

報 文

液体ガルシニアエキス及び水溶性ガルシニア パウダーの体重変化に及ぼす影響 —体脂肪蓄積予防素材としての可能性—

澤田 玄道・富 裕孝・田村 幸一・阿武 尚彦
日本新薬株式会社食品開発研究所 (〒601 京都市南区西大路通八条下ル)

Effects of Liquid Garcinia Extract and Soluble Garcinia Powder on Body Weight Change —A Possible Material for Suppressing Fat Accumulation—

Harumichi SAWADA, Hironori TOMI, Koichi TAMURA, and Takahiko ANNO
Food Research Laboratories, Nippon Shinyaku Co., Ltd.
(Nishiohji Hachijo Minami-ku, Kyoto-shi, 〒601)

Abstract : Garcinia is a spice which has been found effective for reducing body weight. There are many products containing garcinia extract as calcium type powder, with the active principle (–) hydroxycitric acid (HCA) presumably present as calcium salt. The calcium type powder is stable but not ideal for food products due to its insolubility in water. A soluble garcinia extract should thus be produced having the lactone form of HCA. This form does not inhibit ATP-citrate lyase *in vitro*, which is a key enzyme in lipid synthesis. A soluble garcinia extract containing much HCA in the lactone form would be of little use for reducing body weight.

Because the lactone form of HCA was found to be possibly active *in vivo*, the authors prepared soluble garcinia powder and liquid garcinia extract containing much lactone form of HCA, and assessment of usefulness was made by examining effects on weight change in rats and humans by comparison with calcium type garcinia powder.

Soluble garcinia powder was found more effective for weight reduction than the calcium type garcinia powder in rats when administered in feed. Soluble garcinia powder and liquid garcinia extract should be effective to reduce human body weight by acting to decrease fat accumulation.

Key words : garcinia, weight change, rat, human, decreasing fat accumulation.

1 緒 言

ガルシニアはマンゴスチンと類縁のオトギリソウ科の植物で、その果実・果皮は、東南アジアではスパイスや保存料として用いられ、長い食経験をもつ安全な食品である。ガルシニアには多くの種類があるが、特にガルシニア・カンボジア、ガルシニア・インディカ及びガルシニア・アトロビリディスの果皮に多く含まれる(–)ヒドロキシクエン酸(以下HCAと略)には、糖質が脂肪に変換する代謝経路上の酵素であるATP-クエン酸リアーゼ(EC 4.1.3.8)の阻害活性が見いだされている¹⁾。

連絡者：澤田玄道

つまりガルシニアを適切に摂取すれば、過剰に摂取した糖質が体脂肪として蓄積されることを抑制できる可能性があり、特に糖質の摂取カロリーが多い日本人の²⁾肥満を予防する手段の一つになると考えられる。ガルシニアは、すでに欧米ではヒトの体重減少や血中脂質改善に有効であることが確認されている^{3)~5)}。

わが国ではガルシニア果皮の抽出エキスを主成分とする商品が上市されているが、その多くにHCAはカルシウム塩(以下HCA-Caと略)として含まれていると推察される(Fig. 1)。HCA-Caは、製法が簡便でHCAの安定性に優れているため、これを主成分とした製品(以下カルシウム型ガルシニアパウダーと称す)が数多

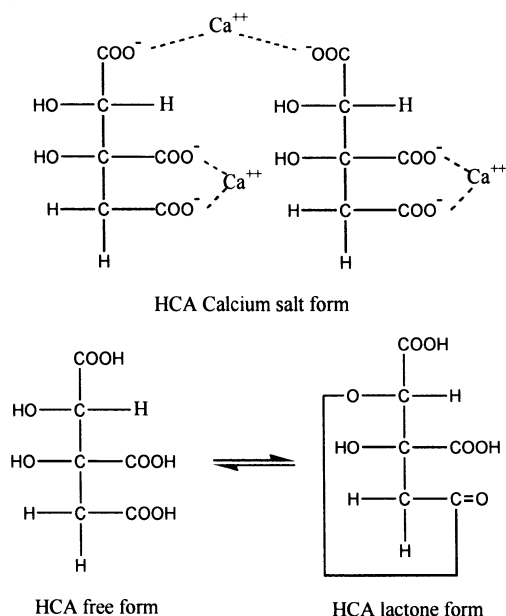


Fig. 1 Structure of HCA Calcium Salt, HCA Free Form and HCA Lactone Form.

