

## 製造法の異なる豆腐の食味特性および栄養特性について

杉山千歳 大川未帆 大橋沙世 加茂美乃里 佐々木安美 杉山仁美 鈴木国枝

健康栄養学科

### Taste Characteristics and Nutritional Properties of Tofu Made with a Different Manufacturing Process

Chitose SUGIYAMA, Miho OKAWA, Sayo OHASHI, Minori KAMO,  
Ami SASAKI, Hitomi SUGIYAMA and Kunie SUZUKI

#### 要旨

十割豆腐は、大豆すべてを使用して豆腐を製造するため、おからが排出されない豆腐である。本研究は、10・20歳代および40・50歳代の2つ年齢群のパネルを対象に官能評価をおこない、絹ごし豆腐や木綿豆腐などの一般的な製法で製造された豆腐と比較することで十割豆腐（まるごとふじとこ豆腐）の食味特性を明らかにすること、また、豆腐に含まれる大豆イソフラボン量および食物繊維量を測定することで栄養特性を明らかにすることを目的としている。

官能評価の結果、10・20歳代および40・50歳代の2つ年齢群の評価に大きな差は見られなかった。どちらの年齢群でも評価項目のうち「総合評価」において、絹ごし豆腐の評点が最も高かった。「総合評価」とその他の評価項目間の相関を解析したところ、「おいしさ」、「甘み」、「舌触り」との間に相関がみられた。まるごとふじとこ豆腐は、「味の濃さ」や「甘み」の評価が高かったものの、「おいしさ」の評価がそれほど高くなかったため、「総合評価」も絹ごし豆腐ほどの評価を得られなかった。その要因として、「舌触り」などの食感に関する評価項目の評点が低いことが関連しているものと推察された。試料とした豆腐に含まれる大豆イソフラボン量は、まるごとふじとこ豆腐が最も多く、絹ごし豆腐の1.2倍、木綿豆腐の2.5倍であった。しかし、この差はおからを含んでいることよりも、原料大豆の違いや、豆乳の調製法の違いによるところが大きいと考えられる。一方、総食物繊維量は、まるごとふじとこ豆腐が最も多く、絹ごし豆腐の5.5倍、木綿豆腐の4.1倍であった。食物繊維に関しては、まるごとふじとこ豆腐がおからを含んでいることが関与しているものと考えられる。

以上のことから、まるごとふじとこ豆腐のような十割豆腐は、おからが出ないという環境面からの利点に加え、食物繊維を多く含むことによる機能性の付加をPRすることで、販売拡大につなげられるものと考えられる。

**キーワード:** 十割豆腐、官能評価、大豆イソフラボン、食物繊維

#### Abstract

Whole grain tofu (towari tofu) is the tofu that does not discharge any okara, because it has been produced using the entire soybean. The purpose of this study is to elucidate the taste characteristics of the towari tofu by performing the sensory evaluation among two groups consisting of the panel of the different age group, and the nutritional characteristics by measuring the amount of the soy isoflavone and the dietary fiber contents.

The results of the sensory evaluation indicated no significant difference between two groups of the different age group. The results of the analysis of the correlation between "comprehensive evaluation" and other evaluation items, indicated the correlation between "taste", "sweetness" and "texture". Even though the "depth of flavor" and "sweetness" of the towari tofu scored high in the evaluation, its "taste" did not score as high as anticipated, so it failed to obtain the results as high as those of the kinu tofu. As a factor, we presume that it is attributed to the low score of the evaluation items related to "texture". Of the various tofu used as samples, towari tofu was found to have the highest amount of soy isoflavone. However, we believe that this difference is attributed a great deal more to the difference in the soybeans used as the raw material and to the difference in the soy milk preparation, than to the fact that it contained the okara. On the other hand, towari tofu contained the highest amount of dietary fiber.

We believe that we will be able to expand the sale of the towari tofu by promoting the fact that in addition to the benefits related to the environmental aspect, such as it does not discharge any okara, the fact that it contains a large amount of dietary fiber, thereby enhancing its functionality as well.

**Keywords:** whole-grain tofu, sensory evaluation, soy isoflavone, dietary fiber

## 1. はじめに

豆腐は、良質のたんぱく質や脂質を含む栄養価の高い伝統食である。また近年、健康の増進に役立つ成分として、イソフラボン、オリゴ糖、レシチン、サポニンなどの機能性成分を含むことで注目されている。

一般的な豆腐の製造法は、大豆を浸漬、磨砕したもの（呉）を加熱し、これを濾して得られた豆乳に、にがりなどの凝固剤を加えて凝固させるという方法である（農文協, 2013）。凝固させた後に、それを一度くずして、布を敷いた穴のあいた木箱に入れ、圧力をかけて余分な水分を除いたものが木綿豆腐であり、穴のない型に濃い豆乳を入れ、凝固剤を加えてそのまま固めたものが絹ごし豆腐である。この製造法の過程で、呉から豆乳を分離した後の副産物がおからである。

常葉学園富士キャンパス社会環境学部では、遊休農地の有効活用の一環として、地元団体と協力し、大豆の有機栽培に取り組んでいる。また、収穫後の大豆を使用し、企業と連携して"まるごとふじとこ豆腐"の製造・販売にも取り組んでいる。まるごとふじとこ豆腐は、十割豆腐と称される豆腐であり、大豆を特殊な技術により超微粒子に粉碎し、これを温水と混合した後に、凝固剤を加えて固めた豆腐であり（株式会社アグリマインド, 2016）、おからの出ない特殊な製法による豆腐である。

豆腐製造において年間約 66 万トンのおからが発生し、そのうち 65%は飼料として、25%は肥料として再利用されている。残りの 10%（約 6.6 万トン）のうち、食用としての利用はわずか 1%以下であり、そのほとんどは産業廃棄物として処分される（日本豆腐協会, 2011）。十割豆腐はおからが排出されないため、環境への負荷を軽減した豆腐であるといえる。

