九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

# Sprague-Dawley系ラットの脂質代謝および免疫機能に及ぼす大豆抽出物の摂食効果

岡本, 威明
九州大学大学院生物資源環境科学府生物機能科学専攻生物機能化学講座食糧化学研究室

吉見, 一真
九州大学大学院生物資源環境科学府生物機能科学専攻生物機能化学講座食糧化学研究室

東條, 直己
Program of Food Chemistry, Course of Applied Biological Science, Department of Bioresource and ioenvironment, School of Agriculture, Kyushu University

安田, 伸
九州大学大学院生物資源環境科学府生物機能科学専攻生物機能化学講座食糧化学研究室

他

https://doi.org/10.15017/21119

出版情報：九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 57 (1), pp.27-34, 2002-10. 九州大学大学院農学研究院
バージョン：
権利関係：

九大農学芸誌（Sci. Bull. Fac. Agr., Kyushu Univ.）
第57巻　第1号　27-34　(2002)

# Sprague-Dawley系ラットの脂質代謝および免疫機能に及ぼす大豆抽出物の摂食効果

岡本威明*・吉見一真*・東條直己**
安田　伸*・服部絵美**
立花宏文・山田耕路***
九州大学大学院農学研究院生物機能科学部門生物機能化学講座食糧化学研究室
(2002年6月7日受付，2002年7月12日受理)

# Dietary Effect of Soybean Extracts on Lipid Metabolism and Immune Function of Sprague-Dawley Rats

Takeaki OKAMOTO*, Kazuma YOSHIMI*, Naomi TOJO**, Shin YASUDA*, Emi HATTORI**, Hirofumi TACHIBANA and Koji YAMADA***
Laboratory of Food Chemistry, Division of Bioscience and Biotechnology, Department of Bioscience and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan

## 緒　言

大豆タンパク質には，多様な生理機能が報告されている．中でも，血清コレステロール濃度低下作用，心臓病予防および癌予防などが最も注目される作用であり，その他に降圧作用，肥満および骨粗鬆症の予防作用，抗酸化作用などの効能が認められている（菅野，1987；山本・井上，1991）．また，大豆タンパク質による血清コレステロール濃度低下作用はその酵素分解物である大豆ペプチドにも存在することが確認されており，Yashiroらは分離大豆タンパク質のペプシン分解産物中の高分子画分が非分解タンパク質より強い効果を示すことを明らかにした（Yashiro *et al.*, 1985）．一方，Suganoらは分離大豆タンパク質を微生物プロテアーゼで処理した難消化性画分に血清コレステロール濃度低下作用があることを明らかにした（Sugano *et al.*, 1990）．さらに，大豆グリシニンサブユニットから派生するペンタペプチドが，高コレステロール食投与マウスにおいてコレステロール上昇抑制作用を示すことを見出している（竹中ら，2000）．また，大豆タンパク質由来ペプチドにはアンギオテンシンⅠ変換酵素（ACE）の活性を阻害するものが多数報告されており，高血圧症患者の有効な治療薬としても期待が持たれている（河村，1997）．免疫機能への影響として，*in vitro*の系において，大豆タンパク質の60%エタノール抽出液によりマウス脾臓リンパ球の抗体生産性が増強されることが報告されている（山田ら，1999）．さらに，大豆ペプチド（ハイニュート-D1および-S）によりラット腹腔滲出細胞のケミカルメディエーターの一種であるロイコトリエン$B_4$（$LTB_4$）放

* 九州大学大学院生物資源環境科学府生物機能科学専攻生物機能化学講座食糧化学研究室
** 九州大学農学部生物資源環境学科応用生物科学コース食糧化学工学分野
* Laboratory of Food Chemistry, Division of Bioscience and Biotechnology, Department of Bioscience and Biotechnology, Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University
** Program of Food Chemistry, Course of Applied Biological Science, Department of Bioresource and Bioenvironment, School of Agriculture, Kyushu University
*** Corresponding author (E-mail: yamadako@agr.kyushu-u.ac.jp)

