人 造 肉 の 消 化 吸 収 に つ い て

Digestibility and Absorption Rate of the Meatless Meat

国立栄養研究所 (The National Institute of Nutrition)

速 水 決 (Hiroshi Hayami) 横 田 フ ミ (Fumi Yokota)
 江 指 隆 年 (Takatoshi Esashi) 下 斗 米 敦 子 (Atsuko Shimotomai)
 田 村 由 紀 子 (Yukiko Tamura) 大 山 サ カ エ (Sakae Oyama)

To see the digestibility and the absorption rate of the meatless meat, its main constituent is a defatted soybean (Protein 50.65%, Fat 0.31%, Carbohydrate 29.35%), the investigation was made for 12 days by using mature albino rats with the diet containing 40% of it.

Then, same rats were given non Protein non Fat diets for 10 days, the endogenous N in feces was determined. And by using this value, true digestibility and absorption rate of the meatless meat was calculated.

According to the results, apparent absorption rate of this protein is $85.8 \pm 3.4\%$, and the true one is $89.7 \pm 3.5\%$. Though, digestibility and absorption rate of Carbohydrate in this diet is $98.4 \pm 0.4\%$, digestibility and absorption rate of dextrine which is 80% of this Carbohydrate is 99.3% , the absorption rate of the Carbohydrate in meatless meat, which correspond to 20% of the total, is 94.8% .

The absorption rate of Fat 96.3% is a digestibility and absorption rate of soybean oil which was added to the diet.

I 緒 言

近年、人造肉とか人工肉とかいわれる食品が造られ、すでにソーセージなどには増量の目的で加えられて市販されているような状況である。そこでこの人造肉なる物がどれくらい消化吸収されるかをしらべておく必要があると考える。人造肉にもその製造方法によって幾つかの種類があるようであるが、本実験に用いたものは脱脂大豆を原料としたテクスグランというものである。その製造については詳しいことはわからないが、製品の組成はわが研究所で分析したところによれば次のごとくである。

水 分	10.72%	糖 質	29.35%
蛋 白 質	50.65	セ ン イ	2.73
脂 肪	0.31	灰 分	6.24

食品の消化吸収率を求めるには人体実験によるのが望ましいのであるが、人間ではあまりに極端な献立による食事で実験することは実際問題としてむずかしいことである。一方白鼠や犬を用いた実験でも人体実験と大差ないような成績が得られることでもあり、また急を要するような事情などもあったので、取り敢えず白鼠を用いて実験を行なった。

なお、従来発表されている見掛けの消化吸収率のほかに真の消化吸収率を算出するために、尿中に排泄される内因性のNおよびエーテル可溶性物質の量を求めるべく、無蛋白・無脂肪飼料による実験を行ない、さらに

第1表 飼 料 組 成 (%)

	人造肉飼料	纖維混合 無蛋白無脂 肪飼料	高糖質, 低 脂肪, 無蛋 白飼料
デキストリン	47	94	90
人 造 肉	40	—	—
大 豆 油	10	—	6
混 合 塩	2	3	3
総合ビタミン	1	1	1
纖 維	—	2	—

デキストリンの消化吸収率を知って人造肉の糖質の消化吸収率を求めるために、無蛋白・低脂肪・高デキストリン飼料による実験を同一の鼠を用いて行なった。

Ⅱ 実験方法

1. 実験動物：生後7カ月ばかりの成熟白鼠7匹（♂3，♀4）を用いた。

2. 飼料の組成：この人造肉は蛋白質が約

50%含まれているので、飼料中の蛋白質が20%程度になるように飼料 100g 中に本品を40g 混入することにした。（第1表）

3. 実験期間：昭和43年9月26日より10月8日までの12日間

4. 飼育方法：6室に仕切った金網籠を用い、1匹ずつ入れ、飼料は毎日一定量を秤って与え自由食とし、翌日食べ残しや食べこぼしを秤って摂取量を求めた。体重はほとんど毎日測定した。

