日本人の常用食品の消化吸収率と エネルギー利用率に関する研究（第4報 椎茸）

今 木 雅 英, 三 好 保, 藤 井 正 信, 小 島 俊 男
多 田 敏 子, 勢 井 雅 子, 高 橋 仁, 山 崎 亮 治
藤 田 久 雄, 大木元 繁, 石 本 寛 子, 伊 藤 里 美

徳島大学医学部公衆衛生学教室

Study on Digestibility and Energy Availability of Daily Food Intake (Part 4 *Shiitake mushroom*)

Masahide Imaki, Tamotsu Miyoshi, Masanobu Fujii, Toshio Kojima,
Toshiko Tada, Masako Sei, Hitoshi Takahashi, Ryoji Yamasaki,
Hisao Fujita, Shigeru Oogimoto, Hiroko Ishimoto and Satomi Ito

Department of Public Health, School of Medicine, The University of Tokushima, Tokushima

The digestibilities of nutrients and energy in *Shiitake mushrooms* (*Lentinus edodes*) was measured in healthy adult males. A test diet was given for 5 days after 5 days on a basal diet which supplied 40g/day of protein and 45kcal/kg/day of energy. The test diet was identical with the basal diet except that *shiitake* was incorporated. Digestibility was calculated by the difference of fecal output between the test period and the basal period. The results obtained were follows:

1. *Shiitake* 60g/day intake level

Digestibility of protein was $69.3 \pm 11.2\%$.

Digestibility of fat was $66.6 \pm 24.9\%$.

Digestibility of carbohydrate was $55.7 \pm 10.5\%$.

The ratio of the total available energy to intake energy (Net Energy Availability) was $55.4 \pm 15.4\%$.

2. *Shiitake* 40g/day intake level

Digestibility of protein was $85.5 \pm 23.8\%$.

Digestibility of fat was $70.0 \pm 90.1\%$.

Digestibility of carbohydrate was $65.8 \pm 13.1\%$.

The ratio of the total available energy to intake energy (Net Energy Availability) was $67.4 \pm 25.9\%$.

Key words: Digestibility, Mushrooms, Japanese, Net energy availability, *Shiitake* (*Lentinus edodes*)

消化吸収率, きのこと類, 日本人, 正味エネルギー利用率, 椎茸

緒 言

欧米先進国で発生が高く大きな社会問題となっている虚血性心疾患や大腸ガンの他, 高脂血症, 糖尿病, 胆石症等の成人病が, 食物繊維の不足または欠乏と深い関係

にあることが, 近年疫学的に明らかにされてきた¹⁾。我国においても近年同様な傾向になりつつあり, 食物繊維の摂取量の増加の必要性が叫ばれている。この食物繊維を多く含む食品群としては, 藻類及びきのこ類が挙げられるが, これらの食品の消化吸収率及びエネルギー利用

率等の基礎的データに関する知見が殆どない。

著者らは、日本人の常用している食品の消化吸収率及びエネルギー利用率についての一連の研究を行ってきているが²⁻⁵⁾、今回はきのこ類の中で副食品として食生活の中に定着し、さらに日常の摂取量も多い椎茸について検討したいので報告する。

方 法

椎茸の消化吸収率及びエネルギー利用率の測定に当たっては、通常、種々の食品からなる実験食を用いるため、食物の配合、調理等の違いによる異なった結果が得られるものと考えられる。そこで本報告では、測定結果の解析を容易にするために、たんぱく質源として精白米を主体とした基礎食を設定し、椎茸を加えたものとするに示した(図1)。本実験では、テスト食期の排泄量と基礎食期の排泄量の差引計算により「真の消化吸収率」を求めることを試みた。尚、椎茸等の茸類及び藻類を多量摂取した場合、糞重量が増加するし、同時に摂取した他の食物成分の消化吸収率を低下させることも考えられるので、椎茸の摂取量を20 g/日、40 g/日、60 g/日の3段階により摂取させた。