出能が抑制され，$LTB_4$ 誘導性の抗アレルギー作用を改善することが期待されている（山田，1998）．しかしながら，これら種々の生理機能の発現が真に大豆タンパク質や大豆ペプチドに由来するのか，それとも共存する他の成分に由来するのかは未だ不明な点が多い．

そこで，本研究では大豆ホモジェネートおよび種々のプロテアーゼで処理した酵素処理大豆ホモジェネートおよびその水溶性画分（大豆エキス）をラットに摂食させ，脂質代謝および免疫機能に及ぼす影響について検討した．

## 材料および方法

### 1．実験材料

大豆ホモジェネート，酵素処理大豆ホモジェネートおよびその水溶性画分（エキス）は，(株) エフ・シーシー堀内（久留米）より，高リノール油は，(株) リノール油脂（名古屋）より供給されたものを用いた．

### 2．実験動物および飼育条件

実験動物には4週齢の Sprague-Dawley 系雄ラット（セアック吉富，福岡）を用いた．1週間の予備飼育後4群に分け（各群5匹），対照群には AIN-93G 準拠食（Reeves *et al.*, 1993)を，試験食群では，対照食に大豆ホモジェネート，酵素処理大豆ホモジェネートおよびその水溶性画分（エキス）を終量3％となるように添加した食餌を3週間自由摂食させた．このときの食餌組成を Table 1 に示した．飼育終了後，大動脈採血にて屠殺し，ただちに肝臓，睾丸および腎周辺脂肪組織，心臓，腎臓，肺および脾臓を摘出しこれらの臓器重量を測定した．この実験は，実験動物の飼育および保管等に関する基準（昭和55年総理府告示第6号）を遵守して行われ，九州大学生物環境調節センター（Biotron Institute）の動物環境調節実験室において気温20±1℃，相対湿度60±5％，12時間光照射（8:00～20:00，白熱蛍光灯）の環境下で飼育を行った．

### 3．血清脂質パラメーターの測定

ラット血清中の total-cholesterol（T-Chol），high-density lipoprotein-cholesterol (HDL-Chol), phospholipids（PL），triglycerides（TG），thiobarbituric acid-reactive substances（TBARS），non-esterified free fatty acids（NEFA）レベルの測定は，それぞれ市販の測定キット（和光純薬，大阪）を用いて行った．

### 4．肝機能検定

ラット血清中の glutamic-oxaloacetic transaminase（GOT）および glutamic-pyruvic transaminase（GPT）活性の測定はそれぞれ市販の測定キット（和光純薬，大阪）を用いて行った．

### 5．リンパ球の分離・培養および抗体の定量

脾臓および腸間膜リンパ節（MLN）リンパ球の調

**Table 1.** Composition of experimental diets (g)

| | Control | Soybean | Enzyme | Extract |
|---|---|---|---|---|
| Casein | 200.00 | 200.00 | 200.00 | 200.00 |
| Sucrose | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Corn starch | 367.48 | 367.48 | 367.48 | 367.48 |
| $\alpha$-Corn starch | 132.00 | 132.00 | 132.00 | 132.00 |
| Cellulose | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 |
| AIN-93 Vitamin mix | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 |
| AIN-93 Mineral mix | 35.00 | 35.00 | 35.00 | 35.00 |
| L-Cystine | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| Choline bitartrate | 2.50 | 2.50 | 2.50 | 2.50 |
| *tert*-Butyl hydroquinone | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Safflower oil | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Soybean homogenate (3%) | | 30.00 | | |
| Enzyme digested soybean homogenate (3%) | | | 30.00 | |
| Soybean extract (3%) | | | | 30.00 |
| Total | 1000.00 | 1030.00 | 1030.00 | 1030.00 |

製はLimらの方法（Lim *et al.*, 1994）に従った．リンパ球は10%ウシ胎児血清（FBS）添加RPMI 1640培地中で24時間培養し，その培養上清を回収した．血清および培養上清中のimmunoglobulin（Ig）濃度は酵素抗体法を用いて測定した．