著者らは以前に、まるごとふじとこ豆腐と、一般的な製法で製造された豆腐の食味特性について、10・20 歳代を対象とした官能評価を実施した（杉山ら, 2015）。食味特性をより詳細に知ることが販売戦略につながるものと考え、今回は、製造法の異なる豆腐の食味特性に年齢による差が生じるかどうかを明らかにする目的で、まるごとふじとこ豆腐を含む 4 種類の豆腐試料について、10・20 歳代および 40・50 歳代の 2 つ年齢群のパネルを対象に官能評価を行った。また、栄養特性を知ることが PR 効果につながるものと考え、豆腐の機能性成分である大豆イソフラボンと総食物繊維の含量を測定して比較したので報告する。

## 2. 方法

### 2.1 豆腐試料

本研究で用いた豆腐は、まるごとふじとこ豆腐（国産大豆使用、400 g、¥200）、市販の絹ごし豆腐 1 種（国産大豆使用、400 g、¥350）および木綿豆腐 2 種（ふつ

う：国産大豆使用、300 g、¥160、かため：300 g、¥160）の 4 種類である。まるごとふじとこ豆腐は、（有）アグリマインドより購入した。絹ごし豆腐と 2 種類の木綿豆腐は、浜松市内に工場を有する豆腐製造業者より購入した。

### 2.2 官能評価

官能評価は、常葉大学浜松キャンパスの学生及び教職員 41 名をパネルとし、平成 26 年 7 月 23 日または 24 日に実施した。パネルは 10・20 歳代、40・50 歳代の 2 つの年齢群に分けた。それぞれの年齢群の平均年齢、人数を表 1 に示した。

表 1 パネルの特性

年齢群	平均年齢	人数		
		男性	女性	計
10・20 歳代	20.8 歳	10 名	12 名	22 名
40・50 歳代	48.5 歳	9 名	10 名	19 名

2.1 に示した 4 種類の豆腐を用い、評点法により官能評価を行った。同時に、豆腐の嗜好に関するアンケートを行った。

パネルに対して豆腐の種類がわからないようにカラーシールにより豆腐を識別した。食べる順番により評価結果に影響が出ることが考えられるため、食べる順番を 10 通り設定し、各順番に 4~5 人のパネルを割り当てた。豆腐は約 2 cm 角に切り分けて、調味料は使用せずに提供した。評価項目は、「見た目」、「香り」、「おいしさ」、「味の濃さ」、「甘み」、「舌触り」、「硬さ」、「総合評価」とし、各項目を 5 段階の評点（2：非常に良いまたは非常に強い、1：良いまたは強い、0：ふつう、-1 悪いまたは弱い、-2：非常に悪いまたは非常に弱い）で評価した。「硬さ」については好みの硬さならば 2 または 1、好みの硬さでなければ -1 または -2 とした。種類の違う豆腐の評価に入る前に、口内をペットボトル水ですすぐことを指示した。官能評価の結果は、二元配置分散分析を行い、豆腐間の評点の有意差は Tukey 法により検定した。評価項目間の相関はピアソンの積率相関係数の無相関検定により解析した。年齢群間の評点の有意差は *t* 検定により解析した。統計解析には、エクセル統計 2012 (SSRI) を用いた。

### 2.3 大豆イソフラボンの定量

大豆イソフラボンは、配糖体または非配糖体（アグリコン）として存在し、アグリコンの種類によりダイゼイン型、ゲニステイン型、グリシテイン型の 3 つに分類される。Sakakibara ら (2004) の方法により、 $\beta$ -グルコシダーゼで処理することで豆腐に含まれるイソフラボンをアグリコンにした後に、高速液体クロマトグラフィー

(HPLC) 分析により定量した。3種類の大豆イソフラボンのうち、大豆中の含量の多いダイゼインとゲニステインについて定量した。

官能評価に用いた4種類の豆腐は、パッケージから取り出して水を切り、凍結乾燥した(凍結乾燥前と後の重量をそれぞれ測定)。乾燥した豆腐を乳鉢で粉碎し、50 mgを秤量して遠心管に入れ、10 mmol/Lのクエン酸緩衝液(pH4.6) 5 mLを加えて懸濁した。ここに $\beta$ -グルコシダーゼ溶液 50  $\mu$ L (40 units)を加えて攪拌し、37°C、4時間加水分解した。反応後、5 mLのエタノールを加えて攪拌し、90°C、30分間加熱した後、1000 $\times$ gで10分間遠心分離し、上清8 mLをナス型フラスコに移し、エバポレーターで溶媒を留去した。ここに1 mLの50%エタノール溶液を加えて再溶解したものを0.22  $\mu$ mのフィルターでろ過し、そのうちの20  $\mu$ LをHPLC分析に用いた。

大豆イソフラボンのHPLC分析はShimoiら(2001)の方法を一部変更して行った。ダイオードアレイ検出器(SHMADZU SPD-M20A)を備えたHPLC(島津Prominenceシリーズ)にCAPCELL PAK C<sub>18</sub> MG S-5( $\phi$ 4.6 mm $\times$ 250 mm)カラム(SHISEIDO)を接続し、カラム温度50°C、流速0.7 ml/minの条件で分析した。溶離液Aは0.03%のトリフルオロ酢酸を含むメタノール、溶離液Bは0.03%のトリフルオロ酢酸を含む水を使用し、分析開始時点で溶離液Bを70%として5分間保持し、分析開始から40分後に溶離液Bが50%、45分後に100%になるようにグラジエント溶離を行った。UV 250 nmで検出されたダイゼインとゲニステインのピーク面積より、標品を用いて作成した検量線から濃度を算出し、最終的に凍結乾燥前の豆腐100 gに含まれる量を求めた。

