脱脂大豆粉から調製した豆乳とヨーグルト様食品の特性

吉本朋子*・佐藤一精*

Properties of Soymilk and Yogurt-like Food prepared by
using Defatted Soybean Flour
(Properties of soymilk and yogurt-like food)

Tomoko YOSHIMOTO* and Kazuyoshi SATO*

* Graduate School of Education, Hiroshima University, 1-1-1 Kagamiyama,
Higashi-Hiroshima 739-8524

Yogurt-like food was prepared by use of defatted soybean flour in order to decrease the beany flavor as well as soybean itself as the control. Microwave heating used for preparation of soymilk was effective for protein extraction from "go", soy slurry or defatted soybean flour suspension, in comparison with the conventional heating method by boiling water. Lipoxxygenase in soymilk was inactivated at ca. 80°C by either heating method. Trypsin inhibitor activity in soymilk was more decreased by the conventional heating than the microwave heating, and the remaining activity was still nearly 50%. After fermentation of soymilk with a lactic acid bacterium, *Streptococcus thermophilus*, the trypsin inhibitor activity further decreased to about 30%. For the preparation of more palatable yogurt-like food, soymilk mixed with an equal volume of commercial milk was fermented. The yogurt-like food thus obtained, contained mainly lactic acid as well as citric acid and α -ketoglutaric acid, whose organic acids were detected by HPLC. This food made by using defatted soybean flour was considered as acceptable as food from the sensory evaluation by students panelists, who admitted the improvement of attributes such as beany flavor, taste and overall preference for this food.
(Received Jun. 18, 2001 ; Accepted Sep. 7, 2001)

大豆は、わが国では古くから五穀の一つに含められ、重要な食品として利用されてきており、最近では欧米においても健康に良い成分を多く含む食品として高く評価されている。大豆の加工食品も数多くあるが、中でも豆乳は、それ自体飲料として利用されるだけでなく、豆腐や湯葉、大豆タンパク質などの製造材料としても不可欠なものである。この豆乳を、栄養性、嗜好性などにおいてより優れたものにするために、乳酸発酵させてヨーグルト様食品にする試みが以前から行われてきている^{1)~11)}。この大豆ヨーグルト様食品では、大豆臭や苦味、収斂味などの不快な食感の改善が期待され、特許を含めて多くの研究が報告されている¹⁰⁾¹¹⁾。相当優れたものも開発されてきているが、まだ解決されていない課題も多い。また、大豆ヨーグルト様食品の場合には、大豆

などでは検討例が多いトリプシンインヒビター活性などについての報告も見当たらない。

著者らは、脱脂大豆粉から得た豆乳を使用してヨーグルトを調製する予備的な検討を行ったところ、大豆臭がかなり減少することを認めた。また、既に報告しているように、豆乳調製時の呉の加熱において、電子レンジ加熱がタンパク質の抽出や豆腐の消化性の面で有効なことを認めている¹²⁾。そこで本研究では、脱脂大豆粉を出発材料とし、呉の加熱に通常のガス加熱の他に電子レンジ加熱を用いて豆乳を調製し、その性質の検討を試みた。さらに、その豆乳から作ったヨーグルトの性質と嗜好性についての検討を行った。

* 広島大学大学院教育学研究科 (〒739-8524 東広島市鏡山 1-1-1)

実験方法

1. 使用菌株の保存と前培養

市販脱脂粉乳を濃度が10%になるように蒸留水に溶解し、予め滅菌しておいた試験管に10 ml ずつ分注した。それらを82-83℃の湯浴中で30分間殺菌後、冷却して培地を調製した。これらに、*Lactobacillus helveticus* B-1 及び *Streptococcus thermophilus* 510 の保存培養液をそれぞれ約0.1 ml ずつ接種し、37℃、24時間培養したものを保存培養液、或いは前培養液として使用した。