く販売され、その有効性も確認されている^{6)~7)}。

しかしながら、このカルシウム型ガルシニアパウダーは、水やアルコールに不溶性であり、また独特の苦味を持つため、一般食品に幅広く適用するには制限がある。そこで食品に幅広く利用できる形態で提供することを目的として液体エキスを調製した。このエキスは総HCA含有量が約50%で、完全に水溶性であり、また味も爽やかな酸味を有することから、加工特性が高く、食品への幅広い応用が考えられる（以下、液体ガルシニアエキスと称す）。また、このエキスを噴霧乾燥により粉末化し、総HCA含有量が約40%となる水溶性パウダー（以下、水溶性ガルシニアパウダーと称す）も作製した。

これら液体や水溶性パウダー中のHCAは、遊離酸として存在するが、この状態では分子内エステル化反応を起こしたラクトン型と平衡関係で存在するようになる（Fig. 1）。HCAのラクトン型は、試験管内ではATP-クエン酸リアーゼの阻害活性が遊離型の1/6~1/13の程度しかないと報告されており⁸⁾、水溶性の形態にすると、加工や調理の過程で、条件によっては全HCA中の60%以上がラクトン型になる場合もあるので、HCAとしての活性が低下する可能性がある。しかし、ラクトン型HCAは、ラットの肝切片上では遊離型と同等の酵素阻害活性のあることが知られており、肝臓で代謝されて遊離型になる可能性も示唆されている⁹⁾。したがって体内では、HCA-Caと同様の阻害活性を示す可能性も考えられる。

そこで、ラクトン型と遊離型のHCAを含む水溶性ガルシニアパウダーの有効性を調べるために、高グルコース食で飼育したラットの体重増加抑制に及ぼす影響をみた。その結果、水溶性ガルシニアパウダー、カルシウム型ガルシニアパウダーともラットの体重増加を有意に抑制する効果がみられ、その血清分析値や解剖所見から、高い安全性も確認できた。さらに、水溶性ガルシニアパウダー及び液体ガルシニアエキスが、ヒトに対しても有効であるか否か、モニターを募り体重変化に及ぼす影響を中心に検討したところ、体重低減に効果がみられたので報告する。

2 実験

2.1 HCAの定量

HCAの標準品はSinghらの方法¹⁰⁾に従って調製し、以下の条件でHPLCによる定量分析を行った。

カラム及びガードカラム：ULTRON PS-80 H（信和化工）

移動相：HClO₄/水 pH 2.20

検出波長：210 nm

（特に断りのない時は、ラクトン型を含めた総HCA量をHCA量として表す。）

2.2 ラットの体重変化に及ぼす水溶性ガルシニアパウダー及びカルシウム型ガルシニアパウダーの影響

2.2.1 実験動物

HCAの脂肪蓄積抑制効果は体重の増加抑制に反映することが知られているので¹¹⁾、体脂肪の蓄積抑制効果は体重の推移を測定することにより推定できる。そこでラットの体重の変化を測定した。日本エスエルシー社製SD系ラット、14週齢（雌）を用い、温度21~25℃、湿度45~65%、換気回数25回以上/h、午前8時から点灯、午後8時以降消灯の環境で飼育した。一週間の検疫後、15週齢より投与を開始した。

2.2.2 ラット飼育用実験材料

グルコース、ビタミンフリーカゼイン、ハーバーミネラル混合、オリエンタルビタミン混合、とうもろこし油（コーンオイル）及びセルロースはオリエンタルバイオサービス社より購入した。*d,l*-メチオニンは日本化薬社製、特殊デキストリンNSD-500は日本資糧工業社製、ピュリティガム1773はナショナルスターチ・アンド・ケミカル社製を用いた。カルシウム型ガルシニアパウダー及び水溶性ガルシニアパウダーは、それぞれ日本新薬社製ガルシニアパウダーCR及びガルシニアパウダーSを用いた。ガルシニアパウダーCRのHCA含量は63%でラクトン型は検出されなかった。ガルシニアパウダーSのHCA含量は40%、遊離型とラクトン型の比率は57.5：42.5であった。

2・2・3 ラット用飼料組成

グルコース 62% (対照群は 64%), ビタミンフリーカゼイン 20%, *d,l*-メチオニン 0.3%, ミネラル混合 3.5%, ビタミン混合 1%, コーンオイル 4%, セルロース 4% を含む飼料に, カルシウム型ガルシニアパウダー投与群 (以下, カルシウム型投与群と呼ぶ), 水溶性ガルシニアパウダー投与群 (以下, 水溶性パウダー投与群と呼ぶ) とともに, HCA として 2% になるようそれぞれを配合した。なお, 水溶性ガルシニアパウダーは特殊デキストリンとピュリティガムを含んでいるので, 対照群とカルシウム群には NSD-500 を 2.4%, ピュリティガム 1773 を 0.4% それぞれ配合した。

2・2・4 ラットの体重及び摂餌量の測定

上記の飼料をラットに自由摂取させながら, カルシウム型投与群, 水溶性パウダー投与群及びガルシニア無投与群 (対照群と呼ぶ) の 3 群 (各群 8 匹) のラットを 4 週間飼育した。ラットの体重の変化及び摂餌量を週 2~3 回測定した。