## 2.4 総食物繊維の定量

### 1) 酵素処理

総食物繊維(水溶性と不溶性をあわせた食物繊維)の定量は、食物繊維測定キット(和光純薬工業)を用いて行った。本キットは、プロスキー法における酵素処理部分を簡略化した改変法で使用する試薬、熱安定 $\alpha$ -アミラーゼ溶液、プロテアーゼ溶液、アミログルコシターゼ溶液、酸洗浄けいそう土を含んでおり、操作が簡単で測定精度が優れているのが特徴である。

2.3で凍結乾燥後、粉碎した豆腐を、0.50 mmメッシュのふるいにかけたものを1g前後で精秤する。1試料の分析について2点を精秤し、1点はたんぱく質測定用(W<sub>[P]</sub>)、もう1点は灰分測定用(W<sub>[A]</sub>)とする。これを50 mmol/L MES-TRIS緩衝液(pH6.3) 40 mLを分注した500 mLのトルビーカーに加え、分散させた。ここに熱安定 $\alpha$ -アミラーゼ溶液0.2 mLを加え、沸騰水浴中で30分間反応させた。反応後、水10 mLを加え、60°Cに冷却後、プロテアーゼ溶液0.2 mL、およびアミログ

ルコシダーゼ溶液0.2 mLを加え、60°Cで30分間反応させた。反応後、酵素処理した溶液の4倍量の95%エタノール(予め60°Cに加温)を加え、室温で1時間静置して酵素未消化高分子を沈殿させた。あらかじめ酸洗浄けいそう土層を形成させたるつぼ型ガラスフィルター(東京三商 グーチ型2G 細孔径40~50  $\mu$ m)の重量を測定した後、エタノール沈殿溶液を吸引ろ過し、残渣を得た。残渣は78%エタノール、95%エタノール、アセトンで順次洗浄した後、るつぼ型ガラスフィルターごと105°Cで一晩乾燥させ、再び重量を測定し、ろ過前のるつぼ型ガラスフィルターの重量を差し引いて、それぞれをたんぱく質測定用残渣(R<sub>[P]</sub>)、灰分測定用残渣(R<sub>[A]</sub>)とした。

### 2) たんぱく質の定量

たんぱく質はケルダール法により定量した。1)で調製したたんぱく質測定用残渣を、けいそう土ごと全量をかき取り、ケルダール分解フラスコに入れた。ここに分解剤(硫酸カリウムと硫酸銅(II)5水和物を9:1の混合物)約5 gと濃硫酸約20 mLを加えた後、ケルダール窒素分解装置(BÜCHI K-424)に装着して、試料溶液の色が透明な青緑色になるまで分解した。分解終了後、分解溶液の全量を100 mLのメスフラスコに移し、全量を100mlとした。この溶液5.0 mLをケルダール窒素蒸留装置に入れ、その後メチルレッド溶液(1~2滴)および30%水酸化ナトリウム溶液2~3 mLを加え蒸留した。4%ホウ酸10.0 mLと田代氏混合指示薬(5~6滴)を入れた三角フラスコを蒸留装置の冷却管の先に取り付け、蒸留により出てきた窒素ガスを捕集した。三角フラスコ内の溶液が赤紫色から緑色に変化した後、約7分間捕集を続けた。三角フラスコ内の溶液を0.01 mol/L硫酸で滴定した(緑色の溶液が灰色に変化した時を終点とした)。たんぱく質量(P)は以下の式より算出した。

$$\text{たんぱく質量(g)} = a \times F \times 0.28 \times c \times 6.25 \times 1 / 1000$$

a : 0.01 mol/L 硫酸の滴定値

F : 0.01 mol/L 硫酸のファクター

c : 希釈倍数(分解後メスアップした量/蒸留に用いた量)

0.28 : 0.01 mol/L 硫酸 1 mLは0.28 mgの窒素量に相当

6.25 : 窒素・たんぱく質換算係数

### 3) 灰分の定量

1)で調製した灰分測定用残渣をるつぼ型ガラスフィルターごと電気マッフル炉(島津 SAMF-12N)に入れ、525°Cで5時間灰化処理した後、デンケータ内で放冷し、重量を測定した。この重量から1)でエタノール沈殿溶液をろ過する前のるつぼ型ガラスフィルターの重量を差し引いた値を灰分量(A)とした。

4) 総食物繊維量の算出

空試験として、試薬のみで1)~3)の操作を行い、 $R_{[P]}$ 、 $R_{[A]}$ 、 $P$ 、 $A$ に相当する試薬ブランク  $r_{[P]}$ 、 $r_{[A]}$ 、 $p$ 、 $a$ の値を得た。空試験値(B)は以下の式より算出した。

$$\text{空試験値(B)} = (r_{[P]} + r_{[A]}) / 2 \times \{1 - (p/r_{[P]} + a/r_{[A]})\}$$

以上の操作で得られた数値を用いて、以下の式により総食物繊維量を算出した。

$$\text{総食物繊維量} = \frac{(R_{[P]} + R_{[A]}) / 2 \times \{1 - (P/R_{[P]} + A/R_{[A]})\} - B}{(W_{[P]} + W_{[A]}) / 2} \times 100$$

3. 結果および考察

3.1 豆腐の嗜好に関するアンケート

「豆腐は好きですか」の問に対して、「好き」または「どちらかといえば好き」の回答が、10・20歳代では95%、「どちらかといえば嫌い」の回答が5%であったのに対して、40・50歳代では、全員が「好き」または「どちらかといえば好き」と回答した(図1)。

また、「好きな豆腐の種類はどちらですか」の問に対して、10・20歳代の68%、40・50歳代の74%が絹ごし豆腐と回答し、木綿豆腐よりも絹ごし豆腐を好む人が多かった(図2)。

「豆腐を食べる頻度はどのくらいですか」の問に対して、10・20歳代では、「週に1~2回」の回答が最も多く36%だった。以下、「週に3~4回」が32%、「月に1~2回」が23%、「全く食べない」が5%、「週に5~6回」が4%、「毎日」の回答はなかった。40・50歳代では、「週に3~4回」の回答が最も多く58%だった。以下、「週に1~2回」が32%、「週に5~6回」が10%、「毎日」、「月に1~2回」、「全く食べない」の回答はなかった(図3)。