2. 豆乳の調製

窒素溶解指数 (NSI) 87%, 粗タンパク質 54% の低変性脱脂大豆粉 (吉原製油, 平成10年製, GP-SL) を15%の濃度になるように水に懸濁し、ビーカー2個に200 g ずつの懸濁液を調製した。それらを水中で5℃に冷却後、その一方をガス加熱による沸騰湯浴中で20分間加熱 (以下沸騰湯浴中加熱) し、他方を電子レンジで沸騰するまで加熱した (以下電子レンジ加熱)。それぞれ6000×g で20分間遠心分離し、その上清を豆乳とした。

また、大豆 (国産アキシロメ, 平成10年収穫後、冷蔵貯蔵1年未満) から豆乳を調製する場合には、大豆90 g を蒸留水に5℃で24時間浸漬させ、吸水させた。吸水後水洗、水切りした大豆200 g に蒸留水を加えて600 g とし、ミキサー (ナショナル MX-V100) で3分間摩砕した。得られた呉をビーカー2個に200 g ずつとり、脱脂大豆粉懸濁液の場合と同様に、沸騰湯浴中加熱処理豆乳と電子レンジ加熱処理豆乳を調製した¹²⁾。

3. ヨーグルト様食品の調製

調製した豆乳をそれぞれ予め乾熱滅菌しておいた試験管に10 ml ずつ分注した。それらを82-83℃の湯浴中で30分間殺菌後、冷却して培地を調製した。また、10% スキムミルク10 ml の培地及び豆乳と10% スキムミルクとを1:1に混合した培地10 ml を同様に調製した。これらに *L. helveticus* B-1 と *S. thermophilus* 510 を0.1 ml ずつ接種し、37℃で20時間発酵させた。

官能検査用サンプルの場合には、予め乾熱しておいたアルミホイルでカバーした200 ml 容量の三角フラスコに、市販牛乳のみ、または市販牛乳と調製した豆乳の比が1:1になるように混合した液をそれぞれ100 ml 入れ、同様に殺菌処理を行った。それらに *S. thermophilus* 510 の前培養液を1.0 ml 接種し、37℃で20時間発酵させた。なお、調製したサンプルは、(A) 牛乳のみを発酵させたもの、(B) 沸騰湯浴中加熱処理大豆から得た豆乳と牛乳との混合液を発酵させたもの、(C) 沸騰湯浴中加

熱処理脱脂大豆粉から得た豆乳と牛乳とを発酵させたもの、(D) 電子レンジ加熱処理脱脂大豆粉から得た豆乳と牛乳との混合液を発酵させたものの4種類であった。各サンプルは、検査前に砂糖を重量の6%添加し、水中で冷却して使用した。

4. タンパク質含量、酸度の測定

調製した豆乳中のタンパク質含量は、各豆乳を100倍希釈した試料を用い、BIO-RAD プロテインアッセイキットにより測定した¹²⁾。

ヨーグルト様食品の酸度は、0.1% フェノールフタレインエタノール溶液を指示薬として0.1 N NaOH で滴定する中和滴定法により測定した¹³⁾。

5. リポキシゲナーゼ活性とトリブシンインヒビター活性の測定

リポキシゲナーゼ (E.C. 1.13.11.12, linoleate : oxygen oxidoreductase) 活性の測定は、メチレンブルー漂白法 (methylene blue bleaching method) によった¹⁴⁾¹⁵⁾。この反応における基質のリノール酸ナトリウムは、AXELROD らの方法により調製した¹⁶⁾。アルゴンガス置換を行い、空気が混入しないようにリノール酸70 mg, Tween20 70 mg とをバスツールピペットで十分混合し、それにオートクレーブで120℃に加熱、脱気した蒸留水4 ml を加え混合した。0.5 N NaOH 0.55 ml を加え、同一の蒸留水で全量を25 ml にした。この2 ml ずつを小試験管に分注し、アルゴンガスで置換して実験に用いるまで-20℃に保管した。また、試料の調製豆乳は、0.2 M リン酸バッファー (pH 7.0) で10倍に希釈して測定に用いた。リポキシゲナーゼ活性は、キューベット中で0.2 M リン酸バッファー (pH 7.0) 1.2 ml, 0.1 mM メチレンブルー 0.3 ml, アセトン 0.3 ml, 0.2 M ジチオスレイトール 0.3 ml を混合後、基質のリノール酸ナトリウム 0.45 ml と試料 0.45 ml を加えて、分光光度計 (日本分光 Ubest-35 型) で660 nm, 25℃で15分間吸光度を測定することにより求めた。