5 day	5 day	5 day	5 day
Basal Diets	Test 1	Test 2	Test 3

Experimental period : 20 days

Subject : 4 Japanese males

Test diet Test 1 : Basal diet+*Shiitake* 20g

Test diet Test 2 : Basal diet+*Shiitake* 40g

Test diet Test 3 : Basal diet+*Shiitake* 60g

Fig. 1 Experimental design

1. 被験者

年齢22~24才の健康な男子日本人大学生4名を被験者とした。

被験者の測定開始前3~4日間の平均身長は170.1 cm (158.0 cm~176.6 cm)、平均体重は69.0 kg (60.8 kg~90.6 kg)であった(表1)。

2. 測定期間及び測定期間中の生活

測定期間は、最初の5日間を基礎食期、それに続くテスト食期については、1日当たりの摂取量は20 g、40 g、60 gとした。尚これらの椎茸の摂取量は、日常摂取する量よりは明らかに多いが、この理由は、測定誤差を小さくするためである。

実験日程について、理想的には本計画のようにテスト

Table 1 Age, sex, physical characteristics of subjects

Subject	Age	Sex	Height (cm)	Weight (kg)	
				initial	final
No. 1	24	male	173.8	90.4	90.6
No. 2	24	male	176.6	60.8	61.6
No. 3	22	male	158.0	63.0	63.2
No. 4	23	male	172.1	63.6	64.3
Mean	23.2	170.1	69.0	69.9	
S.D.	0.9	8.3	14.1	13.8	

食期を連続するのではなく、その間に基礎食期を入れるべきであると考えられるが、実験期間が長期間になり、被験者にとって精神的に苛酷な実験となり、精神的ストレス等の消化吸収への影響を考慮し、前述の実験計画とした。

被験者は、測定期間中、研究施設内の宿泊施設に泊り込み、十分な医学的健康管理の下で日常生活活動を行った。尚実験期間中サッカー、ラグビーなどの激しいスポーツは避けさせた。

3. テスト食と食事内容

食事としては、基礎食期、テスト食期を通じて精白米、鶏肉、小麦粉、コーンスターチ、砂糖、脱脂粉乳、寒天、混合ビタミン剤を摂取させた(表2)。

尚1日当たりのたんぱく質の摂取量は約40 g程度とした。

摂取エネルギー量は、1日体重1 kg当たり45 kcal⁶⁾とし、被験者ごとに体重の変動はできるかぎり少なくするように、コーンスターチ及び砂糖の摂取量で調節した。これは、摂取エネルギーの全量が代謝エネルギーとして消費されるように配慮したためである。しかしながら、このテスト食期に椎茸を追加することにより摂取エネルギー量は幾分増加することが考えられるが、椎茸の利用エネルギー量が不明であるため、コーンスターチ及び砂糖の摂取量は変更しなかった。

4. 各種成分の分析方法(表3)

1) 水分

130度℃ 1時間乾燥法⁷⁾を適用した。

2) たんぱく質

ケルダール法⁸⁾を適用した。

3) 脂質

脂質は、乾燥試料を用いエーテル抽出法により測定した。

4) 炭水化物

分析試料の全重量が、水分、たんぱく質、脂質及び灰

Table 2 Experimental diets (Subject No. 2)

Ingredient	Basal diet (g)	Test diet		
		Test 1 (g)	Test 2 (g)	Test 3 (g)
Shiitake	—	20	40	60
Whole egg	163	163	163	163
Polished rice	294	294	294	294
Cornstarch	160	160	160	160
Sugar	152	152	152	152
Shortening	25	25	25	25
Corn oil	15	15	15	15
Baking powder	5	5	5	5
Soy sauce	5	5	5	5
Agar	5	5	5	5
Vitamin mixture*	3 tab.	3tab.	3tab.	3tab.
Mineral mixture*	6	6	6	6
Nutrient	Basal	Test 1	Test 2	Test 3
Energy (kcal)	2918	2918	2918	2918
Protein (g)	40.3	42.8	45.3	47.8
Fat (g)	62.1	62.4	62.7	63.1
Carbohydrate (g)	512.7	524.7	536.7	548.7

*: For details, see Reference (13)

Table 3 Proximate composition and energy content

Food	Water %	Protein* ¹ %	Fat %	CHO* ² %	DF* ³ %	Ash %	GE* ⁴ kcal/100 g
<i>Shiitake</i>	10.7	18.7	2.5	63.0	35.3	5.1	398