5. 尿の採集と処理：実験開始時および終了時には、飼料をカルミンで着色し、それによって尿を区別した。尿は毎日集めて乾燥した。尿が湿っているとその表面に飼料の粉末が付着していることが多いが、乾燥すると落ち易くなるからブラッシで簡単に除くことができる。また鼠が自身の毛を食べるために、尿塊に毛がささったように混入していることがしばしばあるが、乳鉢で粉碎し、篩にかけると大部分を除くことができる。また篩の目を抜けたものでも軽く風を当てると吹き飛ばすことができる。

センイ混合無蛋白・無脂肪飼料には化学実験に用いる濾紙を鉄で刻んで加えたのであるが、尿中には濾紙が殆んどそのまま出てくるので、乾燥し乳鉢で搗りつぶしても粉末になりにくい。そこで尿を粉末の部分とセンイの部分にわけて定量することにした。

6. 飼料ならびに尿の分析：蛋白質はキエルダール法によりNを求め、N—蛋白質換算係数は6.25を用いて粗蛋白とした。脂肪はソックスレー装置により得たエーテル可溶性物質を粗脂肪とし、糖質はベルトラン法によって求めた。

第2表 飼 料 摂 取 量 (g)

Ⅲ 実験結果

1. 人造肉飼料の摂取量および排泄量

実験開始時の体重は雄は平均 357 g，雌は 222 g であったが、12日後の実験終了時には雄はいずれも体重の増加を示し、平均17g 増の 374 g となった。これに対し雌は 4匹中 1 匹だけ増加したが他の 3 匹はいずれも減少を示し、結局平均 5 g 減じて 217 g となった。

12日間の飼料の摂取量は、雄は平均223g，1日当り18.6g に対し、雌は平均 136g，1日当り11.3g であった。

蛋白質，脂肪および糖質の摂取量は第2表に示す通りである。

尿の乾燥粉末量は雄では平均16.1g 1日当り1.38g，雌では平均11.6g，1日当り0.97g であった。その中

動物番号	全 量	蛋白質 (19.11%)	脂 肪 (10.26%)	糖 質 (52.66%)
♂ 1	213.8	40.9	21.9	112.6
2	215.5	41.2	22.1	113.5
3	239.5	45.8	24.6	126.1
♀ 1	130.1	24.9	13.4	68.5
2	156.3	29.9	16.0	82.3
3	130.5	24.9	13.4	68.7
4	127.5	24.4	13.1	67.2

の粗蛋白、粗脂肪および糖質の量は第3表にみる通りである。

2. センイ混合無蛋白・無脂肪飼料実験

人造肉飼料実験後、6日間ラット用固形飼料を自由に与えたところ、白鼠はいずれも体重の増加を示し、本実験開始時には雄は平均 393 g となった。雌では実験の途中下痢の強かった1匹を除くと開始時の3匹の平均体重は 226 g となる。10日間の飼育によって雄は平均56 g、雌は平均31 gの減少をみた。なお体重 100 g 当りの尿中内因性排泄量を求めるために、実験期間における各々の鼠の体重の中央値を平均すると雄は 364 g、雌は 210 g となる。

尿粒を乾燥して乳鉢で搗りつぶし、粉末の部分とセンイの部分にわけて、別々にNおよび粗脂肪を定量し、その和をもって内因性の排泄量とした。体重 100 g 当り 1 日の粗蛋白および粗脂肪の排泄量を計算するとそれ

第 3 表 尿 中 排 泄 量

動物 番号	乾燥粉末 尿量(g)	粗 蛋 白		粗 脂 肪		粗 糖 質	
		N×6.25 (%)	量 (g)	含有率(%)	量 (g)	含有率(%)	量 (g)
♂ 1	13.63	34.39	4.69	5.70	0.78	0.86	1.18
2	14.40	32.87	4.73	5.41	0.78	0.82	1.18
3	21.88	33.40	7.31	4.99	1.09	0.80	1.75
♀ 1	9.49	30.58	2.90	4.73	0.45	1.36	1.29
2	12.16	32.74	3.98	4.42	0.54	1.29	1.56
3	14.24	36.67	5.22	4.53	0.65	1.05	1.50
4	10.62	33.52	3.66	3.41	0.36	0.98	1.04

