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

Sprague-Dawleyラットの脂質代謝,免疫機能に及ぼすイチョウ葉および竹エキス粉末の摂食効果

安田, 伸
九州大学大学院生物資源環境科学三生物機能科学専攻生物機能化学講座食糧化学研究室

宮崎, 義之
九州大学大学院生物資源環境科学三生物機能科学専攻生物機能化学講座食糧化学研究室

服部, 絵美
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

立花, 宏文
九州大学大学院生物資源環境科学三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/10.15017/21118

出版情報：九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 57 (1), pp.17-25, 2002-10. 九州大学大学院農学研究院
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

九大農学芸誌（Sci. Bull. Fac. Agr., Kyushu Univ.）
第57巻　第1号　17-25　(2002)

Sprague-Dawleyラットの脂質代謝，免疫機能に及ぼすイチョウ葉および竹エキス粉末の摂食効果

安田　伸*・宮崎義之*・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5日受付，2002年7月12日受理）

Dietary Effect of *Ginkgo Biloba* and Bamboo Extract Powders on Lipid Metabolism and Immune Function of Sprague-Dawley Rats

Shin YASUDA*, Yoshiyuki MIYAZAKI*, 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

近年，食品の機能性に注目が集まるようになり，栄養源的あるいは嗜好品的役割に加えて，さらに多彩な生理活性を探索するための研究が多くなされている．この機能は生体あるいは体調調節機能とも言われ，生体リズムの調整，神経系の覚醒あるいは鎮静，免疫系の調節など多岐にわたる機能的役割を食品が担うことを意味する．先の研究により我々は様々な植物由来成分が生体調節機能を有することを見いだしてきた．即ち，食物繊維（Lim *et al.*, 1997; Yamada *et al.*, 1999），多価不飽和脂肪酸（Hung *et al.*, 1999; Yamada *et al.*, 1996），抗酸化成分（Gu *et al.*, 1998, 1999; Kaku *et al.*, 1999）などの食品成分の摂食により，ラットの脂質代謝および免疫機能が影響を受けることを示した．

フラボノイドは2つのフェニル基が炭素原子3つを介して結合した化学構造を有する成分の総称であり，野菜や果実などの植物に広く存在する．これまで食品に含まれるフラボノイドは栄養学的な評価を受けることは稀で，むしろ消化酵素を阻害する可能性があることから不要な成分として扱われてきた．しかし近年になって，食品の生体調節機能に関する研究が進展するにつれて，フラボノイドが多様な生理機能を示すことが次々に明らかとなり，食品成分の中でも最も注目される成分の一つになった．その生理機能には抗酸化能，抗菌作用等が挙げられ（Rice *et al.*, 1996; Tamogami *et al.*, 1997），臨床的には発癌予防，動脈硬化症などの生活習慣病予防に有効であるとの知見が得られている（Frankel *et al.*, 1993; Kato *et al.*, 1987）．植物は種類を問わず様々なフラボノイドを含んでいるが，その効力には差があり，例えば抗酸化性の強さはその水酸基の数に影響されると推察されている．なかでもイチョウ葉（*Ginkgo biloba*）は

* 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)

ケルセチン，ケンフェロール，イソラムネチンおよびギンゴライド，ビロバライドといった強力な薬理作用を示すフラボノイドに富むことが認められている（Vanhaelen *et al.*, 1988）．一方，竹においてもクロロゲン酸誘導体といった新フラボノイド成分に富むことが見いだされ（Kweon *et al.*, 2001），その生理作用に期待が持たれる．我が国では，竹を幼若時の筍として食する習慣があるものの，竹そのものの生理作用，生体調節機能に関する詳細な研究データには乏しいのが現状である．

そこで本研究ではポリフェノール素材としてイチョウ葉エキスおよび竹の熱水アルコール抽出物の生体調節機能を明らかにするために，それらの抽出物粉末をラットに摂食させた後に，脂質代謝および免疫担当リンパ球の抗体産生能に及ぼす影響を検討した．

材料および方法

イチョウ葉エキスおよび3種類の竹エキス粉末は佐々木食品（株）より，High-Linol（HL）サフラワー油はリノール油脂（株）より供与されたものを用いた．

実験動物には4週齢のSprague-Dawley系雄ラット（セアック吉富）を用いた．1週間の予備飼育後5群に分け（各群5匹），実験食としてAIN-93G準拠食を用い，イチョウ葉エキス，竹エキス群にはフラボノイド含量を終量0.1%となるよう添加した食餌を3週間自由摂食させた．飼育終了後，エーテル麻酔下で大動脈採血にて屠殺し，ただちに肝臓，腎臓および睾丸周辺脂肪組織，心臓，腎臓，肺，脾臓，脳を摘出しこれらの臓器重量を測定した．本実験にあたっては，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，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．