トリブシンインヒビター活性は、LIU と MARKAKIS の方法により測定した¹⁷⁾。トリブシンインヒビター活性率 (I%) は、410 nm でのコントロールの吸光度 (T) と試料の吸光度 (T*) とから、次式により求めた¹²⁾。

$$I(\%) = \{(T - T^*) / T\} \times 100$$

6. 有機酸の分析

ヨーグルト様食品中の有機酸の分析は、高速液体クロマトグラフィー (HPLC) による有機酸分析システム (日本分光) によった。このシステムは、ポンプ: PU-980, デガッサ: DG-980-50, オートサンブラ: AS-950,

検出器: UV-970, インテグレーター: LCSS-905, カラムオーブン: CO-960, 有機反応液ユニット: 895-51 で構成した。カラムは, Shodex Ionpak KC-811 (ϕ 8 mm $\times$ 500 mm) を使用した。各試料の注入量は 10 μ l で, 移動相に 3 mM 過塩素酸水溶液を用い, カラム温度 60 $^{\circ}$ C, 流速 1.0 ml/min で流した。15 mM Na₂HPO₄ と 0.2 M MBTB (プロモチモールブルー) の混合反応液と反応させ, 445 nm の吸収で有機酸を検出した。有機酸の標準試料液 (日本分光, 有機酸標準液Ⅲ) は, α -ケトグルタル酸, クエン酸, ビルビン酸, リンゴ酸, コハク酸, 乳酸, フマル酸, 酢酸, ピログルタミン酸を含む溶液を使用した。試料には, 脱脂大豆粉から通常の加熱方式で調製した豆乳と市販牛乳とを, 1:1 に混合した液を発酵させたものを蒸留水で 2 倍に希釈し, 12000 $\times$ g で 30 分間遠心分離を行い, その上清をクロマトディスク 13A (バイオフィールド, 0.45 μ m) で濾過した液を用いた。

7. 官能検査

官能検査は, 広島大学の学生 (20~22 歳) 男子 10 名, 女子 22 名, 合計 32 名のパネルにより, 3. で調製した 4 種類のサンプルについて実施した。4 種類のサンプルは, 小型ガラスコップに 5 g ずつ入れ供試した。評価は, 味, 甘味, 酸味, 香り, 硬さ, テクスチャーおよび総合的な好みについて, ヘドニックスケールを用いて, 非常に嫌い (1 点) から非常に好き (7 点) までの 7 段階で行った。各群間の有意差検定は LSD 検定による¹⁸⁾。

実験結果及び考察

1. 呉または脱脂大豆粉懸濁液の加熱方式が調製豆乳の性質に及ぼす影響

脱脂大豆粉と大豆からそれぞれ調製した豆乳のタンパク質濃度と含量を Table 1 に示した。脱脂大豆粉から調製した豆乳の方が大豆からのものに比較して, タンパク質濃度がやや高いのは, 脱脂大豆粉の使用量の影響によると考えられる。他方, いずれの豆乳においても電子レンジ加熱方式の方が, タンパク質濃度, タンパク質含量

ともに高くなった。この現象は, 大豆から調製した豆乳については既に認めていたが¹²⁾, 脱脂大豆粉から調製した場合にも同様に, 電子レンジ加熱を行うことによりタンパク質の抽出量が増大した。電子レンジ加熱では, 通常の熱伝導によるものと分子の運動様式が異なることが, タンパク質分子の変性や抽出量に影響した可能性がある。その詳細は今後の課題としたい。