*¹ Conversion factor for protein: 6.25

*² Total carbohydrate by difference

*³ Dietary fiber

*⁴ Gross energy content

分の量を差し引いた残りを炭水化物した。

5) 灰分

500～600℃で残存炭素がなくなり、恒量となるまで灰化する方法⁹⁾を適用した。

6) 燃焼エネルギー量

テスト食品及び糞は、熱風乾燥後、尿は凍結乾燥後、断熱熱量計(Bomb calorimeter)を用いて測定した。

5. 椎茸の調理方法

乾し椎茸を水にもどした後、適当な大きさにきざみ、浸出液に調味料を加えたもので煮含めて摂取させた。

6. 糞及び尿の採取・処理

測定期間中に排泄された糞及び尿は、全量採取し分析に供した。

1) 糞

糞の採取に当たっては、基礎食期の第1日目の朝食、

各テスト食期の第1日目の朝食及びテスト食期終了日の翌日の朝食に先立って、炭末約3gを摂取させてマーカーとした。各マーカー間の糞はすべて採取し、その全量につき水分を測定するとともに、その乾燥粉末の一部を用いて、燃焼エネルギー量、窒素、脂質、炭水化物、灰分の分析に供した。

2) 尿

尿の採取に当たっては、基礎食期の第1日目の午前7時頃以後翌日の同時刻までの間に採取した尿を1日全尿とし、テスト食期終了翌日の同時刻まで毎日採取した。

毎日の尿について尿中総窒素量(ケルダール法)、クレアチニン量(Folin法)を測定した。又基礎食期、テスト食期の各々最後3日間の尿については1日全尿の一部を凍結乾燥後、燃焼エネルギー量を測定した。

7. 体重の測定

体重は、毎朝食前、原則として排便・排尿後、一定の薄着で、分銅式体重計を用いて測定した。

8. 消化吸収率及び正味エネルギー利用率の算出

1) 蛋白質の消化吸収率(D_N)

$$D_N = \frac{I_N - (F_{TN} - F_{BN})}{I_N} \times 100$$

2) 脂質の消化吸収率(D_L)

$$D_L = \frac{I_L - (F_{TL} - F_{BL})}{I_L} \times 100$$

3) 炭水化物の消化吸収率(D_C)

$$D_C = \frac{I_C - (G_{TC} - F_{BC})}{I_C} \times 100$$

4) エネルギーの吸収率(RA_E)

$$RA_E = \frac{I_E - (F_{TE} - F_{BE})}{I_E} \times 100$$

5) 正味エネルギー利用率(NEA)

$$NEA = \frac{A_E - (U_{TE} - U_{BE})}{I_E} \times 100$$

I_N , I_L , I_C ; テスト食品から摂取した窒素(N), 脂質又は炭水化物の量(g/日)

F_{TN} , F_{TL} , F_{TC} ; テスト食期における糞中の窒素(N), 脂質又は炭水化物の量(g/日)

F_{BN} , F_{BL} , F_{BC} ; 基礎食期における糞中の窒素(N), 脂質又は炭水化物の量(g/日)

I_E ; テスト食品からの摂取エネルギー量(kcal/日)

F_{TE} ; テスト食期の糞中エネルギー量(kcal/日)

F_{BE} ; 基礎食期の糞中エネルギー量(kcal/日)

A_E ; 吸収エネルギー量 [$I_E - (F_{TE} - F_{BE})$]

U_{TE} ; テスト食期の尿中損失エネルギー量(kcal/日)

U_{BE} ; 基礎食期の尿中損失エネルギー量(kcal/日)

結 果

1. 蛋白質の消化吸収率

表4は、椎茸の蛋白質の摂取量、排泄量、N出納及び消化吸収率である。基礎食期のN出納は 0.58 ± 0.83 g/日であったが、椎茸の摂取量の増加に伴い 1.36 ± 0.53 g/日、 1.98 ± 0.59 g/日、 2.29 ± 0.42 g/日と増加した。消化吸収率については、テスト1(椎茸20 g摂取) 56.3 ± 57.3 %, テスト2(椎茸40 g摂取) 85.5 ± 23.3 %, テスト3(椎茸60 g摂取) 69.3 ± 11.23 %であった。

