

쥐의 尿窒素含量으로부터 尿 Energy 價의 算出法

韓 仁 圭

서울대학교 農科大學

(1966年 1月 9日 受理)

Estimating urinary energy value of rat from the urinary nitrogen content.

In K. Han

College of Agriculture, Seoul National University

Suwon, Korea.

Summary

This experiment was conducted to study the relationship between the energy value and the nitrogen content in the rat urine. Thirteen rats for ad libitum feeding group and 16 rats for two-meal group were employed in this experiment. The experimental period consisted of 22 days with a preliminary period of 10 days. During the last eight days of the experiment the urine was collected quantitatively.

The rats fed two-meal per day excreted significantly ($p < 0.005$) more nitrogen and energy in the urine than those fed ad libitum.

A linear relationship between the energy concentration and nitrogen content was found. The urinary energy value was increased as the urinary nitrogen content was increased. A prediction equation was derived to compute the energy value from the content of nitrogen as follows:

$$Y = 8.924 X + 0.182 \quad S_{y,x} = 0.788$$

where Y = urinary energy (kcal/100 ml)

X = urinary nitrogen (gm/100 ml)

Since the standard deviation of estimate is in small magnitude (0.788 kcal) when it is compared with the amount of intake of gross energy, digestible energy or metabolizable energy, this equation can be used safely to estimate the energy value from nitrogen content. Consequently, considerable amount of time and labor for the actual determination of

energy can be saved.

The ratio of energy to nitrogen was found to be 9.4 for ad libitum group and 8.6 for two-meal group. No significant difference between two group in this respect was observed.

1. 序 論

Energy balance 를 研究하기 위하여는 오줌의 熱量價(heat of combustion value)를 알아야 한다. 그러나 이것의 直接決定은 勞力이 많이 들고 時間이 많이 所要될 뿐만 아니라 相當히 큰 誤差를 가져올 수도 있다. 알려진 바에 의하면 Urinary energy 의 資源은 주로 尿에 들어 있는 窒素態化合物인 것이다. 따라서 Urinary Nitrogen 의 含量과 Urinary energy 사이에는 깊은 聯關이 있음을 是認코 많은 學者들이 이 方面의 研究에 關心을 기울여왔던 것이다. Elliot 과 Loosli(1959)는 糞소의 尿에 들어 있는 Nitrogen 과 Calorie 의 比는 一定하다는 것을 發表하였으나 Blaxter(1962)는 Calorie: Nitrogen 比는 變지 않은(긴) 粗飼料를 주거나 또는 給與量을 增加하면 따라서 增加한다는 反對的인 現象을 報告하였다. 왜 이러한 두개의 相反된 現象이 觀察되었는지에 對해서는 알려져 있지 않다. 그後 Paladines 등(1964)은 45 마리의 綿羊으로서 Urinary energy 와 Nitrogen 含量과의 關係를 研究하였다. 그들의 發表에 依하면 飼料의 給與水準은 Calorie: Nitrogen ratio 에 影響을 주지 않았으나 飼料의 物理的 型態(粉碎程度)는 이에 影響을 주어 Pelleted ration 을 供給했을 때 이 比가 다른 中切區, 長切區 보다 낮았다는 것이다. 한편 이들은 이 세 處理區에 對하

여 Urinary nitrogen 함유으로부터 Energy 價를 算出할 수 있는 公式을 만들었다. Street 等(1964)도 이와 類似한 結果를 發表하였다. 114 頭의 소와 288 頭의 綿羊의 尿로부터 그들은 Urinary energy 와 Nitrogen 含量 사이에 直線關係가 있음을 알게 되었고 Urinary nitrogen 含量으로부터 Urinary energy 價를 算出할 수 있음을 確認하였다.

이 試驗은 쥐오줌의 Calorific value 와 nitrogen 含量과의 關係를 調査하고 Urinary Nitrogen Content 로 부터 Urinary energy 를 算出할 수 있는 式을 誘導하는데 그 目的이 있는 것이다.

2. 材料와 方法

이 試驗은 採食回數가 쥐의 代謝過程과 體組成에 미치는 影響을 究明하기 위하여 行해진 實驗의 一部이다. (Han, 1965).