2・2・5 ラットの血清分析

実験終了時にエーテル麻酔下で腹大動脈より採血した後, 常法に従い血清を調製し, タンパク質量, 血糖値, コレステロール値, 遊離脂肪酸値, トリアシルグリセリン値を測定した。測定はファルコバイオシステムズ(株)に委託した。

2・3 ヒトの体重変化に及ぼす液体ガルシニアエキス, 水溶性ガルシニアパウダー及びカルシウム型ガルシニアパウダーの影響 (モニター試験)

2・3・1 モニター試験用実験材料

麦芽糖及び還元麦芽糖水飴は, それぞれ林原製のサンマルト S, マビットを, 還元麦芽糖は東和化成工業製アマルティー MR-100 を用いた。エリトリールは日研化学, パラチニットは三井製糖, ラフィノースは日本甜菜製糖製をそれぞれ用いた。水溶性繊維は松谷化学工業製パインファイバー, ステビア甘味料は東洋精糖製 α G スイート PX, アスパルテムは味の素製, 保存料としては五協産業製安息香酸ナトリウム, ショ糖脂肪酸エステルは第一工業製薬製 DK エステル F-20 W, 植物硬化油は川研ファインケミカル製ラブリーワックスを用いた。

ココアパウダーは森永乳業製 F-11 GF を, 発酵乳パウダーは明治乳業製 YPB-30 を用い, ココア香料, ヨーグルト香料, 柑橘系香料は塩野香料製を用いた。

液体ガルシニアエキスは日本新薬製ガルシニアエキス S を, その他のガルシニア製品は, 2・2・2 に示したものをを用いた。

2・3・2 モニター試験用サンプル

試験用サンプルとして, カルシウム型ガルシニアパウダー及び水溶性ガルシニアパウダーを用いた錠剤 (以

下, それぞれ錠剤 C, 錠剤 S と称す) 及び液体ガルシニアエキスを配合したドリンク (以下, ドリンク S と称す) を各々調製し, モニター試験に供した。錠剤は, いずれも直径 14 mm の 1 g 錠とし, HCA 含量として 125 mg/錠となるよう配合した。錠剤の配合組成を Table 1 に示した。

1 d の摂取量を 6 錠に設定したとき, カロリーは錠剤 S で 19 kcal, 錠剤 C では 14 kcal であった。錠剤 S に含まれる HCA の遊離型とラクトン型の比率は, 32.4 : 67.6 であり, 錠剤 C では HCA-Ca として存在しており, ラクトン型は検出されなかった。

ドリンク S は, 1 本あたり 250 mg の HCA を含む 50 mL の褐色ガラス瓶入とし, 液体ガルシニアエキス及び他原料を水に添加, 溶解後, 加熱殺菌した。ドリンク S の配合組成も Table 1 に示した。1 d 3 本摂取したときのカロリーは 30 kcal であった。このドリンク S 中の HCA の遊離型とラクトン型の比率は, 43.6 : 56.4 であった。

Table 1 Compositions of Tablet S, Tablet C and Drink S.

	Tablet S	Tablet C
Garcinia powder S	31.5	—
Garcinia powder CR	—	20.0
Maltose	38.5	14.2
Reducing maltose	—	27.0
Reducing palatinose	9.0	—
Erythritol	9.0	5.0
Raffinose	—	5.0
Aspartame	0.6	0.3
Yogurt powder	7.0	—
Cocoa powder	—	25.0
Yogurt flavor	1.2	—
Cocoa flavor	—	0.5
Sucrose fatty acid ester	3.2	2.0
Wax	—	1.0
	100%	100%

Drink S*	
Garcinia extract S	1.0 (%)
Reducing maltose	7.0
Erythritol	5.0
Soluble fiber	2.0
Stevia sweetener	0.01
Citrus flavor	0.1
Benzoic acid Na	0.05

to 100% with water

*) pH was adjusted to 3.75

2・3・3 モニター試験の実施

モニター試験に先立って、当研究所の希望者 16 名に対し、1 d の HCA 摂取量 250 mg, 500 mg, 1000 mg の 3 群で、錠剤 S とドリンク S を与えて有効摂取量を推定した。8 週間摂取した結果、HCA として 250 mg を摂取した群でも、体重に減少が見られた例もあり、500 mg および 1000 mg 摂取群では半数以上で明らかな体重減少が見られた (Fig. 2)。したがって 1 d の推定有効摂取量を 500 mg と設定し、さらに安全率 50% を加えて、1 d の摂取量を 750 mg に設定し以下の試験を行った。

モニターとして応募のあった人に対し、錠剤 C, 錠剤 S 又はドリンク S を無作為に割り当てた。錠剤, ドリンクのいずれも HCA として 250 mg 相当量を 1 d 3 回, 食事の 30 min~1 h 前に摂取するように設定し, 期間は 8 週間とした。ただし, 個人の都合による中止は自由とした。体重の測定は, 週 1 回以上, 可能な限り同時刻, 同一の体重計で測定するようにした。