### 6．ナチュラルキラー（NK）活性の測定

脾臓および腸間膜リンパ節（MLN）リンパ球を調製し，標的細胞としてヒトリンパ芽球細胞株K562を用いた．各種リンパ球共存下でK562細胞を24時間培養し，その後培養上清を回収した．上清中に遊離した標的細胞由来の乳酸脱水素酵素（LDH）量を測定することにより細胞の障害の程度を示した．各種リンパ球のNK活性は微量毒性試験用試薬キットMTX "LDH"（極東製薬，東京）を用いて行い，NK活性はJefferyらの方法に従い算出した（Jeffery *et al.*, 1997）．

### 7．リン脂質過酸化物レベルの測定

血清および肝臓のphosphatidylcholine hydroperoxide（PCOOH）レベルおよびphosphatidylcholine（PC）レベルはMiyazawaらの方法（Miyazawa *et al.*, 1989, 1992）に従い測定した．PCOOHレベルの測定は，化学発光HPLC法を用いて行った．

### 8．組織リン脂質脂肪酸組成の測定

肝臓および血清のリン脂質はFolchらの方法（Folch *et al.*, 1957）に従い抽出し，薄層クロマトグラフィー法によりPhosphatidylcholine（PC）およびPhosphatidylethanolamine（PE）画分を得た．これらのリン脂質画分の脂肪酸組成は池田らの方法（Ikeda *et al.*, 1989）に従い測定した．脂肪酸組成の分析にはガスクロマトグラフ（GC）法を用いた．

### 9．統計処理

実験結果の統計処理はStudentの$t$検定を用い有意差検定を行った．

## 結果および考察

### 1）ラットの成長に及ぼす影響

Table 2-1にラットの成長に及ぼす大豆抽出物の影響を示した．摂食量，摂食効率には大豆ホモジェネートおよびその分解産物の影響は認められなかった．体重増加量は，酵素処理大豆ホモジェネート摂食群で対照群よりも高い値を示したが，有意差を与えるには至

**Table 2-1.** Effects of soybean products feeding on growth parameter of Sprague-Dawley Rats.

| | Initial body weight (g) | Weight gain (g) | Food intake (g/day) | Food efficiency (g gain/g intake) |
|---|---|---|---|---|
| Control | 150.8±7.3 | 149.0±14.3 | 21.5±1.0 | 0.35±0.02 |
| Soybean | 150.8±9.7 | 156.4±9.7 | 22.5±1.2 | 0.35±0.02 |
| Enzyme | 150.8±9.7 | 163.8±19.9 | 22.6±1.7 | 0.36±0.02 |
| Extract | 150.6±10.4 | 157.5±21.9 | 22.6±2.4 | 0.35±0.02 |

Data are means±SD for 4 or 5 rats in each group.

**Table 2-2.** Effects of soybean products feeding on tissue weight per body weight of Sprague-Dawley Rats.

| | Tissue weight (g/100g body weight) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Liver | Ren. adi. | Epi. adi. | Heart | Kidney | Lung | Spleen |
| Control | 4.3±0.5 | 1.3±0.4 | 1.0±0.1 | 0.4±0.0 | 0.9±0.1 | 0.5±0.0 | 0.2±0.0 |
| Soybean | 4.3±0.7 | 1.8±0.3 | 1.1±0.1 | 0.4±0.0 | 0.8±0.0 | 0.5±0.0 | 0.3±0.0 |
| Enzyme | 4.1±0.3 | 0.9±0.4* | 1.3±0.2* | 0.4±0.0 | 0.8±0.1 | 0.5±0.0 | 0.3±0.0 |
| Extract | 4.5±1.5 | 1.9±0.5 | 1.1±0.2 | 0.4±0.0 | 0.9±0.1 | 0.5±0.0 | 0.2±0.0 |

Data are means±SD for 4 or 5 rats in each group. Data containing asterisk marks are significantly different from the values in control group at $p<0.05$.
Ren. adi.: Renal adipose, Epi. Adi.: epididymal adipose.

