

## 脂質過剰食における動物性たんぱく質と植物性たんぱく質が ラットの肝臓と血液性状に及ぼす影響 ～ たんぱく質と脂質の相互関係 ～

坂井 恵子, 福重 琴子, 中尾 礼奈

### 要 約

脂質過剰食におけるたんぱく質と脂質の質の組合せが生体に及ぼす影響については未だ明らかではない。本研究では脂質過剰食におけるたんぱく質と脂質の質の違いによる相互作用の影響についてラットの肝臓と血液性状の比較検討を行った。

Sprague-Dawley 系雌ラットを動物性たんぱく質のカゼインまたは植物性たんぱく質の大豆たんぱく質に分け、各たんぱく質群を脂質として n-9 系のオリーブ油と n-3 系のエゴマ油群とに分けた。更に各脂質群を標準食と脂質過剰食 (HFD) とに分けて、実験飼料で 15 週間飼育を行った。実験飼料はすべての食餌群に同じカロリー量を毎日投与して行った。尚、動物実験は鹿児島純心女子大学動物実験指針に従って行われた。

血液の結果は、各食餌群の投与カロリー量が同じ場合、総コレステロール (T-cho) はたんぱく質よりも脂質の質に影響されて、エゴマ油の方がオリーブ油よりも低いのが明らかとなった。また、トリアシルグリセロール (TG) と T-cho において、たんぱく質と脂質の組合せが同じ HFD と標準食は同じレベルを示した。一方、血糖値や HDL-コレステロール値にはたんぱく質と脂質の質による有意な差は認められなかった。

肝臓では、各食餌群の投与カロリー量が同じ場合、TG と T-cho とともにたんぱく質と脂質の組合せが同じ標準食と HFD 間で有意な差はみられなかった。更に、カゼインとオリーブ油の組合せでは、TG と T-cho においてカゼインとエゴマ油や大豆たんぱく質とオリーブ油よりも有意に高くなった。

結論として、HFD の摂取カロリー量が標準食と同じ場合、カゼインとオリーブ油の組合せは、肝臓と血液中の TG および T-cho 値が、大豆たんぱく質やカゼインとエゴマ油の組合せよりも有意に高くなることが明らかとなった。動物性と植物性たんぱく質の違いは血液や肝臓の TG と T-cho に影響を与えることが認められたことから、たんぱく質と脂質の組合せを考慮すると、生活習慣病や肥満の予防に効果があると示唆された。

**キーワード:** カゼイン, 大豆たんぱく質, 脂質過剰食, オリーブ油, エゴマ油

### 緒 言

脂質過剰食 (HFD) は炭水化物の摂取量の減少にもなって相対的に脂質およびたんぱく質が総カロリーに占める割合が多くなって一般にも普及しつつある。しかし、HFD の長期間の継続については未だに賛否両論である。たんぱく質のカゼインまたは大豆たんぱく質とオリーブ油の組合せが血液中の VLDL や肝臓の脂質に影響を及ぼすと報告がある<sup>1,2)</sup>。先天性嚢胞性腎症においては大豆たんぱく質や n-3 系脂肪酸の効果について報告されている<sup>3-6)</sup>。血漿中のコレステロールやトリアシルグリセロールのレベルは大豆たんぱく質の方がカゼインより低かったとの報告もある<sup>7)</sup>。しかし、コレステロール低下機能を

を持つ食事や n-3 系脂肪酸、植物由来ステロール、大豆たんぱく質、食物繊維等の効果について疫学的には未だ結論は出ていない現状がある<sup>8)</sup>。著者らは先行研究において HFD における n-9 系オレイン酸リッチなオリーブ油と n-3 系  $\alpha$ -リノレン酸リッチなエゴマ油の影響について報告したが<sup>9,10)</sup>、本研究では、脂質過剰食における動物性たんぱく質と植物性たんぱく質の質の違いと脂肪酸との影響について検討を行った。本研究では、標準食と HFD の摂取カロリー量を同じにして検討を行った。

### 【方 法】

動物実験: Sprague-Dawley 系雌ラット (SLC, 静岡) の 4 週齢を無作為に 8 群に分け (Table 1), 実験飼料 (Table 2,3) で 15 週間飼育した。

Table 1 Group of Experiment.

