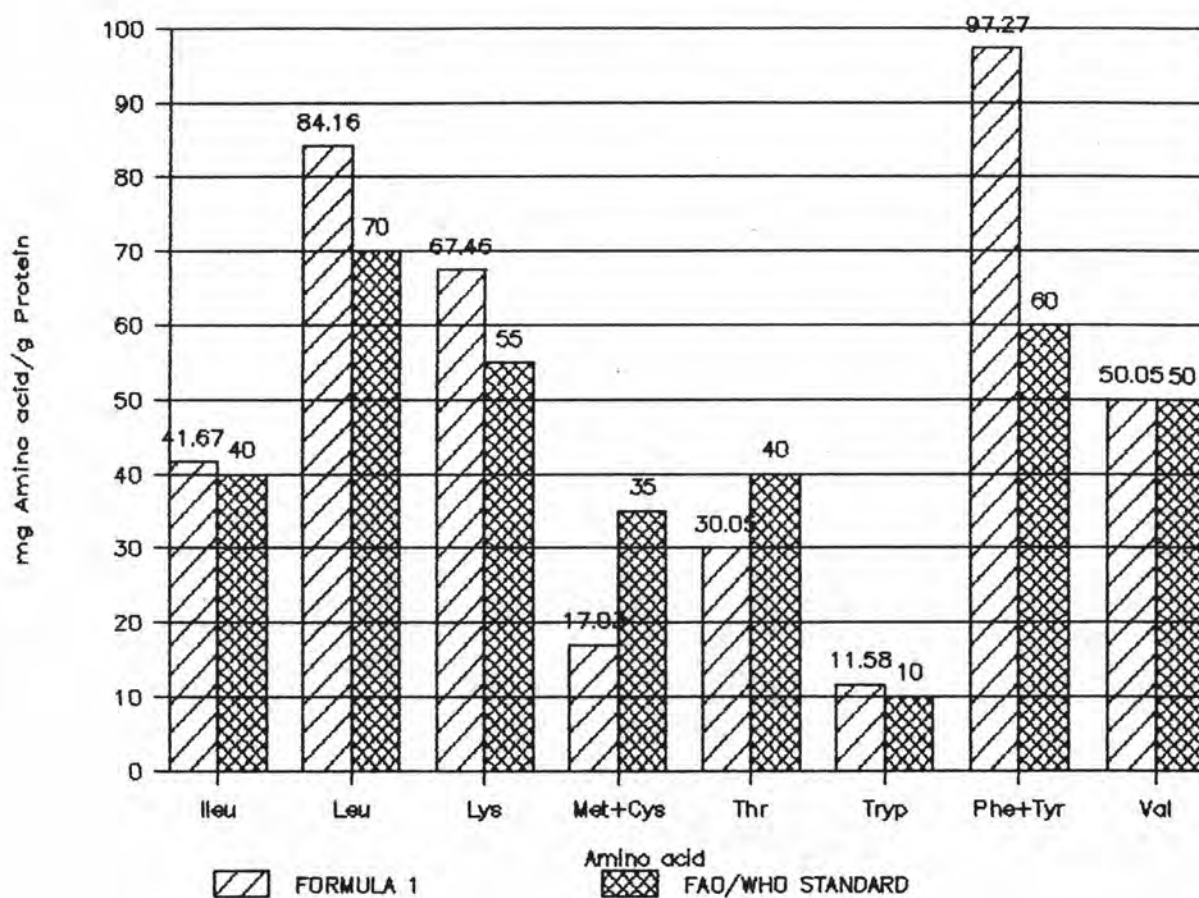
* โปรตีนมาตรฐานของ FAO/WHO 1973 (44)

ตารางที่ 9 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนเคซีนเปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน*

กรดอะมิโน	เคซีน (มิลลิกรัมต่อ กรัมโปรตีน)	โปรตีนมาตรฐาน* (มิลลิกรัมต่อ กรัมโปรตีน)	อะมิโนแอซิด สคอร์
Aspartic	67.25		
Threonine	40.39	40	100.98
Serine	57.43		
Glutamic	220.94		
Proline	102.35		
Glycine	17.67		
Alanine	28.33		
Valine	58.47	50	116.94
Cystine	9.42	}	
Methionine	26.61		35
Iso-leucine	44.07	40	110.18
Leucine	93.47	70	133.53
Tyrosine	54.25	}	
Phenylalanine	48.94		60
Lysine	74.16	55	134.84
Histidine	26.39		
Arginine	44.53		
Tryptophan	17.18	10	171.80

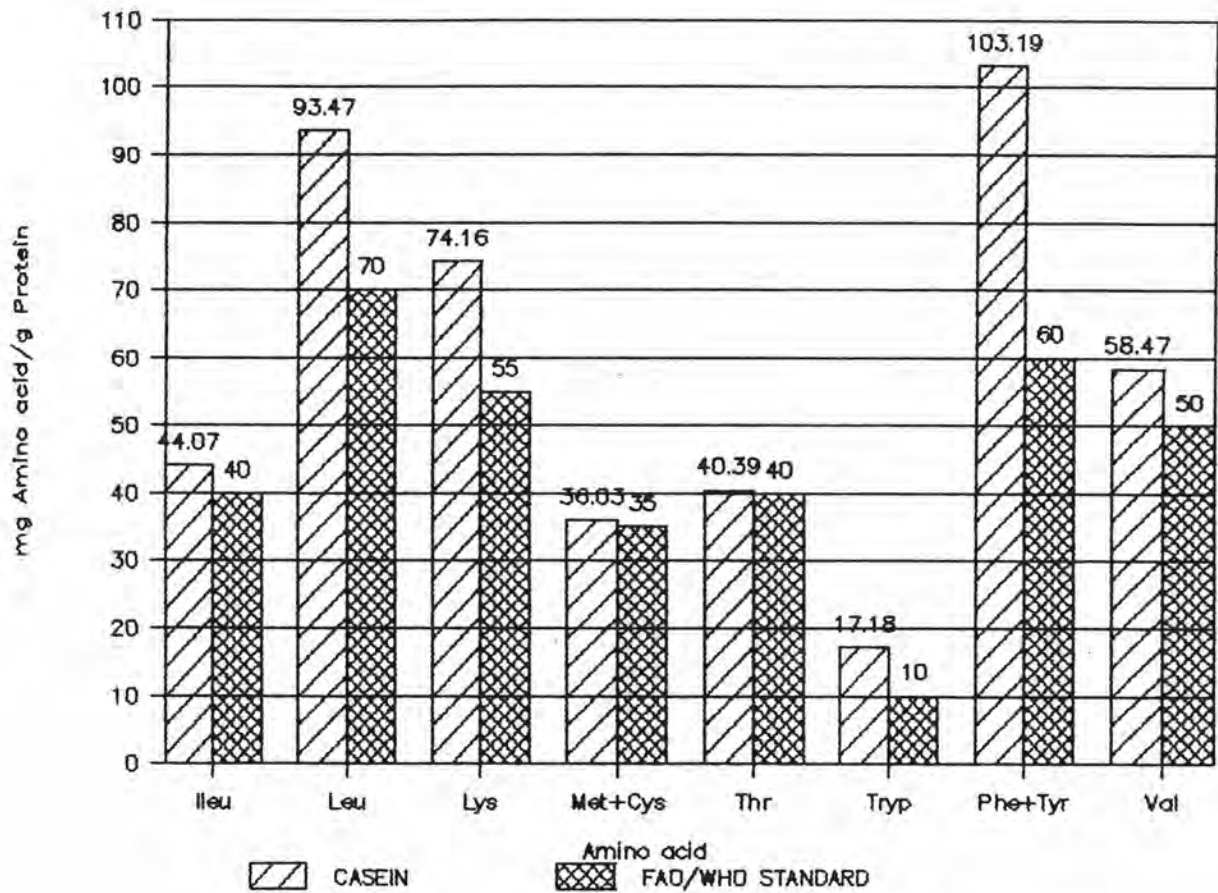
* โปรตีนมาตรฐานของ FAO/WHO 1973 (44)

ภาพที่ 3 กราฟเปรียบเทียบปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในโปรตีนของอาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว (สูตรที่ 1) กับโปรตีนมาตรฐาน FAO/WHO *



* ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในโปรตีนมาตรฐาน FAO/WHO 1973 แสดงไว้ในตารางที่ 54 (ภาคผนวก จ.)