ラット血清中glutamic-oxaloacetic transaminase（GOT）およびglutamic-pyruvic transaminase（GPT）活性，albumin，total cholesterol，high density lipoprotein cholesterol（HDL cholesterol），phospholipids（PL），triglycerides（TG），non-esterified free fatty acids（NEFA），thiobarbituric acid-reactive substances（TBARS）レベルの測定はそれぞれ市販の測定キット（テストワコー，和光純薬）を用いて定量した．

Folchらの方法（Folch *et al.*, 1957）に従い血清および肝臓より抽出した全脂質におけるphosphatidylcholine hydroperoxide（PCOOH）レベルを，Miyazawaらの方法（Miyazawa *et al.*, 1987, 1992）に従い，chemiluminescence-high performance liquid chromatography（CL-HPLC）を用いて測定した．

肝臓リン脂質および中性脂質は抽出後，薄層クロマトグラフィー法によりリン脂質画分にphosphatidylcholine（PC）およびphosphatidylethanolamine（PE），中性脂質neutral lipids（NL）を得た．これらの肝臓脂質脂肪酸組成はガスクロマトグラフィーを用い測定した．

脾臓および腸間膜リンパ節（MLN）リンパ球の調製は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．

実験結果の統計処理はDuncanの方法（Duncan, 1955）を用いて有意差検定を行った．

結果および考察

1）ラットの成長，臓器重量に及ぼす影響

ラットの成長に及ぼすイチョウ葉および竹エキス粉末摂食の影響を検討した結果，飼育期間中の摂食量，体重増加量および摂食効率に影響は認められなかった（data not shown）．屠殺時における，体重100 g当たりの各組織重量の測定結果をTable 1に示す．コントロール群と比べイチョウ葉エキス群でのみ肝臓重量は高い値を示し，対照的に内臓系脂肪組織重量では低い値を示した．腎臓周辺脂肪組織重量においては有意差が認められ，コントロール群の約46.2%値を示した．心臓，腎臓，肺，脾臓，脳における組織重量に有意差は認められなかった．続いて，肝臓障害指標酵素として血清中GOT，GPT活性および肝臓アルブミン合成能の指標として血清中アルブミンレベルを測定した結果をTable 2に示す．その結果，GOT活性はすべての試験食群でコントロール群より低い傾向を示し，竹エキス3群で有意差を与えた．しかしながらGPTについては各試験食摂取による有意な影響は認められなかった．一方，血中アルブミンレベルは竹エキス1，2群でコントロール群より有意に低い値を示した．ここでみられた竹エキス群における血中アルブミンレベルの低下が肝機能障害によるものかあるいはネフローゼに象徴的な尿中排泄によるものかを検討するため，肝臓中および尿中アルブミンレベルを測定し

Table 1. Effects of *Ginkgo biloba* and bamboo extracts feeding on tissue weights of Sprague-Dawley rats.

	Tissue weight (g/100 g body weight)							
	Liver	Ren. adi.	Epi. adi.	Heart	Kidney	Lung	Spleen	Brain
Control	4.9±0.3ab	1.9±0.1a	1.1±0.0	0.4±0.0	0.9±0.0	0.5±0.0	0.2±0.0	0.6±0.0
Ginkgo	5.6±0.3a	1.3±0.2b	0.9±0.1	0.4±0.0	0.9±0.0	0.5±0.0	0.2±0.0	0.6±0.0
Bamboo 1	4.5±0.3b	1.8±0.2a	1.1±0.1	0.4±0.0	0.9±0.0	0.5±0.0	0.3±0.0	0.7±0.0
Bamboo 2	4.6±0.2b	1.8±0.2a	1.1±0.1	0.4±0.0	0.8±0.0	0.5±0.0	0.3±0.0	0.6±0.0
Bamboo 3	4.3±0.2b	2.0±0.2a	1.2±0.1	0.4±0.0	0.9±0.0	0.5±0.0	0.2±0.0	0.6±0.0

Data are means±SE (n=5) and values without a common letter are significantly different at $p<0.05$. Ren. adi.; renal adipose, Epi. adi.; epididymal adipose.