らなかった．

Table 2-2 に，屠殺時のラットの各種臓器重量を示した．酵素処理大豆ホモジェネート摂食群で腎周辺脂肪組織および睾丸周辺脂肪組織重量が高い値を示し，対照群との間に有意差が認められた．その増加傾向は睾丸よりも腎周辺脂肪組織に強く認められた．他の臓器重量に有意な差は認められなかった．

### 2）ラットの肝機能に及ぼす影響

肝機能障害の指標酵素である血清中の GOT および GPT 活性を測定したところ，酵素処理大豆ホモジェネート摂食群で GOT 活性および GPT 活性が低い値を示し，GOT 活性では有意差を与えた．また，肝臓におけるアルブミン合成能の指標としての血清中のアルブミンレベルは，全ての摂食群で有意差は認められなかった．以上の結果より，本研究での摂取レベルでは大豆抽出物が肝臓障害を起こさないことが示唆され，酵素処理大豆ホモジェネート摂取ではむしろ肝臓障害予防効果が期待された（Table 3）．

### 3）各種血清脂質に及ぼす影響

大豆ホモジェネート摂食群において HDL-Chol レ

**Table 3.** Effects of soybean products feeding on serum glutamic-oxaloacetic transaminase (GOT), glutamic-pyruvic transaminase (GPT) activity and albumin level of Sprague-Dawley Rats.

| | Transaminase activity (Karmen unit) | | Albumin (mg/dL) |
|---|---|---|---|
| | GOT | GPT | |
| Control | 24.0±1.8 | 7.2±2.4 | 3.8±0.2 |
| Soybean | 22.5±2.2 | 5.8±2.1 | 3.8±0.0 |
| Enzyme | 18.8±4.3* | 4.8±2.5 | 3.8±0.2 |
| Extract | 21.2±4.8 | 8.7±1.6 | 3.8±0.1 |

Data are means±SD for 4 or 5 rats in each group. Data containing asterisk marks are significantly different from the values in control group at $p<0.05$.

**Table 4-1.** Effects of soybean products feeding on serum cholesterol levels of Sprague-Dawley Rats.

| | Serum cholesterol levels (mg/dL) | | |
|---|---|---|---|
| | Total Chol. | HDL Chol. | HDL/Total Chol. |
| Control | 90.6±15.7 | 19.9±4.9 | 0.22±0.03 |
| Soybean | 88.9±12.3 | 23.7±3.3 | 0.27±0.03* |
| Enzyme | 94.9±14.6 | 23.5±3.5 | 0.25±0.01 |
| Extract | 89.2±14.3 | 20.6±6.2 | 0.23±0.04 |

Data are means±SD for 4 or 5 rats in each group. Data containing asterisk marks are significantly different from the values in control group at $p<0.05$.

**Table 4-2.** Effects of soybean products feeding on serum lipids levels of Sprague-Dawley Rats.

| | Lipids content (mg/dL) | | NEFA (mEq/L) |
|---|---|---|---|
| | PL | TG | |
| Control | 112.1±25.4 | 55.5±20.3 | 0.44±0.15 |
| Soybean | 124.5±11.7 | 72.8±15.7 | 0.37±0.06 |
| Enzyme | 120.1±21.1 | 75.7±30.1 | 0.47±0.05 |
| Extract | 106.7±28.7 | 61.7±25.1 | 0.45±0.06 |

Data are means±SD for 5 rats in each group.

ベルの上昇傾向が認められ，T-Chol に対する HDL-Chol の割合を検討したところ有意な上昇が認められた．この上昇効果は，酵素処理大豆ホモジェネート摂食群および大豆エキス摂食群において消失することより，大豆中の高分子成分が影響していることが示唆された（Table 4-1）．

血清中の PL および TG レベルにおいて，大豆ホモジェネート摂食群および酵素処理大豆ホモジェネート摂食群において上昇傾向が認められたが有意な変化は認められなかった．NEFA レベルに関してはすべての摂食群で有意な変化は認められなかった．