2. 脂質の消化吸収率

表5は、椎茸の脂質の摂取量、排泄量及び消化吸収率である。各テスト食期はそれぞれ 10.0 ± 14.6 %, 70.0 ± 90.1 %, 66.6 ± 24.9 %であった。被験者ごとの変動が著しかった。椎茸20 g摂取レベル及び40 g摂取レベルで

Table 4 Intake, excretion, nitrogen balance and digestibility of protein (N) in individual subjects

Test food	Subject	Intake N		Fecal N		Urinary N		N Balance		Digestibility %
		Basal	Test	Basal	Test	Basal	Test	Basal	Test	
		g/day		g/day		g/day		g/day		
Shiitake 20 g	No. 1	6.45	7.04	1.28	1.92	3.87	4.23	1.30	0.89	-8.5
	No. 2	6.45	7.04	1.08	1.41	6.04	4.57	-0.60	1.06	44.1
	No. 3	6.45	7.04	1.22	1.04	4.26	3.90	0.97	2.10	130.5
	No. 4	6.45	7.04	1.04	1.28	4.57	4.35	0.66	1.41	59.3
	Mean	6.45	7.04	1.15	1.41	4.68	4.26	0.58	1.36	56.3
	S.D.	0	0	0.11	0.37	0.94	0.27	0.83	0.53	57.3
Shiitake 40 g	No. 1	6.45	7.64	1.28	1.83	3.87	4.66	1.30	1.15	53.8
	No. 2	6.45	7.64	1.08	0.98	6.04	4.60	-0.60	2.06	108.4
	No. 3	6.45	7.64	1.22	1.24	4.26	4.22	0.97	2.18	98.3
	No. 4	6.45	7.64	1.04	1.26	4.57	3.83	0.66	2.55	81.5
	Mean	6.45	7.64	1.15	1.32	4.68	4.32	0.58	1.98	85.5
	S.D.	0	0	0.11	0.35	0.94	0.83	0.83	0.59	23.8
Shiitake 60 g	No. 1	6.45	8.23	1.28	2.17	3.87	4.43	1.30	1.63	50.0
	No. 2	6.45	8.23	1.08	1.49	6.04	4.38	-0.60	2.36	77.0
	No. 3	6.45	8.23	1.22	1.63	4.26	3.80	0.97	2.80	77.0
	No. 4	6.45	8.23	1.04	1.51	4.57	3.93	0.66	2.39	73.6
	Mean	6.45	8.23	1.15	1.70	4.68	4.13	0.58	2.29	69.3
	S.D.	0	0	0.11	0.27	0.94	0.27	0.83	0.42	11.2

Table 5 Intake, excretion and digestibility of fat in individual subjects

Test food	Subject	Intake		Fecal		Digesti- bility %
		Basal	Test	Basal	Test	
		g/day		g/day		
Shiitake 20 g	No. 1	103.1	103.6	3.2	4.5	-160.0
	No. 2	62.1	62.6	1.8	2.0	60.0
	No. 3	62.1	62.6	1.8	1.4	180.0
	No. 4	62.1	62.6	1.9	2.6	-40.0
	Mean	72.3	72.8	2.2	2.6	10.0
	S.D.	20.5	20.5	0.7	1.3	140.6
Shiitake 40 g	No. 1	103.1	104.1	3.2	4.8	-60.0
	No. 2	62.1	63.1	1.8	1.4	140.0
	No. 3	62.1	63.1	1.8	1.6	120.0
	No. 4	62.1	63.1	1.9	2.1	80.0
	Mean	72.3	73.4	2.2	2.5	70.0
	S.D.	20.5	20.5	0.7	1.6	90.1
Shiitake 60 g	No. 1	103.1	104.6	3.2	4.2	33.3
	No. 2	62.1	63.6	1.8	2.2	73.3
	No. 3	62.1	63.6	1.8	1.9	93.3
	No. 4	62.1	63.6	1.9	2.4	66.7
	Mean	72.3	73.8	2.2	2.7	66.6
	S.D.	20.5	20.5	0.7	1.0	24.9