以上の結果から、40・50歳代のほうが豆腐を好み、摂取量も多い傾向がみられた。

3.2 官能評価

各パネルの評点をもとに、4種類の豆腐の各評価項目の平均評点を算出した。図4に評価項目ごとの4種類の豆腐試料の平均評点と標準偏差を年齢群別に示した。

「見た目」については、まるごとふじとこ豆腐の平均評点が10・20歳代では1.23、40・50歳代では0.95と、どちらの年齢群でも最も高かった。10・20歳代では、木綿豆腐(かため)とまるごとふじとこ豆腐または絹ごし豆腐との間に危険率1%で有意差があった。40・50歳代では、まるごとふじとこ豆腐または絹ごし豆腐または木綿豆腐(ふつう)と木綿豆腐(かため)との間に危険率1%で有意差があった。まるごとふじとこ豆腐は、硬

くしっかりしているので、崩れずにきれいに切り分けることができるため、このことが見た目の良さにつながったものと考えられる。

「香り」については、まるごとふじとこ豆腐の平均評点が10・20歳代では0.59、40・50歳代では0.05と、どちらの年齢群でも最も高かった。4種類の豆腐間に有意差はなく、10・20歳代は香りを感じる傾向であり、40・50歳代は10・20歳代と比較して、香りをふつう程度に感じていた。

「おいしさ」については、絹ごし豆腐の平均評点が10・20歳代では0.86、40・50歳代では0.63と、どちらの年齢群でも最も高かった。10・20歳代、40・50歳代ともに、絹ごし豆腐と木綿豆腐(かため)との間に危険率1%で有意差があった。

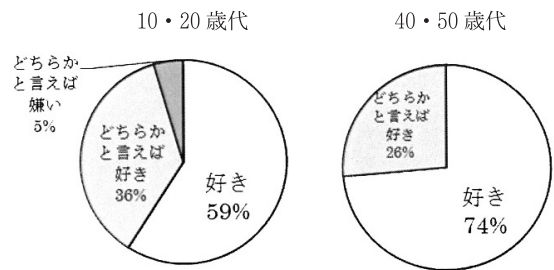


図1 豆腐の好き嫌い

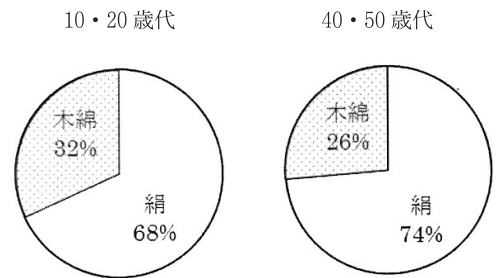


図2 好きな豆腐の種類

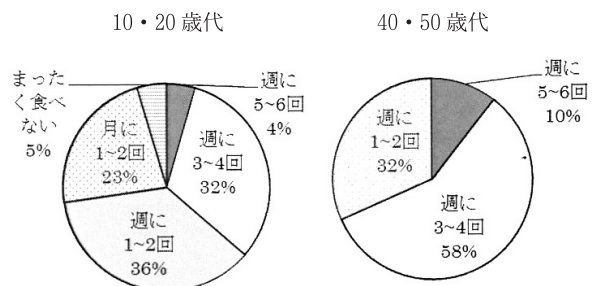
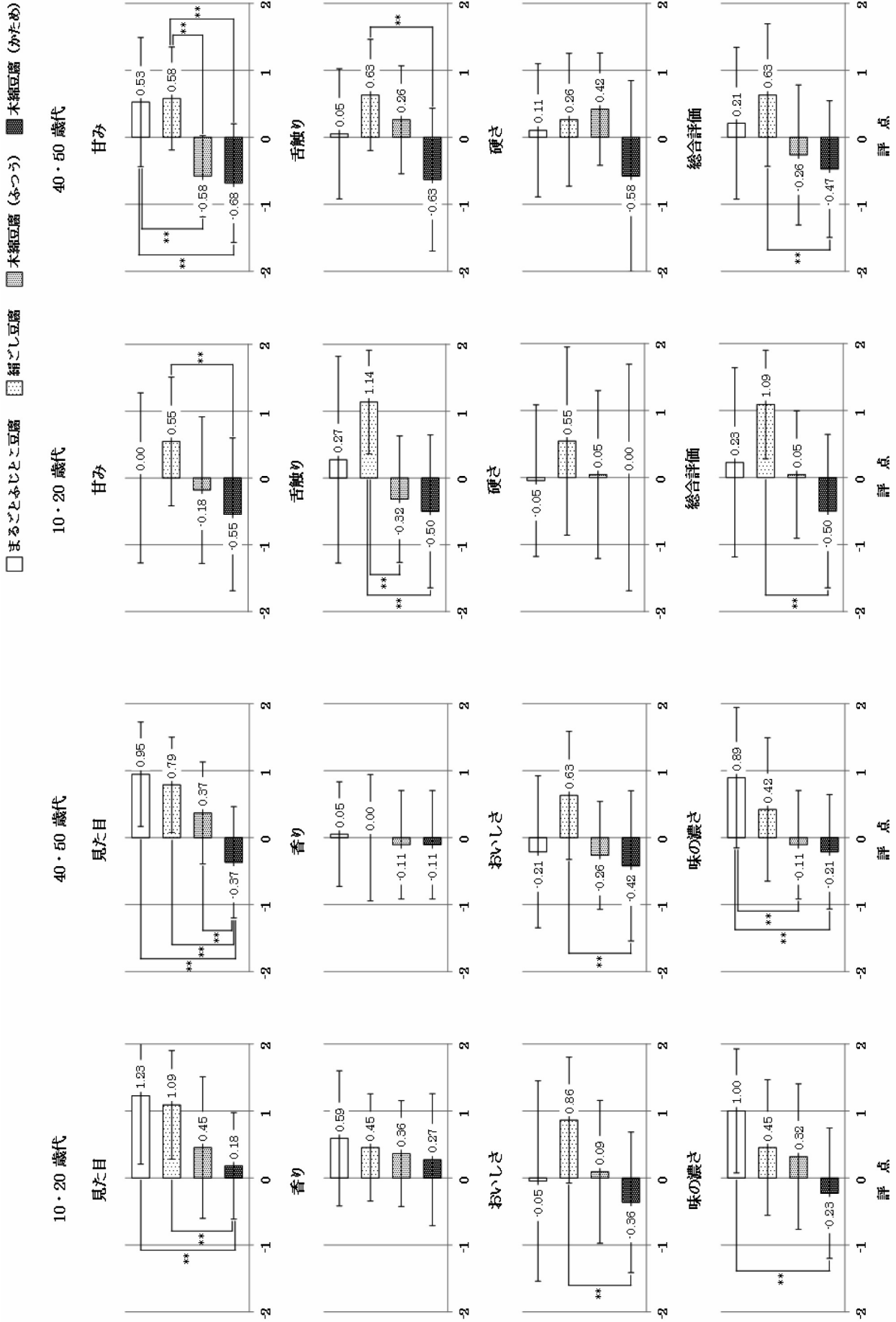