Table 2. Effects of *Ginkgo biloba* and bamboo extracts feeding on serum glutamic-oxaloacetic transaminase (GOT), glutamic-pyruvic transaminase (GPT) activities and albumin level of Sprague-Dawley rats.

	GOT	GPT	Albumin level		
	(Karmen U)		Serum (g/dL)	Liver (g/g tissue)	Urine (mg/dL)
Control	67.2±10.0a	11.3±1.6	3.61±0.04a	0.65±0.05a	24.3±2.6
Ginkgo	55.2± 5.2ab	13.5±3.9	3.75±0.05a	0.70±0.06ab	17.7±2.8
Bamboo 1	50.2± 5.8ab	10.6±1.1	2.62±0.36b	0.78±0.04ab	14.1±0.8
Bamboo 2	51.9± 3.2ab	13.1±1.6	2.60±0.38b	0.82±0.04b	19.5±1.9
Bamboo 3	45.9± 4.2b	12.5±1.1	4.02±0.10a	0.78±0.03ab	20.7±5.8

Data are means±SE (n=4 or 5) and values without a common letter are significantly different at $p<0.05$.

た．その結果，肝臓におけるアルブミンレベルはむしろコントロール群以外の各試験食群で高い傾向にあり，竹エキス2群で有意な高値を示した．また，尿中においては各試験食群で逆に低値を示したが有意差を与えなかった．以上の結果により，今回の摂食レベルではイチョウ葉エキスが肝臓になんらかの影響を与え肝臓の増大化を，さらに内蔵型脂肪の蓄積を抑制することが示唆された．また，竹エキス1，2，3は成長に大きく影響しないことおよび肝臓障害を起こさないことが示唆された．

2）脂質代謝に及ぼす影響

Table 3に血清脂質濃度に及ぼす影響を示した．総コレステロール値はコントロール群と比較してすべての群間に有意差は認められず，HDLコレステロール値は竹エキス2群で有意に高値を示した．しかしながら，血清中PL，NEFAレベルについては各試験食摂取による有意な影響は認められなかった．TGレベルはイチョウ葉群でコントロール群に対し有意に低い値を示し，摂食効果が血中脂質改善効果をもたらすことが期待された．

Table 4に血清および肝臓中のTBARSおよびPCOOH/PCレベルを示した．TBARSは脂質過酸化指標の一つであるが，血清TBARSレベルにすべての群間で有意差は認められなかった．一方，肝臓TBARSレベルはイチョウ葉群でのみ高い値を示し，生体内過酸化反応の亢進が憂慮された．PCOOH/PCもまた脂質過酸化指標の一つであり，血清においてはコントロール群に対し各試験食群で低値を示し，イチョウ葉および竹エキス2群で有意差が認められた．さらにPCOOH/PCレベルは肝臓ではコントロール群に対し各群共に有意な低値を示した．以上の結果は，イチョウ葉エキスが肝臓において過酸化生成物の蓄積を誘導する一方で，生体膜構成リン脂質の初期の過酸化レベルを低減させるということ，竹エキスが肝臓や血清リン脂質過酸化レベルを改善することを示唆する．

イチョウ葉および竹エキスの血清脂質濃度調節を示唆する結果が得られたため，更に肝臓における脂肪酸

Table 3. Effects of *Ginkgo biloba* and bamboo extracts feeding on serum lipid levels of Sprague-Dawley rats.

	Lipid levels				
	Total Cholesterol (mg/dL)	HDL Cholesterol (mg/dL)	PL (mg/dL)	TG (mg/dL)	NEFA (mEq/L)
Control	98.9±3.9	24.7±0.6a	109.3±3.5ab	62.7±4.1a	0.47±0.01
Ginkgo	102.8±6.4	27.9±1.8ab	102.4±6.9ab	30.2±8.2b	0.41±0.02
Bamboo 1	85.3±7.9	24.9±1.9a	86.7±6.9a	62.6±13.9a	0.43±0.08
Bamboo 2	102.7±11.5	30.7±2.0b	121.3±5.8b	61.2±14.8ab	0.47±0.06
Bamboo 3	92.6±9.0	27.4±2.2ab	99.7±11.5ab	44.8±5.1ab	0.43±0.04

Data are means±SE (n=5) and values without a common letter are significantly different at $p<0.05$.

Table 4. Effects of *Ginkgo biloba* and bamboo extracts feeding on serum and liver lipid peroxidation of Sprague-Dawley rats.

