豆乳類の一般成分, 無機質, リノール酸, トコフェロール含有量

川井英雄*・鷹野真二**・兼次忠雍**

Proximate Compositions and Contents of Minerals, Linoleic Acid and Tocopherols in Soy Milks

Hideo KAWAI*, Shinji TAKATO** and Tadayasu KANESHI**

* *Kagawa Nutrition Junior College, 3-24-3, Komagome,
Toshima-ku, Tokyo 170*

** *Japan Carbonated Beverage Inspection Association,
2-6-16, Shibaura, Minato-ku, Tokyo 108*

Soy milks were classified into four groups according to Japanese Agricultural Standard for soy milks; soy milk (I), prepared soy milk (II), soy milk beverage containing fruits juice (III) and soy milk beverage containing cereal powder, etc. (IV). Prepared soy milk was divided into sub-classes; added sodium chloride as a seasoning (II-1), added vegetable oil (II-2) and added oil and tocopherols (II-3). Proximate compositions in soy milks were examined. The contents of potassium, sodium, calcium, magnesium, iron, copper, cadmium and lead were determined by atomic absorption method. The value of these elements were as follows; K: 41 ~ 243 mg/100 g, Na: 0.6 ~ 98.0 mg/100 g, Ca: 4.5 ~ 94.8 mg/100 g, Mg: 4.1 ~ 23.6 mg/100 g, Fe: 0.06 ~ 0.70 mg/100 g, Cd: BDL (Below Detectable Level) and Pb: BDL in wet basis. The amount of linoleic acid in I, II-1, II-2, II-3, III and IV were 1.30 ± 0.06 g/100 g, 1.15 ± 0.05 g/100 g, 1.83 ± 0.20 g/100 g, 2.03 ± 0.12 g/100 g, 0.33 ± 0.11 g/100 g and 1.30 ± 0.09 g/100 g, respectively. Contents of tocopherols (α -, β -, γ - and δ -) were determined by high performance liquid chromatography. Total tocopherols contents were found in the range 1.7 ~ 3.3 mg/100 g, 2.4 ~ 2.9, 3.5 ~ 4.7, 23.4 ~ 30.8, 0.5 ~ 1.2, 2.0 ~ 4.0 in I-IV, respectively.

(Received Sep. 29, 1989)

豆乳類の日本農林規格 (以下 JAS) が 1981 年に制定され, JAS 格付けが 1982 年から行われている。1988 年の JAS 格付け実績は約 26 000 kl であった。豆乳類は良質なたん白質と脂質を含み, リノール酸も豊富であることから健康・栄養飲料といわれている。しかし, 大豆や豆腐などの加工品についてのデータは多数あるが, 豆乳類についての報告はあまりみられない。

そこで, 豆乳類について無機質 (K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu), 有害元素の Cd, Pb, 並びにリノール酸, トコフェロールの含有量および一般成分組成について検討

し, 若干の知見を得たので報告する。

実験材料および方法

1. 試料

試料の豆乳類は (財) 日本炭酸飲料検査協会に格付け用に送付されてきたものを実験に供した。豆乳類の分類は豆乳類の JAS に準じて行った。区分を I ~ IV の 4 種として, それぞれ豆乳, 調製豆乳, 果汁入り豆乳飲料および穀類粉末等を加えた豆乳飲料とした。調製豆乳の区分 II については次の 1 ~ 3 に細分した。1 は食塩などの

* 女子栄養短期大学 (〒170 東京都豊島区駒込 3-24-3)

** 財団法人日本炭酸飲料検査協会 (〒108 東京都港区芝浦 2-6-16)

調味料が添加されているものであり、2, 3 は食塩などに加え、2 は植物油脂 (大豆油、とうもろこし油) を、3 は油脂とトコフェロールを添加してあるものである。なお、1985 年に JAS に大豆たん白飲料が追加されたが格付け品はない。