Diet	normal	normal	normal	normal	HFD	HFD	HFD	HFD
Protein	casein	casein	soy	soy	casein	casein	soy	soy
Lipid	olive	egoma	olive	egoma	olive	egoma	olive	egoma

Table 2 Composition of Experimental diet. (g)

Group	Normal	Normal	Normal	Normal	HFD	HFD	HFD	HFD
casein	20	20	0	0	30.8	30.8		
Soy	0	0	20	20			30.8	30.8
olive	11	0	11	0	21.2	0	21.2	0
egoma		11	0	11	0	21.2	0	21.2
corn starch	51.4	51.4	51.4	51.4	17.6	17.6	17.6	17.6
sucrose	10	10	10	10	10	10	10	10

Table 3 Energy % of Carbohydrate, Protein and Lipid in Normal and HFD.

	Carbohydrate	Protein	Lipid
Normal	58 %	19 %	23 %
HFD	26 %	29 %	45 %

実験飼料：標準食 (Normal) と HFD とに分け、その中を動物性たんぱく質としてカゼイン (wako), 植物性たんぱく質として大豆たんぱく (wako), 脂質としてオリーブ油 (wako) とエゴマ油 (朝日 ST 株), コーンスターチ (日本澱粉株), シュクロース (wako), ビタミンミックス (SLC 株), ミネラルミックス (オリエンタル酵母株), セルロース (ナカライ株), コリン (wako) を使用した。糖質・たんぱく質・脂質のエネルギー%は標準食では 58%, 19%, 23% であり, HFD では 26%, 29%, 45% とした (Table 3)。

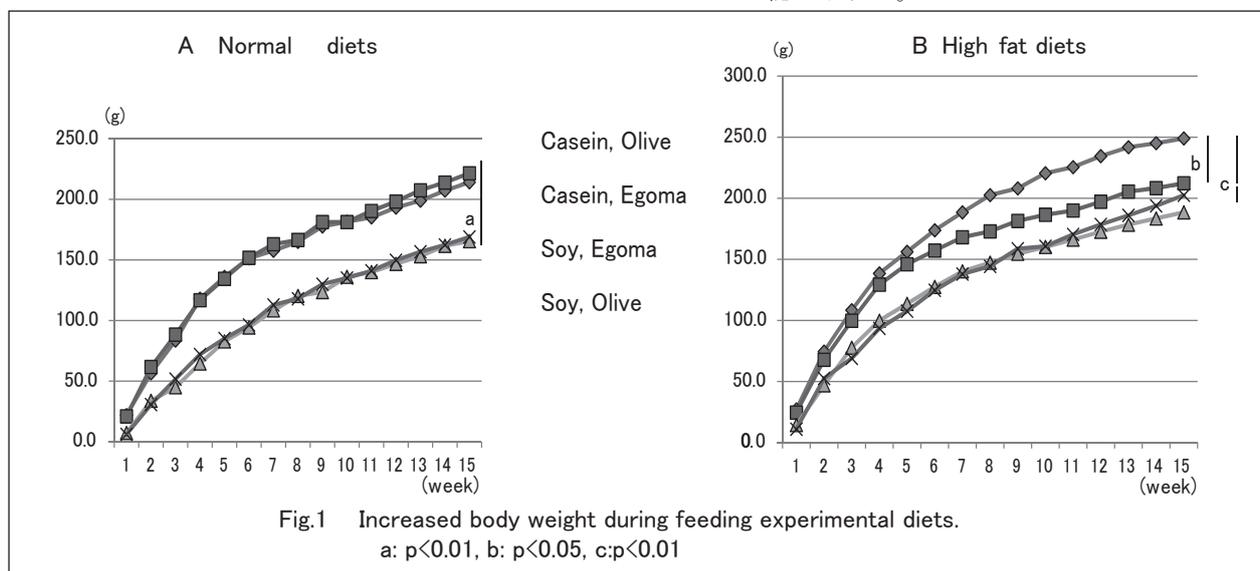
実験飼料は毎日各群の投与カロリー量を同一にして飼育し, 翌日残量を記録して摂取量を記録した。水は自由摂取とした。飼育は室温 25°C, 12 時間明暗周期で行った。