	TBARS		PCOOH/PC	
	Serum (nmol MDA/mL)	Liver (nmol MDA/g)	Serum (pmol/mg)	Liver (pmol/mg)
Control	12.2±1.3	25.7± 7.3a	199.8±48.8a	55.3±8.8a
Ginkgo	11.2±0.8	141.5±43.8b	113.5±18.5b	23.4±2.1b
Bamboo 1	11.9±2.5	16.1± 3.3a	124.8±11.7ab	26.7±2.0b
Bamboo 2	12.2±2.1	20.0± 7.7a	112.5±10.1b	28.6±4.0b
Bamboo 3	13.4±0.8	12.5± 4.0a	118.6±23.1ab	22.8±1.5b

Data are means±SE (n=5) and values without a common letter are significantly different at $p<0.05$.

組成に及ぼす影響について検討した．Table 5 にはイチョウ葉，竹エキス摂食が PC の Table 6 には PE の，そして Table 7 には NL の脂肪酸組成に及ぼす影響を示した．肝臓 PC において，ステアリン酸（18:0）の割合はコントロール群よりもすべての試験食群で有意に上昇し，リノール酸（18:2 n-6）は低値を示した．また，竹エキス摂食群ではパルミチン酸（16:0）の割合は有意に低値を示した．肝臓 PE において，ステアリン酸（18:0）レベルはイチョウ葉エキス群でのみ高値を示し，リノール酸（18:2 n-6）は PC とは対照的に各試験食群で高値を示す傾向にあった．肝臓 NL においてもステアリン酸（18:0）レベルはイチョウ葉エキス群のみ高い値を示した．また，いずれの脂質画分においてもアラキドン酸（20:4 n-6）レベルはイチョウ葉および竹エキス摂食による影響を受けなかった．これらの結果は肝臓の PC と PE および NL ではイチョウ葉および竹エキス摂食による影響が異なることを示す．イチョウ葉エキスのリンパ球に対する幼若化反応を調べた研究報告では，GOT，GPT 値の上昇を伴って反応陽性を示し，特異的なアレルギー反応の関与を示唆する結果が得られている（Chonan *et al.*, 2002）．ここでアラキドン酸（20:4 n-6）はリノール酸（18:2 n-6）の代謝産物であり，生理活性の強い 4-シリーズのロイコトリエン（LT）及び 2-シリーズのプロスタグランジン（PG）合成の出発物質であることから，炎症応答およびアレルギー発症を促進すると考えられる．今回用いた試験食の摂食は，アラキドン酸レベルに大きな影響を及ぼさないことから，LT や PG 産生を通じてアレルギーや炎症作用を発現する可能性は小さいものと考えられた．

3）抗体産生に及ぼす影響

血清中の IgA，IgG および IgM 抗体濃度に及ぼすイチョウ葉および竹エキス摂食の影響を Table 8 に示した．血清 IgG および IgM 濃度はコントロール群と比較して竹エキス 3 群で有意に高い値を示し，IgA

Table 5. Effects of *Ginkgo biloba* and bamboo extracts feeding on fatty acid composition of liver phosphatidylcholine of Sprague-Dawley rats.

Fatty acids (wt.%)		Control	*Ginkgo*	Bamboo 1	Bamboo 2	Bamboo 3
<16:0		ND	0.0±0.0	0.1±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
16:0	PA	20.8±0.4ac	16.1±0.8b	21.9±1.1a	19.0±0.8c	21.7±0.8a
16:1 (n-7)	POA	0.3±0.1	0.1±0.0	0.2±0.1	0.1±0.1	0.1±0.1
18:0	SA	18.9±0.6a	29.3±0.4b	23.9±0.9c	25.7±1.1c	24.1±0.4c
18:1 (n-9)	OA	2.2±0.2	1.4±0.2	1.6±0.1	1.8±0.2	2.0±0.6
18:2 (n-6)	LA	13.2±1.2a	9.1±0.4b	8.6±0.5b	7.4±0.6b	8.9±0.4b
18:3 (n-6)	GLA	ND	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.1±0.0
18:3 (n-3)	ALA	ND	0.0±0.0	0.2±0.1	0.6±0.6	0.0±0.0
20:1 (n-9)		ND	ND	ND	0.0±0.0	0.0±0.0
20:2		0.7±0.2	0.4±0.1	0.3±0.1	0.4±0.1	0.3±0.1
20:3 (n-6)	DGLA	0.1±0.1	0.1±0.0	0.2±0.1	0.2±0.1	0.1±0.1
20:4 (n-6)	AA	34.7±1.5	36.8±0.7	35.5±0.5	37.0±1.4	35.7±1.0
22:6 (n-3)	DHA	2.9±0.1	2.3±0.2	2.7±0.2	2.9±0.2	2.3±0.6
Others		5.9±1.3	4.0±0.3	4.7±0.4	4.6±0.3	4.4±0.5
Total n-3		3.0±0.1	2.4±0.2	2.9±0.2	3.5±0.6	2.4±0.7
Total n-6		48.1±0.9a	46.0±0.4b	44.2±0.3b	44.6±0.9b	44.7±0.8b
Total n-9		2.2±0.2	1.4±0.2	1.6±0.1	1.8±0.2	2.1±0.6
Δ6 index (GLA+DGLA+AA)/LA		2.8±0.4a	4.1±0.3b	4.2±0.3b	5.2±0.6b	4.1±0.2b

