

白ネズミにおける海藻の有効エネルギー量ならびに 大腸内産生エネルギー量について

中 永 征 太 郎
ノートルダム清心女子大学

現在、五訂日本食品成分表¹⁾からは海藻・きのこのような難消化成分を多く含む食品についてエネルギー値が示されるようになった。この成分表に示されたエネルギー値はAtwaterのエネルギー換算係数を用いて計算され、きのこ類、海藻類のエネルギー暫定値として示されている。

一般に、食品中の難消化成分は食物繊維として示されており、その一部は大腸内の細菌により発酵・分解され、腸内細菌や生体に利用される成分やエネルギーになる²⁾。

そこで、ヒトの食物繊維源として日常摂取されている4種の実藻を取り上げ、白ネズミによる消化試験を行い、有効エネルギー量をもとめるとともに、一方では人工消化による可消化エネルギー量を測定した。ここでは、白ネズミによるin vivoの条件下におけるエネルギー利用率と人工消化によるin vitroの条件下におけるエネルギー利用率との差を大腸内産生エネルギー値として示した。

実験には、市販の乾燥ヒジキ・ワカメ・コンブ・ノリを使用した。このうち、ヒジキ・ワカメ・コンブについては水洗後、通風乾燥機により40℃で乾燥させ、粉碎した。これを白ネズミの標準食AIN-76に準じて、繊維を含まない基礎飼料を調製し、基礎飼料90%と海藻10%の割合で配合し、Sprague Dawley系白ネズミ雄に与え、全糞採取法により7日間の消化試験を実施した。また、海藻配合飼料と並行して基礎飼料についても、同様に消化試験を行い、両者の消化試験の結果を用いて、海藻のエネルギー利用率を算出した。

普通、エネルギー利用率は、消化試験の糞便中に直接食餌に由来しない腸内細菌、腸管表面の脱落細胞、粘膜などが排泄されるので、見かけのエネルギー利用率として示される。そこで、排泄された糞便を食物繊維の定量法(Prosky-AOAC法)に準じて、プロテアーゼ、アミログルコシダーゼにより酵素処理し、その残渣を供試飼料由来の不消化物と見なし、その残渣中のエネルギー含量をボンパカロリメーター(燃研式断熱熱量計)により測定し、有効エネルギー利用率をもとめた。

つまり、有効エネルギー利用率＝

$$\frac{\text{摂取エネルギー} - \text{糞便を酵素処理した残渣中のエネルギー}}{\text{摂取エネルギー}} \times 100$$

とした。

消化試験に用いた飼料には海藻が10%含まれているため、海藻自体の有効エネルギー量をもとめるには、排泄された糞便から基礎飼料由来の排泄エネルギーを差し引く必要がある。すなわち、海藻配合飼料を摂取させた際の糞便中に排泄されるエネルギーには、基礎飼料に由来するエネルギーと海藻由来のエネルギーが存在する。そこで、海藻からの排泄エネルギー量をもとめるために、基礎飼料の摂取エネルギー量にそのエネルギー未利用率を乗じて基礎飼料由来の排泄エネルギー量を算出した。基礎飼料のエネルギー未利用率を査定する際にも、糞便を酵素処理し、生体由来の排泄エネルギーを除去した。

以上のような条件下において、4種類の海藻について有効エネルギー利用率を算出した結果を表1に示した。この場合、基礎飼料のエネルギー未利用率は1.41±0.25%であった。

次に、30mesh以上に粉碎した海藻を食物繊維の定量法に準じて酵素処理し、その残渣中のエネルギーを不消化エネルギーとして見なし、人工消化によるエネルギー利用率を表2にまとめた。

ここで、in vivoの条件下でもとめた有効エネルギー利用率と、in vitroの条件下の消化エネルギー利用率との差を大腸内産生エネルギーとしてまとめると表3のようであり、結果的には、海藻の総エネルギーのうち、ヒジキ8.68%、ワカメ16.67%、コンブ8.07%、ノリ2.22%が大腸内産生エネルギーであり、そのエネルギー量は、ヒジキ29.43kcal/100g、ワカメ58.85kcal/100g、コンブ33.33kcal/100g、ノリ9.77 kcal/100gであった。

以上、大腸内産生エネルギー量は、各海藻中の食物繊維からの有効エネルギー量として位置づけられるであろう。

表1 海藻の有効エネルギー利用率 (in vivo)