(1) 實驗動物과 期間

日齡이 다른 두 그룹의 Holtzman 숫쥐를 使用하였다. 8마리의 older group 은 體重 300 gm 程度의 것으로서 80日齡된 것이고 21마리의 Younger group 은 體重 180 gm 쯤 되는 40日齡의 것으로부터 選擇하였다. 總試驗期間은 10日의 預備試驗期間과 22日의 本試驗期間을 合하여 32日間이었으나 여기서 考慮하는 試驗期間 即 代謝試驗期間은 8日間이었다. 謝驗動物과 그 期間을 表로서 要約해보면 Table 1 과 같다.

Table 1. Experimental animals and period.

Treatment	Age	No. of animals	Expta'l Period
ad libitum	Younger	9*	13
	older	4	
2 meals	Younger	12	16
	older	4	

* 本來 12마리로 實驗을 始作하였으나 그중 3마리의 오줌은 Diet 의 汚染을 막지 못했으므로 實驗에서 除去했다.

(2) 試驗飼料 및 攝取量

이 試驗에 쓰인 Diet 는 purified diet 로서 配合比率와 그 化學的인 粗成分을 보면 다음과 같다.

Table 2. Diet formula and its chemical composition.

Formula		chemical composition	
Ingredients	percentage	Nutrients	Composition
casein	20.0%	protein	17.97%
sucrose	68.5	Fat	2.90
dl-methionine	0.3	C.H.O.	76.17
corn-oil	5.0	ash	2.96
vit. mix.	2.2 ¹⁾	Gross	
mineral mix.	4.0 ²⁾	Energy	4.419 kcal/g

1) Vitamin mixture (Nutritional Biochemicals Corp. product); Vit. A (200,000 I.U/g). 4,500 g/kg mix; Vit. D 0.250; Tocopherol 5,000; Ascorbic acid 45,000; Inositol 5,000; choline chloride 75,000; menadione 2,250; P-amino-benzoic acid, 5,000; niacin 4,500; Riboflavin 1,000; Pyridoxine Hcl 1,000; Thiamine Hcl 1,000; Ca Pantothenate 3,000; Biotin 0.020; Folic acid, 0.090; Vit. B₁₂ 0.001.

2) Mineral mixture; John-Foster salt mix. General Biochemicals Inc.

日齡에 關係없이 處理區別로 飼料의 攝取量은 다음과 같다.

Table 3. Average intake of Gross energy.

Treatment	G.E. intake	Range in intake
	k cal/Wkg ^{0.743} /day	k cal/Wkg ^{0.734} /day
ad libitum	179.0	136.4—211.4
2 meals	178.5	135.6—211.6

Table 3에서 보는 바와 같이 ad lib. 區의 攝取量을 그대로 2回 給食區의 쥐에게 Stomach-tube 로 Force-feeding 을 하였기 때문에 兩區의 G.E 攝取量은 嚴密히 調節되었었고 그 range 도 平均 136~211 k cal/W kg^{0.734}/day 로서 비슷하다. GE 攝取量의 Range 에 相當히 큰 差가 있어 尿로 排泄되는 Urinary nitrogen 의 量에도 相當한 差가 있을 것이므로 좋은 結果가 있을 것으로 처음부터 期待되었다.

(3) 代謝試驗

쥐들은 全部 個體別로 活動의 自由가 許容되는 metabolism-cage 에 收容하였다. 糞과 尿의 定量的인 分離採集이 또한 可能하였다. 每日 午後 3時에 糞을 採集하여 병에다 모았으며 N의 損失을 防止하기 위하여 이때에 絨毯 위에 말라 붙은 尿(Gummy urine)를 3~5 ml 의 물로서 尿採集병안으로 씻어