Data are means±SE (n=5) and values without a common letter are significantly different at $p<0.05$. ND; not detected. PA; palmitic acid, POA; palmitoleic acid, SA; stearic acid, OA; oleic acid, LA; linoleic acid, GLA; gamma-linolenic acid, alpha-linolenic acid, DGLA; dihomo-gamma-linolenic acid, AA; arachidonic acid, DHA; docosahexaenoic acid.

Table 6. Effects of *Ginkgo biloba* and bamboo extracts feeding on fatty acid composition of liver phosphatidylethanolamine of Sprague-Dawley rats.

Fatty acids (wt.%)		Control	*Ginkgo*	Bamboo 1	Bamboo 2	Bamboo 3
<16:0		0.3±0.1	0.7±0.3	0.3±0.1	0.4±0.0	0.6±0.1
16:0	PA	14.5±0.5ab	13.3±0.6a	15.5±0.5b	14.5±0.3ab	15.2±0.5b
16:1 (n-7)	POA	0.0±0.0	0.2±0.2	ND	0.0±0.0	ND
18:0	SA	26.5±0.4a	31.0±0.6b	26.4±1.1a	26.7±0.8a	25.8±1.1a
18:1 (n-9)	OA	1.8±0.2	1.2±0.3	1.4±0.1	1.7±0.2	1.7±0.0
18:2 (n-6)	LA	2.5±0.2a	4.2±0.3b	3.4±0.4ab	3.3±0.5ab	3.3±0.5ab
18:3 (n-6)	GLA	0.0±0.0	0.0±0.0	ND	ND	ND
18:3 (n-3)	ALA	ND	0.0±0.0	ND	ND	ND
20:1 (n-9)		0.0±0.0	0.0±0.0	ND	0.0±0.0	ND
20:2		0.5±0.0	0.4±0.0	0.3±0.2	0.5±0.1	0.4±0.1
20:3 (n-6)	DGLA	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.1	0.1±0.1	0.2±0.0
20:4 (n-6)	AA	31.3±0.5	31.6±0.7	32.0±1.0	30.3±0.7	32.7±0.9
22:6 (n-3)	DHA	9.5±0.3ab	8.1±0.4a	8.9±0.5ab	9.3±0.4ab	9.8±0.8b
Others		12.7±0.8	10.0±1.0	11.7±1.0	12.9±1.4	10.2±0.2
Total n-3		9.5±0.3	8.1±0.4	8.9±0.5	9.3±0.4	9.8±0.8
Total n-6		34.0±0.6	35.9±0.8	35.5±1.0	33.7±1.1	36.2±0.7
Total n-9		1.8±0.2	1.5±0.1	1.4±0.1	1.7±0.2	1.7±0.0
Δ6 index (GLA+DGLA+AA)/LA		12.6±0.9a	7.6±0.5b	9.8±1.3ab	10.0±1.4ab	10.7±1.6ab

Data are means±SE (n=5) and values without a common letter are significantly different at $p<0.05$. ND; not detected. PA; palmitic acid, POA; palmitoleic acid, SA; stearic acid, OA; oleic acid, LA; linoleic acid, GLA; gamma-linolenic acid, alpha-linolenic acid, DGLA; dihomo-gamma-linolenic acid, AA; arachidonic acid, DHA; docosahexaenoic acid.

Table 7. Effects of *Ginkgo biloba* and bamboo extracts feeding on fatty acid composition of liver neutral lipids of Sprague-Dawley rats.