生化学的測定：既報<sup>9)</sup>と同じ方法で行った。

尚, 動物実験は鹿児島純心女子大学動物実験指針に従って行われた。

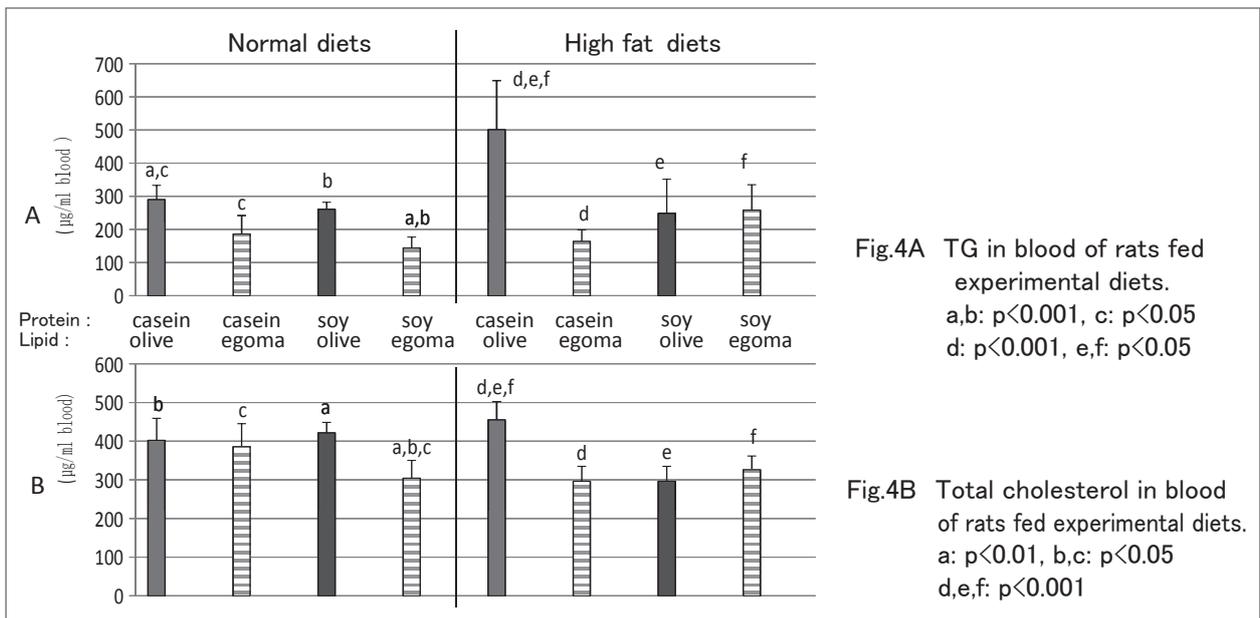
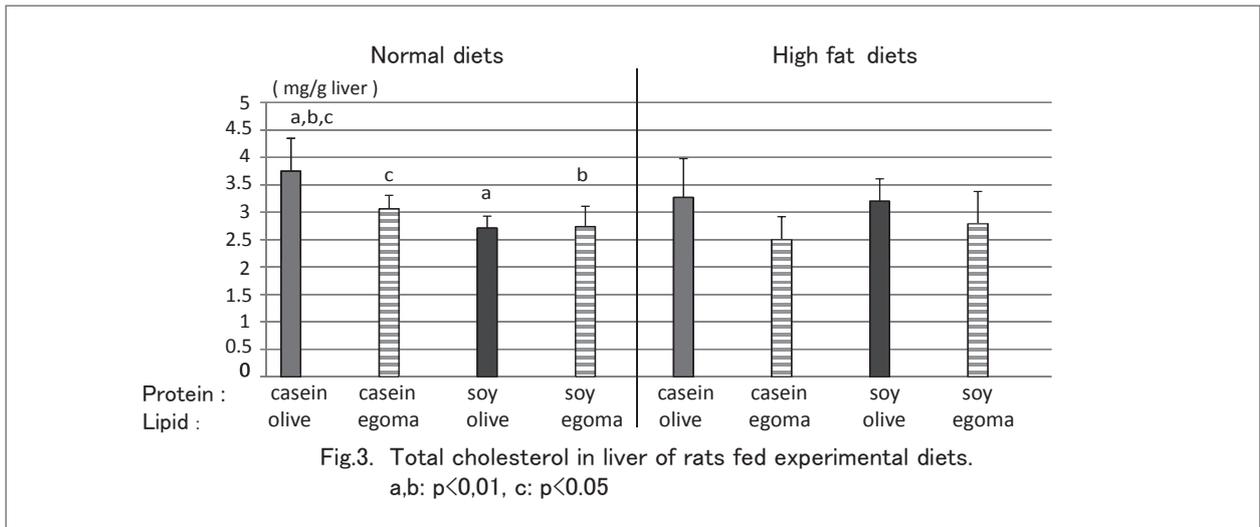
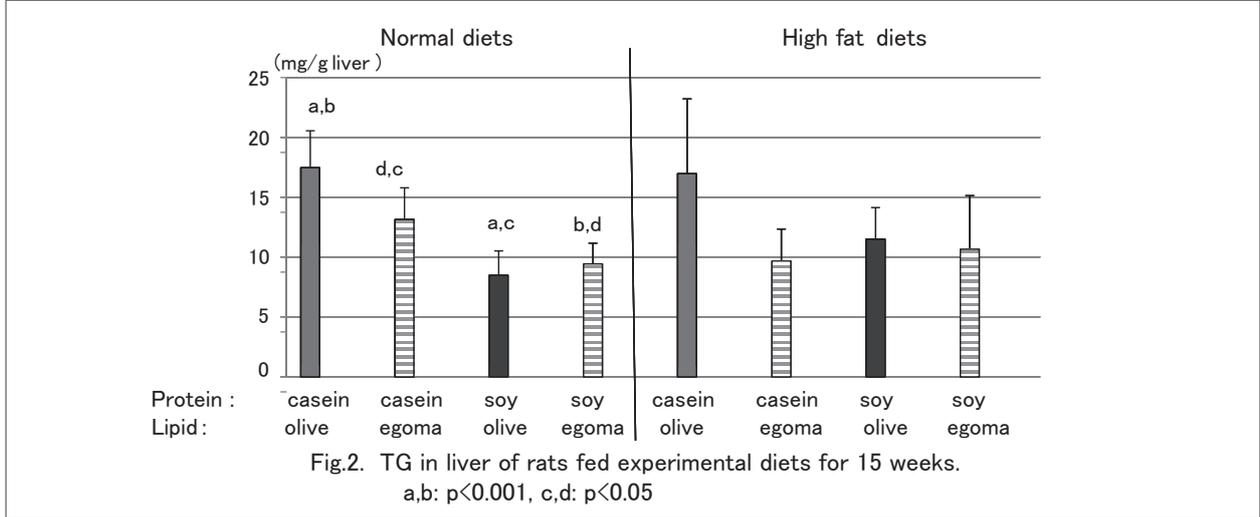
### 【結果】