2. 装置および試薬

原子吸光分光光度計: 島津 AA-620

高速液体クロマトグラフィー: 島津 LC-3 A

ガスクロマトグラフィー: 島津 GC-6 AM

インテグレーター: 島津 C-R1A

試薬: 原子吸光分析用試料の調製時において、試薬は原子吸光用を用い、一部は特級品を使用した。水は再蒸留水を用いた。高速液体クロマトグラフィーにおいてはトコフェロール定量用の α -, β -, γ -, δ -トコフェロール標準品、各種溶媒は液体クロマトグラフ用を使用した。ガスクロマトグラフィー分析ではすべて特級品を用いた。試薬はすべて和光純薬製である。

3. 実験方法

(1) 一般成分

水分: 混砂法により、99°C で 2.5 時間乾燥し、水分量を測定した。

たん白質: ケルダール窒素定量法によった。窒素係数 6.25 を乗じてたん白質とした。なお、区分 II ~ IV については副原料由来のたん白質があるものは JAS の規定により差し引いた。

脂質: クロロホルム-メタノール混液改良抽出法により測定した。

炭水化物: 水分、たん白質、脂質、灰分を全量から差し引いて求めた。

灰分: 550°C で 48 時間灰化し、秤量した。

(2) 無機質および有害元素の測定

すべて原子吸光法によって行った。K, Na, Ca, Mg は鈴木ら¹⁾の方法に従い、塩酸抽出法で測定した。なお Ca と Mg の測定にはストロンチウムを添加した。Fe, Cu, Cd, Pb は硝酸-過塩素酸で分解後、Fe は水溶液を直接、Cu, Cd, Pb はジエチルジチオカルバミン酸ナトリウムでキレート後、4-メチル、2-ペンタノンにて抽出して測定した。

(3) トコフェロール

衛生試験法²⁾に従い、ケン化後、*n*-ヘキサンにて抽出し測定した。高速液体クロマトグラフィーの測定条件は以下のとおりである。

Colum: Nucleosil 100-10 NH₂ (4.6 ϕ × 250 mm)

Eluent: *n*-Hexane: 1,4-Dioxane: Ethanol (97.6:

2.0:0.4)

Flow rate: 2.0 mL/min

Detector: UV (292 nm)

Sample size: 10 μ l

(4) リノール酸

常法により試料をケン化後、脂肪酸メチルエステルとして測定した。ガスクロマトグラフィーの条件を以下に示した。

Colum: Uniport HPSP-2300 (3.0 m)

Colum temp.: 185°C

Injection temp.: 215°C

Detector: FID

Carrier gas: N₂, 40 mL/min.

結果および考察

1. 一般成分

区分別の豆乳類の一般成分組成 (水分、たん白質、脂質、炭水化物、灰分) の結果を Table 1 に示した。定量値は湿重量基準値換算を行い、g/100 g で示した。

(1) 水分

区分 I (以下 I) 89.5~91.8, 区分 II の 1 (II-1) 90.0~90.7, 区分 II の 2 (II-2) 86.6~88.4, 区分 II の 3 (II-3) 88.2~89.3, 区分 III (III) 84.9~87.9, 区分 IV (IV) 85.5~86.8 の範囲であった。いずれの区分のものもばらつきが小さく、変動係数は 0.26~0.97% であった。

(2) たん白質

I は 3.8~4.8 の範囲でばらつきが最も大きい、JAS では 3.8 以上と定められているが、1.0% 以上も多く含有しているものが数例みられた。II は 3.0 以上という規格である。II-1 は 3.8~4.2, II-2 は 3.3~3.6, II-3 は 3.2~3.7 の範囲であった。III, IV は 1.8 以上、(果実の搾汁の製品に占める重量の割合が 5% 以上のものにあつては 0.9 以上) という規格である。III, IV はそれぞれ 0.9~1.1, 2.1~2.5 の範囲であり、両者とも変動係数が約 5% でばらつきは小さかった。

(3) 脂質

I ~ IV はそれぞれ 2.3~2.9, 2.2~2.4, 3.1~4.4, 4.0~4.4, 0.4~1.1, 2.4~3.0 の範囲であった。I と II-1 はほぼ同含量であるのに対し、II-2 と II-3 はそれぞれ油脂、油脂とトコフェロールが添加されているため高含量であった。IV は麦芽豆乳飲料の占める割合が高く、これはほとんどの試料に油脂が添加されていた。