は消化吸収率が負の値を示す者、又100%以上の者もあった。

椎茸摂取量が最も多かった60 g 摂取レベルは他のレベルと比較して変動係数が小さかった。

3. 炭水化物の消化吸収率

表6は、椎茸の炭水化物の摂取量、排泄量及び消化吸収率である。各テスト食期は、それぞれ55.9±33.8%, 65.8±13.1%, 55.7±10.5%であった。蛋白質及び脂質に比べて、各個人の変動係数は小さかった。又椎茸は、難消化性多糖類を多量に含むと考えられているにもかかわらず、良好な値を示した。

4. 正味エネルギー利用率及び利用エネルギー値

エネルギーの基礎食期、テスト食期における摂取量、排泄量、吸収率及び正味利用率を表7に示した。テスト食品からの摂取エネルギーのうち、糞中に排泄されずに吸収された割合、すなわちエネルギーの吸収率は、各テスト食期それぞれ54.0±49.4%, 71.8±21.9%, 58.9±12.7%であった。

又、糞及び尿中に失われることなく体内で利用されたエネルギーの割合、すなわち正味エネルギー利用率は、各テスト食期それぞれ52.3±54.9%, 67.4±25.9%, 55.4±15.4%であった。

食品の正味エネルギー利用率に基づく利用エネルギー

値について、椎茸60 g 摂取レベルでは(燃焼エネルギー量×正味エネルギー利用率: 399×55.4/100)は食品100 g 当り221.0 kcalであり、椎茸40 g 摂取レベルでは、268.9 kcalであった。

5. 糞重量

基礎食期及び各テスト食期の乾燥糞重量を表8に示した。椎茸を付加していない基礎食期では21.7±3.8 g/日であったが、椎茸の摂取量の増加に伴い糞重量が増加し、テスト3では45.5±8.1 g/日と約2倍に増加した。

Table 8 Variation of fecal weight in individual subjects

Test food	Subject	Basal diets	Test 1	Test 2	Test 3
			(g/day)		
	No. 1	20.7	41.2	42.3	55.8
	No. 2	16.8	26.8	22.7	36.1
	No. 2	25.5	24.3	33.2	46.4
	No. 2	23.8	32.0	34.2	43.7
	Mean	21.7	31.0	33.1	45.5
	S.D.	3.8	7.4	8.0	8.1

考 察

きのこ類の中でも椎茸は、副食あるいは調味料として我々の食生活に定着しているが、この食品についての日

Table 6 Intake, excretion and digestibility of carbohydrate individual subjects

Test food	Subject	Intake Fat		Fecal Fat		Digesti- bility %
		Basal	Test g/day	Basal	Test g/day	
<i>Shiitake</i> 20 g	No. 1	737.8	750.9	5.1	16.9	9.9
	No. 2	512.7	525.8	5.0	10.2	60.3
	No. 3	536.0	549.1	10.7	11.8	91.6
	No. 4	524.3	537.4	11.1	16.1	61.8
	Mean	577.7	590.8	7.9	13.8	55.9
	S.D.	107.1	107.2	3.3	3.2	33.8
<i>Shiitake</i> 40 g	No. 1	737.8	764.0	5.1	19.0	46.9
	No. 2	512.7	538.9	5.0	11.0	77.1
	No. 3	536.0	562.2	10.7	18.4	70.6
	No. 4	524.3	550.5	11.1	19.3	68.7
	Mean	577.7	603.9	7.9	16.9	65.8
	S.D.	107.1	107.2	3.3	3.9	13.1
<i>Shiitake</i> 60 g	No. 1	737.8	777.0	5.1	29.5	37.8
	No. 2	512.7	551.9	5.0	19.3	63.5
	No. 3	536.0	575.2	10.7	27.1	58.2
	No. 4	524.3	563.5	11.1	25.4	63.5
	Mean	577.7	616.9	7.9	25.3	55.7
	S.D.	107.1	92.8	3.3	3.7	10.5

