

高オレイン酸含有大豆から開発した新規豆腐の 官能評価および味認識装置による味評価

Sensory Device and Taste Sensor Based Evaluation of a
Newly Developed Tofu Produced from Oleic Acid-Rich Soy

安武健一郎・澤野香代子・浜島 弘史
古賀 重美・梅木 陽子・安田みどり

Kenichiro YASUTAKE , Kayoko SAWANO , Hiroshi HAMAJIMA ,
Shigemi KOGA , Yoko UMEKI , Midori YASUDA

高オレイン酸含有大豆から開発した新規豆腐の 官能評価および味認識装置による味評価

安武健一郎^{1,2}・澤野香代子¹・浜島 弘史³
古賀 重美²・梅木 陽子¹・安田みどり^{1,2}

(¹西九州大学 健康福祉学部 健康栄養学科

²西九州大学 大学院健康福祉学研究科

³佐賀大学 産学・地域連携機構)

(平成25年10月28日受理)

Sensory Device and Taste Sensor Based Evaluation of a Newly Developed Tofu Produced from Oleic Acid-Rich Soy

Kenichiro YASUTAKE^{1,2}, Kayoko SAWANO¹, Hiroshi HAMAJIMA³,
Shigemi KOGA², Yoko UMEKI¹, Midori YASUDA^{1,2}

¹Department of Health and Nutrition Science, Faculty of Health and Social Welfare Science, Nishikyushu University

²Organization for Cooperation with Industry and Regional Community, Saga University

³Graduate School of Health and Social Welfare, Nishikyushu University

(Accepted: October 28, 2013)

Abstract

In this study, we examined the taste characteristics of a newly developed tofu produced from oleic acid-rich soy (high-oleic tofu), by conducting two tests: a sensory evaluation among 11 panelists who had passed a taste discrimination test, and an objective taste evaluation using taste sensors. The results indicated that the high-oleic tofu had a stronger intensity of sweetness, umami, and richness compared to commercially available tofu. The results obtained from the sensory evaluation and the taste sensors were consistent for each taste category. It was concluded that high-oleic tofu could be more acceptable since the taste of new tofu is comparable with that of commercially available tofu.

キーワード： オレイン酸，豆腐，官能評価，味認識装置

Keywords : oleic acid, tofu, sensory evaluation, taste sensors

結 言

佐賀県は大豆の生産量や品質において全国的に有数の一大生産地である。大豆に含まれる大豆タンパク質、イソフラボンは¹⁻⁴⁾、LDL コレステロール低下作用、抗酸化作用、血圧降下作用、抗動脈硬化作用およびエストロゲン様作用などをもたらすことが報告されており、結果としてその摂取は冠動脈疾患や脳梗塞の発症抑制に寄与すると考えられている⁵⁾。一方、大豆の主要な脂肪酸であるリノール酸の一部は、生体内でアラキドン酸に代謝される。過剰なアラキドン酸の摂取は、炎症を惹起するプロスタグランジンやロイコトリエンの生成⁶⁾や、過酸化脂質の生成⁷⁾に関与することが知られている。以前より、佐賀大学では遺伝子組み換え技術を使用せず、ダイズ品種 (Bay) に X 線を照射することにより得られた突然変異体 (M5, M23, M24系統) を交配・育成された大豆の研究が進んでいる^{8,9)}。この大豆の特徴は、大豆脂肪の主成分であるリノール酸の含有量を減少させ、オレイン酸の含有量を約 2 倍に増加させた新規大豆品種 (以下、高オレイン酸大豆) である。この背景として、オレイン酸は一価不飽和脂肪酸であり、二重結合を 1 つしか含まないため、リノール酸に比較して酸化されにくく¹⁰⁾、血管内皮細胞の保護¹¹⁾、糖代謝¹²⁾および脂質代謝の改善作用¹³⁾などの効能を有する。すなわち、高オレイン酸大豆は大豆の脂肪酸組成の欠点をカバーするだけでなく、健康機能を向上させた食品であると考えられ、これを広く一般市場に流通させることは、国民の健康増進に寄与する可能性がある。我々は、高オレイン酸大豆を原材料とした加工食品の開発に初めて取り組み、オレイン酸を高濃度に残存させた豆腐 (以下、高オレイン酸豆腐) の開発に成功した¹⁴⁾。しかし、高オレイン酸豆腐を広く普及し多数の人々に摂取してもらうための条件としては、一般的に市販されている豆腐と比較して遜色のない味であることが重要である。そこで、本研究では、高オレイン酸豆腐という新しい食材の栄養素含有量を明らかにしたのちに、主観的な官能評価と味認識装置による客観的な評価を併用した次世代型の味評価を行うことで日常の食生活に受け入れられる味であるか否かについて検討を行った。