図3 豆腐を食べる頻度



グラフに付した記号 (\*\* ) は、Tukey 法により 2 種の豆腐試料間に有意差 (p<0.01) が認められたことを示す。

図 4 豆腐の官能評価 (年齢群別)

「味の濃さ」については、まるごとふじとこ豆腐の平均評点が10・20歳代では1.00、40・50歳代では0.89と、どちらの年齢群でも最も高かった。10・20歳代では、まるごとふじとこ豆腐と木綿豆腐（かため）の評点に危険率1%で有意差がみられ、40・50歳代では、まるごとふじとこ豆腐と木綿豆腐（ふつう）あるいは木綿豆腐（かため）との間に危険率1%で有意差が見られた。

「甘み」については、絹ごし豆腐の平均評点が10・20歳代では0.55、40・50歳代では0.58と、どちらの年齢群でも最も高かった。10・20歳代では、絹ごし豆腐と木綿豆腐（かため）との間に危険率1%で有意差があった。40・50歳代では、絹ごし豆腐と木綿豆腐（かため）あるいは木綿豆腐（ふつう）、まるごとふじとこ豆腐と木綿豆腐（かため）あるいは木綿豆腐（ふつう）との間に危険率1%で有意差があった。圧力をかけて水を切る工程が「甘み」に影響を及ぼす可能性が考えられる。また、まるごとふじとこ豆腐は40・50歳代では甘みをやや強く感じているのに対し、10・20歳代ではあまり感じていなかった。

「舌触り」については、絹ごし豆腐の平均評点が10・20歳代では1.14、40・50歳代では0.63とどちらの年代でも最も高かった。10・20歳代では、絹ごし豆腐と木綿豆腐（ふつう）または木綿豆腐（かため）との間に危険率1%で有意差があった。40・50歳代では、木綿豆腐（かため）と絹ごし豆腐との間に危険率1%で有意差があった。10・20歳代では、舌触りが良い豆腐を、より好む傾向がみられた。

「硬さ」については、10・20歳代では絹ごし豆腐の平均評点が0.55、40・50歳代では木綿豆腐（ふつう）が0.42で最も高かった。10・20歳代では、絹ごし豆腐の固さを好む、つまり、柔らかい豆腐を好む傾向がみられた。40・50歳代では、絹ごし豆腐よりもむしろ木綿豆腐の固さを好む傾向がみられた。ただし、今回試料として用いた木綿豆腐（かため）のような硬すぎるものは、好まれない傾向であった。

「総合評価」については、絹ごし豆腐の平均評点が10・20歳代では1.09、40・50歳代では0.63と、どちらの年齢群でも最も高かった。また、どちらの年齢群でも絹ごし豆腐と木綿豆腐（かため）との間に危険率1%で有意差があった。

図5に豆腐ごとの官能評価の結果を示した。グラフの外側ほど評点が高く、内側ほど評点が高いことを示す。絹ごし豆腐は全ての評価項目の評点が0（ふつう）よりも外側にあり、4つの豆腐の中では最も高い評価であった。木綿豆腐（ふつう）はどの項目の評点も0付近、つまり、ふつうの評価であった。これに対して木綿豆腐（かため）は多くの評価項目の評点が0よりも内側にあり、やや低い評価であった。まるごとふじとこ豆腐も、多くの評価項目の評点が0よりも外側にあり、おおむね高い評価であったが、「おいしさ」、「舌触り」、「総合評

価」では絹ごし豆腐よりも評価が低く、一方、「味の濃さ」は絹ごし豆腐よりも高い評価であった。

どの豆腐でも2つの年齢群間の評点に大きな差はみられなかったが、木綿豆腐（ふつう）の舌触り、木綿豆腐（かため）の見た目では、10・20歳代と、40・50歳代の評点に有意差（ $p < 0.05$ ）がみられた。木綿豆腐（ふつう）の舌触りについては、10・20歳代より40・50歳代のほうが、舌触りを良いと評価している。これは40・50歳代の方が木綿豆腐を食べ慣れているためだと考えられる。

### 3.3 大豆イソフラボン量

図6に大豆イソフラボンのHPLC分析のチャートを示した。ダイゼインは37.2分に、ゲニステインは45.4分に検出された。

表2に豆腐100g中に含まれるダイゼインおよびゲニステインの量を示した。ダイゼインを最も多く含んでいたのは絹ごし豆腐で6.8 mg、次にふじとこ豆腐で6.2 mg、木綿豆腐（ふつう）で2.8 mgであった。ゲニステインを最も多く含んでいたのはまるごとふじとこ豆腐で6.6 mg、次に絹ごし豆腐で4.2 mg、木綿豆腐で2.4 mgの順であった。2種類のイソフラボンの総量としては、まるごとふじとこ豆腐には12.8 mg、絹ごし豆腐には11.0 mg、木綿豆腐には5.2 mgがそれぞれ含まれている結果となった。