Table 7 Intake, excretion and net availability of energy in individual subjects

Test food	Subject	Intake Energy		Fecal Energy		Urinary Energy		REA %	NEA %
		Basal	Test kcal/day	Basal	Test kcal/day	Basal	Test kcal/day		
<i>Shiitake</i> 20 g	No. 1	4139	4222	103.2	191.2	48.3	58.8	-6.0	-18.1
	No. 2	2879	2962	82.8	120.1	54.7	47.8	55.1	63.4
	No. 3	2969	3052	116.4	103.9	42.5	42.4	115.1	115.2
	No. 4	2924	3007	108.3	148.1	46.6	49.5	52.0	48.6
	Mean	3227	3310	102.6	140.8	48.0	49.6	54.0	52.3
	S.D.	608	608	14.3	38.2	5.0	6.8	49.4	54.9
<i>Shiitake</i> 40 g	No. 1	4139	4304	103.2	198.7	48.8	64.3	42.1	32.7
	No. 2	2879	3044	82.8	99.5	54.7	53.1	89.9	90.8
	No. 3	2969	3134	116.4	138.0	42.5	49.0	86.9	83.0
	No. 4	2924	3089	108.3	160.9	46.6	54.8	68.1	63.2
	Mean	3227	3392	102.6	149.2	48.0	55.3	71.8	67.4
	S.D.	608	608	14.3	41.5	5.0	6.5	21.9	25.9
<i>Shiitake</i> 40 g	No. 1	4139	4387	103.2	252.0	48.8	66.1	40.0	33.0
	No. 2	2879	3127	82.8	169.5	54.7	54.6	65.0	65.1
	No. 3	2969	3127	116.4	196.6	42.5	51.9	67.7	63.9
	No. 4	2924	2972	108.3	199.8	46.6	54.6	63.1	59.9
	Mean	3227	3403	102.6	204.5	48.0	56.8	58.9	55.4
	S.D.	608	659	14.3	34.8	5.0	6.3	12.7	15.4

REA: Ratio of energy absorption, NEA: Net energy availability

本人を対象とした消化吸収実験は殆ど行われていなく、そのためエネルギー利用率も求められていなかった。

しかしながら最近栄養学領域で注目されている食物繊維を多く含み、諸外国に比べて多く摂取されている椎茸の消化吸収率を測定し、利用エネルギー率を検討することは重要なことである。

食物繊維を摂取すると一般に糞重量が増加することが知られているが、本報告においても乾燥糞重量は、椎茸の摂取量の増加に伴い増加した。糞重量が増加した理由は、多量の未消化残渣が腸管運動を刺激して、内容物の腸管通過時間を短縮し、消化管内容物が多量に排出されたものと思われる。このため同時に摂取した他の食物成分の消化吸収を低下させているとも考えられる。このため、この実験に用いた椎茸の摂取量が少ないほど真の消化吸収率に近い値を示すものとも考えられるが、摂取量が少ない場合各個人間の変動が大きく信頼性に問題を残す。つまり、椎茸等の食物繊維を多量含む食品を摂取すると糞便量が増加し、食物成分の消化吸収率を低下させることが考えられるため、椎茸の摂取量を3段階にして消化吸収率を求めた。

その結果、最も摂取量の少なかったテスト1では、個人変動が大きくその数値の信頼性に問題があると考えられる。又最も摂取量が多いテスト3（椎茸60g/日摂取）は、最も各個人間の変動が少なく統計的には信頼性が高いと思われるが、消化吸収率はテスト2（椎茸40g/日摂取）の方が高い傾向を示した。これらの問題点は、椎茸が難消化性多糖類である食物繊維を他の食物に比べて多く含むという食品組成の特異性に基づき止むを得ないものと考えられる。

著者らは、多量摂取による消化吸収率の低下らの生理的影響がどの程度あるか不明であるため、個人間変動が少ない椎茸60g摂取食期及び消化吸収率が最も高かった椎茸40g摂取食期を中心に論じた。

蛋白質の消化吸収率は各摂取レベルともかなりのばらつきがみられたが、最も摂取量が多い60gの時に $69.3 \pm 11.2\%$ 、椎茸40gとのきは $85.5 \pm 23.8\%$ 、全摂取レベルの平均値が 70.3% であり、椎茸の消化吸収率は $70-80\%$ であると推察される。MerrillとWatt¹⁰⁾の野菜の平均値 65% に近い値であった。又、木村¹¹⁾はこんぶ 57.0% 、わかめ 64.1% 、浅草のり 72.6% と報告している。松木¹²⁾は、こんぶ 16.4% 、わかめ 41.1% 、ひじき 44.9% 、浅草のり 70.8% 、椎茸 33.3% 、えのきたけ 15.9% の結果である。今回の結果と比較すると、浅草のりの値と近似した結果であり、他の藻類及びきのこ類の結果に比べてかな