2・4 統計的検定

ラットの体重, 摂取量及び血清分析の検定は t 検定で行った¹²⁾。モニター試験における体重変化は, まずそれぞれの群の変化率係数 (1 週間ごとの前週に対する体重の変化率の自然対数) の平均値を求めた。この平均値は中心極限定理により正規分布に従うので, 各群の値を体重の変化がないという仮説に対し, t 検定を行った。

3 結 果

3・1 動物実験

3・1・1 ラットの体重増加量及び摂取量

水溶性ガルシニアパウダー及びカルシウム型ガルシニアパウダーとも有意に体重の増加抑制を示したが, 水溶性ガルシニアパウダーの方がより効果的であった。さらに, ラットの血清分析値や解剖所見から高い安全性も確認できた。

4 週間の飼育結果, 対照群に比べカルシウム型投与群, 水溶性パウダー投与群とも有意にラットの体重の増加を抑制した (Table 2)。ガルシニアパウダー投与の両群を比較すると, 当初の予想に反し, カルシウム型投与群より水溶性パウダー投与群の方が効果的であった。摂取量は対照群に比べ, カルシウム型投与群, 水溶性パウダー投与群とも同程度の減少傾向が認められた。

3・1・2 血清分析

対照群, カルシウム添加群及び水溶性ガルシニアパウダー群の間に, 血清中総タンパク質量, 総コレステロール量, HDL コレステロール量, 遊離脂肪酸量及び血糖値に有意な差は見られなかった。血清トリアシルグリセリン量は, カルシウム型投与群, 水溶性パウダー投与群ともやや上昇傾向にあったが, 有意な差ではなかった。

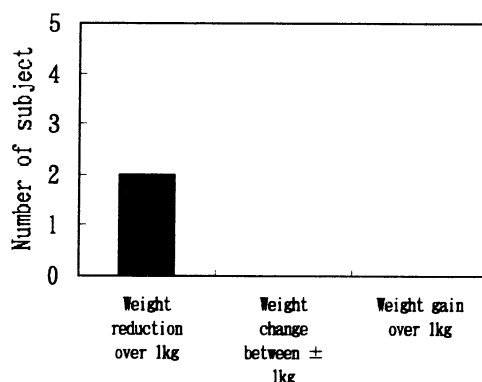


Fig. 2-A Weight Change of Subjects who had 250 mg of HCA a Day.

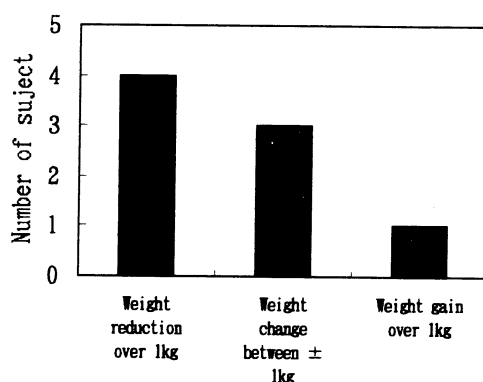


Fig. 2-B Weight Change of Subjects who had 500 mg of HCA a Day.

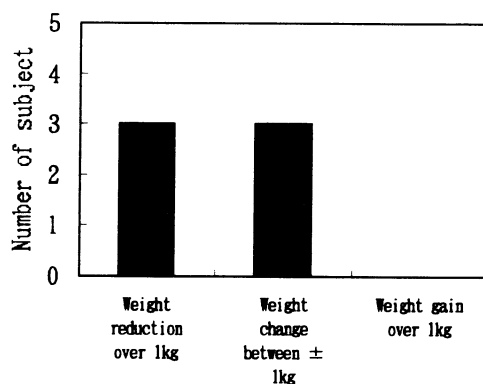


Fig. 2-C Weight Change of Subjects who had 1000 mg of HCA a Day.

All subjects had 250 mg, 500 mg or 1000 mg of HCA three times a day before meals up to 8 weeks without any restrictions regarding meals, water, alcohol and exercise. The body weight of each subject was measured every week.

Table 2 Weight Gain and Food Consumption of the Rats.

Group	Weight gain (g)	Cumulative food consumption per rat (g)
Control	43.1±15.8	468±51
Calcium type garcinia powder	27.9± 6.4 ^a	408±12 ^c
Soluble garcinia powder	16.1±13.0 ^b	405±45 ^c

Rats were separated into 3 groups of 8 rats/group. After the prefast of 24 h, the rats were fed *ad libitum* the high-glucose diet as the control, or the high-glucose diet containing 2% (as HCA) of calcium type garcinia powder, or high-glucose diet containing 2% (as HCA) of soluble garcinia powder respectively, for 28 days. The weight of the rats and the amount of food consumption were measured at least twice a week.

a : $P < 0.05$ against control

b : $P < 0.01$ against control, $P < 0.05$ against a

c : Not significant against control

Table 3 Analysis of Rat Sera.