材料および方法

1. 試料

試料は、高オレイン酸豆腐と佐賀県内で一般的に市販されている 4 種類の豆腐 (コントロール A, B, C, D) を用いた。栄養成分の分析法として、五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアル¹⁵⁾に準じ、水分は常圧加熱乾燥法、たんぱく質含量はケルダール法 (たんぱく質換算

係数 5.71)、脂質含量はクロロホルム・メタノール混液抽出法、灰分は直接灰化法、食物繊維総量は酵素 - 重量法 (食物繊維総量の分析は高オレイン酸豆腐のみ) および脂肪酸組成はガスクロマトグラフ法を用いた。炭水化物は、 $100 - (\text{水分} + \text{たんぱく質} + \text{脂質} + \text{灰分})$ で求めた。エネルギー換算係数は、たんぱく質 4.18、脂質 9.02 および炭水化物 4.07 として求めた。栄養成分分析は (一財) 日本食品分析センターに委託した。

高オレイン酸豆腐の調製法概要は、高オレイン酸大豆を粉碎・パウダー化し、パウダーに加水、攪拌および加熱処理した豆乳を凝固するという工程である。

2. 官能評価による評価

2.1 試料

高オレイン酸豆腐と 4 種類の豆腐 (コントロール A, B, C, D) の各試料は、それぞれ 30 g ずつ同じ形に切り分け¹⁶⁾、透明のプラスチックケースに入れてから、豆腐の種類を盲検化した。盲検化した試料は、食する時の順序効果を打ち消すため、ラテン方格¹⁷⁾に従ってランダムな順序となるよう配置した。この際、官能評価の基準食として用いるコントロール A は別に配置した。

2.2 パネリスト

西九州大学健康福祉学部健康栄養学科の女子学生で、甘味 (ショ糖 0.4% 溶液)、塩味 (塩化ナトリウム 0.13% 溶液)、酸味 (酒石酸 0.005% 溶液)、苦味 (カフェイン 0.02% 溶液)、旨味 (グルタミン酸ナトリウム 0.05% 溶液) を使用した 5 味識別テスト^{17,18)}に、偶然正答を避けるための蒸留水を加えた味覚識別テストに合格し、かつ協力が得られた 11 名 (平均年齢 21.3 ± 0.5 歳) を被験者とした。

2.3 評価環境

官能評価を実施する部屋の温度は 21 - 23 ℃、湿度 50 - 60% の間に設定し^{17,18)}、作業に集中できるよう静かな環境で行った。パネリストの座席は、互いの影響を極力受けられないように十分に配慮し、私語は禁止した。

2.4 官能評価法

官能評価法は複数種類の試料間の質的な差とその程度を明らかにすることを目的として評点法を用い、「甘味」、「酸味」、「苦味」、「旨味」および「コク」を評価項目とした。コントロール A の各味項目を基準「ゼロ：0 点」として、高オレイン酸豆腐、コントロール B, C, D の味について感じた度合いを - 3 点から + 3 点の 7 段階カテゴリースケールで点数化した (表 2)。供食方法は、最初に、基準としたコントロール A を食べ、その後、各試料を自由に摂取してもらった。各試料の試食の