Fatty acids (wt.%)		Control	*Ginkgo*	Bamboo 1	Bamboo 2	Bamboo 3
<16:0		1.0±0.1a	0.5±0.1bc	0.9±0.1a	0.6±0.1b	0.3±0.1c
16:0	PA	22.4±0.9ab	19.2±0.9a	23.0±1.4ab	23.8±2.1b	22.6±1.0ab
16:1 (n-7)	POA	1.5±0.2ab	0.7±0.2a	1.4±0.2ab	1.8±0.5b	1.4±0.2ab
18:0	SA	1.8±0.1a	2.5±0.1b	2.1±0.1a	2.1±0.1a	2.1±0.1a
18:1 (n-9)	OA	16.9±0.9	15.4±1.6	16.8±1.2	18.3±1.8	16.8±1.0
18:2 (n-6)	LA	41.7±0.9ab	46.4±2.3a	41.9±1.9ab	38.9±3.7b	42.5±0.9ab
18:3 (n-6)	GLA	0.7±0.0	0.6±0.0	0.7±0.0	0.6±0.1	0.7±0.2
18:3 (n-3)	ALA	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.1±0.1	0.1±0.1
20:1 (n-9)		0.2±0.0	0.2±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.4±0.3
20:2		0.5±0.0	0.8±0.1	0.3±0.1	0.8±0.5	0.3±0.1
20:3 (n-6)	DGLA	0.3±0.0	0.3±0.1	0.2±0.1	0.3±0.1	0.2±0.1
20:4 (n-6)	AA	6.2±0.6	6.9±0.8	6.1±0.5	5.5±0.6	6.2±0.5
22:6 (n-3)	DHA	0.2±0.1ab	0.3±0.1a	0.2±0.1ab	0.1±0.0b	0.1±0.1b
Others		6.4±0.4	6.0±0.5	6.1±0.6	6.8±0.5	6.5±1.0
Total n-3		0.4±0.1	0.5±0.1	0.4±0.1	0.2±0.1	0.2±0.1
Total n-6		48.9±1.4ab	54.2±2.7a	49.0±2.4ab	45.3±4.4b	49.5±1.5ab
Total n-9		17.1±1.0	15.5±1.8	16.9±1.4	18.4±2.4	17.2±1.0
Δ6 index (GLA+DGLA+AA)/LA		0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0

Data are means±SE (n=5) and values without a common letter are significantly different at $p<0.05$. ND; not detected. PA; palmitic acid, POA; palmitoleic acid, SA; stearic acid, OA; oleic acid, LA; linoleic acid, GLA; gamma-linolenic acid, alpha-linolenic acid, DGLA; dihomo-gamma-linolenic acid, AA; arachidonic acid, DHA; docosahexaenoic acid.

Table 8. Effects of *Ginkgo biloba* and bamboo extracts feeding on serum immunoglobulin levels of Sprague-Dawley rats.

	IgA (ng/mL)	IgG (mg/mL)	IgM(μg/mL)
Control	53.5±3.4	3.52± 0.54a	519±28a
Ginkgo	55.1±2.9	4.03±1.12ab	444±47a
Bamboo 1	56.7±2.1	2.62± 0.43a	390±27a
Bamboo 2	56.3±1.8	2.19± 0.36a	411±73a
Bamboo 3	59.0±2.4	5.65± 0.55b	669±44b

Data are means±SE (n=4 or 5) and values without a common letter are significantly different at $p<0.05$.

濃度についても同様の傾向が認められた．Table 9 に全身免疫系を司る脾臓リンパ球の抗体産生能に及ぼす影響と，腸管免疫系を司る腸間膜リンパ節（MLN）リンパ球の抗体産生能に及ぼす影響を示した．脾臓リンパ球ではコントロール群と比較して竹エキス3群で IgG および IgM 産生能が有意に高い値を示した．一方，MLN リンパ球ではコントロール群に対し，各試験食群で IgG 産生能で低い傾向を，更に IgM 産生能は試験食群で有意差をもって低い値を示した．これに対し IgA 産生能には全群間で有意な差は認められなかった．これらの結果から竹エキス3摂食は，全身免疫系を司る脾臓リンパ球の IgG および IgM 抗体産生能を増強し，その結果として血清抗体レベルの上昇に寄与することを示唆している．抗体産生の促進は感染症の予防や免疫機能低下を伴う種々の疾病の症状改善に有効であると期待され，竹エキス由来の生理活性物質がその効果を発揮する為の作用メカニズムを解明する必要があると考えられる．

Table 9. Effects of *Ginkgo biloba* and bamboo extracts feeding on immunoglobulin productivity of spleen and mesenteric lymph node lymphocytes in Sprague-Dawley rats.