次に, 沸騰湯浴中加熱と電子レンジ加熱によって脱脂大豆粉懸濁液の加熱を行い, 経時的な懸濁液の温度変化と得られた豆乳中のタンパク質濃度, リポキシゲナーゼ活性変化について検討した。沸騰湯浴中加熱の場合における懸濁液の温度と豆乳中のタンパク質濃度変化を Fig. 1 (A) に示した。また, リポキシゲナーゼ活性は, メチレンブルー漂白法を用い 660 nm の吸収の減少により検出したが¹⁴⁾¹⁵⁾, 活性測定開始時の 660 nm の吸光度を 100 として, それに対する各反応時点の相対的な吸光度を算出した結果を Fig. 1 (B) に示す。このメチレンブルー漂白法の反応機構として, リポキシゲナーゼの関与する一連の反応過程で過酸化物が生成するときに基質から引き抜かれた水素がメチレンブルーを還元し, 660 nm の吸収が減少する, すなわち漂白の進む可能性が考えられている¹⁹⁾。Fig. 1 (B) に示すように未加熱のものと 3 分間加熱のものでは, 反応とともに 660 nm の吸収が減少しており, リポキシゲナーゼ活性が検出されたのに対して, 5 分間以上加熱したものでは吸収が低下せず, 酵素が失活したと考えられる。

電子レンジ加熱の場合の結果は Fig. 2 (A), (B) に示した。Fig. 1, 2 を比較すると, 沸騰湯浴中加熱では約 5 分間で, 電子レンジ加熱の場合には約 35 秒間で, 約 80 $^{\circ}$ C に到達しているが, いずれの加熱方式の場合にも, ほぼその温度付近でリポキシゲナーゼ活性が消失している。このことから, この酵素の失活は約 80 $^{\circ}$ C で起きると推定された。この失活温度は, 大豆の精製リポキシゲナーゼの熱失活が 70 $^{\circ}$ C 以上で起きるという柴崎らの詳細な検討成績と比較的に良く一致している²⁰⁾。また, 脱脂

Table 1 Protein concentration and content in soy milk

Conditions	Concentration (mg/ml)	Volume (ml)	Content (mg)
Conventional heating (A)	36.8 $\pm$ 3.6	140	5 150
Microwave heating (A)	39.2 $\pm$ 2.3	134	5 230
Conventional heating (B)	38.6 $\pm$ 1.9	128	4 920
Microwave heating (B)	40.9 $\pm$ 2.4	131	5 340

Conditions : A, soy milk from soybean ; B, soy milk from defatted soybean flour.

Concentration : mean $\pm$ SD (n=5)

Fig. 1 (A) Time course of protein concentration in defatted soymilk prepared by conventional heating on boiling water and temperature of defatted soybean flour suspension. (B) Time course of methylene blue bleaching by lipoxygenase activity in defatted soymilk prepared by conventional heating. ◆, No heating; □, 3 min heating; △, 5 min heating; ×, 10 min heating; *, 15 min heating; ○, 20 min heating

Fig. 2 (A) Time course of protein concentration in defatted soymilk prepared by microwave heating and temperature of defatted soybean flour suspension. (B) Time course of methylene blue bleaching by lipoxygenase activity in defatted soymilk prepared by microwave heating. ◇, No heating; □, 5 s heating; △, 15 s heating; ×, 25 s heating; *, 35 s heating; ○, 45 s heating