り高い値を示した。

椎茸の脂質の消化吸収率については、被験者ごとの数値の変動が大きく、椎茸20g摂取、椎茸40g摂取時においては、消化吸収率は計算上 100% 以上の者又負の値を示す者もあった。椎茸60g摂取時においては、 $66.6 \pm 24.9\%$ であり、変動係数も最も小さく 70% 前後が真の消化吸収率であると思われる。しかしながら、個人レベルに大きな差異が見られた。木村の同種の食品についての消化吸収率は、こんぶ 31.0% 、わかめ 60.6% 、浅草のり 14.6% であり、松木の報告では、こんぶ 7.3% 、わかめ 4.5% 、ひじき 7.4% 、浅草のり 2.0% 、椎茸 16.8% 、えまきたけ 4.5% と報告しており、本報告に比べてかなり低い値を示している。

蛋白質及び脂質の消化吸収率については、以前に報告した食品に比べて極めて各被験者ごとの値にばらつきが認められた。この理由として、椎茸の蛋白質及び脂質の含有量が極めて少なく、測定誤差等の影響が大ききこと、又咀嚼の程度、胃腸の通過速度、腸中細菌等の個体差が消化吸収率に大きな影響を与えることが考えられる。つまりこのような数値の変動は椎茸の食物繊維を多く含むという特異性に基づくものであり止むを得ないものと考えられる。

炭水化物の消化吸収率に関しては、きのこ類の主要成分は炭水化物であり、本研究に用いた椎茸についても全体重量の 63.0% が炭水化物であった。この炭水化物にはトレハロース、ペントサンなどがあり一般的にこれらの炭水化物の消化は困難であるため、椎茸の消化吸収率はかなり低いものであることが予想されていたが、 $55.7 \pm 10.5\%$ （椎茸60g摂取）、 $65.8 \pm 13.1\%$ （椎茸40g摂取）と比較的高い値が示された。松木の報告では、こんぶ 42.7% 、わかめ 25.4% 、ひじき 47.8% 、浅草のり 51.2% 、椎茸 52.2% 、えのきたけ 47.8% であり、これに対して、木村はこんぶ 82.9% 、わかめ 92.8% 、浅草のり 75.2% とかなり高い値を示している。又MerrillとWattはその他の野菜の消化吸収率として、 85% を適用しているがこの値に比べれば、本報告で椎茸はかなり低い値を示している。

エネルギー利用率に関して、全般的に被験者ごとの数値の変動が大きかったが、特に椎茸20g摂取期の被験者ごとの数値の変動が大きかった。これは主として、椎茸からのエネルギー付加量が基礎食の摂取エネルギー量のわずか 1% にしかすぎず、測定値に誤差を生じやすいことによるものと考えられる。そのため60g摂取レベルの価（ $58.9 \pm 12.7\%$ ）が最も各個人間の変動係数が最も小さ

かった。又40 g 摂取レベルの価は $71.8 \pm 21.9\%$ であり最も消化吸収率が高かった。正味エネルギー利用率についても同様なことが考えられ、椎茸60 g 摂取レベルでは $55.4 \pm 15.4\%$ 、40 g 摂取レベルでは $67.4 \pm 25.9\%$ であった。それから求めた食品100 g 当たりの利用エネルギー価は椎茸60 g 摂取レベルでは221.0 kcal、椎茸40 g 摂取レベルでは268.9 kcalであった。

椎茸のような食物繊維を多く含むきのこ類では、摂取した食物の一部は腸内細菌により分解されてガスとなり、測定されるエネルギー価はすべて体内のエネルギーとして利用されるわけではなく、若干測定に問題があると考えられるが、本研究ではガスに関する異常な現象は認められなく、測定結果に大きく影響を及ぼさなかったと思われる。しかしながら、今後さらに検討する必要性もある。