1. 体重変動：標準食では, カゼインではオリーブ油とエゴマ油ともに同じパターンで大豆たんぱくより有意に増加した (Fig.1A)。HFD ではカゼインが大豆たんぱくより増加したが, それはオリーブ油とカゼインの組合せの時, エゴマ油とカゼインよりも有意に高くなった。エゴマ油とカゼインの組合せでは摂取 10 週以後大豆たんぱくとは有意差がみられなくなった (Fig.1B)。大豆たんぱくではオリーブ油とエゴマ油の両者はほぼ同じ体重増加が示された。尚, 飼育期間の各群の餌の摂取量に有意な差は認められなかった。
2. 血液：各食餌群の摂取カロリー量を同じにして飼育した場合, トリアシルグリセロール (TG) はカゼインの方が大豆たんぱくより有意に高くなった (Fig.2)。特にカゼインとオリーブ油の組合せはカゼインとエゴマ油や大豆たんぱくより有意に高いのが認められた。



総コレステロール (T-cho) は、カゼインと大豆たんぱく質とオリーブ油の組合せの方がエゴマ油との組合せより高い傾向がみられた (Fig.3)。T-choではたんぱく質より脂質の質に影響され、n-9系のオリーブ

油より n-3系のエゴマ油の方が低いレベルであった。血糖値やHDL-コレステロール値では、たんぱく質と脂質の質による有意な差は認められなかった (Fig.4A, B)