ภาพที่ 4 กราฟเปรียบเทียบปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในเคซีนกับโปรตีนมาตรฐาน
FAO/WHO*



* ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในโปรตีนมาตรฐาน FAO/WHO 1973
แสดงไว้ในตารางที่ 54 (ภาคผนวก ฉ.)

3. การปรับปรุงคุณภาพโปรตีนในอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว (สูตรที่ 1)

3.1 ประเมินคุณค่าทางโภชนาการของสูตรที่ 2, 3 และ 4 โดยวิธีทางเคมี (Chemical Analysis)

ผลการวิเคราะห์อาหารทางการแพทย์สูตรที่ 2, 3 และ 4 โดยวิธีทางเคมี แสดงไว้ในตารางที่ 10 เมื่อนำไปวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนแสดงผลไว้ในตารางที่ 11, 12 และ 13 โครมาโตแกรมของการวิเคราะห์กรดอะมิโน แสดงในภาพที่ 19, 20 และ 21 (ภาคผนวก จ.)

ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในสูตรอาหารเปรียบเทียบกับปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในโปรตีนมาตรฐานของ FAO/WHO 1973 (44) แสดงในภาพที่ 5, 6 และ 7

ตารางที่ 10 ค่าทางโภชนาการของอาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว สูตรที่ 2, 3 และ 4

	สูตรที่ 2*	สูตรที่ 3**	สูตรที่ 4***
<u>สารอาหาร^A (ร้อยละ)</u>			
ความชื้น	2.86 (0.04)	2.95 (0.05)	3.02 (0.05)
โปรตีน	17.80 (0.04)	18.14 (0.02)	29.56 (0.05)
ไขมัน	16.11 (0.08)	16.09 (0.07)	12.56 (0.08)
เถ้า	1.69 (0.02)	1.63 (0.03)	1.71 (0.02)
คาร์โบไฮเดรตและใยอาหาร	61.54	61.19	53.15
<u>การกระจายพลังงาน (ร้อยละ)</u>			
โปรตีน	15.40	15.70	26.64
ไขมัน	31.36	31.34	25.47
คาร์โบไฮเดรต	53.24	52.96	47.89
<u>พลังงานที่ไม่ได้มาจากโปรตีน</u>			
<u>ต่อไนโตรเจน</u>			
(กิโลแคลอรีต่อกรัมไนโตรเจน)	137.31	134.25	68.81
<u>น้ำหนักอาหารผง^B</u>			
(กรัมต่อ 100 กิโลแคลอรี)	21.63	21.64	22.53

* สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวเสริมกรดอะมิโนเมไทโอนีน และทรีโอนีน

** สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวเสริมกรดอะมิโนเมไทโอนีน, ทรีโอนีน และไลซีน

*** สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวและเคซีนเสริมกรดอะมิโนเมไทโอนีน และทรีโอนีน

^A ค่าในวงเล็บเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง

^B น้ำหนักอาหารผงที่ใช้ละลายน้ำเพื่อเตรียมอาหารทางการแพทย์พร้อมบริโภค 100 มิลลิลิตร มีความเข้มข้นของพลังงาน 1 กิโลแคลอรีต่อมิลลิลิตร

ตารางที่ 11 ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวเสริมด้วยกรดอะมิโนเมไทโอนีน และ ทรีโอนีน (สูตรที่ 2) เปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน*

กรดอะมิโน	สูตรที่ 2 (มิลลิกรัมต่อ กรัมโปรตีน)	โปรตีนมาตรฐาน* (มิลลิกรัมต่อ กรัมโปรตีน)	อะมิโนแอซิด สคอร์
Aspartic	114.19		
Threonine	41.76	40	104.40
Serine	54.38		
Glutamic	174.38		
Proline	48.62		
Glycine	33.10		
Alanine	39.14		
Valine	47.29	50	94.58
Cystine	7.29	}	
Methionine	31.33		35
Iso-leucine	40.29	40	100.73
Leucine	84.48	70	120.69
Tyrosine	29.67	}	
Phenylalanine	66.43		60
Lysine	67.71	55	123.11
Histidine	27.90		
Arginine	66.95		
Tryptophan	12.62	10	126.20

* โปรตีนมาตรฐานของ FAO/WHO 1973 (44)

ตารางที่ 12 ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวเสริมด้วยกรดอะมิโนเมไทโอนีน ทรีโอนีน และไลซีน (สูตรที่ 3) เปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน*

กรดอะมิโน	สูตรที่ 3 (มิลลิกรัมต่อ กรัมโปรตีน)	โปรตีนมาตรฐาน* (มิลลิกรัมต่อ กรัมโปรตีน)	อะมิโนแอซิด สคอร์
Aspartic	107.48		
Threonine	37.48	40	93.70
Serine	50.84		
Glutamic	164.25		
Proline	46.26		
Glycine	31.21		
Alanine	37.01		
Valine	46.07	50	92.14
Cystine	7.24	}	
Methionine	27.48		35
Iso-leucine	39.63	40	99.08
Leucine	80.84	70	115.49
Tyrosine	28.36	}	
Phenylalanine	63.04		60
Lysine	70.42	55	128.04
Histidine	26.50		
Arginine	62.62		
Tryptophan	12.80	10	128.00

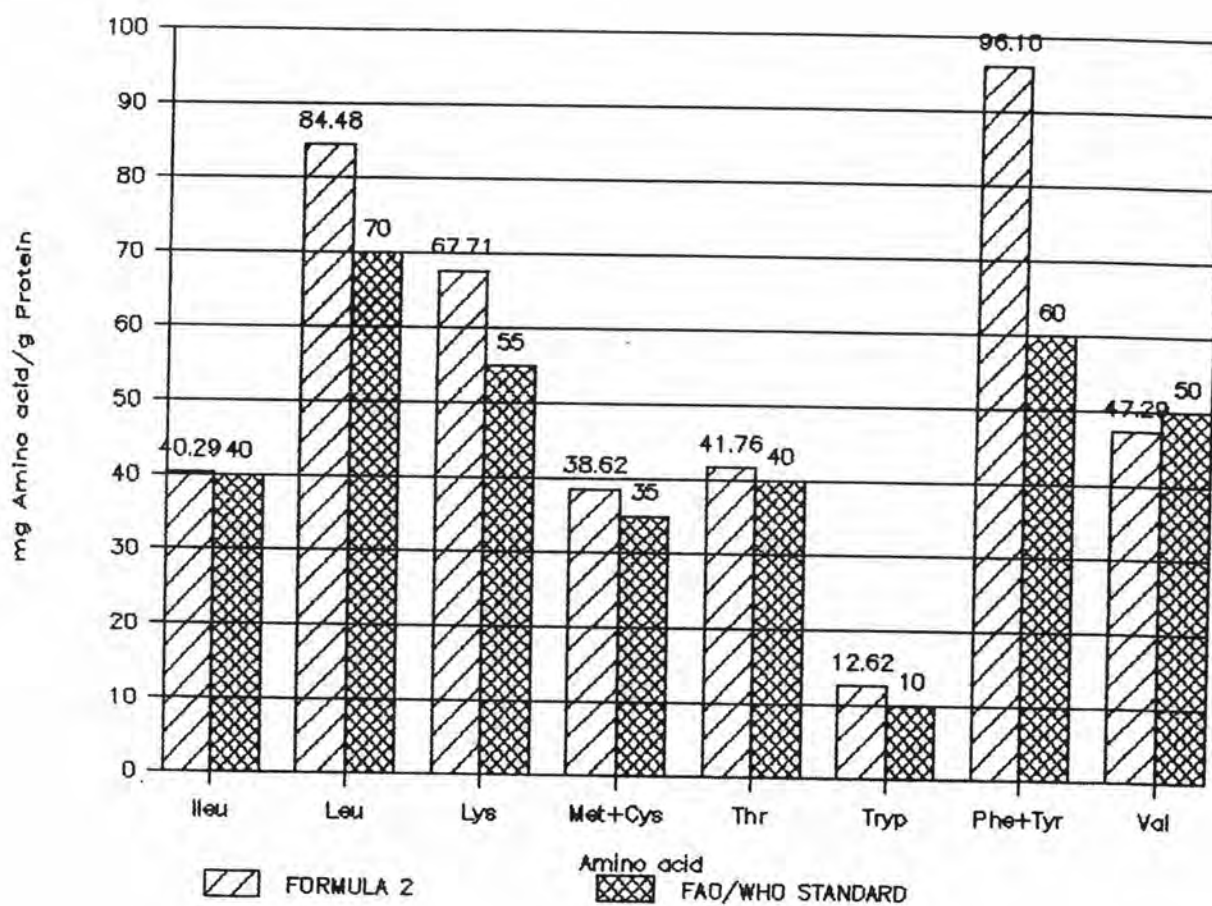
* โปรตีนมาตรฐานของ FAO/WHO 1973 (44)