なお、木綿豆腐（かため）については、イソフラボンの測定を行っていない。

### 3.4 総食物繊維量

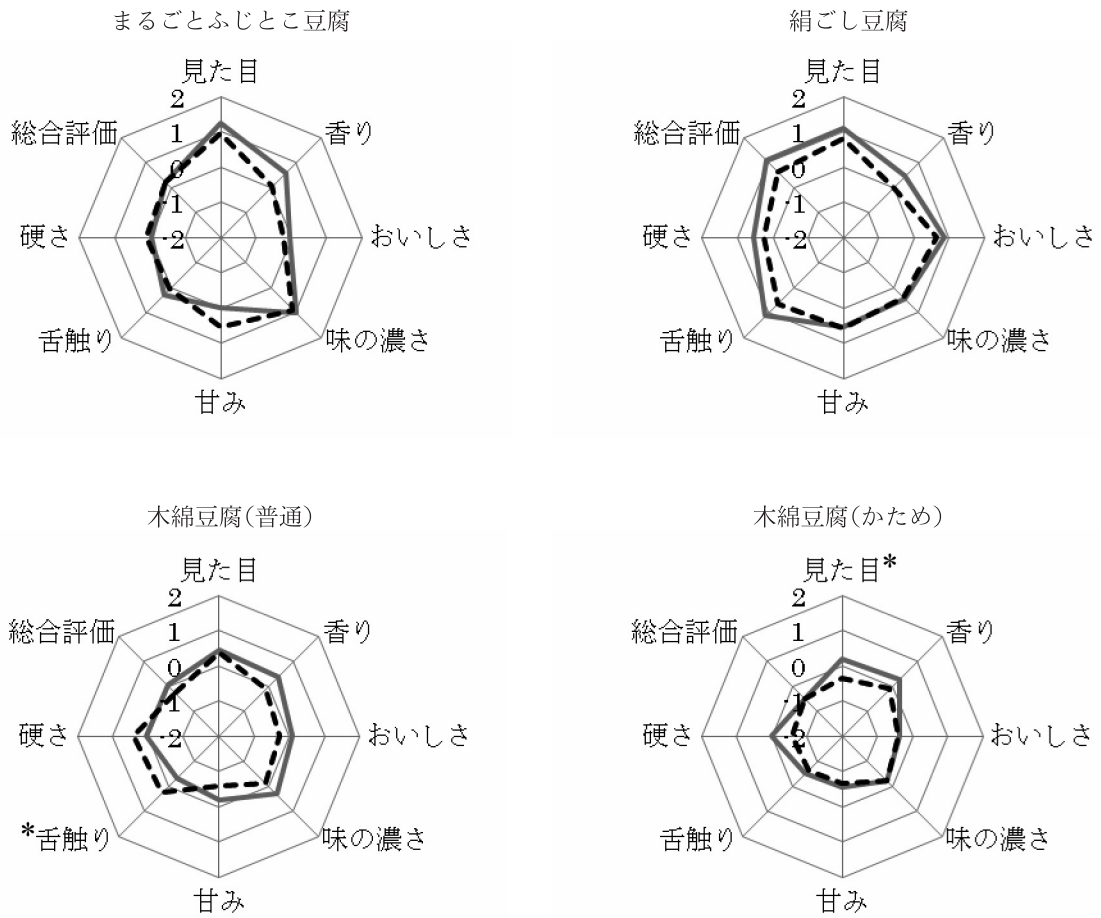
4種類の豆腐の総食物繊維量を表3に示した。凍結乾燥前の豆腐100gあたりに含まれる総食物繊維量は、まるごとふじとこ豆腐が最も多く2.70 gであった。続いて木綿豆腐（かため）が0.76 g、次に木綿豆腐（ふつう）が0.66 g、絹ごし豆腐が最も少なく0.49 gであった。

## 4. 考 察

製造法の異なる豆腐の食味特性について、年齢による差が生じるかどうかを明らかにする目的で、4種類の豆腐を試料として、10・20歳代のパネルと40・50歳代のパネルを対象に、豆腐の官能評価を行った。

官能評価の評価項目のうち「総合評価」では、どちらの年齢群でも絹ごし豆腐の評点が最も高かった。「総合評価」とその他の評価項目間の相関を解析したところ、10・20歳代では「おいしさ」（ $P < 0.05$ ）、「甘み」（ $P < 0.01$ ）、「舌触り」（ $P < 0.05$ ）との間に有意な相関がみられた。40・50歳代でも有意ではなかったものの、「おいしさ」、「甘み」と関連がある傾向がみられた。また、豆腐の嗜好に関するアンケートで絹ごし豆腐が好きという回答が多かったことから、絹ごし豆腐の嗜好性の高さが絹ごし豆腐の「総合評価」の高さにつながっているとも考えられる。

— 10・20歳代    - - - 40・50歳代



グラフに付した記号(\*)は、*t*検定により2つの年齢群間の平均評点に有意差 ( $p < 0.05$ ) が認められたことを示す。

図5 豆腐の官能評価(豆腐別)