(4) 炭水化物

I は 1.4~2.4 で、変動係数 18% と定量値の幅が大きい。II-1~3 は、それぞれ 2.4~3.1, 3.9~5.6, 2.6~3.8 の範囲で、ばらつきは割合小さかった。III, IV は果汁、穀物の粉末などが添加されているため III は 10.5~13.1, IV は 7.7~9.4 と I および II と比較し高含有量であると考えられた。

(5) 灰 分

I ~ IV はそれぞれ 0.4~0.7, 0.4~0.8, 0.5~0.6, 0.4~0.7, 0.1~0.2, 0.2~0.7 の範囲であった。II-2 は変動係数 9% と定量値の幅が小さいが、他の区分はばらつきが大きかった。

2. 無機質および有害元素

区分別の豆乳類の無機質含有量を Table 2 に示した。定量値は湿重量基準値換算し、mg/100 g で示した。

(1) K

I は 167~243, II-1 は 177~196, II-2 は 41~161, II-3 は 153~204, III は 48~91, IV は 49~177 の範囲であった。II-2 と IV のばらつきが大きい原因は不明であった。

(2) Na

I から IV がそれぞれ 0.6~2.5, 75.7~86.4, 50.4~98.0, 58.3~79.6, 5.6~49.8, 36.4~71.5 の範囲であ

Table 1 Proximate compositions in soy milks

Classification	N	Moisture	Protein	Lipid	Carbohydrate	Ash
		mean±s.d.	mean±s.d.	mean±s.d.	mean±s.d.	mean±s.d.
I	10	90.6±0.73	4.4±0.31	2.7±0.22	1.9±0.34	0.5±0.08
II-1	9	90.3±0.27	4.0±0.15	2.3±0.08	2.8±0.24	0.6±0.17
II-2*	12	87.5±0.78	3.4±0.09	3.7±0.49	4.8±0.53	0.5±0.05
II-3**	13	88.8±0.23	3.4±0.16	4.2±0.13	3.1±0.41	0.5±0.11
III	29	86.7±0.84	1.0±0.05	0.6±0.16	11.5±0.72	0.2±0.05
IV*	18	86.2±0.41	2.2±0.12	2.6±0.17	8.7±0.43	0.4±0.14

Concentrations are expressed as g/100 g in wet basis.

*: Added oil (corn or soybean) **: Added oil and tocopherols

N: Number of samples

s.d.: standard deviation

I: Soy milk

II: Prepared soy milk

III: Soy milk beverage containing fruit juice

IV: Soy milk beverage containing cereal powder etc.

Table 2 Potassium, sodium, calcium, magnesium, iron and copper contents in soy milks

Classification	N	K	Na	Ca	Mg	Fe	Cu
		mean±s.d.	mean±s.d.	mean±s.d.	mean±s.d.	mean±s.d.	mean±s.d.
I	6	203±23.3	1.2± 0.73	21.4± 5.02	20.6±2.19	0.56±0.10	0.14±0.02
II-1	7	187± 6.7	80.6± 4.03	13.7± 3.70	16.2±1.55	0.46±0.07	0.13±0.02
II-2	6	135±42.1	66.2±16.14	27.9±21.57	13.8±2.62	0.41±0.09	0.10±0.004
II-3	8	187±15.6	74.6± 6.53	10.9± 2.34	14.2±0.97	0.42±0.08	0.11±0.02
III	10	60±12.4	16.7±13.11	20.6±27.21	5.7±1.17	0.10±0.02	0.04±0.008
IV	14	100±45.4	54.8±11.17	19.3±11.57	11.0±2.08	0.30±0.08	0.07±0.008

Concentrations are expressed as mg/100 g in wet basis.

Some samples are added sodium chloride, potassium lactate, sodium and potassium carbonate except classification I.

N: Number of samples

s.d.: standard deviation

In these samples, cadmium and lead were sought but not detected.