ตารางที่ 13 ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวและเคซีน เสริมด้วยกรดอะมิโนเมไทโอนีนและทรีโอนีน (สูตรที่ 4) เปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน*

กรดอะมิโน	สูตรที่ 4 (มิลลิกรัมต่อ กรัมโปรตีน)	โปรตีนมาตรฐาน* (มิลลิกรัมต่อ กรัมโปรตีน)	อะมิโนแอซิด สคอร์
Aspartic	190.80		
Threonine	41.31	40	103.28
Serine	58.03		
Glutamic	200.46		
Proline	89.79		
Glycine	25.46		
Alanine	34.35		
Valine	55.16	50	110.32
Cystine	7.48	}	
Methionine	28.56		35
Iso-leucine	43.69	40	109.23
Leucine	90.77	70	129.67
Tyrosine	43.23	}	
Phenylalanine	58.43		60
Lysine	73.45	55	133.55
Histidine	28.27		
Arginine	50.11		
Tryptophan	21.73	10	217.30

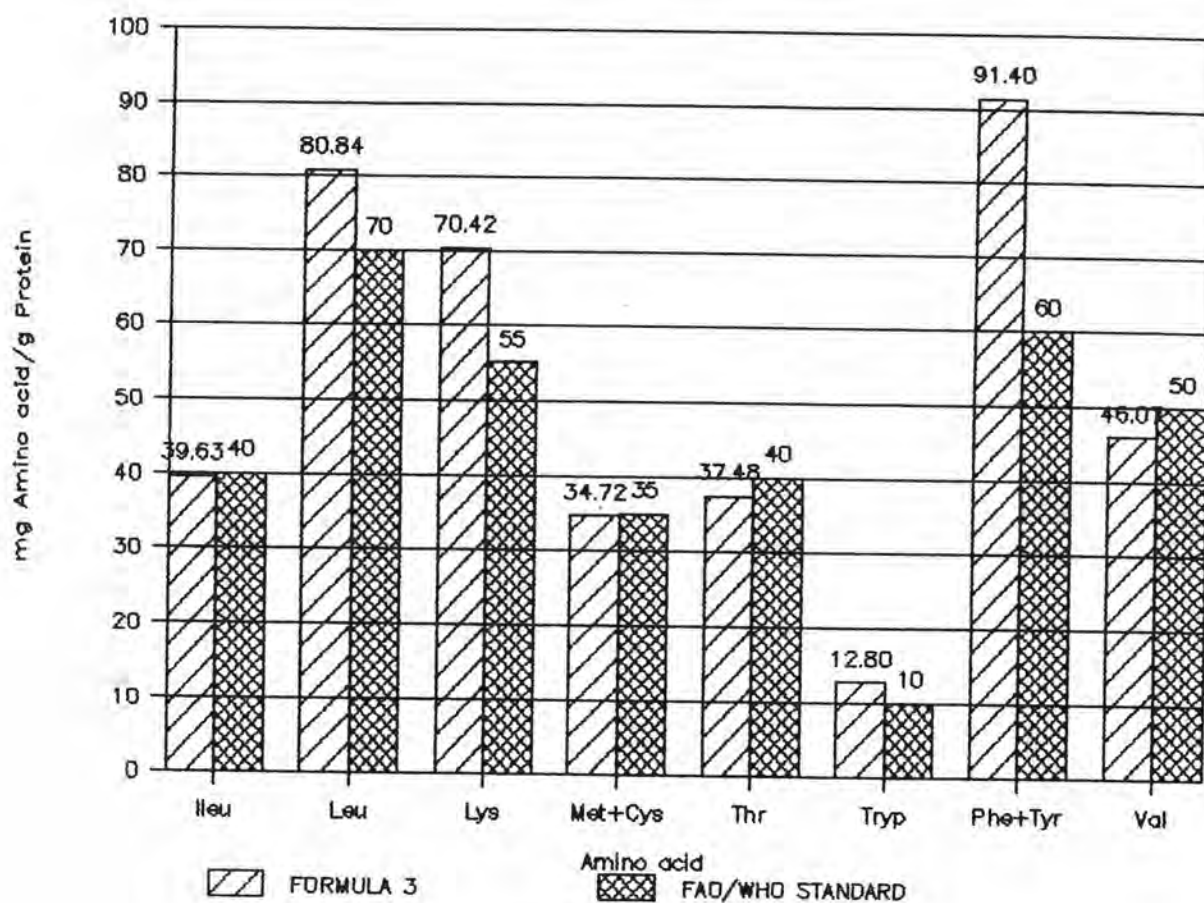
* โปรตีนมาตรฐานของ FAO/WHO 1973 (44)

ภาพที่ 5 กราฟเปรียบเทียบปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในโปรตีนของอาหารทาง การแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว (สูตรที่ 2) กับโปรตีนมาตรฐาน FAO/WHO*



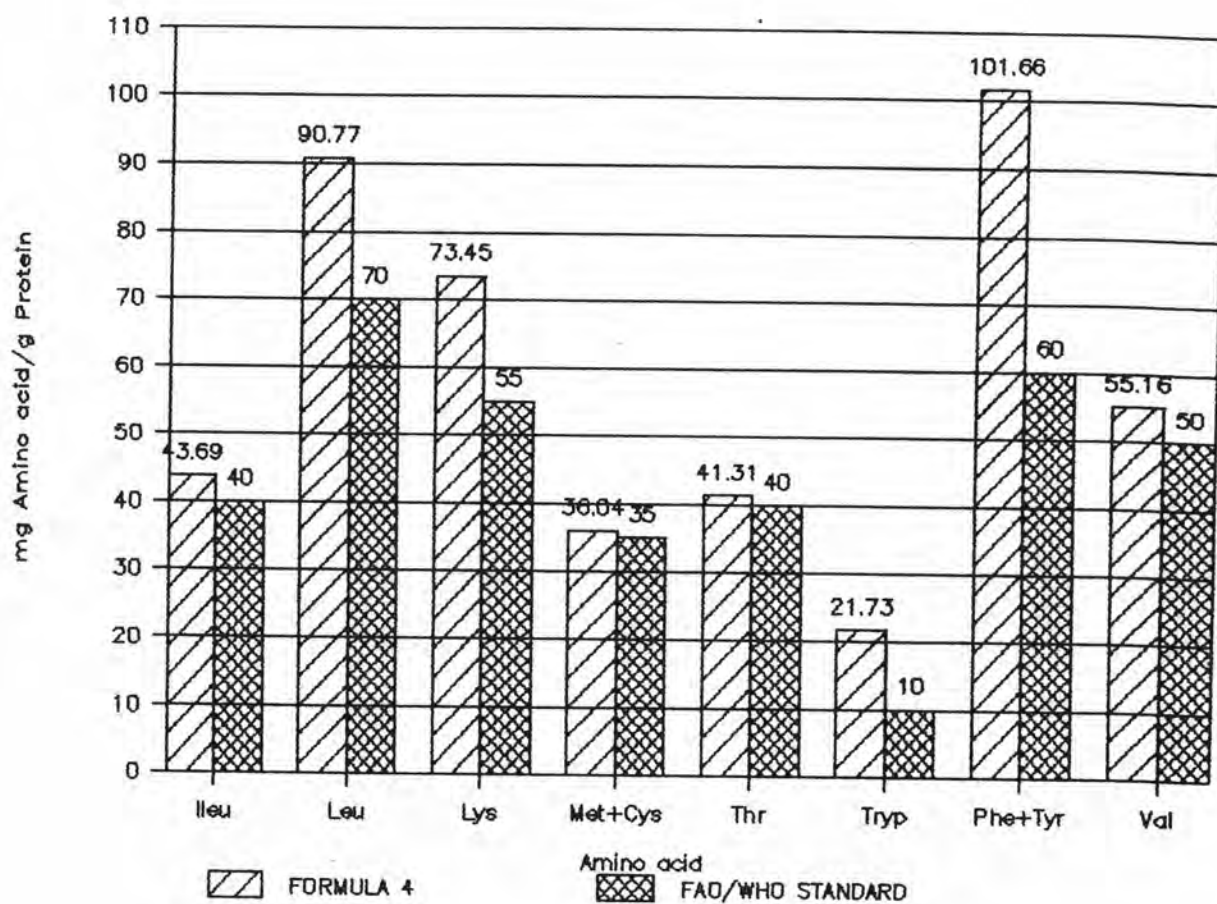
* ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในโปรตีนมาตรฐาน FAO/WHO 1973 แสดงไว้ในตารางที่ 54 (ภาคผนวก ฉ.)