**4）血清および肝臓脂質過酸化レベルに及ぼす影響**

血清および肝臓脂質の過酸化に及ぼす影響を検討するため，それぞれにおいて TBARS 値および PCOOH/PC 値を測定した（Table 5）．全ての摂食群で TBARS 値，PCOOH/PC 値に有意な変化は認められなかった．

**5）肝臓リン脂質の脂肪酸組成に及ぼす影響**

肝臓 PC および PE の脂肪酸組成に及ぼす影響を Table 6-1 および 6-2 に示した．PC において，大豆ホモジェネート摂食群で，ジホモ-$\gamma$-リノレン酸（20:3 $n$-6）およびドコサヘキサエン酸（22:6 $n$-3）の割合が高い値を示す傾向が認められ，PE においては，大豆ホモジェネート摂食群で，アラキドン酸（20:4 $n$-6）の割合が低い値を示し，ドコサヘキサエン酸（22:6 $n$-3）の割合が高い値を示したが，その程度は大きなものではないと考えられ，大豆ホモジェネート摂食は，ラット肝臓の脂肪酸組成に大きな影響を及ぼさないことが示唆された．また，酵素処理大豆ホモジェネート摂食群および大豆エキス群ともに対照群との間で有意な差違は認められなかった．

**6）免疫調節機能に及ぼす影響**

血清中の抗体濃度に及ぼす大豆抽出物の影響を Table 7-1 に示した．血清中の IgG 濃度は，大豆ホモジェネート摂食群で最も低い値を示した．一方，血清中の IgA および IgM 濃度には摂食による有意な差は認められなかった．

脾臓および MLN リンパ球の抗体産生能に及ぼす影響について Table 7-2 に示した．脾臓リンパ球の IgA 産生能は大豆ホモジェネート，酵素処理大豆ホモジェネート摂食群において高い傾向が認められた．IgG 産生能においては，全ての摂食群において高い傾向が認められ，中でも大豆ホモジェネート摂食群において有意な増強効果が認められた．一方，MLN リンパ球の抗体産生能においては，全ての摂食群において有意な差は認められなかった．これらの結果より大豆ホモジェネート摂食は腸管免疫系よりむしろ全身免疫系を活性化することが示唆された．さらに，NK 活性を検討したところ，酵素処理大豆ホモジェネート摂食群において，脾臓および MLN リンパ球による NK 活性を有意に減少する傾向が認められ，大豆ホモジェネート摂食群でも，MLN リンパ球における NK 活性の抑制効果を示した．これらの結果より，大豆ホモジェネートおよび酵素処理大豆ホモジェネート摂食による腸管免疫系の抑制効果が示唆された（Table 8）．

これらの結果より大豆ホモジェネート摂食には，全身免疫系に属する脾臓リンパ球の IgG 抗体産生能の促進効果および HDL-Chol の割合を上昇させる機能があることが示された．抗体産生の促進は，感染症の予防や免疫機能の低下を伴う種々の疾病の病状改善に利用可能であり，HDL-Chol の割合の増加は，冠状動脈硬化性心疾患などの発症を抑制することが期待される．一方，酵素処理大豆ホモジェネート摂食群においては，GOT および GPT レベルが減少することよ

**Table 5.** Effects of soybean products feeding on serum and liver lipid peroxidation of Sprague-Dawley Rats.

| | TBARS | | PCOOH/PC | |
|---|---|---|---|---|
| | Serum (nmol MDA/mL) | Liver (nmol MDA/g) | Serum ($\mu$M/mM) | Liver ($\mu$M/mM) |
| Control | 4.2±2.0 | 15.1±10.5 | 0.15±0.03 | 0.08±0.02 |
| Soybean | 4.0±2.2 | 12.1± 6.3 | 0.14±0.05 | 0.07±0.01 |
| Enzyme | 4.2±2.0 | 12.0±12.9 | 0.16±0.01 | 0.08±0.03 |
| Extract | 3.8±1.6 | 15.6± 6.9 | 0.15±0.04 | 0.11±0.05 |

Data are means±SD for 4 or 5 rats in each group.