工程を経ているにもかかわらず、脱脂大豆粉中にはリポキシゲナーゼが相当量残存しているということも判明した。

2. 呉または脱脂大豆粉懸濁液の加熱方式が調製ヨーグルト様食品の性質に及ぼす影響

脱脂大豆粉と大豆からそれぞれ調製した豆乳を *L. helveticus* または *S. thermophilus* で発酵させて得られたヨーグルト様食品の酸度を Fig. 3 に示す。 *L. helveticus* で発酵させた場合、スキムミルクを含有する (50% または 100%) のものでは、酸度は約 2.0 の高い値を示した (Fig. 3 (A))。しかし、豆乳のみのものでは、酸度は低く、凝固もほとんどせず、 *L. helveticus* が生育しにくいことが分かった。 *S. thermophilus* の場合には、酸度は最大でも 0.8 以下でかなり低いが、豆乳のみの試料でもそれほど低下しなかった (Fig. 3 (B))。 *L.*

helveticus の場合より菌の生育が良く、豆乳が凝固して粘性を有しており、ヨーグルトにより類似したものが得られた。 *L. helveticus* と *S. thermophilus* を混合接種して発酵させた場合にはそれぞれの菌を単独で接種した試料の中間的な酸度が得られた (データ省略)。

脱脂大豆粉から得た豆乳を使用し、 *S. thermophilus* で発酵させた場合に比較的良好なヨーグルト様食品の得られることが判明したので、以下の検討は *S. thermophilus* のみを用いることとした。 Table 2 に脱脂大豆粉から得た豆乳の発酵前後のトリプシンインヒビター活性を示す。発酵前の非加熱の豆乳に比して加熱した場合には、トリプシンインヒビターの活性はかなり減少したが、電子レンジ加熱 (53.6) の方が沸騰湯浴中加熱 (42.6)

Fig. 3 Effect of mixing ratio of soymilk and skim milk on acid formation

□, 10% Skim milk; □, Conventional heating (control); ▨, Microwave heating (control); ▩, Conventional heating (defatted soymilk); ▤, Microwave heating (defatted soymilk); Starter (A), *L. helveticus*; (B), *S. thermophilus*

よりも減少の程度は少なかった。発酵させることにより、トリプシンインヒビター活性は更に減少し、それ

ぞれ発酵前の6割程度の活性となった。発酵後もまだかなり高いトリプシンインヒビター活性を有しているが、最近では豆乳中のトリプシンインヒビターが消化性に悪影響を与えない可能性が高いことや¹²⁾、むしろガン抑制に働く可能性のあることが指摘されている²¹⁾。

3. ヨーグルト様食品中の有機酸と官能評価

官能評価において対象とする発酵液に含有されている有機酸について HPLC で検討した結果を Fig. 4 に示す。乳酸の含量が高かったが、クエン酸や α -ケトグルタル酸も相当量検出された。

Table 3 に官能検査の結果を示す。男女で比較した場合、ほとんどすべての項目において女子学生の方の評価が高かった。また調製した4種類のヨーグルト様食品のうちで大豆から得た豆乳を用いた試料が、男女ともに評価が最も低く、全体的に見てやや嫌いの評価であった。脱脂大豆粉から得た豆乳を用いた試料は、加熱方式にかかわらず比較的评价が高く、特に女子学生の場合、コントロールの市販牛乳のみを用いたものになりに近似した評価をしている。男子学生の場合には、脱脂大豆粉から得た豆乳を用いても、香りの評価がそれほど上がらない点はやや問題であるが、女子学生の場合には、2.9 から 4.3、4.0 とかなり高い評価になっている。

全体的に見た評価は、これまでの他の研究者らによる豆乳からのヨーグルト様食品の官能評価点以上とも考えられる¹⁾³⁾⁴⁾⁶⁾。その一因として、脱脂大豆粉の製造工程において豆臭さ等の原因物質がかなり除去されていることが、有効に作用している可能性が高い。これらの結果を総合的に判断して、脱脂大豆粉から得た豆乳を用いたヨーグルト様食品は、嗜好的にも食物特性の観点からも受け入れ可能なものと云ってよいであろう。しかし、なお検討の余地もあり、その点については今後の課題としたい。

Table 2 Activity of trypsin inhibitor in prepared soymilk and yogurt-like food

Heating method	Activity of inhibitor (%)	
	Before fermentation ^{a)}	After fermentation ^{b)}
No heating	95.2±0.2	56.2±2.9
Conventional heating	42.6±0.1	25.2±2.9
Microwave heating	53.6±0.8	31.4±3.0

(Activity : mean ± SD, n=3)

^{a)} The value of trypsin inhibitor activity before fermentation, in soymilk prepared from defatted soybean flour.