ภาพที่ 6 กราฟเปรียบเทียบชนิดและปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในโปรตีนของอาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว (สูตรที่ 3) กับโปรตีนมาตรฐาน FAO/WHO*



* ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในโปรตีนมาตรฐาน FAO/WHO 1973 แสดงไว้ในตารางที่ 54 (ภาคผนวก ฉ)

ภาพที่ 7 กราฟเปรียบเทียบปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในโปรตีนของอาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว (สูตรที่ 4) กับโปรตีนมาตรฐาน FAO/WHO *



* ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในโปรตีนมาตรฐาน FAO/WHO 1973 แสดงไว้ในตารางที่ 54 (ภาคผนวก ก.)

4. การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของอาหารทางการแพทย์ชนิดผง สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว โดยการวิเคราะห์ทางชีวภาพ

4.1 การหาค่า PER, CPER และ RPER

เมื่อเลี้ยงหนูทดลอง 5 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ตัว ด้วยอาหาร ที่มีแหล่งโปรตีนแตกต่างกัน ได้แก่ โปรตีนเคซีน (กลุ่มมาตรฐาน), อาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวสูตรที่ 1 (กลุ่มทดลอง 1), อาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวสูตรที่ 2 (กลุ่มทดลอง 2), อาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวสูตรที่ 3 (กลุ่มทดลอง 3) และอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวสูตรที่ 4 (กลุ่มทดลอง 4) เป็นเวลา 28 วัน บันทึกน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอาหารที่หนูแต่ละตัวได้รับ นำไปคำนวณค่า PER, CPER และ RPER รายละเอียดน้ำหนักตัว และอาหารที่หนูแต่ละตัวได้รับ แสดงไว้ในตารางที่ 17-21 (ภาคผนวก ค.) ส่วนค่าเฉลี่ย PER, CPER และ RPER ของหนูทดลองแต่ละกลุ่ม แสดงไว้ในตารางที่ 14, ภาพที่ 8, 9 และ 10

ค่าเฉลี่ย PER ของกลุ่มมาตรฐาน กลุ่มทดลอง 1, 2, 3 และ 4 เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ HSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 39 และ 40 (ภาคผนวก ง.) พบว่าค่าเฉลี่ย PER ของกลุ่มมาตรฐาน กลุ่มทดลอง 2, 3 และ 4 ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เฉพาะกลุ่มทดลอง 1 เท่านั้นที่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าเฉลี่ย CPER ของกลุ่มทดลอง 1, 2, 3 และ 4 เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ HSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 41 และ 42 (ภาคผนวก ง.) พบว่าค่าเฉลี่ย CPER

ของกลุ่มทดลอง 2, 3 และ 4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เฉพาะ
กลุ่มทดลอง 1 เท่านั้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ
ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าเฉลี่ย RPER ของกลุ่มทดลอง 1, 2, 3 และ 4 เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ HSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 43 และ 44 (ภาคผนวก ง.) พบว่าค่าเฉลี่ย RPER ของกลุ่มทดลอง 2, 3 และ 4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เฉพาะกลุ่มทดลอง 1 เท่านั้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

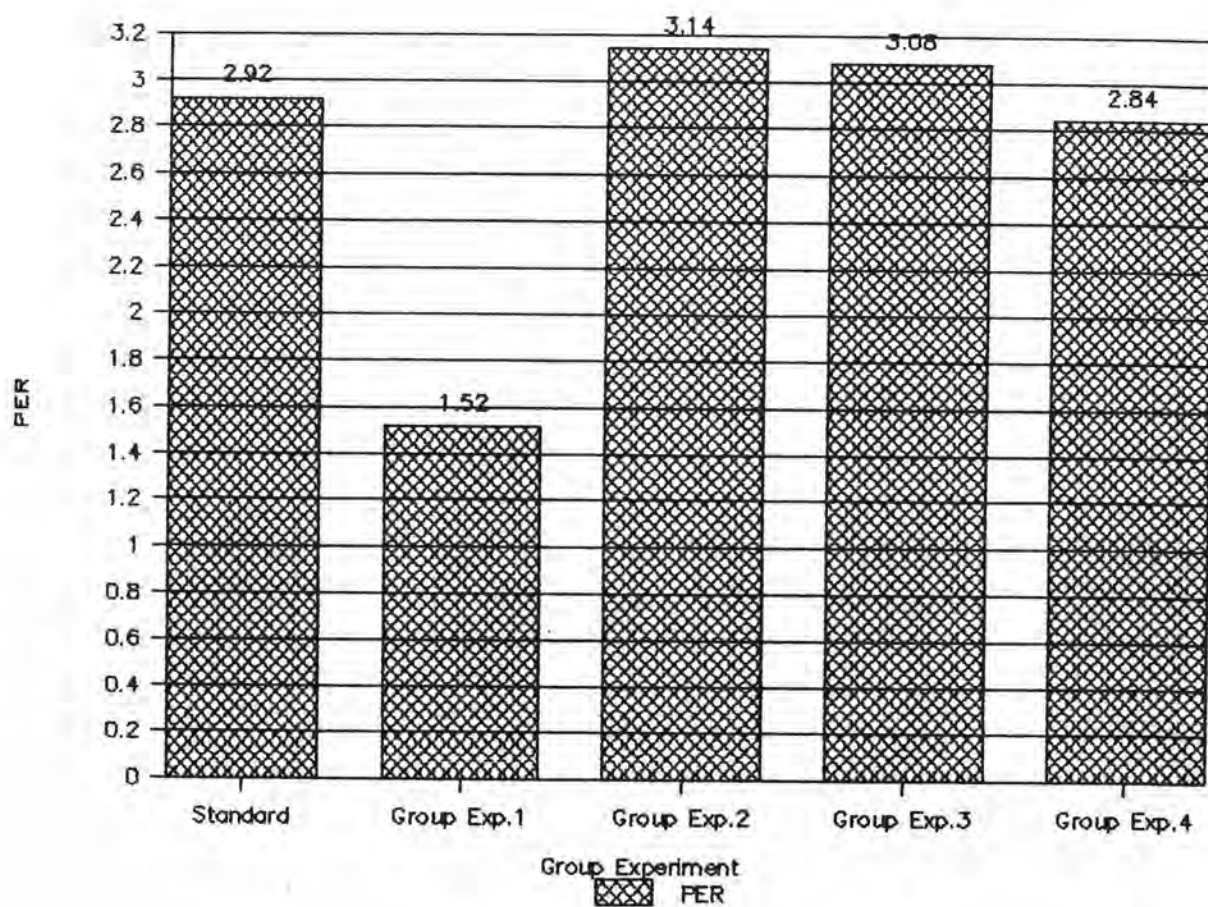
ตารางที่ 14 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อาหารที่กิน โปรตีนที่กิน ค่า PER, ค่า CPER และค่า RPER ของหนูทดลองกลุ่มต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 28 วัน แสดงด้วยค่าเฉลี่ย* (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