내렸다. Urine bottle에는 처음에 약 2 ml의 4-N H₂SO₄ (Preservative)를 넣어 urinary nitrogen의 Ammonia態로서의 分解를 防止했다. 代謝試驗이 끝나는 날 尿分離板을 잘 씻어 내려서 尿의 排泄된 總量의 무게와 量을 갠 다음 冷凍庫에 넣어 保存했다. 同時에 採集된 糞의 總量도 같은 方法으로 貯藏하였다. 물은 自由로이 먹을 수 있도록 供給했다. ad lib.區의 飼料給與方法은 自由採食을 原則으로 했으나 糞尿集板으로 流失시키는 (파헤쳐서) 量을 最少로 줄이기 위해 먹이통 안에는 特別히 考案된 철망을 넣어 주었고 먹이통 위에는 뚜껑 中央部에 겨우 머리만을 넣을 수 있는 구멍을 뚫어 주었다. 먼저 自由採食區의 每代謝體型當의 飼料攝取量을 調査한 다음 이와 同量을 2回 給食區의 쥐에게 Stomach-tube로 Force feeding시켰다. 그래서 飼料의 尿汚染이란 이 경우에 철저히 防止되었던 것

이다. 그러나 自由採食區의 오줌에는 飼料의 汚染이 (飼料가 尿에 들어가서) 있을 수 있고 事實 새다리의 境遇 飼料를 퍼헤치는 怪癖한 性質을 고치지 못해 이 實驗에서 除去하지 않을 수 없었다.

(4) 化學分析

尿의 窒素分析은 macro-Kjeldahl method에 依하였으며 Scales와 Harrison이 提案한 修正法을 採擇하였다. Energy價의 決定은 oxygen-bomb Calorimeter에 依하여 하였으며 이에 쓰인 Urine Sample은 미리 冷凍乾燥시켜서 使用하였다. 오줌의 冷凍乾燥 方法은 다음과 같았다. ① 100 ml를 담을 수 있는 뚜껑이 있는 plastic容器의 무게를 먼저 단 다음 ② 그 容器에 正確히 100 ml의 오줌을 옮긴다. ③ 오줌이 담긴 容器를 24時間동안 冷凍시킨다. ④ 이렇게 얼린 Sample을 먼저 Stokes, Vat-type 冷凍乾燥機의 冷板에 24時間 두었다가 다음 溫板(60°C)