	Control	Calcium type garcinia powder	Soluble garcinia powder
Total protein (g/dL)	7.18±0.41	7.22±0.46	7.10±0.21
Total cholesterol (mg/dL)	113.8±18.1	104.6±22.7	126.8±12.9
HDL-cholesterol (mg/dL)	52.1±6.1	48.6±8.0	55.5±5.9
Triacylglycerol (mg/dL)	34.0±23.9	60.4±35.0	52.0±23.3
N.E. fatty acid (mEq/L)	1.14±0.26	1.36±0.32	1.28±0.16
Blood sugar (mg/dL)	103.1±14.3	91.5±13.9	94.8±7.8

Rats were fed for 28 d. After the feeding period the animals were fasted overnight, sacrificed by withdrawal of artery blood. Sera were prepared, and total protein content, total cholesterol content, triacylglycerol content, N.E. fatty acid (non-esterified fatty acid) content, HDL-cholesterol content and blood sugar content were determined.

(Table 3). また、解剖所見にも異常はみられなかった。

3・2 ヒトでのモニター試験

モニターとしての応募は54名であった。そのうち錠剤Cのモニターは男性5名、女性7名の計12名(29歳～70歳、平均47歳)、錠剤Sは男性10名、女性11名の計21名(22歳～66歳、平均41歳)、ドリンクSは男性7名、女性8名の計15名(23歳～65歳、平均40歳)の合計48名が、4週間以上継続して摂取した。残る6名は途中で摂取を中止した。その内訳は「風邪をひいた」、「体重が増え気味になった」、「仕事が忙しくて摂取できなかった」、「疾患にかかり病気治療を開始した」、「試験開始前から下痢が続いていたので開始直後に中止した」、「便秘気味になった」の各々1名であった。継続して摂取した48名からは、異常症状の報告はなかった。

事前のアンケート調査から、モニターの日常の体重変動は±1 kgの範囲であったので、これを超えて体重変化をきたしたモニター数をカウントした。その際、一過

性の増加や減少はカウントせず、2週間以上体重変化が継続した場合のみ有効データとして扱った。その結果をFig. 3に示す。

錠剤C、錠剤S及びドリンクSの各群ともに経時的に体重の減少が観察され、試験終了時に1 kg以上体重が減少したモニターの割合は、錠剤C摂取群では42%、錠剤S群で67%、ドリンクS群で73%であった。また、最も体重が減少した例は錠剤C群で2 kg、錠剤S群では6 kg、ドリンクS群では4 kgであった。平均値は錠剤C群で0.4 kg強、錠剤S群及びドリンクS群で1 kg強の減少であった。各群の平均体重変化量をFig. 4に示した。この体重減少傾向を統計学的に評価するために以下の解析を行った。

体重 W を時間 t の関数と見なし、体重の変化率を決める定数(体重変化率係数)を k とすると、体重の変化率は以下の式によって表すことができる。

$$dW/dt = kW$$

このモデルの k の有意性を検討すれば、体重の変化があったかどうかについて評価することができる。時間

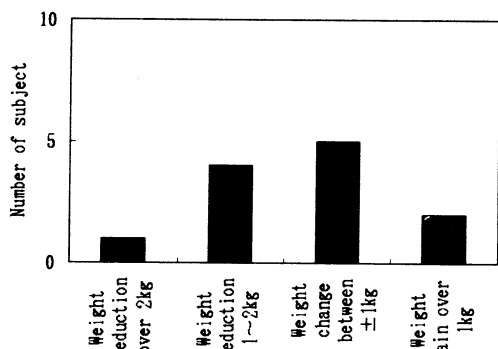


Fig. 3-A Changes of Weights in Monitors who had Tablet C.

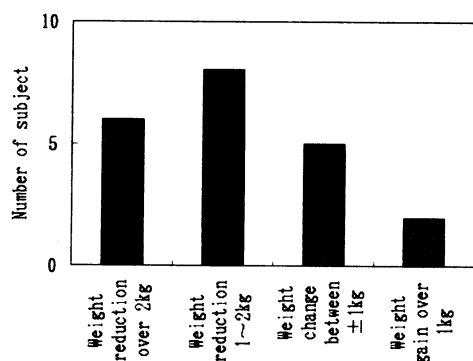


Fig. 3-B Changes of Weights in Monitors who had Tablet S.

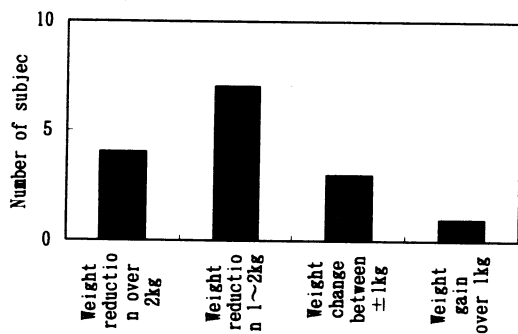


Fig. 3-C Changes of Weights in Monitors who had Drink S.