第 4 表 無蛋白・無脂肪食期の蛋白質排泄量

動物 番号	尿 全 量	粉 末 部 分			繊 維 部 分			粗 蛋 白 (mg)
		重量(g)	粗 蛋 白 (%)	粗 蛋 白 (mg)	重量(g)	粗 蛋 白 (%)	粗 蛋 白 (mg)	計
♂ 1	11.75	2.90	21.5	621	8.85	9.2	814	1,435
2	11.40	2.86	25.3	723	8.54	8.5	729	1,452
3	10.11	1.93	22.1	426	8.18	8.5	696	1,122
♀ 2	5.95	1.54	19.7	304	4.41	8.2	362	666
3	8.10	1.26	27.0	339	6.84	7.5	510	849
4	8.70	2.37	23.3	551	6.33	8.5	538	1,089

第 5 表 無蛋白・無脂肪食期の脂肪排泄量

動物 番号	尿 全 量	粉 末 部 分			繊 維 部 分			粗 脂 肪 (mg)
		重量(g)	粗 脂 肪 (%)	粗 脂 肪 (mg)	重量(g)	粗 脂 肪 (%)	粗 脂 肪 (mg)	計
♂ 1	11.75	2.90	5.21	151	8.85	5.14	455	606
2	11.40	2.86	4.54	130	8.54	3.99	341	471
3	10.11	1.93	5.21	101	8.18	8.31	680	781
♀ 2	5.95	1.54	3.20	49	4.41	3.17	140	189
3	8.10	1.26	2.80	35	6.84	2.67	182	217
4	8.70	2.37	3.58	85	6.33	3.19	202	287

第 6 表 無蛋白・無脂肪食期の体重の変化と体重 100 g 当り 1 日の蛋白および脂肪排泄量

動物 番号	体 重 (g)			1 日当りの排泄量(mg)		体重 100 g 当り 1 日の 排泄量 (mg)	
	開 始 時	終 了 時	期間平均	蛋 白	脂 肪	蛋 白	脂 肪
♂ 1	351	302	326	143.5	60.6	44.0	18.6
2	377	318	347	145.2	47.1	41.8	13.6
3	450	390	420	112.2	78.1	26.7	18.6
♀ 2	209	182	195	66.6	18.9	34.2	9.7
3	265	218	242	84.9	21.7	35.1	9.0
4	203	184	193	108.9	28.7	56.4	14.9
平 均						39.7±10.1	14.1±4.2

ぞれ、 $39.7 \pm 10.1 \text{ mg}$ および $14.1 \pm 4.2 \text{ mg}$ となった。(第 6 表)

3. 高糖質・低脂肪・無蛋白飼料の実験

人造肉飼料には糖質源としてデキストリンが47%加えられていて、飼料中の糖質の約80%を占めているのに対し、人造肉からの分は僅かに20%程度に過ぎない。そこで第1表に示す高糖質・低脂肪・無蛋白飼料により同一対象の白鼠を13日間(昭和44年2月25日より)飼育しデキストリンの消化吸収率を求めたところ $99.3 \pm 0.14 \%$ という値が得られた。(第7表)

4. 人造肉飼料の消化吸収率

1) 蛋白質の見掛けの消化吸収率: 尿中に排泄された粗蛋白はすべて飼料中の蛋白質に由来するものと見做して見掛けの消化吸収率を求めると $85.8 \pm 3.4 \%$ となった。

2) 蛋白質の真の消化吸収率: 人造肉試験期間中も無蛋白・無脂肪飼料実験中と同じように内因性のNの排泄があったものとして、10日間の成績から12日分の内因性の粗蛋白量を各例について求め、人造肉蛋白質の真の消化吸収率を算出したところ平均 $89.7 \pm 3.5 \%$ となり、見掛けより約4%高い値となった。(第8表)

3) 脂肪の消化吸収率: 本実験に用いた人造肉には僅かに0.31%脂肪が含まれているに過ぎないので、この脂肪の消化吸収率 $96.3 \pm 0.7 \%$ は飼料の脂肪の99%を占める大豆油の成績である(第9表)。試みに脂肪についても真の消化吸収率を求めたところ 99.1% となった。

4) 糖質の消化吸収率: 飼料中の糖質の消化吸収率は $98.4 \pm 0.4 \%$ となったが、その糖質の8割を占めるデキストリンの消化吸収率を、高デキストリン飼料実験によって得た 99.3% とみて、20%に過ぎない人造肉から