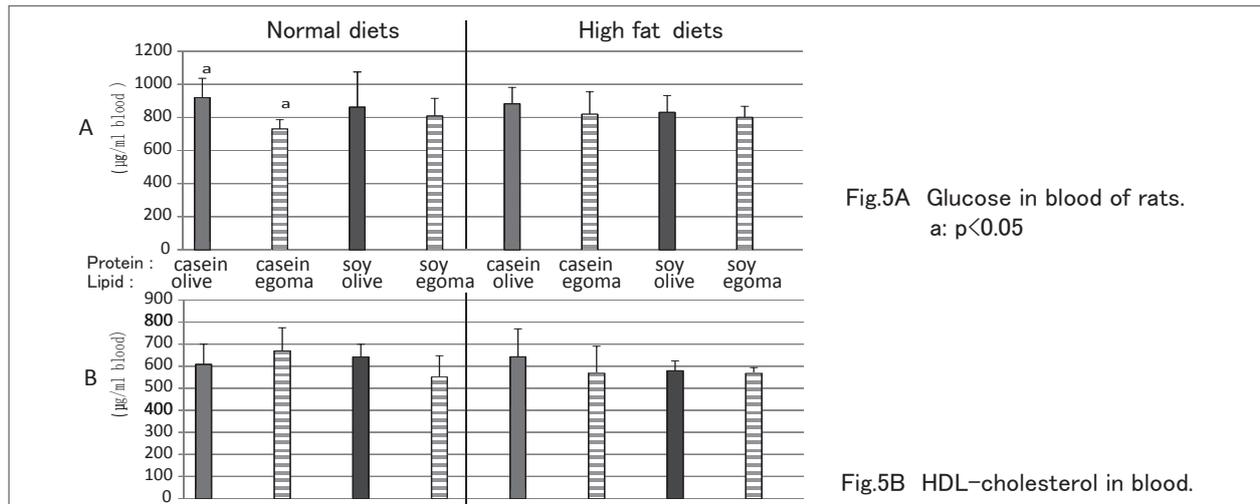


Fig.5A Glucose in blood of rats.  
a:  $p < 0.05$

Fig.5B HDL-cholesterol in blood.

3. 肝臓：各食餌群の摂取カロリー量が同じ場合、カゼインは大豆たんぱくより有意に高くなった。特にカゼインとオリーブ油の組合せは、カゼインとエゴマ油や大豆たんぱく質とオリーブ油よりも有意に高いのが示された (Fig.5, Fig.6)。

#### 【考 察】

著者らの先行研究において血液中のTGとT-choは、標準食とHFDにおいて、オリーブ油摂取の方がエゴマ油摂取よりも過剰量摂取で高くなった<sup>9,10</sup>。本研究では、たんぱく質の質の違いが肝臓と血液中の脂質のレベルに及ぼす影響を調べたところ、既報<sup>7)</sup>と同様に大豆たんぱくはカゼインに比べて血液中のTGやT-choレベルは有意に低いのが認められた。Maditz等はn-3系脂肪酸として大豆油と魚油の混合であったが、大豆油はn-6系リノール酸の含有量が約50%であるので魚油の効果は相殺されて低かったと考えられる。エゴマ油のn-3系 $\alpha$ -リノレン酸の含有率は約65%であり、著者等の既報では魚油と同様の効果を持つことが明らかであった<sup>11)</sup>。本研究では、カゼインでも脂質としてn-3系のエゴマ油を組合せると、HFDの肝臓と血液において、TGやT-choは大豆たんぱく質の両脂質との組合せで同じレベルに保たれることが明らかとなった。カゼインによるTGやT-choの上昇をエゴマ油が抑制したと考えられる。一方、大豆たんぱく質とオリーブ油の組合せでは、大豆たんぱく質の効果がオリーブ油の効果より高かったとみられる。一方、大豆たんぱく質とエゴマ油の関係はオリーブ油とは異なるメカニズムではないかと示唆された。