กลุ่ม	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	อาหารที่กิน (กรัม)	โปรตีนที่กิน (กรัม)	PER**	CPER**	RPER**
กลุ่มมาตรฐาน	96.2 (22.8)	311.3 (46.1)	32.81 (4.86)	2.92 ^a (0.44)	-	
กลุ่มทดลอง 1	33.4 (13.0)	202.8 (45.5)	22.63 (5.52)	1.52 ^b (0.67)	1.30 ^a (0.57)	52.02 ^a (22.86)
กลุ่มทดลอง 2	106.8 (10.0)	313.5 (42.6)	34.30 (4.66)	3.14 ^a (0.30)	2.69 ^b (0.26)	107.70 ^b (10.45)
กลุ่มทดลอง 3	101.1 (13.0)	303.7 (30.7)	32.77 (3.31)	3.08 ^a (0.24)	2.64 ^b (0.20)	105.65 ^b (8.14)
กลุ่มทดลอง 4	98.1 (18.5)	312.4 (45.5)	34.34 (5.01)	2.84 ^a (0.20)	2.43 ^b (0.17)	97.33 ^b (6.91)

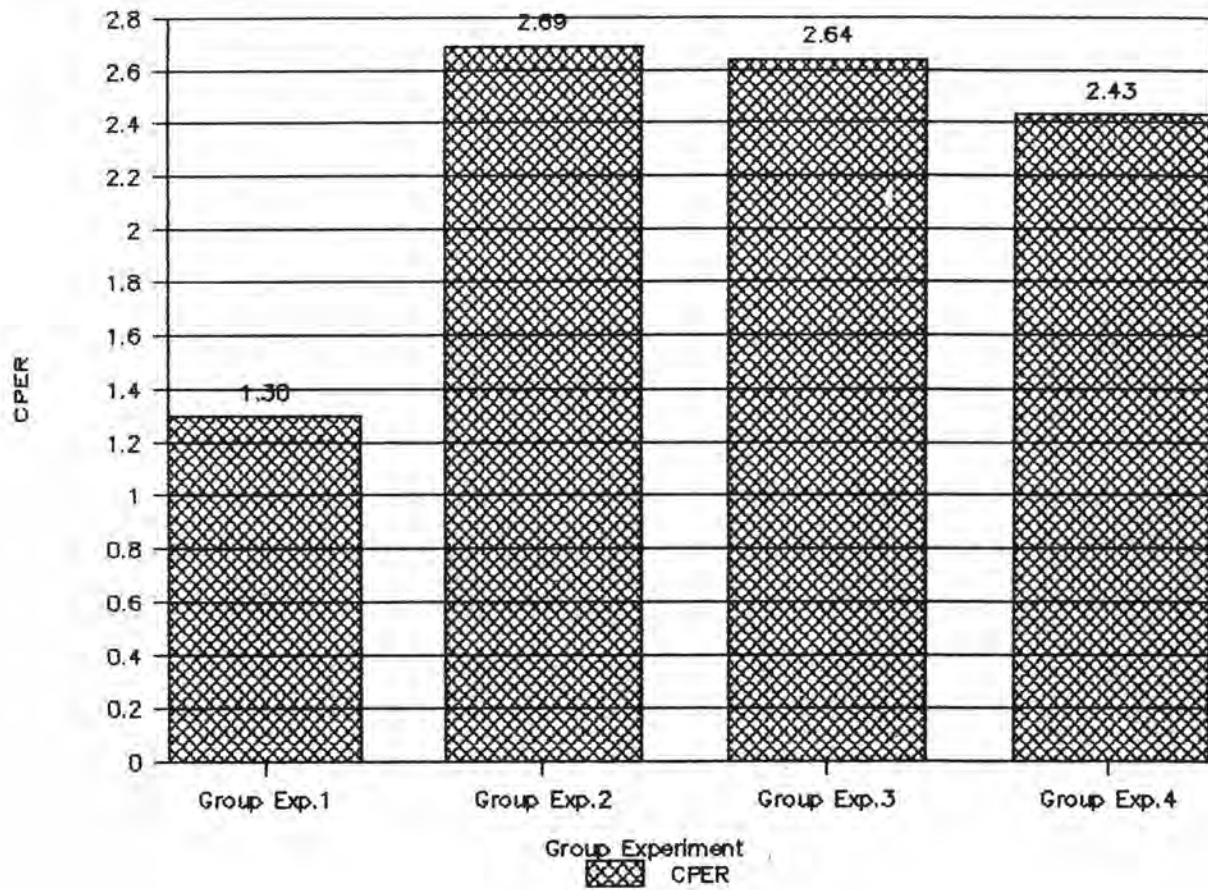
* ค่าเฉลี่ยจากหนูทดลอง 10 ตัว ต่อกลุ่ม

** เปรียบเทียบตามแนวตั้ง ตัวเลขที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

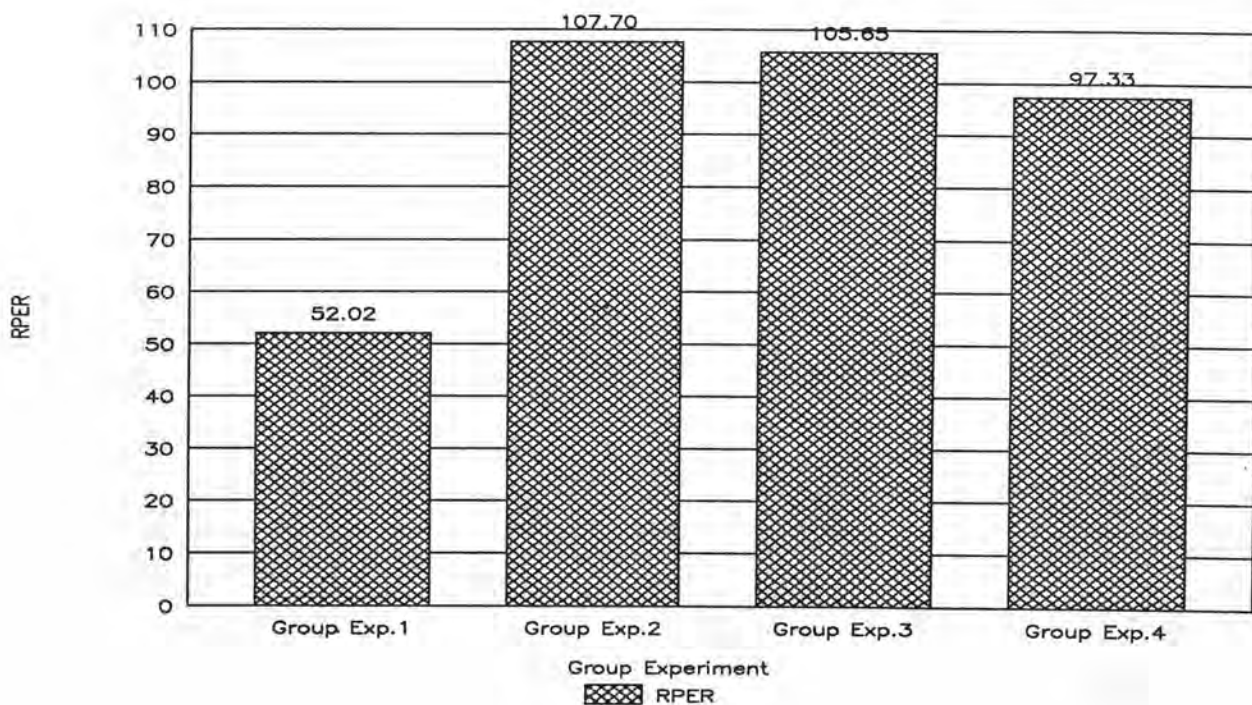
ภาพที่ 8 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย PER ของกลุ่มมาตรฐาน และกลุ่มทดลองต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 28 วัน



ภาพที่ 9 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย CPER ของกลุ่มทดลอง 1, 2, 3 และ 4 เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 28 วัน



ภาพที่ 10 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย RPER ของกลุ่มทดลอง 1, 2, 3 และ 4 เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 28 วัน