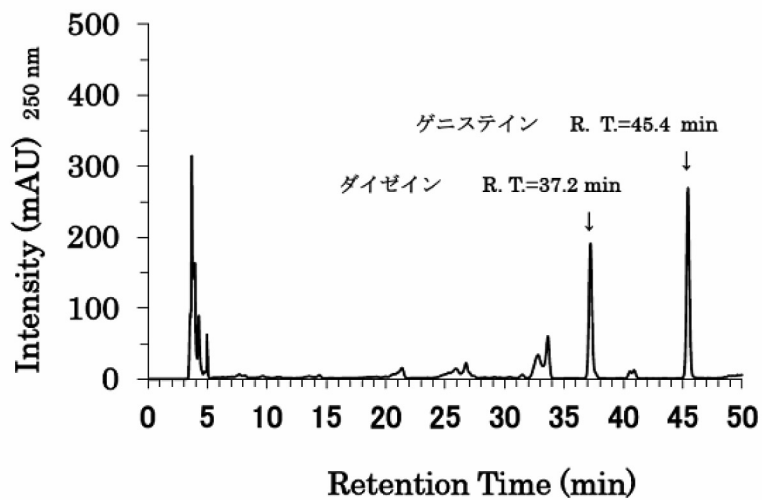


図6 大豆イソフラボンのHPLC分析

表2 大豆イソフラボンの定量

豆腐の種類	ダイゼイン (mg)	ゲニステイン (mg)	総量 (mg)
まるごとふじとこ豆腐	6.2	6.6	12.8
絹ごし豆腐	6.8	4.2	11.0
木綿豆腐 (ふつう)	2.8	2.4	5.2

凍結乾燥前の豆腐 100 g あたり

表3 総食物繊維の定量

豆腐の種類	総食物繊維 (g)
まるごとふじとこ豆腐	2.70
絹ごし豆腐	0.49
木綿豆腐 (ふつう)	0.66
木綿豆腐 (かため)	0.76

凍結乾燥前の豆腐 100 g あたり

まるごとふじとこ豆腐は、「味の濃さ」や「甘み」の評価が高かったにもかかわらず、「おいしさ」の評価がそれほど高くなかった。この理由の一つとして、大豆をまるごと使用しているため、渋み、苦み、えぐみのもと、いわゆるアクとなる成分も多く含んでいることが考えられる。アク成分の一つにサポニンがあり、胚軸に多く含まれることから、浅野ら(1987)は、皮や胚軸を取り除いた大豆を用いて豆腐を製造したいところ、サポニン含量を低く抑えることができ、色、味、滑らかさにおいて改善されたことを報告している。一方で、抗酸化機能(Ishii ら, 2006)やコレステロール低下作用(Lee ら, 2005)などの有効な生理作用も注目されているため、今後サポニン量についても比較する余地があると考えている。さらに、まるごとふじとこ豆腐のような十割豆腐は一般的には販売されていないため、食経験という観点から食べ慣れていないことが「おいしさ」の評点の低さにつながっているとも考えられる。

今回の官能評価において、10・20歳代と40・50歳代で豆腐の嗜好性に差が出るのではないかと予想したが、4種類の豆腐に対する10・20歳代、40・50歳代の評価項目のほとんどに有意な差はなくおおむね似た傾向がみられた。

大豆イソフラボンは、エストロゲン(女性ホルモン)様作用を有することが知られており(Mindy ら, 1997)、乳がんの予防(Ingram ら, 1997)、更年期障害(Albertazzi

ら, 1998)や閉経後の諸症状の改善効果(Ishimi ら, 1999)などが報告されている。

3種類の豆腐100gに含まれる大豆イソフラボン量を比較すると、総量ではまるごとふじとこ豆腐が最も多く、絹ごし豆腐の1.2倍、木綿豆腐(ふつう)の2.5倍であった。イソフラボンの種類ごとに含量を比較すると絹ごし豆腐と木綿豆腐では、ゲニステインよりもダイゼインが多く含まれているのに対して、まるごとふじとこ豆腐では、ゲニステインが多く含まれていた。

遠藤ら(2003)は、豆腐の大豆イソフラボン含量が、大豆の品種や豆乳調製法によりどのくらい変化するかを調べている。4種の異なる品種の大豆において、大豆中のイソフラボン含量は最大で約4倍の差があり、それらの大豆から調製した豆乳に含まれるイソフラボン含量は原料大豆のイソフラボン量に正比例していたこと、呉を加熱する前に絞る(生絞り)よりも加熱した後に絞って(加熱絞り)調製した豆乳でイソフラボン含量が高くなり、豆腐のイソフラボン含量もその影響を受け、イソフラボンを多く含む加熱絞りで調製した豆乳で製造した豆腐でイソフラボン含量が高くなること、また加熱絞りで調製した場合に、大豆から豆乳へのイソフラボンの抽出効率は約80%であり、おからに残存するイソフラボンは20%程度であったことなどを報告している。西場ら(2007)は、国内産大豆の20品種、31検体について大豆イソフラボン量を調べ、大豆100g(乾燥重量)あた



り、131.6~568.7 mg の範囲で含量が変動していることを報告している。このことから、市販の豆腐については原料大豆の品種や豆乳の調製法については明らかにできていないものの、今回試料とした豆腐の大豆イソフラボン量は、おからを含むか含まないかよりも、大豆の品種や、豆乳の調製法などの違いによるところが大きいと考えられる。

食物繊維は「人の消化酵素で消化されない食物中の難消化性成分の総体」と定義されている（文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会，2015）。食物繊維は、排便促進作用（Dukas ら，2003）、耐糖能改善作用（Ylönen ら，2003）や血清コレステロール低下作用（Brown ら，1999）などを有することが種々の研究によって明らかにされている。

今回用いた4種の豆腐に含まれる総食物繊維量を比較すると、まるごとふじとこ豆腐が最も多く、絹ごし豆腐の5.5倍、木綿豆腐の3.6~4.1倍であった。食物繊維量に関しては、おからを含むか含まないかが大きく寄与しているものと考えられる。また、絹ごし豆腐よりも木綿豆腐で食物繊維量が多いのは水分を除く工程のためであると考えられる。