^{b)} The value of trypsin inhibitor activity after fermentation.

Fig. 4 HPLC of organic acids in soymilk fermented by *S. thermophilus*

(A) Authentic samples : 1, α -ketoglutaric acid ; 2, Citric acid ; 3, Pyruvic acid ; 4, Malic acid ; 5, Succinic acid ; 6, Lactic acid ; 7, Fumaric acid ; 8, Acetic acid ; 9, Pyroglutamic acid. (B) Samples

要 約

大豆臭を減少させる目的で脱脂大豆粉を用い、対照として大豆を用いてヨーグルト様食品を調製した。豆乳を得るための呉や脱脂粉乳懸濁液の加熱を電子レンジ加熱で行った場合、通常の加熱方式である沸騰湯浴中での加熱に比較してタンパク質の抽出効率がよくなり、生成する豆乳中のタンパク質濃度が上昇した。また、得られた豆乳中のリポキシゲナーゼはいずれの加熱方法でも約80℃で失活した。それに対して豆乳中のトリプシンインヒビター活性は、電子レンジ加熱よりも沸騰湯浴中の加熱の方が減少したが、ほぼ50%の活性が残存した。豆乳を乳酸菌 *S. thermophilus* で発酵させた後には、トリプシンインヒビター活性は更に減少し、約30%になった。

ヨーグルト様食品の嗜好性を高めるために、脱脂大豆粉から得た豆乳にそれと等量の市販牛乳を加えて発酵させた。このヨーグルト様食品には有機酸として、主要な乳酸の他にクエン酸や α -ケトグルタル酸の含まれることがHPLCによる分析で判明した。この食品の大学生32名による官能検査では、脱脂大豆粉から得た豆乳を用いたことが有効に作用し、大豆自体を使用した場合の大豆臭などの問題点が改善されており、かなり高い評価が得られた。

本研究を行うにあたり、脱脂大豆を供与していただいた吉原製油株式会社（大阪）花岡譲一氏に感謝します。

Table 3 Scores of yogurt-like food in sensory evaluation

Sample	Taste	Sweet	Sour	Odor	Hardness	Texture	Overall preference
Male							
(A)	5.7 ^a ±0.9	5.8 ^a ±0.8	5.2 ^a ±1.1	5.0 ^a ±1.2	4.2 ^a ±1.1	5.3 ^a ±1.6	5.6 ^a ±0.8
(B)	2.2 ^b ±1.6	3.4 ^b ±2.0	3.8 ^a ±1.6	2.2 ^b ±1.1	3.8 ^a ±1.8	3.3 ^b ±1.6	2.2 ^b ±1.5
(C)	3.1 ^b ±2.0	4.2 ^b ±1.7	4.3 ^a ±1.8	2.7 ^b ±1.9	4.2 ^a ±1.9	4.2 ^a ±2.0	2.9 ^b ±1.9
(D)	3.2 ^b ±1.8	3.7 ^b ±2.0	3.6 ^a ±1.7	2.7 ^b ±1.3	4.6 ^a ±1.5	4.4 ^a ±1.3	3.2 ^b ±1.6
Female							
(A)	5.4 ^a ±1.1	5.3 ^a ±1.2	5.0 ^a ±1.2	5.0 ^a ±1.3	4.3 ^a ±1.3	5.0 ^a ±1.2	5.4 ^a ±1.0
(B)	2.6 ^b ±1.3	3.8 ^b ±1.3	3.1 ^b ±1.6	2.9 ^b ±1.5	4.5 ^a ±1.4	4.1 ^a ±1.4	2.7 ^b ±1.3
(C)	3.8 ^b ±1.9	4.4 ^{ab} ±1.5	4.0 ^{ab} ±1.6	4.3 ^a ±1.5	4.9 ^a ±1.0	5.0 ^a ±1.0	4.3 ^a ±1.5
(D)	3.8 ^b ±1.7	4.5 ^{ab} ±1.3	3.8 ^b ±1.7	4.0 ^a ±1.5	4.7 ^a ±1.0	4.5 ^a ±1.1	4.1 ^a ±1.6