第 7 表 デキストリンの消化吸収率

動物 番号	飼料摂取量 (g)	飼料中糖質 量 (g)	乾燥尿重量 (g)	グルコース (mg) 乾燥尿(g)	尿中の糖質 量 (g)	吸収量 (g)	吸収率 (%)
♂ 1	220	194	7.65	129	0.987	193.01	99.49
2	170	150	7.72	149	1.150	148.85	99.23
♀ 1	171	151	6.55	173	1.133	149.87	99.25
2	121	107	4.04	230	0.929	106.07	99.13
3	114	100	5.39	160	0.862	99.14	99.14
4	125	111	4.58	147	0.673	110.33	99.39
平 均							99.3 ± 0.14

第 8 表 人造肉蛋白質の見掛けの消化吸収率と真の消化吸収率

動物 番 号	蛋白質摂 取量(g) (19.11%)	尿 中 排 泄 量 (g)			吸収実量 (g)	消化吸収率(%)	
		総排泄量	内 因 性	食 餌 性		見 掛	真
♂ 1	40.86	4.69	1.72	2.97	37.19	88.5	92.8
2	41.18	4.73	1.74	2.99	38.19	88.5	92.7
3	45.77	7.31	1.35	5.96	39.81	84.0	87.0
♀ 1	24.86	2.90	0.92	1.98	22.88	88.3	92.0
2	29.87	3.98	0.80	3.18	26.69	86.7	89.4
3	24.94	5.22	1.02	4.20	20.74	79.1	83.2
4	24.37	3.66	1.31	2.29	22.08	85.2	90.6
平 均						85.8±3.4	89.7±3.5

N-蛋白質換算係数は 6.25

第 9 表 人造肉飼料の糖質と脂肪（大豆油）の消化吸収率

動物 番 号	摂取量 (g)			排 泄 量						消化吸収率(%)	
	飼 料	糖 質 (52.67%)	脂 肪 (10.26%)	乾燥 尿量	糖 質		粗 脂 肪			糖 質	粗脂肪
					含有率 (%)	量(g)	含有率 (%)	量(g)			
♂ 1	213.8	112.6	21.9	13.63	0.86	1.18	5.70	0.78		98.96	96.46
2	215.5	113.5	22.1	14.40	0.82	1.18	5.41	0.78		98.96	96.48
3	239.5	126.1	24.6	21.88	0.80	1.75	4.99	1.09		98.61	95.56
♀ 1	130.1	68.5	13.4	9.49	1.36	1.29	4.73	0.45		98.11	96.63
2	156.3	82.3	16.0	12.16	1.29	1.56	4.42	0.54		98.10	96.65
3	130.5	68.7	13.4	14.24	1.05	1.50	4.53	0.65		97.83	95.18
4	127.5	67.2	13.1	10.62	0.98	1.04	3.41	0.36		98.45	97.23
平 均										98.4±0.38	96.3±0.70

の糖質の消化吸収率を算出したところ94.8%という値が得られた。

Ⅳ 考 察

真の消化吸収率を求めようとして、センイ混入無蛋白・無脂肪飼料によって得られた尿の中の内因性の排泄量を考慮に入れて計算したところ、内因性の排泄量が大きかったために消化吸収率が100%を超えるような例が中にはみられたという報告¹⁾がある。それは10匹の白鼠を用い、飼料の摂取量を異にする実験を前後2回行なったのであるが、そのうち2～3の例にそのようなことがみられたのである。本実験では動物の数も少し少ないが、100%を超えるような計算値になるものはみられなかった。

人造肉は蛋白源として用いられるわけであるから、その蛋白質の消化吸収率が一番問題である。本品は脱脂大豆を主な原料として作られたものであるから、大豆その他の豆類の蛋白質の消化吸収率として従来報告されている75%前後(69～95%)という値と比較すると、今回の見掛けの吸収率の85.8±3.4%も真の吸収率の89.7±3.5%もともにかなりよいといえよう。

大西、藤井ら^{2,3)}は人体実験によって、大豆その他の豆類の真の消化吸収率を求めているがその平均値の79%に比べても本実験の値の方が高かった。(第10表)