表2 豆腐の官能評価票

豆腐の官能評価票

1) 年齢を教えてください。()才
 2) 各項目について標準, A, B, C, Dのサンプルを味わい、標準を0点とし、標準と比較して「良」い場合は+1~+3に、「悪」い場合は-1~-3に○をつけてください。また、好みの欄には、各項目について、好ましい方に○をつけてください。コメント欄には自由に意見を記入してください。

		A	B	C	D
(例)	香り	悪 基準 良 -----○----- -3 0 +3			
味	甘味	弱 基準 強 ----- -3 0 +3			
	酸味	弱 基準 強 ----- -3 0 +3			
	苦味	弱 基準 強 ----- -3 0 +3			
	旨み	弱 基準 強 ----- -3 0 +3			
	コク	弱 基準 強 ----- -3 0 +3			

ご協力ありがとうございました。

間には、常温の水で口腔内をクリアにするよう指示した。試験食の一口量や噛み方などに特別な指示は与えなかった。

2.5 統計処理

データは平均値±標準偏差で示した。統計解析は JMP 9 (SAS Institute, Cary, NC, USA) を使用した。統計手法は、一元配置分散分析による多重比較を用い有意であった項目に対して Tukey-Kramer の HSD 検定を用い、 $p < 0.05$ を有意差として処理した。

3. 味認識装置による評価

3.1 試料

試料は官能評価と同様に高オレイン酸豆腐とコントロール A, B, C, D を用いた。水気を除いた各豆腐をペースト化し、2倍量の超純水を加えてフードミキサーで攪拌し、コニカルチューブに分注した。各試料は、3500 rpm の回転数に設定した遠心分離機で20分間遠心を行い、上精をガーゼで濾過した。得られたサンプルを、味

認識装置¹⁹⁾に移し解析を行った。

3.2 統計処理

味認識装置による豆腐の味の数値化は、味認識装置付属の解析システムを用いて行った。

3.2.1 基準液をコントロールとした豆腐の味評価

基準液(無味, ゼロとして処理)をコントロールとして、高オレイン酸豆腐とコントロール A, B, C, D を比較し、味の強度とバランスを解析した。試料の味覚項目の強度を測定し、判定基準を「酸味 > -13, 苦味雑味 > 0, 渋味刺激 > 0, 旨味 > 0, 塩味 > -6, 苦味 > 0, 渋味 > 0, 旨味コク > 0, 甘味 > 0」とした。また、測定誤差の平均(以下, g), 各試料の味の平均値(以下, $s1$)および標準偏差(以下, $s2$)を算出した。次に、測定の精度(以下, $m1$)を、 $g/s1 \times 100(\%)$ で求め、 $m1 < 10$ を基準とした。また、 $g/s2 \times 100(\%)$ で求めた測定値の有意差(以下, $m2$)が $m2 < 50$ である場合、試料間に有意差を認めると判定した(全体とし

での有意差判定であり、どの試料間に有意差があるかという具体的な判定は不可能であることから、標準偏差のエラーバーの重複具合よりサンプル間の差を判定した)²⁰⁾。

3.2.2 コントロールAの豆腐を基準とした豆腐の味評価

コントロールAを基準(ゼロとして処理)として、高オレイン酸豆腐とコントロールB, C, Dを比較し、サンプル間の味の差を評価した。また、 $m_2 < 50$ で全サンプル間に有意差を認めると判定した(全体としての有意差判定であり、どの試料間に有意差があるかという具体的な判定は不可能であるため、標準偏差のエラーバーの重複具合よりサンプル間の差を判定した)²⁰⁾。

結 果

1. 高オレイン酸豆腐の栄養成分

表1に高オレイン酸豆腐および、4種類の豆腐(コントロールA, B, C, D)の栄養成分を示した。高オレイン酸豆腐は、コントロールの豆腐に比較してオレイン酸含有量が約2倍であった。また、高オレイン酸豆腐の食物繊維総量は、5訂増補食品成分表に示される一般的な豆腐と比較して明らかに高値であった。