海 藻		ヒジキ	ワカメ	コンブ	ノリ	
基礎飼料	摂取量 (g/日)	19.27 ± 1.60	19.31 ± 1.65	18.89 ± 2.69	18.71 ± 2.87	
	エネルギー含量 (kcal/100g)	435	435	435	435	
基礎飼料		摂取エネルギー量 (kcal/日)	83.80 ± 6.97	84.02 ± 7.17	82.17 ± 11.71	81.39 ± 12.50
海藻	摂取量 (g/日)	1.93 ± 0.16	1.94 ± 0.16	1.89 ± 0.27	1.89 ± 0.29	
	エネルギー含量 (kcal/100g)	339	353	413	440	
	摂取エネルギー量 (kcal/日)	6.55 ± 0.54	6.86 ± 0.55	7.82 ± 1.12	8.30 ± 1.29	
糞便排泄量 (g/日)		2.33 ± 0.33	1.63 ± 0.17	1.65 ± 0.24	1.74 ± 0.21	
酵素処理	残渣率 (%)	81.80 ± 3.03	74.30 ± 6.09	78.40 ± 5.13	81.29 ± 6.26	
	残渣量 (g/日)	1.90 ± 0.24	1.21 ± 0.15	1.29 ± 0.19	1.42 ± 0.25	
	残渣中のエネルギー含量 (kcal/g)	3.09 ± 0.14	2.77 ± 0.09	2.60 ± 0.54	2.68 ± 0.29	
	エネルギー排泄量 (kcal/日)	5.87 ± 0.76	3.34 ± 0.43	3.37 ± 1.31	3.75 ± 0.48	
	基礎飼料未利用エネルギー量 (kcal/日)	1.18 ± 0.10	1.19 ± 0.10	1.16 ± 0.16	1.15 ± 0.18	
	海藻未利用エネルギー量 (kcal/日)	4.70 ± 0.70	2.16 ± 0.37	2.22 ± 0.82	2.60 ± 0.35	
	海藻のエネルギー未利用率 (%)	71.74 ± 9.00	31.60 ± 4.82	28.32 ± 9.18	31.87 ± 4.75	
	海藻のエネルギー利用率 (%)	28.36 ± 9.00	68.40 ± 4.82	71.68 ± 9.18	68.13 ± 4.75	

基礎飼料の摂取エネルギー量 (kcal/日) = 基礎飼料の摂取量 × 基礎飼料のエネルギー含量

海藻の摂取エネルギー量 (kcal/日) = 海藻の摂取量 × 海藻のエネルギー含量

酵素処理残渣率 (%): 食餌由来の不消化物 (g/糞便100g)

酵素処理残渣量 (g) = 排泄量 × 酵素処理残渣率

エネルギー排泄量 (kcal/日) = 酵素処理残渣量 × 残渣中のエネルギー含量

基礎飼料未利用エネルギー量 (kcal/日) = 基礎飼料エネルギー未利用率 (1.41 ± 0.25%) × 基礎飼料摂取エネルギー量

海藻未利用エネルギー量 (kcal/日) = エネルギー排泄量 - 基礎飼料未利用エネルギー量

海藻のエネルギー未利用率 (%) = $\frac{\text{海藻の未利用のエネルギー量}}{\text{海藻の摂取エネルギー量}} \times 100$

海藻のエネルギー利用率 (%) = 100 - 海藻のエネルギー未利用率

表2 海藻の可消化エネルギー利用率 (in vitro)

海 藻	ヒジキ	ワカメ	コンブ	ノリ
エネルギー含量 (kcal/100g)	339	353	413	440
100g中の酵素処理残渣量 (g)	91.7	64.3	59.4	41.3
酵素処理残渣中のエネルギー含量 (kcal/100g)	297	265	253	364
酵素処理による喪失エネルギー (kcal)	66.7	182.6	262.7	290.0
可消化エネルギー (エネルギー喪失率: %)	19.68	51.73	63.61	65.91

表3 海藻の大腸内産生エネルギー量

海 藻	ヒジキ	ワカメ	コンブ	ノリ
総エネルギー (kcal/100g)	339	353	413	440
有効エネルギー利用率 (%)	28.36	68.40	71.68	68.13
消化エネルギー利用率 (%)	19.68	51.73	63.61	65.91
大腸内産生エネルギー率 (%)	8.68	16.67	8.07	2.22
有効エネルギー量 (kcal/100g)	96.14	241.45	296.04	299.77
消化エネルギー量 (kcal/100g)	66.71	182.60	262.71	290.00
大腸内産生エネルギー量 (kcal/100g) ¹⁾	29.43	58.85	33.33	9.77

1) 有効エネルギー量 - 消化エネルギー量

文献

1) 科学技術庁資源調査会編：五訂日本食品標準成分表 - 新規食品編 -，大蔵省印刷局，東京，pp. 85-86，1997.

2) 細谷憲政編：糖質のエネルギー - その測定と評価 -，糖質代謝研究会，東京，pp. 52-59，1988.