4.2 การหาค่า NPR และ RNPR

ในการทดลองนี้ทำเช่นเดียวกับการหาค่า PER แต่เพิ่มกลุ่มหนูทดลองซึ่งเลี้ยงด้วยอาหารปราศจากโปรตีน นำน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อาหารที่หนูได้รับในระยะเวลา 14 วัน มาคำนวณค่าเฉลี่ย NPR และ RNPR รายละเอียดของน้ำหนักตัว อาหารที่กิน ค่า NPR และ RNPR ของหนูแต่ละตัว แสดงไว้ในตารางที่ 22-27 (ภาคผนวก ค.) ส่วนค่าเฉลี่ย NPR และ RNPR ของแต่ละกลุ่มแสดงไว้ในตารางที่ 15, ภาพที่ 11 และ 12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย RPER และค่าเฉลี่ย RNPR ของกลุ่มทดลอง 1, 2, 3 และ 4 แสดงไว้ในภาพที่ 13

ค่าเฉลี่ย NPR ของกลุ่มมาตรฐาน กลุ่มทดลอง 1, 2, 3 และ 4 เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ HSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 45 และ 46 (ภาคผนวก ง.) พบว่าค่าเฉลี่ย NPR ของกลุ่มมาตรฐาน กลุ่มทดลอง 2, 3 และ 4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เฉพาะกลุ่มทดลอง 1 เท่านั้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าเฉลี่ย RNPR ของกลุ่มมาตรฐาน กลุ่มทดลอง 1, 2, 3 และ 4 เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ HSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 47 และ 48 (ภาคผนวก ง.) พบว่าค่าเฉลี่ย RNPR ของกลุ่มทดลอง 2, 3 และ 4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เฉพาะกลุ่มทดลอง 1 เท่านั้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

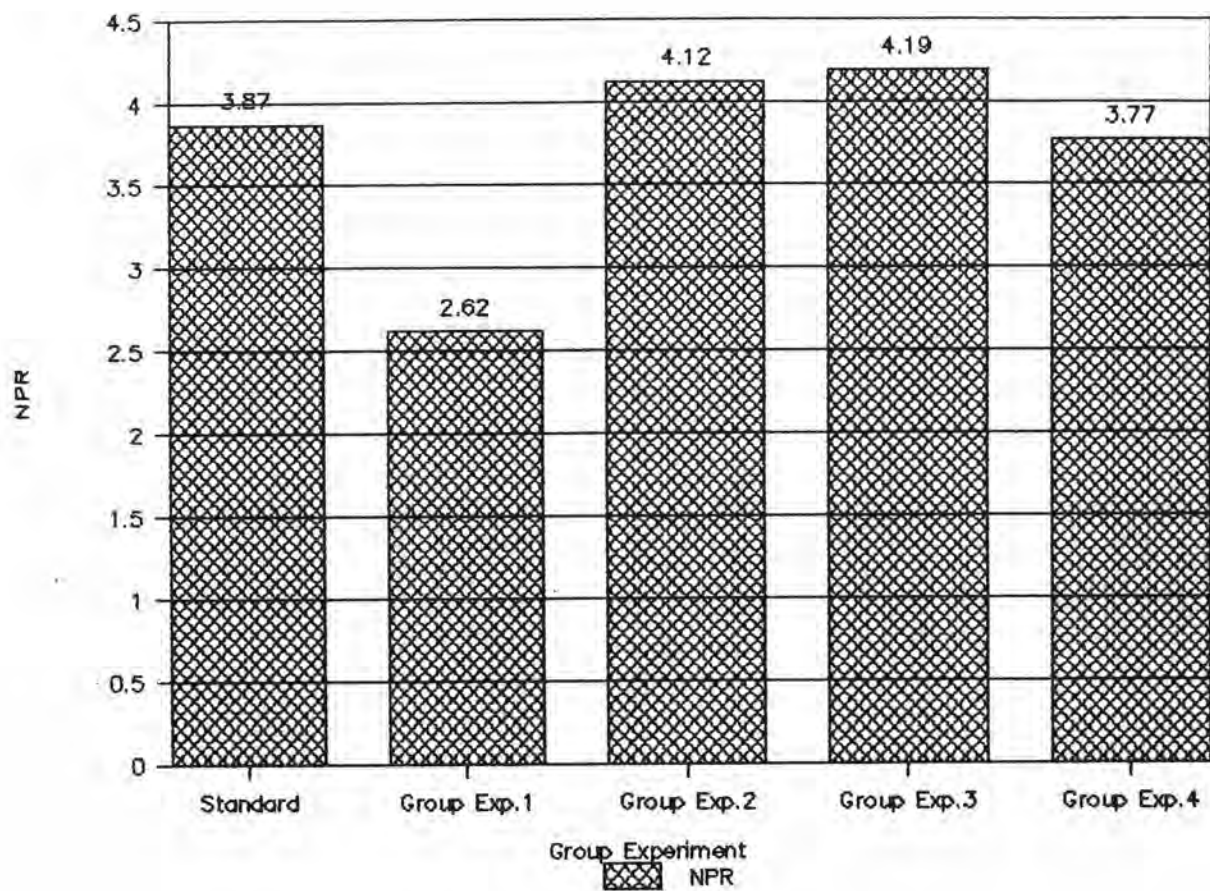
ตารางที่ 15 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อาหารที่กิน โปรตีนที่กิน ค่า NPR และค่า RPER ของหนูทดลองกลุ่มต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 14 วัน แสดงด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)*

กลุ่ม	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	อาหารที่กิน (กรัม)	โปรตีนที่กิน (กรัม)	NPR**	RNPR**
กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่มีโปรตีน	- 10.4 (5.3)	64.9 (13.1)	0.55 (0.11)	-	-
กลุ่มมาตรฐาน	44.6 (18.7)	137.4 (27.9)	14.49 (2.95)	3.87 ^a (0.86)	-
กลุ่มทดลอง 1	16.5 (9.2)	98.0 (22.6)	10.94 (2.52)	2.62 ^b (0.80)	67.58 ^a (20.59)
กลุ่มทดลอง 2	49.7 (13.9)	142.6 (31.8)	15.60 (3.48)	4.12 ^a (1.04)	106.41 ^b (26.95)
กลุ่มทดลอง 3	50.3 (13.0)	139.3 (17.1)	15.03 (1.38)	4.19 ^a (0.72)	108.34 ^b (18.50)
กลุ่มทดลอง 4	47.7 (12.4)	145.4 (25.6)	15.98 (2.82)	3.77 ^a (0.42)	97.47 ^b (10.98)