日本人の食事摂取基準（2015年版）（菱田・佐々木，2014）では、18~69歳の食物繊維摂取の目標量を、1日あたり、女性18g以上、男性20g以上と設定している。絹ごし豆腐の冷奴（1人分：150g）を食べた場合、食物繊維の摂取は目標量の約4%であるのに対して、まるごとふじとこ豆腐の冷奴を食べた場合は、目標量の約20%であり、これをレタス（中：300g）に置き換えると約1.2個分に相当することになり、効率的に食物繊維を摂取できる食材の1つとなりうると考えられる。

以上のことから、まるごとふじとこ豆腐のような十割豆腐は、おからが出ないという環境面からの利点に加え、食物繊維を多く含むことによる健康への有効性をPRすることで消費拡大につなげられる可能性がある。

## 5. おわりに

まるごとふじとこ豆腐のような十割豆腐の食味特性に、年齢による差が生じるかどうかを検討したが、大きな違いは見られなかった。全体的な傾向として、残念ながら、豆腐そのものの「おいしさ」の評価は低かったものの、「味の濃さ」や「甘み」では高い評価であったことから、調味料との組み合わせや、調理法の工夫により美味しく食べられる可能性があると思われ、今後、調理面での検討が望まれる。栄養特性では、食物繊維を多く含んでいることを付加価値として有効に活用すること（たとえば機能性表示食品として申請するなど）でより広く普及するのではないかと期待している。

## 謝 辞

官能評価にご協力いただきました常葉大学浜松キャンパスの学生及び教職員の皆さんに感謝致します。

たんぱく質の定量についてご助言いただきました健康栄養学科の森下紗帆先生、統計解析についてご助言いただきました健康栄養学科の三浦綾子先生、まるごとふじとこ豆腐を使用するにあたりご尽力いただきました、社会環境学部の池田雅彦先生に深謝致します。

## 文 献

- 農文協 編『地域食材大百科』第9巻、農文協、2013年、29-30頁
- 株式会社アグリマインド「十割豆腐とは？」『株式会社アグリマインドホームページ』2016年9月30日閲覧可能、<http://towari-tofu.com/product/>
- 日本豆腐協会『食品リサイクル法に係る発生抑制』（「第4回食品廃棄物等の発生抑制の目標値検討ワーキンググループ」配付資料2-6）2011年
- 杉山千歳・大石彩乃・大橋咲良・名倉朱夏・池田雅彦「製造法の異なる豆腐の嗜好調査—10・20歳代を対象とした官能評価—」『健康プロデュース雑誌』第9巻、第1号、2015年、175-179頁
- Sakakibara H., Viala D., Ollier A., Besle J. M.: "Isoflabone in several clover species and in milk from goats fed clovers", *Biofactors*, 22 (1-4), 2004, 237-239
- Shimoi K., Okada H., Furugori M., Goda T., Takase S., Suzuki M., Hara Y., Yamamoto H., Kinase N.: "Intestinal absorption of luteolin and luteolin 7-O-β-glucoside in rats and humans", *FEBS Letters*, 438, 1998, 220-224
- 浅野三夫・大久保一良・五十嵐正倫・山内文男「豆腐の品質におよぼす脱皮・脱胚軸および生しぼりの影響」『日本食品工業学会誌』第34巻、第5号、1987年、298-304頁
- Ishii Y., Tanizawa H.: "Effects of Soyasaponins on Lipid Peroxidation through the Secretion of Thyroid Hormones", *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 29 (8), 2006, 1759-1763
- Lee S. O., Simons A. L., Murphy P. A., Hendrich S.: "Soyasaponins lowered plasma cholesterol and increased fecal bile acids in female golden syrian hamsters", *Experimental Biology and Medicine*, 230 (7), 2005, 472-478
- Mindy S. K., Xia X.: "Dietary phytoestrogens", *Annual Review of Nutrition*, 17, 1997, 353-381
- Ingram D., Sanders K., Kolybaba M., Lopez D.: "Case-control study of phyto-oestrogens and breast cancer", *Lancet*, 350 (9083), 1997, 990-994
- Albertazzi P., Pansini F., Bonaccorsi G., Zanotti L.,

- Forini E., De Aloysio D.: "The effect of dietary soy supplementation on hot flushes", *Obstetrics and Gynecology*, 91 (1), 1998, 6-11
- Ishimi Y., Miyaura C., Ohmura M., Onoe Y., Sato T., Uchiyama Y., Ito M., Wang X., Suda T., Ikegami S.: "Selective effects of genistein, a soybean isoflavone, on B-lymphopoiesis and bone loss caused by estrogen deficiency", *Endocrinology*, 140 (4), 1999, 1893-1900
- 遠藤浩志・大野正博・丹治克男・島田信二・金子憲太郎  
「豆腐のイソフラボン含量に及ぼす大豆の品種および豆乳調製法の影響」『日本食品保蔵学会誌』VOL. 29、NO. 3、2003年、165-172頁
- 西場洋一・須田郁夫・沖智之・菅原晃美「国内産大豆のイソフラボン，チアミン，リボフラビンおよび不トコフェロールの含量の変動」『日本食品科学工学会誌』第54巻、第6号、2007年、295-303頁
- 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会『日本食品標準成分表2015年版（七訂）』、全国官報販売協同組合、2015年、16頁
- Dukas L., Willett W. C., Giovannucci E. L.: "Association between physical activity, fiber intake, and other lifestyle variables and constipation in a study of women", *The American journal of gastroenterology*, 98 (8), 2003, 1790-1796
- Ylönen K., Saloranta C., Kronberg-Kippilä C., Groop L., Aro A., Virtanen S. M.: "Associations of dietary fiber with glucose metabolism in nondiabetic relatives of subjects with type 2 diabetes", *Diabetes Care*, 26 (7), 2003, 1979-1985
- Brown L., Rosner B., Willett W. W., Sacks F. M.: "Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis", *The American journal of Clinical Nutrition*, 69 (1), 1999, 30-42
- 菱田明・佐々木敏 監修『日本人の食事摂取基準2015年版』、第一出版、2014年、152頁