たんぱく質と脂質の組合せが同じHFDの場合、肝臓や血液の性状は標準食と有意な差が認められなかったのは、前報<sup>8,9)</sup>と同様であった。

本研究の結果より、HFDは日常の摂取でカロリー

量を制御し、たんぱく質と脂質の選択を摂取目的に応じて適正に行えば、肥満そして生活習慣病の予防により効果的に繋げることが可能であることが明らかとなった。

#### 参考文献

- 1) Sjoblom L, Eklund A, et al., Plasma very low density lipoproteins from male rats casein or soybean protein diets. *J Nutr.* 121: 1705-1713, 1991
- 2) Sjoblom L, Eklund A, Dietary protein and fatty acid composition of liver lipids in the rat. *Biochim Biophys Acta.* 1044: 187-192, 1990
- 3) Maditz KH, Gigliotti JC, Tou JC., Evidence for a role of proteins, lipids, and phytochemicals in the prevention of polycystic kidney disease progression and severity. *Nutr Rev.* 71:802-814, 2013
- 4) Maditz KH, Smith BJ, et al., Feeding soy protein isolate and oils rich in omega-3 polyunsaturated fatty acids affected mineral balance, but not bone in a rat model of autosomal recessive polycystic kidney disease. *BMC Nephrol.* 16:13, 2015
- 5) Maditz KH, Benedito VA, et al., Feeding soy protein isolate and n-3 PUFA affects polycystic liver disease progression in a PCK rat model of autosomal polycystic kidney disease. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 60: 467-473, 2015
- 6) Maditz KH, Oldaker C., Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids or soy protein isolate did not attenuate disease progression in a female rat model of autosomal recessive polycystic kidney disease. *Nutr Res.* 34:526-534, 2014
- 7) Saeki S, Kanauchi O, Kiriya S., Some metabolic aspects of the hypocholesterolemic effect of soybean protein in rats fed a cholesterol-free diet. *J Nutr Sci*

- Vitaminol., 36 Suppl 2:S125-131, 1990
- 8) Malhotra A, Shafiq N, et al., Dietary interventions (plant sterols, stanols, omega-3 fatty acids, soy protein and dietary fibers) for familial hypercholesterolaemia. Cochrane Database Syst Rev. 6:CD001918, 2014
- 9) 坂井恵子, 中尾礼奈, 他. 脂質過剰食の過剰量摂取において, エゴマ油は血液のトリアシルグリセロールと総コレステロールレベルをオリーブ油より抑制した. 鹿児島純心女子大学看護栄養学部紀要, 19: 7-13, 2015
- 10) 坂井恵子, 久野知美, 他. 脂質過剰食と糖質過剰食におけるオリーブ油とエゴマ油がラットの肝臓と血液の脂質および血糖に及ぼす影響. 鹿児島純心女子大学看護栄養学部紀要, 18:11-18, 2014
- 11) 坂井恵子, 湯田有紗 他, ストレスがn-3系脂肪酸摂取ラットの攻撃・不安行動に及ぼす影響. 鹿児島純心女子大学看護栄養学部紀要, 14:9-16, 2010

## The effect of proteins of animal or plant on blood and liver lipids of rats fed high fat diet containing either olive oil or egoma oil.: a comparison of relationship of protein and fatty acid on lipid profile.

Keiko Sakai, Kotomi Fukushige, Rena Nakao

Department of Health and Nutrition, Faculty of Nursing and Nutrition,  
Kagoshima Immaculate Heart University

Key words : casein, soy protein/soybean protein, high fat diet, olive oil, egoma oil

### Abstract

**Aim :** The effect of reciprocal relation of protein and lipid profile on liver and blood in high fat diet (HFD) is not clear yet. The aim of this study is to investigate about the effect of proteins contained either n-9 fatty acid or n-3 fatty acid of high fat diet on liver and blood.

**Method :** Sprague-Dawley rats were fed experimental diets with either protein of casein or soy protein containing either olive oil (n-9) or egoma oil (n-3) each for 15 weeks. The diet of HFD and Normal were set in individual oil group. The rats of each group were given same amount of calories a day during the experiment. This animal experiment was approved by the institutional committee.

**Result :** The result of blood showed that total cholesterol (T-cho) was influenced depend on the quality of fatty acid rather than protein; egoma oil affected to keep lower of T-cho than olive oil. The same combination of protein and fatty acid showed that there was no difference between HFD and normal diet on triglyceride (TG) and T-cho. Blood sugar and HDL-cholesterol were not seen any effect of proteins in each group.

In liver, the combination of casein and olive oil showed higher significantly than soy protein and egoma oil as blood.

**Conclusion :** When rats were fed the same amount of energy a day, the combination of casein and olive oil showed higher TG and T-cho in liver and blood significantly than soy protein and egoma oil. This study suggests that it is important to select quality of protein and fatty acid to protect metabolic syndrome and obesity.

---