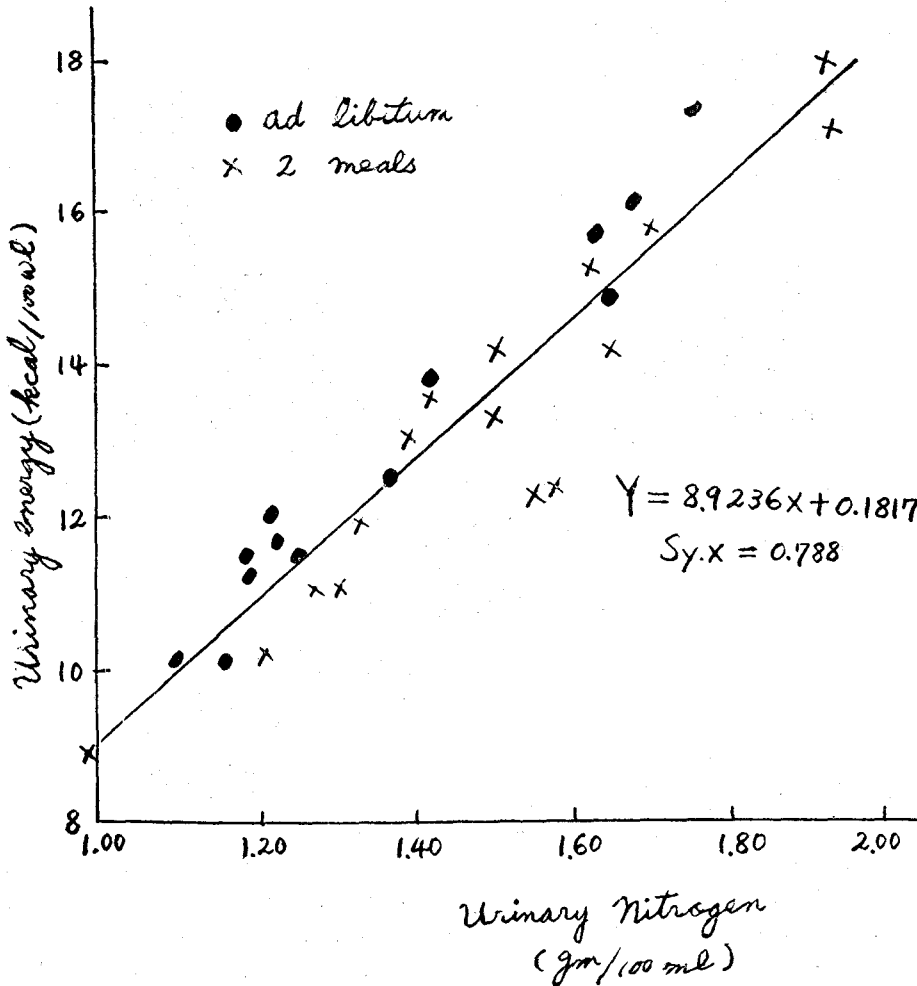


Fig. 1. Relationship between the concentration of energy and nitrogen in rat urine.

에 옮겨 3日間 繼續 乾燥시킨다. ⑤ 冷凍乾燥機에서 꺼내서 곧 오줌가루가 들어있는 容器的 무게를 다시 달아서 固形物을 알아낸 다음 이것의 1~2 gm을 태워 Calorific Value를 決定한다. ⑥ 이 값을 基礎로 다시 잴은 (wet) 오줌의 Energyvalue를 計算한다. H₂SO₄를 尿의 Preser Vative로 使用한 탓으로 acid correction value가 眞價以上으로 높았으므로 acid를 添加하지 않은 尿로 부터 正常的인 correction value를 求해낸 다음 이것을 適用하였

다. acid correction value는 全尿 energy價의 0.2~0.3% 밖에 되지 않으므로 이러한 間接的인 方法이 큰 誤差를 일으키는 것은 아니었다.

3. 結果와 考察

쥐오줌의 energy value (k cal/100 ml)와 nitrogen content (gm/100 ml)과의 關係를 圖示하면 Fig. 1과 같고 그 結果를 處理區別로 要約하면 Table 4에서 보는 바와 같다.

Table 4. concentration of energy and nitrogen in rat urine.

Treatment	no. of observation	energy value	nitrogen content	calorie nitrogen ratio
		k cal/100 ml	gm/100 cal	k cal/gm of energy nitrogen
ad libitum	13	13,032	1,372	9.4
2 meals	16	13,138	1,499	8.8

위 表에서 보는 바와 같이 하루 두번 採食시킨 쥐들이 훨씬 많은 ($p < 0.005$) nitrogen을 排泄하였다. 따라서 주어진 量의 nitrogen當 더 많은 energy를 排泄했음이 밝혀졌다. 그러나 두 區의 urinary nitrogen content에 有意差가 있는데 比해 energy value에는 有意差가 없는 것은 尿의 energy含量이 워낙 낮아서 分析上의 어려움이 있기 때문인 듯하다.

쥐오줌의 energy concentration과 nitrogen content를 相關시켰을 때 Fig. 1에서 보는 바와같이 두 變數 사이에 直線關係가 있음이 밝혀졌다. 따라서 이 두 變數 사이에는 統計的으로 다음과 같은 關係가 있는 것이다.

$$Y = 8.924X + 0.182$$

Y; urinary energy, k cal/100 ml

X; Urinary nitrogen, gm/100 ml

$$S_{y \cdot x} = 0.788.$$

위의 式으로부터 萬一 urinary nitrogen content를 알면 우리는 urinary energy를 算出할 수 있는 것이다. 尿 100 ml當 平均熱량이 13,091 k cal인 때 標準誤差는 겨우 0.788 k cal이므로 이 式은 尿의 熱量算出을 위해 安全하게 쓸 수 있을 것이다. 이러한 程度의 誤差는 總에 너지, 可消化에 너지, 또는 代謝에 너지의 攝取量에 比하면 無視해도 좋을 程度의 量인 것이다. 한편 Paladines等(1964)은 羊으로부터 다음과 같은 回歸式을 얻었다.

$$Y = 17.257X + 1.09$$

Y; urinary energy (k cal/100 ml)