All monitors (12 subjects for tablet C containing calcium type garcinia powder, 21 subjects for tablet S containing soluble garcinia powder and 15 subjects for drink S containing liquid garcinia extract) had 250 mg of HCA three times a day a before meal up to 8 weeks without any restrictions regarding meals, water, alcohol and exercise. The body weight of each monitor was measured every week.

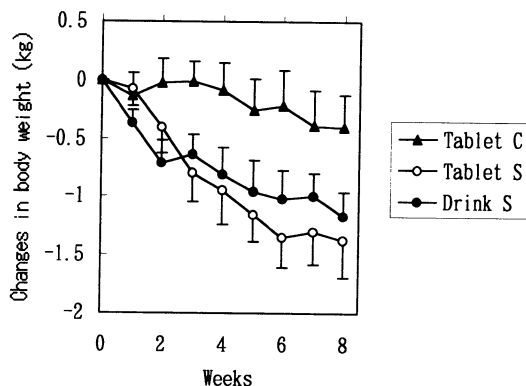


Fig. 4 Mean of the Changes in the Body Weights for Each Monitor Group who had Tablet C, Tablet S, or Drink S.

The mean of the changes in the body weights of each monitor group who had tablet C containing calcium type garcinia powder, tablet S containing soluble garcinia powder or drink S containing liquid garcinia extract are plotted.

Each bar represents standard error of the mean.

t_{i-1} から t_i 間での体重変化を解析するためこの方程式を積分すると、

$$\int_{t_{i-1}}^{t_i} dW/W = \int_{t_{i-1}}^{t_i} k dt$$

となり、求める解は

$$\ln[W(t_i)/W(t_{i-1})] = k(t_i - t_{i-1})$$

として表現できる。

一週間ごとのデータから $\ln[W(t_i)/W(t_{i-1})]$ を求め、各個人につき k の平均値を得た。この平均値は中心極限定理によって正規分布に従うから t 検定により k の有意性を調べることができる。 k が有意に正の値なら体重増加、 k が有意に負の値なら体重減少を示す。

各群の平均体重変化率係数 k を Table 4 に示した。各群とも変化率係数はマイナス値を示し、HCA の摂取により体重が減少することを示した。統計処理を行うと、体重の変化はないという仮説に対して、錠剤 S 群は危険率 2% 以下で、ドリンク S 群は 1% 以下の危険率で有意な結果を示したが、錠剤 C 群では有意差は得られなかった。

4 考 察

ラットを用いた実験、及びヒトによるモニターテストでも同様に、カルシウム型ガルシニアパウダー、水溶性ガルシニアパウダーは共に体重の増加抑制効果、あるいは体重の減少効果を持つことが確認された。また、同時に水溶性の方がカルシウム型に比べ効果の高いことも示

Table 4 Effects of Garcinia on the Rates of Weight Change in Human Monitors.

Group	Number of subject	Average rate of weight change (k)	Standard deviation	Probability*
Tablet C	12	-2.4×10^{-4}	21.2×10^{-4}	0.711
Tablet S	21	-25.3×10^{-4}	42.1×10^{-4}	0.012
Drink S	15	-17.4×10^{-4}	20.4×10^{-4}	0.007

All monitors had samples of 250 mg of HCA three times a day before meals up to 8 weeks without any restrictions regarding meals, water, alcohol and exercise. The body weight of each monitor was measured every week.

Rate of weight change was calculated as follows :

Rate of weight change = $\ln (W_{ti}/W_{ti-1})$,

where \ln is natural logarithm, W_{ti} is the body weight of a monitor at the week i and W_{ti-1} is the body weight of the monitor at the week $i-1$

*) Probability that the mean rate of weight change = 0, by t -distribution.

された。

この効果の違いは、カルシウム型ガルシニアパウダー摂取群ラットと水溶性ガルシニアパウダー摂取群ラットの摂取量に差がみられなかったことから、HCAの吸収性の差異による可能性が大きい。すなわち、水溶性ガルシニアは酸性から塩基性の幅広い条件で可溶性を示すが、カルシウム型ガルシニアパウダーは、胃液等の強酸性中でしか十分に溶解しないので、飼料と同時に摂取されたカルシウム型ガルシニアパウダーの一部は、飼料に包み込まれた状態で胃酸には晒されずに、不溶性のまま腸に送り込まれ、吸収されずに排泄されてしまった可能性が考えられる。

ヒトの場合でも食事と同時に摂取すれば同様のことが生じる可能性がある。今回の試験で、カルシウム型ガルシニアパウダーと水溶性ガルシニアパウダーや液体ガルシニアの効果に差異が見られたのも、カルシウム型ガルシニアパウダーが完全に胃酸で溶解しないうちに食事を摂る場合があったためかも知れない。