2. 官能評価による評価結果

コントロールAを基準「ゼロ：0点」とした、高オレイン酸豆腐とコントロールB, C, Dの官能評価結果を表3に示す。高オレイン酸豆腐の味の特徴は、旨味が 0.9 ± 1.1 点であり、コントロールA ($p < 0.05$) および

コントロールB ($p < 0.01$)に比較して有意に高値であった。コクは 1.7 ± 1.2 点であり、コントロールA ($p < 0.01$), B ($p < 0.01$) およびC ($p < 0.05$) に比較して有意に高値であった。酸味は -1.2 ± 1.3 点であり、コントロールB ($p < 0.05$)に比較して有意に低値であった。甘味は 1.0 ± 1.7 点と高値傾向であり、コントロールとは有意差を認めなかった。

3. 味認識装置による評価結果

基準液をコントロールとした豆腐の味評価における統計解析結果は表4のとおりである。各試料の m_1 (g/s 1×100 (%))は、全ての味項目で10未満であり、測定精度に問題を認めなかった。酸味、苦味は味覚項目の強度・判定基準(酸味 > -13 , 苦味 > 0)を全試料が下回っており、ヒトが検知できないレベルの味であるため評価対象から除外した。苦味雑味、渋味、渋味刺激、塩味では、一部の試料に判定基準を下回る数値を認めたため評価対象から除外した²⁰⁾。したがって、評価対象となる味項目は、甘味、旨味、コクとなった。高オレイン酸豆腐の味の特徴は、甘味、旨味およびコクが強く特徴的であることが示された。味の有意差を示す m_2 は、各味項目で $m_2 < 50$ であり、試料間の味に有意差が認められた。

次に、コントロールAを基準(ゼロとして処理)とした豆腐の味評価の結果を図1に示す。高オレイン酸豆腐の甘味、旨味およびコクはコントロールAに比較して有意に高値であり、さらに甘味と旨味は全試料間で最も高値であった。

表1 豆腐の栄養成分の比較

	エネルギー	水分	たんぱく質	脂質	炭水化物	灰分	食物繊維総量	オレイン酸	リノール酸
高オレイン酸豆腐	74	85.4	5.9	3.6	4.3	0.9	2.8	1.38	0.84
コントロールA	62	88.7	5.1	3.7	1.9	0.6		0.63	1.70
コントロールB	71	87.1	6.1	4.2	1.8	0.8		0.85	1.88
コントロールC	63	88.6	5.0	3.8	1.9	0.7		0.59	1.55
コントロールD	63	88.1	5.1	3.4	2.7	0.7		0.60	1.49
絹こし豆腐：5訂増補食品成分表	56	89.4	4.9	3.0	2.0	0.7	0.3	0.59	1.30

数値は100gあたり

表3 高オレイン酸豆腐と一般豆腐のヒト官能検査による味比較

	コントロールA	高オレイン酸豆腐	コントロールB	コントロールC	コントロールD
甘味	0.0ab	1.0 ± 1.7	-0.2 ± 0.9 Ac	1.6 ± 1.2 Aa	1.5 ± 1.2 bc
酸味	0.0Aa	-1.2 ± 1.3 b	0.2 ± 1.3 BCb	-1.5 ± 1.2 Ba	-2.0 ± 1.1 AC
苦味	0.0	-0.4 ± 1.4	-0.1 ± 0.8	-0.6 ± 1.4	-1.2 ± 1.4
旨味	0.0ABa	0.9 ± 1.1 Ca	-0.3 ± 0.5 CDE	1.3 ± 0.5 AD	1.6 ± 1.0 BE
コク	0.0AB	1.7 ± 1.2 ACa	-0.4 ± 0.7 CDB	0.7 ± 0.8 ab	1.4 ± 0.7 BD