X; urinary nitrogen (gm/100 ml)

$$S_{y \cdot x} = 1.3 \text{ k cal.}$$

이러한 公式은 羊의 urinary energy를 算出하는데 一般的으로 쓰일 수 있으나 Cook等(1952)이 報告한 바와 같이 어떤 特殊地方의 어떤 熱帶性植物이 含有하고 있는 기름이 오줌으로 排泄되는 境遇에는 適用이 어려울 것으로 본다. Street等(1964)도 그들의 緬羊과 소의 Data로부터 類似한 結果를 얻었는데 소의 境遇 $UE \text{ k cal/g} = 0.022 + 0.118(\text{UN}\%)$ ($S_{y \cdot x} = 0.0219$); 緬羊의 境遇 $UE \text{ k cal/g} = 0.026 + 0.117(\text{UN}\%)$ ($S_{y \cdot x} = 0.0203$) 등이다. 그들의 結論에 依하면 緬羊과 소의 두 回歸線 사이에 何等의 有意差가 없었다 하며 따라서 總合式은 反芻動物의 urinary energy算出에 使用해도 좋다는 것이다.

이 試驗에서 쥐의 urinary energy와 nitrogen의 比는 ad lib.區 9.4, 2回 採食區 8.6으로 平均 9.0이었다. 이것은 Paladines等(1964)에 依해 發表된 16.3~22.2이나 Street等(1964)에 依해 發表된 11~40에 比하면 相當히 낮은 것이다. 草食動物의 이 比率이 높은 것은 그들의 尿에 들어 있는 높은 含量의 hippuric acid 때문인 듯하다.

4. 要 約

이 試驗은 쥐오줌의 energy value와 nitrogen content와의 關係를 研究하기 위하여 行하여졌다. 이 試驗을 위하여 ad lib.區에 13마리, 2 meals區에 16마리, 都合 29마리의 쥐가 쓰였다.

오줌의 採集은 22日間의 本試驗期間中 8日동안 行하였다. 1日 2回 採食시킨 쥐들이 훨씬 많은

($p < 0.005$) nitrogen 을 排泄했고 아울러 더 많은 energy 를 排泄했다. 쥐오줌의 energy concentration 과 nitrogen content 사이에는 直線關係가 있어서 nitrogen 含量이 增加하면 energy 의 排泄量이 增加된다는 事實이 밝혀졌다. urinary nitrogen(X, gm/100 ml)으로 부터 energy value (Y, kcal/100 ml)를 算出할 수 있는 公式를 誘導했는데 다음의 式은 一般적으로 이 目的을 위하여 쓰여질 수 있는 것으로 본다.

$$Y = 8.924X + 0.182$$

(Y=urinary energy, X=urinary N)

이러한 算出에 隨伴되는 標準誤차는 0.788 kcal 이다. nitrogen content 로부터 energy concentration 을 算出하는데 따르는 誤차가 이렇게 작기 때문에 또 urinary energy 의 含量이 GE, DE, ME, 攝取量에 비해 작기 때문에 類似한 Diet 를 供給하는 境遇 이 式은 쥐오줌의 energy value 를 算出하는데 쓰일 수 있을 것이다. 따라서 오줌의 energy value 의 直接測定에 所要되는 많은 時間과 勞力이 節約되는 것이다.

쥐오줌의 energy: nitrogen 의 比는 9.4(ad lib.區)乃至 8.6(2 meals 區)으로서 採食回數는 이 比率에 何等의 影響이 없음이 밝혀졌다.

參 考 文 獻

- A.O.A.C. Official method of analysis (9th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. (1960).
- Blaxter, K.L. The energy metabolism of ruminants. Hutchinson Co, Ltd., London (1962).
- Cook, C.W., L.A. Stoddart and L.E. Harris. *J. Animal Sci.* **11**; 578. (1952).
- Elliot, J.M. and J.K. Loosli. *J. Dairy Sci.* **42**; 836. (1959).
- Han In K. Ph.D Thesis. Cornell University, Ithaca, N.Y. (1965),
- 韓仁圭: 農化學會誌 **7**; 35. (1966).
- Paladines, O.L. Ph. D. Thesis. Cornell University, Ithaca, N.Y. (1963).
- Paladines, O.L., J.T. Reid, B.D.H. Van Niekerk and A Bensadoun. *J. Animal Sci.* **23**; 528. (1964).
- Scales, F.M. and H.E. Harrison, *J. Ind. Eng. Chem.* **12**; 350. (1920).
- Street, J.C., J.E. Butcher and L.E. Harris, *J. Animal Sci.* **23**; 1039. (1964).