**Table 6-1.** Effects of soybean products feeding on fatty acid composition of liver phospholipids (phosphatidylcholine).

| Fatty acids | | (wt. %) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Control | Soybean | Enzyme | Extract |
| <16:0 | | ND | ND | 0.0±0.1 | 0.1±0.1 |
| 16:0 | PA | 21.2±2.6 | 19.5±1.4 | 20.4±1.6 | 19.3±2.4 |
| 16:1 (n-9) | | 0.1±0.1 | 0.1±0.1 | 0.1±0.1 | 0.1±0.1 |
| 17:0 | | 0.1±0.2 | 0.2±0.1 | 0.1±0.1 | 0.1±0.1 |
| 18:0 | SA | 25.2±1.7 | 26.0±1.8 | 25.6±1.3 | 27.8±2.7 |
| 18:1 (n-9) | OA | 1.6±0.2 | 1.5±0.2 | 1.5±0.4 | 1.6±0.2 |
| 18:2 (n-6) | LA | 9.6±1.7 | 8.2±1.2 | 8.2±0.8 | 10.0±1.4 |
| 18:3 (n-6) | GLA | 0.5±1.0 | 0.0±0.1 | ND | ND |
| 20:2 | | 0.2±0.2 | 0.6±0.1** | 0.5±0.3 | 0.5±0.1* |
| 20:3 (n-6) | DGLA | 0.1±0.2 | 0.4±0.1* | 0.1±0.2 | 0.0±0.1 |
| 20:4 (n-6) | AA | 34.9±3.2 | 34.5±0.9 | 35.5±1.8 | 33.7±0.8 |
| 24:0 | | ND | ND | 0.0±0.1 | 0.0±0.1 |
| 22:6 (n-3) | DHA | 2.2±0.8 | 3.2±0.4* | 3.1±0.5 | 2.6±0.6 |
| Others | | 4.3±1.1 | 5.6±1.1 | 4.8±0.1 | 4.2±1.4 |
| Total n-3 | | 2.2±0.8 | 3.2±0.4* | 3.1±0.5 | 2.6±0.6 |
| Total n-6 | | 45.2±3.6 | 43.3±1.1 | 43.8±1.2 | 43.7±1.7 |
| Total n-9 | | 1.7±0.2 | 1.6±0.2 | 1.6±0.3 | 1.7±0.3 |
| Δ6 index (GLA+DGLA+AA)/LA | | 3.8±0.9 | 4.3±0.7 | 4.4±0.7 | 3.4±0.4 |

Date are means±SD (n=5). Data containing asterisk marks (*, **) are significantly different from the values in control group at $p<0.05$ and $p<0.01$, respectively.

**Table 6-2.** Effects of soybean products feeding on fatty acid composition of liver phospholipids (phosphatidylethanolamine).

| Fatty acids | | (wt. %) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Control | Soybean | Enzyme | Extract |
| <16:0 | | ND | ND | ND | ND |
| 16:0 | PA | 17.7±2.6 | 17.5±1.2 | 18.5±1.6 | 18.3±2.8 |
| 16:1 (n-9) | | ND | ND | ND | ND |
| 17:0 | | ND | ND | ND | ND |
| 18:0 | SA | 29.3±1.6 | 30.6±1.1 | 30.9±2.5 | 27.9±3.5 |
| 18:1 (n-9) | OA | 1.3±0.8 | 1.5±0.2 | 1.2±0.9 | 1.2±0.7 |
| 18:2 (n-6) | LA | 3.2±1.4 | 2.5±0.9 | 2.5±0.7 | 5.2±1.8 |
| 18:3 (n-6) | GLA | ND | ND | ND | ND |
| 20:2 | | ND | ND | ND | ND |
| 20:3 (n-6) | DGLA | ND | ND | ND | ND |
| 20:4 (n-6) | AA | 34.1±1.9 | 31.5±0.4* | 31.2±2.8 | 33.5±2.0 |
| 24:0 | | ND | 0.1±0.3 | 0.1±0.3 | 0.2±0.3 |
| 22:6 (n-3) | DHA | 7.1±0.9 | 8.8±1.2* | 8.4±1.5 | 8.1±1.8 |
| Others | | 7.5±3.6 | 7.5±1.4 | 7.2±2.7 | 5.7±2.2 |
| Total n-3 | | 7.1±0.9 | 8.8±1.2* | 8.4±1.5 | 8.1±1.8 |
| Total n-6 | | 37.3±3.0 | 34.0±1.0* | 33.7±2.4 | 38.7±2.2 |
| Total n-9 | | 1.3±0.8 | 1.5±0.2 | 1.2±0.9 | 1.2±0.7 |
| Δ6 index (GLA+DGLA+AA)/LA | | 12.5±5.5 | 13.9±4.5 | 13.6±5.8 | 7.3±3.0 |