同じ記号に有意差あり：abc： $p < 0.05$, ABCDE： $p < 0.01$, 一元配置分散分析・Tukeyの検定

表4 味認識装置による基準液をコントロールとした豆腐の味評価

	甘味	酸味	苦味	苦味雑味	渋味	渋味刺激	塩味	旨味	コク
コントロール A	5.04	-21.37	-0.17	0.78	0.11	0.37	-7.27	3.72	4.76
高オレイン酸豆腐	8.62	-33.34	-0.32	0.60	0.08	-1.37	1.19	9.44	6.18
コントロール B	3.86	-18.97	-0.58	1.03	0.11	0.60	-8.33	2.62	4.47
コントロール C	8.07	-31.22	-0.54	-0.80	-0.02	-0.97	-0.11	8.10	6.91
コントロール D	8.30	-31.00	-0.40	-0.01	-0.05	-1.09	0.06	8.19	6.73
...味覚項目の強度 (判定基準)	> 0	> -13	> 0	> 0	> 0	> 0	> -6	> 0	> 0
^{*4} m 1 : ^{*1} g ÷ ^{*2} s 1 × 100 (%)	1.58	0.19	52.99	7.45	18.31	1.87	0.61	1.97	4.57
...測定の精度 (基準: < 10)	< 10								
^{*5} m 2 : ^{*1} g ÷ ^{*3} s 2 × 100 (%)	5.71	0.90	152.40	8.29	22.55	2.19	0.75	5.05	26.72
...測定の有意差 (基準: < 50)	< 50								

評価対象判定

^{*1}g : 測定誤差の平均値, ^{*2}s 1 : 各サンプルの味の平均値, ^{*3}s 2 : 各サンプルの標準偏差

^{*4}m 1 : 測定精度: $g / s 1 \times 100 (\%)$ で求め, $m 1 < 10$ を基準

^{*5}m 2 : 測定の有意差: $g / s 2 \times 100 (\%)$ で求め, $m 2 < 50$ で全サンプル間に有意差ありと判定

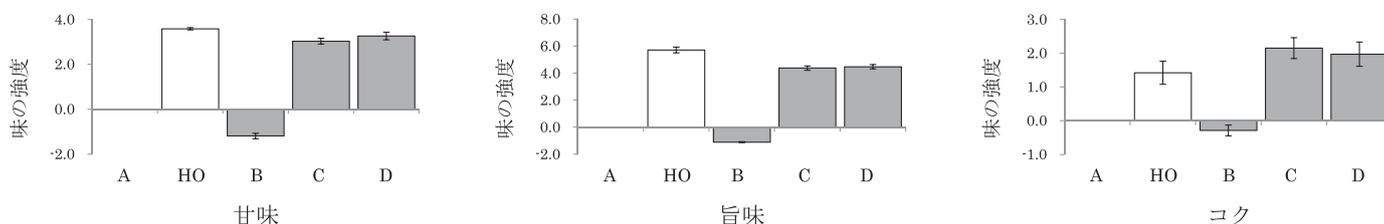


図1: コントロール A の豆腐を基準とした豆腐の味評価結果

HO: 高オレイン酸豆腐, A: コントロール A, B: コントロール B, C: コントロール C, D: コントロール D
 高オレイン酸豆腐の甘味と旨味は, 他のコントロール食品と比較して最も高値である。コクは, コントロール A, B と比較して高値であるが, コントロール C, D と比較すると低値である。

考 察

本研究では, 我々が開発した高オレイン酸豆腐という新しい食材が, 日常の食生活に受け入れられる味であるか否かを検証した。様々な食品について, 官能評価による味評価は行われているが, 本研究では味認識装置による客観的評価を併用して詳細に味評価を行った点に新規性と価値を認める。