最後に、著者らは、日本人の常用食品についての消化吸収率に関する一連の検討を行っているが、椎茸等の食物繊維を多量に含む食品については、食品中及び糞便中の食物繊維の測定方法が十分確立されていない現状であるので、今後、食物繊維の測定方法も含めて消化吸収試験法について更に検討する必要があると思われる。

結 語

日本人を対象とした椎茸の消化吸収率及びエネルギー利用率に関する実験データが殆どないので、これらの価を算出した。被験者は日本人男子4名である。最初の5日間を基礎食期、それについて椎茸、40 g、60 gをそれぞれ5日間付加した。実験期間中に排泄された糞及び尿は、全量採取し分析に供した。基礎食とテスト食期の成分の差によって消化吸収率及びエネルギー利用率も算出した。以下その結果である。

1. 椎茸60 g / 日摂取レベル

- ・蛋白質の消化吸収率は $69.3 \pm 11.2\%$ であった。
- ・脂質の消化吸収率は $66.6 \pm 24.9\%$ であった。
- ・炭水化物の消化吸収率は $55.7 \pm 10.5\%$ であった。
- ・正味エネルギー率は $55.4 \pm 15.4\%$ であった。

2. 椎茸40 g / 日摂取レベル

- ・蛋白質の消化吸収率は $85.5 \pm 23.8\%$ であった。
- ・脂質の消化吸収率は $70.0 \pm 90.1\%$ であった。
- ・炭水化物の消化吸収率は $65.8 \pm 13.1\%$ であった。
- ・正味エネルギー率は $67.4 \pm 25.9\%$ であった。

文 献

- 1) Burkitt, D.P., Walker, A.R.P. and Painter, N.S.: Dietary fiber and disease, J. A. M. A., **229**, 1068-1074 (1974).
- 2) 三好 保, 藤井正信, 今木雅英, 吉村 武, 山田勇樹, 中村武夫, 山崎亮治, 松本和興: 日本人青年男子における油脂類の消化吸収率とエネルギー利用率に関する研究, 日衛誌, **43**, 1013-1018 (1988).
- 3) Imaki, M., Miyoshi, T., Fujii, M., Takahashi, H., Nakamura, T. and Tanada, S.: Study on digestibility and energy availability of daily intake food in Japanese Part1 Kori-dofu and soybean, Jpn. J. Hyg., **44**, 714-718 (1989).
- 4) Fujii, F., Miyoshi, T., Imaki, M., Yamasaki, R., Nakamura, T. and Tanada, S.: Study on digestibility and energy availability of daily intake food in Japanese Part2 Horse mackerel and milk, Jpn. J. Hyg., **44**, 905-910 (1989).
- 5) Imaki, M., Miyoshi, T., Fujii, M., Sei, M., Tada, T., Nakamura, T. and Tanada, S.: Study on digestibility and energy availability of daily intake food in Japanese (Part3 Cerals), Jpn. J. Hyg., **45**, 635-641 (1990).
- 6) FAO/WHO合同特別専門委員会報告井上五郎訳: エネルギー・蛋白質の必要量, p.34, 医歯薬出版, 東京, (1974).
- 7) 堤 忠一: 食品分析ハンドブック(第2版), p.17, 建普社, 東京, (1971).
- 8) 農林水産技術事務局: 食品分析研究会報告書, p.29, 東京, (1975).
- 9) 農林水産技術事務局: 食品分析研究会報告書, p.50, 東京, (1974).
- 10) Merriell, A. and Watt, K.: Agriculture Hand Book No74, Agriculture Research Service United States Department of Agriculture, USA (1955).
- 11) 木村典雅: 2, 3 海藻の消化吸収率について, (日本食の研究 第8報), 栄養と食糧, **5**, 176-179 (1952).
- 12) 松木 光: 食物の消化吸収に関する研究, 慶応医学, **37**, 203-224 (1960).
- 13) Kaneko, K. and Koike, G.: Obligatory N loss and utilization of egg and rice mixed protein in young Japanese women, J. Nutr. Sci. Vitaminol., **29**, 455-466 (1983).

(受付 1990年12月7日 受理 1991年5月2日)

- 1) Burkitt, D.P., Walker, A.R.P. and Painter, N.S.: Dietary fiber and disease, J. A. M. A., **229**,