Date are means±SD (n=5). Data containing asterisk marks are significantly different from the values in control group at $p<0.05$.

**Table 7-1.** Effects of soybean products feeding on serum immunoglobulin levels of Sprague-Dawley Rats.

| | IgA (μg/mL) | IgG (mg/mL) | IgM (μg/mL) |
|---|---|---|---|
| Control | 198±42 | 4.9±2.3 | 484± 71 |
| Soybean | 178±18 | 2.1±1.0* | 538±111 |
| Enzyme | 193±51 | 5.3±2.7 | 464± 95 |
| Extract | 196±33 | 5.5±3.6 | 545±105 |

Data are means±SD for 4 or 5 rats in each group. Data containing asterisk marks are significantly different from the values in control group at $p<0.05$.

**Table 7-2.** Effects of soybean products feeding on immunoglobulin productivity by spleen and mesenteric lymph node lymphocytes of Sprague-Dawley Rats.

| Spleen | IgA (ng/mL) | IgG (ng/mL) | IgM (ng/mL) |
|---|---|---|---|
| Control | 4.4±2.3 | 38.3± 6.7 | 196±50 |
| Soybean | 6.6±4.3 | 55.5±13.3* | 225±74 |
| Enzyme | 6.2±3.0 | 51.7±13.8 | 227±22 |
| Extract | 4.5±4.5 | 57.9±37.6 | 180±51 |
| MLN | | | |
| Control | 13.1±10.3 | 27.7±14.4 | 10.0±2.2 |
| Soybean | 14.7±11.7 | 29.0±22.1 | 10.2±5.2 |
| Enzyme | 10.6± 4.4 | 25.1± 8.0 | 10.6±2.1 |
| Extract | 9.7± 5.0 | 28.0±19.5 | 9.6±4.2 |

Data are means±SD for 3 or 5 rats in each group. Data containing asterisk marks are significantly different from the values in control group at $p<0.05$.

**Table 8.** Effects of soybean products feeding on NK activity by spleen and mesenteric lymph node lymphocytes of Sprague-Dawley Rats.

| | Spleen (%) | MLN (%) |
|---|---|---|
| Control | 31.2± 4.0 | 24.8±3.8 |
| Soybean | 27.4± 9.7 | 13.1±2.2** |
| Enzyme | 23.3± 3.3** | 11.8±2.6** |
| Extract | 28.7±13.2 | 17.6±7.9 |

Data are means±SD for 3 to 5 rats in each group. Data containing asterisk marks (*, **) are significantly different from the values in control group at $p<0.05$ and $p<0.01$, respectively.

り肝機能障害予防効果が期待できる．

今後の課題として，酵素処理大豆ホモジェネートの分離精製を行い，どの分解物が生理機能を有しているのかを解明していくことが必要である．また，ペプチドの調製において用いる酵素の種類，精製法の如何によっては様々なペプチドサンプルができることより，さらに新規の生理機能が付加される可能性が示唆され，さらなる研究が望まれる．

## 要　　約

大豆抽出物の脂質代謝および免疫機能を明らかにするために，それらのサンプルを食餌重量に対し3％レベルでSprague-Dawley系ラットに摂食させた．その結果，大豆ホモジェネート摂食群において，全身免疫系に属する脾臓リンパ球のIgG抗体産生能の増強効果および血清中のT-Cholに対するHDL-Cholの割合の上昇が認められた．これにより，大豆ホモジェネート摂食による抗体産生促進作用は宿主免疫の活性化に有用である可能性が期待された．一方，酵素処理大豆ホモジェネート摂食により，GOTおよびGPT活性が減少することより肝機能障害予防効果が期待された．本研究により，大豆ホモジェネートおよび大豆

ホモジェネートから派生する分解物の新規生理機能が明らかとなった.