った。ⅡとⅣは大部分の試料が食塩を使用しているために高値であった。Ⅲのうち1例は食塩が添加されているため49.8と高いが、他は10前後であった。

(3) Ca

Iの13.1~28.5, Ⅱ-1の10.6~21.4, Ⅱ-3の8.9~15.2は比較的ばらつきが小さかった。Ⅱ-2は11.8~73.5と定量値の幅が大きいが、高含量の試料は炭酸カルシウムが添加されているためであると考えられた。Ⅲは4.5~94.8, Ⅳは7.4~43.3であるが、高値のものは炭酸カルシウムまたは乳酸カルシウムが添加されているためであると考えられた。

(4) Mg

Iは17.5~23.6, Ⅱ-1は15.0~18.7, Ⅱ-2は8.4~15.4, Ⅱ-3は13.3~16.6, Ⅲは4.1~8.6, Ⅳは8.2~17.0の範囲であり、すべての区分において変動係数6~20%と定量値の幅が小さかった。

(5) Fe

含有量の範囲はI-Ⅳでそれぞれ0.43~0.70, 0.37~0.59, 0.28~0.54, 0.33~0.59, 0.06~0.13, 0.21~0.47であった。大豆のみを使用して製造するIが最も高く、Ⅲが最も低値であった。

(6) Cu

Iは0.12~0.17, Ⅱ-1は0.11~0.17, Ⅱ-2は0.09~0.10, Ⅱ-3は0.09~0.13, Ⅲは0.02~0.05, Ⅳは0.06~0.09の範囲であった。IとⅡが高値, Ⅲが低値であり、豆乳の試料に占める割合(あるいはたん白質量)の差が反映したものであると考えられた。

(7) Cd および Pb

すべての試料が検出限界(Cd……0.01 μg/g, Pb……0.1 μg/g)以下であった。

橋本ら³⁾は豆乳のK, Ca, Mgがそれぞれ1412 ppm, 96 ppm, 181 ppmと報告しており、著者らのIおよびⅡと同レベルと考えられた。寺岡ら⁴⁾は大豆についてK 1000 mg/100 g, Na 16 mg/100 g, Ca 120 mg/100 g, Mg 140 mg/100 g, Fe 6.9 mg/100 g, Cu 660 μg/100 g, また、豆腐(木綿・絹ごし)では同上の単位でKは100~130, Naは2.5~13, Caは62~150, Mgは20~29, Feは1.1~2.1, Cuは100~160であると報告している。著者らのデータ(IおよびⅡ, ただしNaとCaはI)と比較すると、大豆ではK, Ca, Cuは約1/5, 他は1/10弱である。豆腐も同様に比べてみると, Caは1/10程度少ないが, 他の無機質は同レベルである。これは豆腐には凝固剤として硫酸カルシウムあるいは塩化カルシウムが使用されているためと考えられた。

3. リノール酸およびトコフェロール

区分別の豆乳類のリノール酸含量(g/100 g 湿重量)およびトコフェロール含量(mg/100 g 湿重量)をTable 3に示した。

(1) リノール酸

油脂とトコフェロール添加のⅡ-3が最も高含有量で, 次いで油脂添加のⅡ-2が高値であった。Ⅲは変動係数大きい, 他はばらつきが非常に小さかった。全区分ともに脂質量の約50%がリノール酸であった。日高ら⁵⁾は豆乳で脂質中の53.2%, また橋本ら⁶⁾は大豆の全粒, 子葉, 胚, 種皮の脂質中41.8~55.0%がリノール酸であるとしており, 著者らの結果は良く一致していた。

Table 3 Linoleic acid and tocopherols contents in soy milks.

Classification	N	Linoleic acid (g/100 g)	Tocopherols (mg/100 g)				
			Total	α	β	γ	δ
			mean±s.d.	mean±s.d.	mean±s.d.	mean±s.d.	mean±s.d.
I	5	1.30±0.06	2.3±0.58	0.14±0.08	—	1.68±0.40	0.50±0.23
Ⅱ-1	4	1.15±0.05	2.7±0.21	0.15±0.05	—	1.80±0.24	0.68±0.15
Ⅱ-2*	7	1.83±0.20	4.0±0.37	0.54±0.23	0.09±0.03	2.64±0.24	0.69±0.24
Ⅱ-3**	8	2.03±0.12	26.2±2.35	3.30±2.51	0.43±0.14	16.06±1.75	6.39±2.04
Ⅲ	11	0.33±0.11	0.7±0.22	—	—	0.47±0.14	0.20±0.06
Ⅳ	7	1.30±0.09	2.9±0.86	0.37±0.09	0.07±0.04	1.88±0.58	0.61±0.24

Concentrations are expressed in wet basis.