Samples : (A), Yogurt prepared with milk ; (B), yogurt-like food using soymilk prepared by gas heating ; (C), yogurt-like food using defatted soymilk prepared by gas heating ; (D), yogurt-like food using defatted soymilk prepared by microwave heating. Values are mean±S.D (Male : n=10, Female : n=22). The means in the same column with the different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

文 献

- 1) WANG, H.L., KRAIDEJ, L. and HESSELTINE, C.W. : *J. Milk Food Technol.*, **37**, 71 (1974).
- 2) MITAL, B.K. and STEINKRAUS, K.H. : *J. Food Sci.*, **40**, 114 (1975).
- 3) BUONO, M.A., SETSER, C., ERICKSON, L.E. and FUNG, D.Y.C. : *J. Food Sci.*, **55**, 528 (1990).
- 4) CHENG, Y.J., THOMPSON, L.D. and BRITTIN, H.C. : *J. Food Sci.*, **55**, 1178 (1990).
- 5) MURTI, T.W., BOUILANNE, C., LONDON, M. and DESMAZEAUD, M.J. : *J. Food Sci.*, **58**, 153 (1993).
- 6) GRANATA, L.A. and MORR, C.V. : *J. Food Sci.*, **61**, 331 (1996).
- 7) YAZICI, F., ALVAREZ, V.B. and HANSEN, P.M.T. : *J. Food Sci.*, **62**, 457 (1997).
- 8) SCALABRINI, P., ROSSI, M., SPETTOLI, P. and MATTEUZZI, D. : *Int. J. Food Microbiol.*, **39**, 213 (1998).
- 9) 村上知子・町田由紀子 : *New Food Industry*, **39**, 65 (1997).
- 10) 荒勝 俊 : *New Food Industry*, **42**, 27, 49 (2000).
- 11) 横山 等・荒木秀雄 : *食品工業*, **43**, 36 (2000).
- 12) 芦田喜子・伊藤淳子・高井千枝・宮北浩子・井川佳子・佐藤一精 : *栄食誌*, **51**, 135 (1998).
- 13) 平林照美・佐藤一精 : *家政誌*, **38**, 817 (1987).
- 14) SUDA, B., HAJIKA, M., NISHIBA, Y., FURUTA, S. and IGITA, K. : *J. Agric. Food Chem.*, **43**, 742 (1995).
- 15) ROMERO, M.V. and BARRETT, D.M. : *J. Food Sci.*, **62**, 696 (1997).
- 16) AXELROD, B., CHEESBROUGH, T. and LAAKSO, S. : *Methods in Enzymol.*, **71**, 441 (1981).
- 17) LIU, K. and MARKAKIS, P. : *Cereal Chem.*, **66**, 415 (1989).
- 18) O'MAHONY, M. : Sensory evaluation of food, (Marcel Dekker, Inc., New York and Basel), p. 143 (1986).
- 19) TOYOSAKI, T. : *J. AOAC International*, **75**, 1124 (1992).
- 20) 柴崎一雄・深野駿一・大久保一良 : *日食工誌*, **20**, 415 (1973).
- 21) MIYAGI, Y., SHINJO, S., NISHIDA, R., MIYAGI, C., TAKAMATSU, K., YAMAMOTO, T. and YAMAMOTO, S. : *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **43**, 575 (1997).

(平成 13 年 6 月 18 日受付, 平成 13 年 9 月 7 日受理)