## 文献


Folch, J., M. Lees and G. H. Sloane-Sanley 1957 A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **226**: 497-506

Ikeda, I., Y. Tomari and M. Sugano 1989 Interrelated effect of dietary fiber and fat on lymphatic cholesterol and triglyceride absorption. *J. Nutr.*, **119**: 1383-1387

Jeffery, N. M. M. Cortina, E. A. Newsholme and P. C. Calder 1997 Effects of variations in the proportions of saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids in the rat diet on spleen lymphocyte functions. *Bri. J. Nutr.*, **77**: 805-823

河村幸雄 1997 大豆タンパク質のアンギオテンシン変換酵素阻害ペプチドと血圧降下作用. 食品工業, **40**: 73-82

Lim, B. O., K. Yamada and M. Sugano 1994 Effects of bile acids and lectins on immunoglobulin production in rat mesenteric lymph node lymphocytes. *In vitro Cell. Dev. Biol. Anim.*, **30**: 407-413

Miyazawa, T. 1989 Determination of phospholipid hydroperoxides in human blood plasma by a chemiluminescence-HPLC assay. *Free. Radic. Biol. Med.*, **7**: 209-217

Miyazawa, T., T. Suzuki, K. Fujimoto and K. Yasuda 1992 Chemiluminescent simultaneous determination of phosphatidylcholine hydroperoxide and phosphatidylethanolamine hydroperoxide in the liver and brain of the rat. *J. Lipid Res.*, **33**: 1051-1059

Reeves, P. G., F. H. Nielsen and G, C. Fahey, Jr. 1993 AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American institute of nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J. Nutr.*, **123**: 1939-1951

菅野道廣 1987 コレステロール代謝の調節に関する栄養生化学的研究. 栄食誌, **40**: 93-102

Sugano, M., S. Goto, Y. Yamada, K. Yoshida, K. Hashimoto, T. Matsuo and M. Kimoto 1990 Cholesterol-lowering activity of various undigested fractions of soybean protein in rats. *J. Nutr.*, **120**: 977-985

竹中康之・仲村太志・吉川正明 2000 大豆たんぱく質から派生する低分子ペプチドによる脂質代謝調節に関する研究. 大豆たん白質研究, Vol.**3**: 105-109

山田耕路 1998 大豆ペプチドの抗アレルギー作用. Food Style 21(**Vol.II/No.6**): 41-43

山本孝史・井上五郎 1991 ヒト血漿コレステロール濃度に及ぼす大豆タンパク質の効果. 栄食誌, **44**: 155-162

山田耕路・高杉美佳子・田村由希・宮崎義之・菅野道廣・立花宏文 1999 マウスリンパ球を用いた抗体産生調節因子機能検定系の開発とその利用. 大豆たん白質研究, Vol.**2**: 65-69

Yoshiro, A., S. Oda and M. Sugano 1985 Hypocholesterolemic effect of soybean protein in rats and mice after peptic digestion. *J. Nutr.*, **115**: 1325-1336


## Summary


To clarify the lipid metabolism and immune function of soybean extracts, Sprague-Dawley rats were fed diets with sample powders containing 3% level. After soybean homogenate was fed to rats for 3 weeks, IgG productivity of spleen lymphocytes was enhanced and HDL-Chol level for T-Chol level in serum was increased. The immunoglobulin production stimulating effects by soybean homogenate may be useful for activation of host defenses. On the other hand, feeding of enzyme digested soybean homogenate decreased GOT and GPT activities in serum. These results suggested that enzyme digested soybean homogenate may be prevention against lesion of hepatic function. In this study, it is clear that soybean homogenate and digestive products have novel biological and physiological regulatory function.