		IgA (ng/mL)	IgG (ng/mL)	IgM (ng/mL)
Spleen	Control	3.2±0.5	24.3±1.2a	61.9±4.9a
	Ginkgo	4.1±1.7	24.4±4.7a	62.5±12.2a
	Bamboo 1	7.6±2.5	24.0±1.6a	52.3±4.3a
	Bamboo 2	4.7±0.6	26.0±1.3a	67.6±4.9ab
	Bamboo 3	4.3±0.3	33.5±1.6b	88.1±7.7b
MLN	Control	5.5±0.9	17.1±1.9a	6.8±1.2a
	Ginkgo	5.2±0.9	12.9±1.5ab	3.3±0.4b
	Bamboo 1	7.6±1.5	13.9±1.4ab	3.6±0.4b
	Bamboo 2	5.1±1.0	10.3±1.2b	2.1±0.3b
	Bamboo 3	5.3±1.2	12.6±1.6ab	3.7±0.8b

Data are means±SE (n=5) and values without a common letter are significantly different at $p<0.05$.

要　　約

ポリフェノール素材としてのイチョウ葉および竹エキスの生体調節機能に及ぼす影響を明らかにするため，これらのエキス粉末をフラボノイド総含量で0.1%となるよう調製し，Sprague-Dawley ラットに3週間摂食させ，血清脂質パラメーター，肝臓脂肪酸組成比，およびリンパ球の抗体産生能に及ぼす影響を検討した．イチョウ葉群で肝臓重量が高い値を示し，さらに内臓脂肪組織重量が低い値を示した．これ以外には各試験食がラットの成長に有意な影響を与えることはなかった．血清脂質においては竹エキス2群でコントロール群よりも HDL コレステロール値が有意に高い値を，イチョウ葉エキス群ではコントロール群よりも TG 値が有意に低い値を示した．一方，イチョウ葉エキス群で肝臓 TBARS レベルが高い値を示したにも関わらず PCOOH/PC レベルではコントロール群よりも有意に低い値を示した．また，竹エキス群はコントロール群との間で TBARS レベルに有意差を与えないものの，肝臓および血清の両方で PCOOH/PC レベルは低い値を示した．試験食摂取により肝臓リン脂質，中性脂質のアラキドン酸（20:4 n-6）の割合は影響を受けず，イチョウ葉エキス摂食群にのみステアリン酸（18:0）が高いレベルで認められた．免疫機能においては，竹エキス3摂食により脾臓リンパ球の IgG，IgM 産生能が増強され，血清抗体レベルの上昇に寄与することが示唆された．これらの結果より，イチョウ葉エキスと竹エキスに含まれるフラボノイド類がそれぞれに異なる生理作用を有し，肝機能および免疫機能に異なる影響を与えることが示唆された．今回明らかにしたイチョウ葉エキスの肝重量増加および脂肪組織重量低下作用は肝機能および脂質代謝の亢進に関与する可能性と，竹エキス3の抗体産生促進作用は免疫機能の活性化に有効である可能性を示した．

文　　献

Chonan, O., A. Ito, A. Oohashi, M. Watanuki, and H. Furue 2002 Antihypertensive effect of *Ginkgo biloba* extract on hypertensive subjects. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*, **55**: 11-17

Duncan, D. B. 1955 Multiple range and multiple *F* test. *Biometrics*, **11**: 1-42

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

Frankel, E. N., J. Kanner, J. B. German, E. Parks, and J. E. Kinswell 1993 Inhibition of oxidation of human low-density lipoprotein by phenolic substances in red wine. *Lancet.*, **341**: 454-457

Gu, J. Y., Y. Wakizono, A. Dohi, M. Nonaka, M. Sugano, and K. Yamada 1998 Effect of dietary fats and sesamin on lipid metabolism and immune function of Sprague-Dawley rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **62**: 1917-1924

Gu, J. Y., Y. Wakizono, Y. Sunada, P. Hung, M. Nonaka, M. Sugano, and K. Yamada

1999 Dietary effect of tocopherols and tocotrienols on the immune function of spleen and mesenteric lymph node lymphocytes in Brown Norway rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **63**: 1697-1702

Hung, P., S. Kaku, S. Yunoki, K. Ohkura, J. Y. Gu, I. Ikeda, M. Sugano, K. Yazawa, and K. Yamada 1999 Dietary effect of EPA-rich and DHA-rich fish oils on the immune function of Sprague-Dawley rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **63**: 135-140