N: Number of samples

s.d.: standard deviation

*: Added oil (corn or soybean) **: Added oil and tocopherols —: Not detected

(2) トコフェロール

総トコフェロール含量はⅡ-3が添加品であることから当然最も高値であった。次いで、油添加のⅡ-2、Ⅳが高く、Ⅱ-1、Ⅰの順に低値となった。同族体別では当然のことながら大豆油の順と同様に、 γ が最も高値で、 δ 、 α と順に低い値となった。 β はⅠ、Ⅱ-1、Ⅲではほとんどの試料で検出されなかった。

生物活性値を $\alpha=1$ 、 $\beta=0.5$ 、 $\gamma=0.1$ 、 $\delta=0.01$ として算出すると、Ⅰは0.31 mg/100 g、Ⅱ-1は0.34、Ⅱ-2は0.86、Ⅱ-3は5.18、Ⅲは0.05、Ⅳは0.60であった。

日高ら⁵⁾は豆乳の総トコフェロールが4.3 mg/100 g、 α 0.4、 β 0.04、 γ 3.0、 δ 0.9、生物活性値は0.7であり、また γ 体は油脂類、大豆加工品、落花生、栗に多いと報告している。豆乳の区分は明らかでないが、本報告のⅡ-2とほぼ同レベルである。

要 約

豆乳類をJASに準じて、豆乳(Ⅰ)、調製豆乳(Ⅱ)、果汁入り豆乳飲料(Ⅲ)、穀物粉末等を加えた豆乳飲料(Ⅳ)の4種に分類した。調製豆乳については、食塩などの調味料を添加したもの(Ⅱ-1)、植物油を加えてあるもの(Ⅱ-2)、油脂とトコフェロールを添加してあるもの(Ⅱ-3)に細分した。

これらの豆乳類について、一般成分組成を検討した。

K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Cd, Pbの含有量の測定を原子吸光法で行った。各々の元素の含有量は湿重量基準値換算し、K: 41~243 mg/100 g, Na: 0.6~98.0, Ca: 4.5~94.8, Mg: 4.1~23.6, Fe: 0.06~0.70, Cu: 0.02~0.17, CdとPbは検出限界以下であった。Ⅰ、Ⅱ-1、Ⅱ-2、Ⅱ-3、Ⅲ、Ⅳのリノール酸含量はそれぞれ 1.30 ± 0.06 g/100 g, 1.15 ± 0.05 , 1.83 ± 0.20 , 2.03 ± 0.12 , 0.33 ± 0.11 , 1.30 ± 0.09 であった。トコフェロール(α , β , γ , δ)の含量を高速液体クロマトグラフィーにより定量した。総トコフェロール含量は、Ⅰ~Ⅳでそれぞれ1.7~3.3 mg/100 g, 2.4~2.9, 3.5~4.7, 23.4~30.8, 0.5~1.2, 2.0~4.0であった。

文 献

- 1) 鈴木忠直・安井明美・小泉英夫・堤 忠一：日食工誌, 34, 185 (1987).
- 2) 日本薬学会第102年会, 公衆衛生協議会資料, 7 (1982).
- 3) 橋本俊郎・木村宏忠・高橋 清：日食工誌, 32, 255 (1985).
- 4) 寺岡久之・森井ふじ・小林 純：栄養と食糧, 34, 221 (1981).
- 5) 日高公雄・吉田宏三・井崎やゑ子・戸田和子：栄養誌, 39, 308 (1986).
- 6) 梶本五郎・長谷部暁子：栄養と食糧, 35, 291 (1982).

(平成元年9月29日受理)