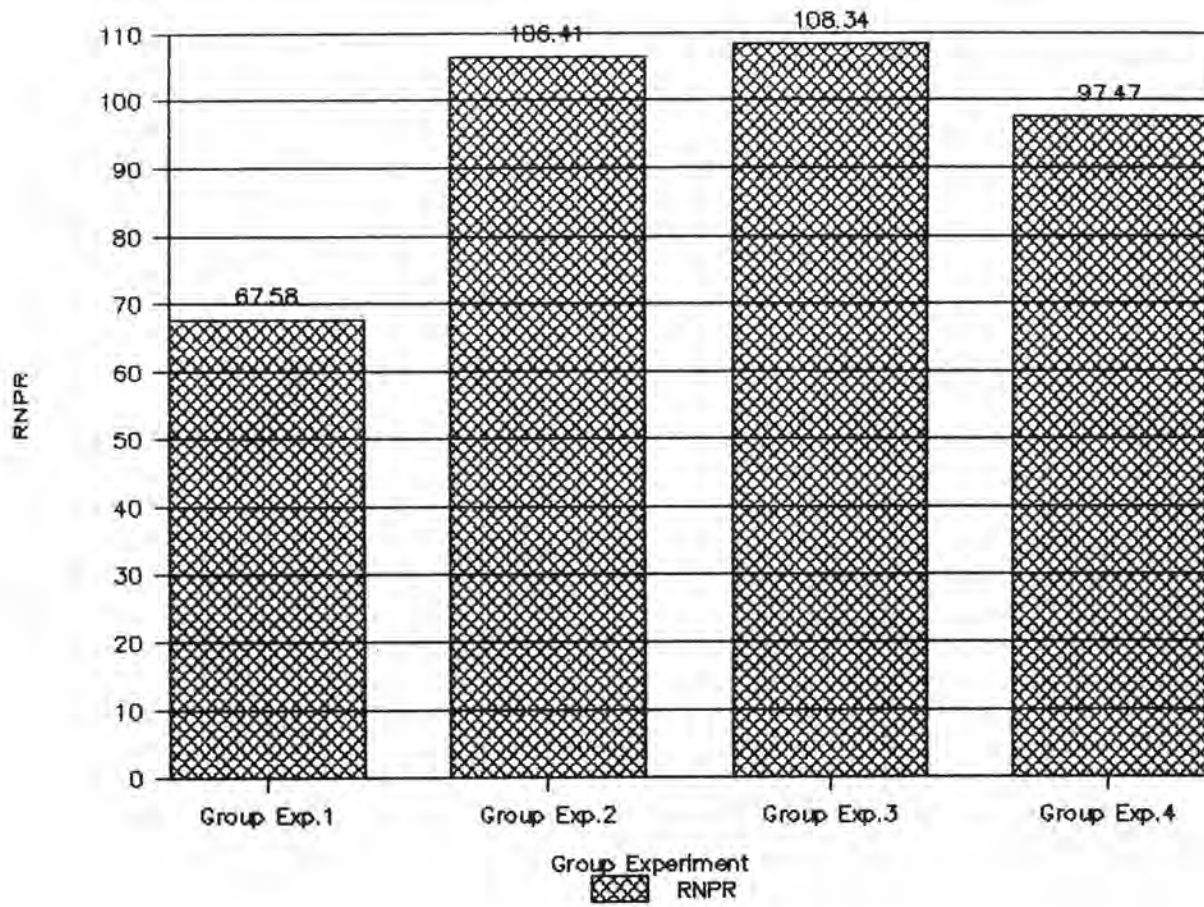
* ค่าเฉลี่ยจากหนูทดลอง 10 ตัว ต่อกลุ่ม

** เปรียบเทียบตามแนวตั้ง ตัวเลขที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

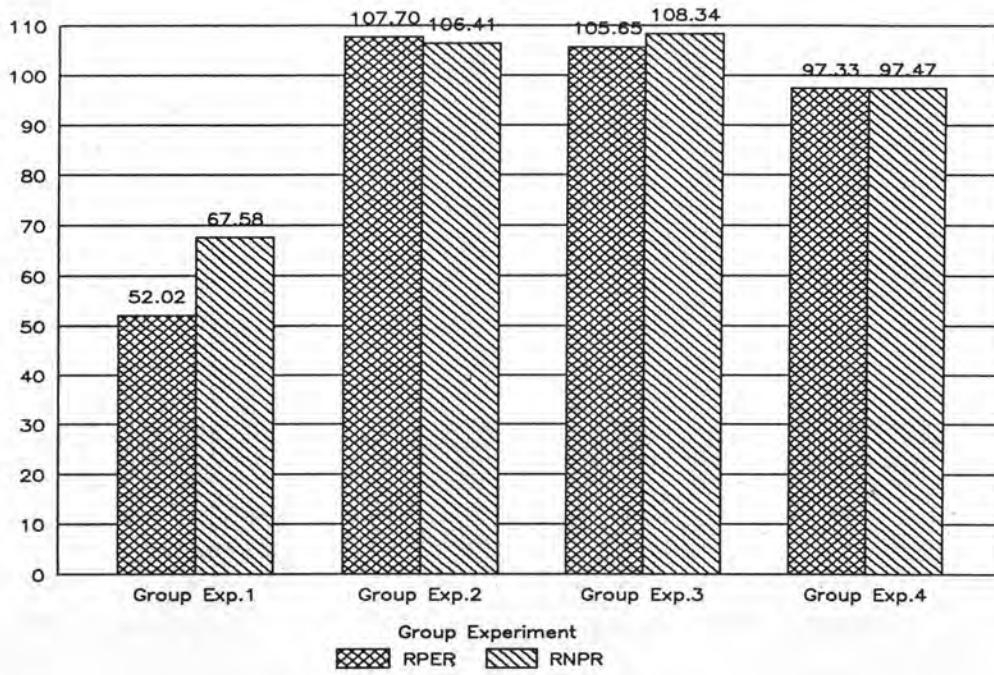
ภาพที่ 11 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย NPR ของกลุ่มมาตรฐาน และกลุ่มทดลองต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 28 วัน



ภาพที่ 12 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย RNPR ของกลุ่มทดลอง 1, 2, 3 และ 4 เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 28 วัน



ภาพที่ 13 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย RPER และ RNPR ของกลุ่มทดลอง 1, 2, 3 และ 4



4.3 การหาค่า TD, BV และ NPU

ใช้เทคนิคสมดุทธ์ไนโตรเจน โดยแบ่งกลุ่มการทดลองเช่น เดียวกับการหาค่า NPR วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับและไนโตรเจนที่ขับออกทางอุจจาระและปัสสาวะ นำมาคำนวณหา TD, BV และ NPU รายละเอียดปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับและไนโตรเจนที่ขับออกทางอุจจาระ และปัสสาวะ ค่า TD, BV และ NPU ของหนูทดลองแต่ละตัว แสดงไว้ในตารางที่ 28-38 (ภาคผนวก ค.)

ค่าเฉลี่ย TD, BV และ NPU ของหนูทดลองแต่ละกลุ่ม แสดงไว้ในตารางที่ 16 ภาพที่ 14, 15 และ 16

ค่าเฉลี่ย TD ของกลุ่มมาตรฐาน กลุ่มทดลอง 1, 2, 3 และ 4 เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงในตารางที่ 49 (ภาคผนวก ง.) พบว่าค่าเฉลี่ย TD ของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าเฉลี่ย BV ของกลุ่มมาตรฐาน กลุ่มทดลอง 1, 2, 3 และ 4 เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และทดสอบ HSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงในตารางที่ 50-51 (ภาคผนวก ง.) พบว่าค่าเฉลี่ย BV ของกลุ่มมาตรฐานแตกต่างจากกลุ่มทดลอง 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าเฉลี่ย BV ของกลุ่มมาตรฐานกับกลุ่มทดลอง 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กลุ่มทดลอง 4 มีค่าเฉลี่ย BV มากกว่ากลุ่มทดลอง 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ย BV ของกลุ่มทดลอง 1, 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และค่าเฉลี่ย BV ของกลุ่มทดลอง 2, 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เฉพาะกลุ่มทดลอง 1 เท่านั้น แตกต่างจากกลุ่มทดลอง 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าเฉลี่ย NPU ของกลุ่มมาตรฐาน กลุ่มทดลอง 1, 2, 3 และ 4 เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และทดสอบ HSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงในตารางที่ 52-53 (ภาคผนวก ง.) พบว่าค่าเฉลี่ย NPU ของกลุ่มมาตรฐานแตกต่างจากกลุ่มทดลอง 1, 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าเฉลี่ย NPU ของกลุ่มมาตรฐานกับกลุ่มทดลอง 4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าเฉลี่ย NPU ของกลุ่มทดลอง 4 มากกว่ากลุ่มทดลอง 3, 2 และ 1 ตามลำดับ แต่กลุ่มทดลอง 1, 2, 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