Kaku, S., S. Yunoki, M. Mori, K. Ohkura, M. Nonaka, M. Sugano, and K. Yamada 1999 Effect of dietary antioxidants on serum lipid contents and immunoglobulin productivity of lymphocytes in Sprague-Dawley rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **63**: 575-576

Kato, T. and Y. Yamazoe 1987 Metabolic activation and covalent binding to nucleic acids of carcinogenic heterocyclic amines from cooked foods and amino acid pyrolysates. *Jpn. J. Cancer Res.*, **78**: 297-311

Kweon, M. H., H. J. Hwang, and H. C. Sung 2001 Identification and antioxidant activity of novel chlorogenic acid derivatives from bamboo (*Phyllostachys edulis*). *J. Agric. Food Chem.*, **49**: 4646-4655

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

Lim, B. O., K. Yamada, M. Nonaka, Y. Kuramoto, P. Hung, and M. Sugano 1997 Dietary fibers modulate indices of intestinal immune function in rats. *J. Nutr.*, **127**: 663-667

Miyazawa, T., K. Yasuda, and K. Fujimoto 1987 Chemiluminescence-high performance liquid chromatography of phosphatidylcholine hydroperoxide. *Anal. Lett.*, **20**: 915-925

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

Rice-Evans, C. A. and N. J. Miller 1996 Antioxidant activities of flavonoids as bioactive components of food. *Biochem. Soc. Trans.*, **24**: 790-795

Tamogami, S., R. Rakwal, and O. Kodama 1997 Phytoalexin production by amino acid conjugates of jasmonic acid through induction of naringenin-7-*O*-methyltransferase, a key enzyme on phytoalexin biosynthesis in rice (*Oryza sativa L.*). *FEBS Letter*, **401**: 239-242

Vanhaelen, M. and R. V. Fastre 1988 Countercurrent chromatography for isolation of flavonol glycosides from *Ginkgo biloba* leaves. *J. Liquid Chromatogr.*, **11**: 2969-2975

Yamada, K., P. Hung, K. Yoshimura, S. Taniguchi, B. O. Lim, and M. Sugano 1996 Effect of unsaturated fatty acids and antioxidants on immunoglobulin production by mesenteric lymph node lymphocytes of Sprague-Dawley rats. *J. Biochem.*, **120**: 138-144

Yamada, K., Y. Tokunaga, A. Ikeda, K. Ohkura, S. Mamiya, S. Kaku, M. Sugano and H. Tachibana 1999 Dietary effect of guar gum and its partially hydrolyzed product on lipid metabolism and immune function of Sprague-Dawley rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **63**: 2163-2167

Summary

Ginkgo biloba and bamboo extracts are stuffs rich in polyphenols. In this study, we examined effects of *Ginkgo biloba* and bamboo extracts on lipid metabolism and immune function in Sprague-Dawley rats. Rats were fed diets with extract powders corresponded to 0.1% polyphenols. After three weeks feeding, serum lipid parameters, fatty acid composition of liver lipids and immunoglobulin productivity were measured. On growth parameters, the weight of liver was higher while the weight of internal adipose tissues was lower in *Ginkgo biloba* extract group compared with control group. The other significant effects on growth parameters were not observed by any bamboo extract feeding against control group. On serum lipid parameters, bamboo extract 2 increased the serum HDL-cholesterol level, and *Ginkgo biloba* extract decreased the serum TG level. TBARS shows a terminal product of lipid peroxidation, and PCOOH/PC shows an initial peroxidation on lipid membrane. Although *Ginkgo biloba* extract increased the liver TBARS level, it did not affect serum TBARS level and significantly decreased PCOOH/PC level in liver and serum. Bamboo extracts did not affect the liver and serum TBARS level, but decreased PCOOH/PC level. Arachidonic acid (20:4 n-6) levels were comparable in the liver phospholipids and neutral lipids among all the dietary groups. Stearic acid (18:0) levels were remarkably higher in *Ginkgo biloba* extract group compared with control group. On immune function, bamboo extract 3 enhanced IgG and IgM productivities of spleen lymphocytes, and it was suggested that the increase of Ig productivity by spleen lymphocytes contribute to the elevation of serum Ig level. These results indicate that flavonoids derived from *Ginkgo biloba* or bamboo extracts play different roles in lipid metabolism and immune function *in vivo*. The results in high weight of liver and low weight of internal adipose tissues by *Ginkgo biloba* extract feeding might contribute to liver function and lipid metabolism. Moreover, the enhancement on Ig productivity of spleen lymphocytes by bamboo extract 3 feeding might be useful for activation of host-immunity.