モニター試験に用いた錠剤Sは総HCA中67.6%、ドリンクS中では56.4%のラクトン型を含んでいた。これだけ多くのラクトン型を含みながらも有効性が示されたことは、ラクトン型HCAは体内で活性型に代謝され生理活性を発揮することを示唆する。

HCA摂取群ラットの血糖値や、遊離脂肪酸等の血清分析値には対照群に対し差異を認めなかった。このことは、体重増加が顕著に抑制されたにもかかわらず、ラットの健康状態がよく保たれていたことを示唆している。この結果はHCAのナトリウム塩を用いて行ったSullivanら¹³⁾やRaoら¹⁴⁾の実験ともよく一致している。

細胞レベルではHCAの投与によりコレステロールの合成原料の一つであるアセチルCoAが低下するので、コレステロールの合成速度が低下するといわれている¹⁵⁾。しかし、生体内ではおそらく種々のバイパスが

働き、HCAの投与によってもコレステロールレベルが維持されると考えられ¹⁴⁾、今回の結果もそのことを支持している。

HCAはラットの血清トリアシルグリセリンレベルを低下させる作用があると報告されている^{14),16)}が、今回の実験ではHCA投与群ラットと対照群との間に有意差は見られず、むしろ投与群ラットの方がトリアシルグリセリン値は上昇傾向にあった。この違いは先の報告が、遺伝的にあるいは人為的に高脂血症を引き起こす実験系を用いており、対照群のトリアシルグリセリンレベルが通常より高いものであるのに対し、今回の実験系は血清中のトリアシルグリセリンレベルが比較的低く、また個体差の大きい一般的な系統を用いたことに起因している可能性がある。HCA投与により貯蔵脂質の動員が引き起こされている可能性も考えられるが、結論を導き出すには更に詳細な検討が必要である。

HCAは糖質由来の体脂肪の合成を抑えるので、継続して摂取すると体脂肪は分解の方向に平衡が傾き、やがて病的な痩せ状態になる心配も考えられるが、実際には体内の脂肪合成経路は複数あり、HCAにより阻害されない脂肪合成系もあるので¹⁷⁾、通常の食生活の中ではそのような心配はないと思われる。また、HCAの摂取により体脂肪として蓄積されなかった余剰の糖質は、グリコーゲンとして肝臓等に貯蔵されるが¹³⁾、適度な運動により容易に消費され体重の増加は抑制される。そして体重の減少は、運動などによる有酸素系のエネルギー代謝等と相まって、体脂肪の消費により生ずるものと考えられる。

以上により、水溶性ガルシニアパウダーや液体ガルシニアエキ스는安全性が高く、しかもヒトの体重減少の補助に効果的な素材であることが示された。これらが加熱殺菌などの加工・調理条件を経て60~70%近くのラクトン型HCAを含みながらも、有効性に何ら問題がな

かったことにより、幅広い食品への適用ができる可能性が示された。

HCA を適切に摂取すれば、体脂肪の蓄積を抑えることができ、食事制限や過度の運動負荷をすることなしに、健康にしかも着実な体脂肪の減少が期待できる。つまり、HCA を主成分とするガルシニアエキス、特に加工特性の高い水溶性ガルシニアパウダーや液体ガルシニアエキスは、有望な体脂肪蓄積予防素材と思える。体脂肪の中でも内臓脂肪が数々の疾患と関係することが知られており、今後は HCA 摂取と内臓脂肪との関連にも着目したい。

謝 辞

本研究をまとめるに当たり、適切なお助言を頂いた帝京大学医学部 島崎弘幸 助教授、並びに (財)健康・栄養食品協会前技術部長田仲健一氏に感謝する。

(受付: 1997 年 7 月 1 日, 受理: 1997 年 9 月 8 日)