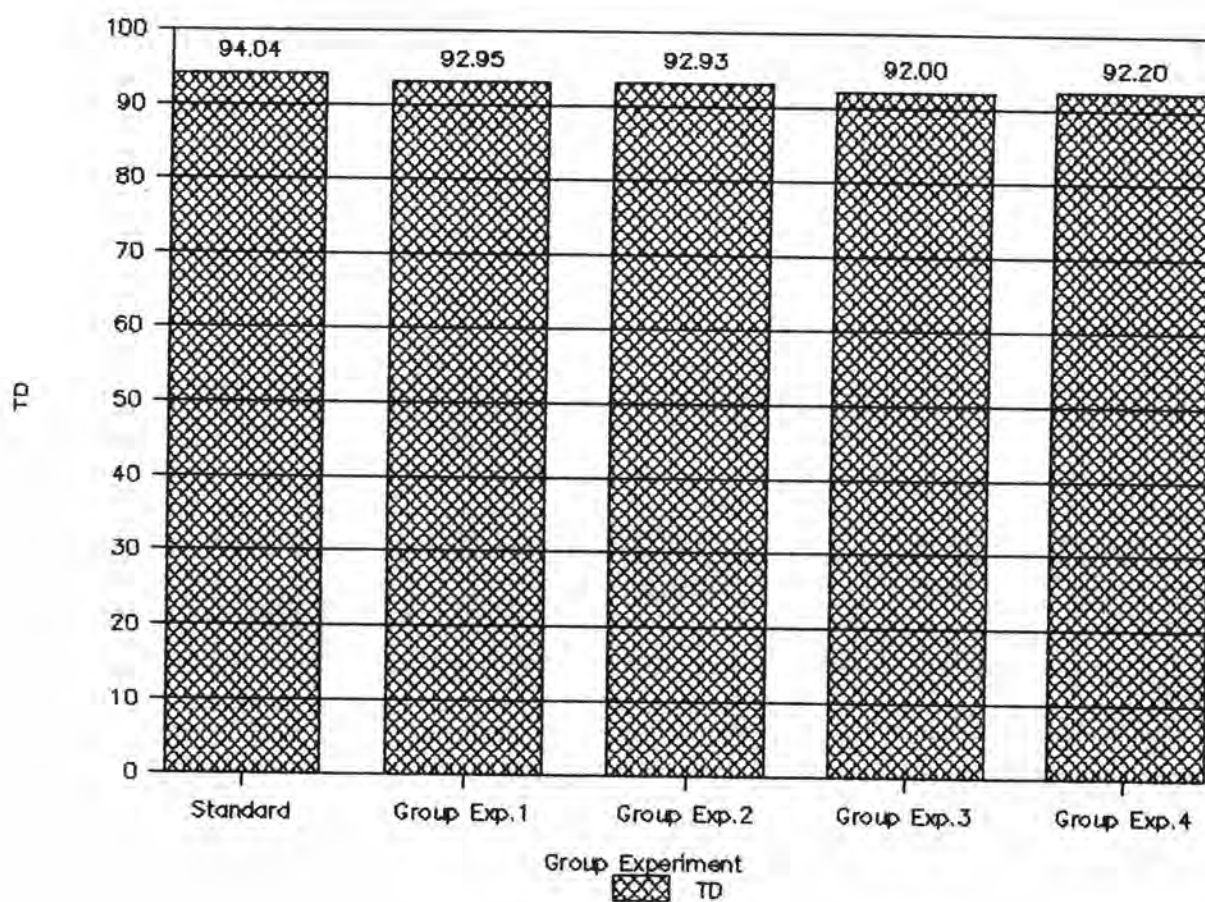
ตารางที่ 16 ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับและขับออกทางปัสสาวะ และอุจจาระค่า TD, BV และ NPU ของหนูทดลองกลุ่มต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 14 วันแสดงด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)*

กลุ่ม	ไนโตรเจน (มิลลิกรัม)			TD**	BV**	NPU**
	ที่ได้รับ	ปัสสาวะ	อุจจาระ			
กลุ่มที่เลี้ยง ด้วยอาหารที่ ไม่มีโปรตีน	88.32 (17.87)	43.33 (20.75)	62.34 (9.14)	-	-	-
กลุ่มมาตรฐาน	2317.76 (471.36)	231.85 (100.50)	201.41 (47.61)	94.04 ^a (1.40)	91.93 ^a (3.37)	86.46 ^a (3.70)
กลุ่มทดลอง 1	1750.72 (403.73)	310.46 (118.43)	189.37 (54.01)	92.95 ^a (1.70)	84.18 ^b (4.48)	78.27 ^b (4.90)
กลุ่มทดลอง 2	2496.16 (556.87)	359.04 (130.77)	237.56 (38.72)	92.93 ^a (0.95)	86.78 ^{b,c} (3.19)	80.65 ^b (3.20)
กลุ่มทดลอง 3	2404.80 (295.97)	317.98 (83.94)	255.90 (43.16)	92.00 ^a (1.19)	87.68 ^{a,b,c} (3.04)	80.69 ^b (3.53)
กลุ่มทดลอง 4	2557.12 (450.48)	307.23 (80.41)	255.91 (43.81)	92.20 ^a (2.25)	88.88 ^{a,c} (3.12)	81.94 ^{a,b} (3.38)

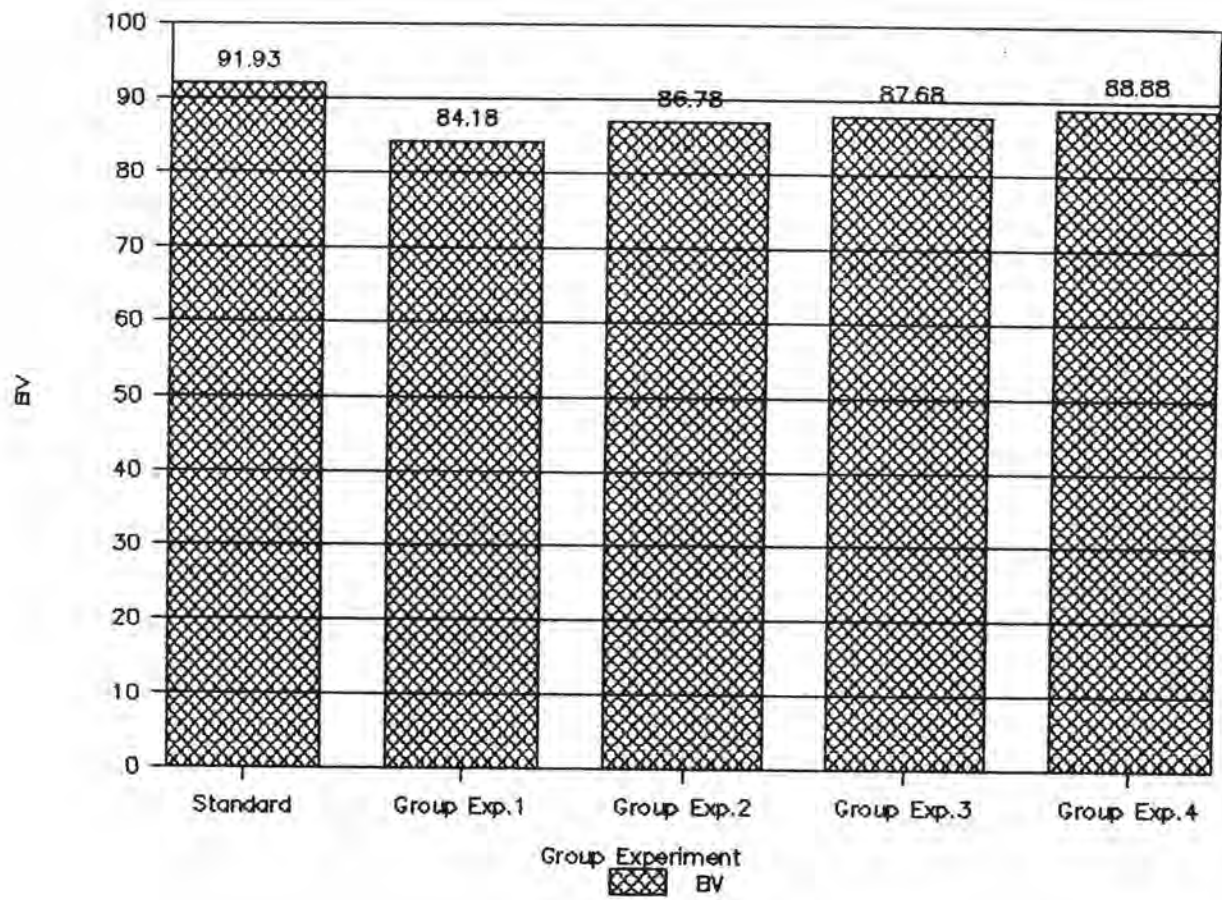
* ค่าเฉลี่ยจากหนูทดลอง 10 ตัว ต่อกลุ่ม

** เปรียบเทียบตามแนวตั้ง ตัวเลขที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ภาพที่ 14 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย TD ของกลุ่มมาตรฐาน และกลุ่มทดลองต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 14 วัน



ภาพที่ 15 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย BV ของกลุ่มมาตรฐาน และกลุ่มทดลองต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 14 วัน



ภาพที่ 16 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย NPU ของกลุ่มมาตรฐาน และกลุ่มทดลองต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 14 วัน