文 献

- 1) J.A. Watson, M. Fang, J.M. Lowenstein, *Arch. Biochem. Biophys.*, **135**, 209 (1969).
- 2) 藤沢良知編, “健康・栄養データハンドブック” 同文書院 (1996).
- 3) W. Sergio, *Medical Hypothesis*, **27**, 39 (1988).
- 4) A.A. Conte, *The Bariatrician, Summer*, **17** (1993).
- 5) R.R. Ramos, J.L.F. Saenz, M. en C.F.J.A. Aguilar, *Investigacion Medica Internacional*, **22**, 97, (1995).
- 6) 北村琴路, 岳マチ子, 横山 泉, 日本臨床栄養学会雑誌, **18**, 84 (1996).
- 7) 岡本 丈, 高橋武紘, 青山勝彦, 肥満研究, **2**, 187 (1996).
- 8) S. C-Dhadli, M.L. Halperin, C.C. Leznoff, *Eur. J. Biochem.*, **38**, 98 (1973).
- 9) A.C. Sullivan, J.G. Hamilton, O.N. Miller, *Arch. Biochem. Biophys.*, **150**, 183 (1972).
- 10) R.P. Singh, G.K. Jayaprakasha, K.K. Sakariah, *Biol. Memoirs*, **21**, 27 (1995).
- 11) M.R.C. Greenwood, M.P. Cleary, R. Gruen, D. Blase, J.S. Stern, J. Triscari, A.C. Sullivan, *Am. J. Physiol.*, **240**, E 72 (1981).
- 12) 広田千尋著, “臨床試験データの統計解析” 廣川書店 (1992).
- 13) A.C. Sullivan, J. Triscari, “*Hunger : Basic Mechanisms and Clinical Implications*”, ed.: Novin, W. Wyrwicka, G. Bray, Raven Press, New York (1976) p. 115.
- 14) R.N. Rao, K.K. Sakariah, *Nutrition Res.*, **8**, 209 (1988).
- 15) T.T. Berkhout, L.M. Havekes, N.J. Pearce, H.E. Groot, *Biochem. J.*, **272**, 181 (1990).
- 16) A.C. Sullivan, J. Triscari, H.E. Spiegel, *Am. J. Clin. Nutri.*, **30**, 777 (1977).
- 17) M.C. Sugden, D.I. Watts, C.E. Marshall, J.G. McCormack, *Bioscience Reports*, **2**, 289 (1982).

[報文] 「二本鎖型カチオン界面活性剤の親水性表面への吸着形態

中村 和吉*¹・藤原 夏美*¹・國枝 博信*²

*¹ 新潟大学教育学部生活科学教育 (〒950-21 新潟市五十嵐二の町 8050)

*² 横浜国立大学大学院工学研究科人工環境システム学専攻 (〒240 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5)

二本鎖型カチオン界面活性剤 (ジオクタデシルジメチルアンモニウムクロリド; DODAC) は、柔軟仕上げ剤やヘアリンスの主剤として用いられている。その親水性表面への吸着状態を電子顕微鏡、原子間力顕微鏡により観察した。

親水化処理をほどこしたニトロセルロース膜に DODAC の水中分散液を滴下し、ネガティブ染色法を用いて電子顕微鏡観察を行った。超音波処理を行わない試料に関しては、膜上には平均直径 250 nm の多重層ベシクルが膜上に吸着していた。超音波処理を施した試料は、一枚膜型ベシクルを形成する。

マイカ基板上に DODAC 分散液を滴下して、原子間力顕微鏡により吸着したベシクルの形態および厚さを測定した。超音波処理を行ったベシクルは、乾燥後の厚さが 4 nm となった。これはベシクルの内水相が乾燥とともに外部へ流出し、閉殻構造がつぶれて、さらに二分子膜が指組構造をとっていると考えられる。

これらの結果より DODAC は単分子の状態では吸着するのではなくベシクルの状態では親水性表面に吸着していることが明らかとなった。

(連絡者: 中村和吉) Vol. 46, No. 12, 1461 (1997)

[報文] 液体ガルシニアエキス及び水溶性ガルシニアパウダーの体重変化に及ぼす影響 — 体脂肪蓄積予防素材としての可能性 —

澤田 玄道・富 裕孝・田村 幸一・阿武 尚彦

日本新薬株式会社食品開発研究所 (〒601 京都市南区西大路通八条下ル)

ガルシニアは体重の減少に効果があるとして知られているスパイスである。今日、カルシウム型のガルシニア抽出エキスを含む多くの製品が上市されているが、有効成分の(-)ヒドロキシクエン酸 (HCA) はおそらくカルシウム塩として存在している。カルシウム型のパウダーは安定性に優れているが、水に不溶性であるので食品への使用が限られている。したがって、水溶性のガルシニアエキスが望ましいが、HCA のラクトン型が含まれるようになる。HCA のラクトン型は脂肪合成系の鍵酵素である ATP-クエン酸リアーゼに対する阻害活性が試験管内では極めて低いので、ラクトン型を大量に含む水溶性ガルシニアエキスの体重減少への効果は低いものと思える。しかしながら、ラクトン型が生体内では活性型になる可能性を示した報告がある。そこで、HCA のラクトン型を含む水溶性ガルシニアパウダーと、液体ガルシニアエキスを調製し、カルシウム型のガルシニアエキスと比較するとともにラット及びヒトでの体重の変化に及ぼすそれらの効果を検討した。

その結果、飼料と同時に投与する条件では、水溶性パウダーの方がカルシウム型ガルシニアパウダーより、ラットの体重の増加抑制には効果のあることが示唆された。また、水溶性ガルシニアパウダー、液体ガルシニアエキスのいずれも、脂肪の蓄積を抑制することにより、ヒトの体重減少に有効であることが示唆された。

(連絡者: 澤田玄道) Vol. 46, No. 12, 1467 (1997)