官能評価において, 高オレイン酸豆腐は旨味とコクに特徴があり, 評価が高かった。しかし, 官能評価における各味項目の判定結果は, その平均値よりも標準偏差のほうが大きい値であり, ばらつきが認められた (表 3)。中川²¹⁾は豆乳の官能評価を10名のパネリストを対象に実施しているが, この報告においても味項目の平均値より標準偏差の値の方が高値であり, 本研究結果と同様の傾向が認められた。このことは, 豆腐のシンプルな味に対して, パネリストの個人ごとの評価基準の差や各味項目についての好みや感度の違いが原因であると推測され, 自然な現象と考えられた。官能評価は, パネリストの感覚により評価を行うことから, その判定結果に様々な要因が関与し誤差を生じるとされている^{17,18)}。そ

のため 本研究では, その誤差を最小限に抑えるために, 味覚識別テストに合格したパネリストを被験者としてすることでデータの信頼性を担保した。以上より, 高オレイン酸豆腐は旨味とコクに特徴を持つことが一定の信頼性によって示された。

味認識装置は, 生体を模倣した脂質膜を人工的に合成し, 性質の異なる複数の脂質膜からの信号をパターン認識することで味を識別する装置である¹⁹⁾。この機器は, 主観的感覚である味覚を数値化して客観的に判断することができる装置である。本研究では, 官能評価で用いた試験食と同様のものを, 味認識装置のサンプルとして使用し, 高オレイン酸豆腐の味を客観的に評価するとともに, 官能評価との関連性と妥当性を検証した。その結果, 甘味, 旨味およびコクの点数がコントロールで使用した豆腐と比較して高値であることが, 味認識装置による客観的データとして算出された。さらに, この値は, 官能評価の平均値の結果と一致しており, 高オレイン酸豆腐の味の特徴の妥当性が示された。

本研究の限界として, パネラーが若年女子に限られ少人数であったことと, 豆腐の嗜好性や機能性については検証できていないことである。今後, 中高年者も含め,

高オレイン酸豆腐の味が、一般の大規模な集団を対象として好まれる味であるか否かについて嗜好調査を行う必要がある。また、高オレイン酸豆腐の食品機能について検証していかなければならない。

本研究の結論として、今回、我々が開発した高オレイン酸豆腐の味について、官能評価と味認識装置を用いて評価を行った成果として、高オレイン酸豆腐の味は、甘味、旨味およびコクの点数が高く特徴的であった。さらに、官能評価の平均値と味認識装置における各味項目の評価には関連性がみられ、両者の結果はほとんど一致した。以上より、高オレイン酸豆腐は、通常の豆腐と比較して遜色ない味を有していることが客観的データとして示され、日常の食生活に応用可能であると考えられた。

【謝辞】

高オレイン酸豆腐を共同開発していただいた株式会社梅の花神埼工場の吉永圭介氏および栗原秀喜氏に感謝いたします。味認識装置の利用提供をしていただいたさが機能性・機能性開発拠点徐福フロンティアラボスタッフ（運営委員長：柳田晃良 西九州大学教授）の皆様感謝いたします。研究サポートをしていただいた、佐賀大学産学・地域連携機構コーディネータの大久保淳氏および久納弘幸氏に感謝いたします。

本研究は独立行政法人科学技術振興機構の平成23年度研究成果展開事業研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）FS ステージ探索タイプの助成を受け行われた。

【文献】

- 1) Nestel, P. J., Yamashita, T., Sasahara, T., Pomeroy, S., Dart, A., Komesaroff, P., Owen, A. & Abbey, M. Soy isoflavones improve systemic arterial compliance but not plasma lipids in menopausal and perimenopausal women. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology* 17, 3392-3398 (1997).
- 2) Zhuo, X. G., Melby, M. K. & Watanabe, S. Soy isoflavone intake lowers serum LDL cholesterol: a meta-analysis of 8 randomized controlled trials in humans. *The Journal of nutrition* 134, 2395-2400 (2004).
- 3) Zhan, S. & Ho, S. C. Meta-analysis of the effects of soy protein containing isoflavones on the lipid profile. *Am J Clin Nutr* 81, 397-408 (2005).
- 4) Anderson, J. W., Johnstone, B. M. & Cook-Newell, M. E. Meta-analysis of the effects of soy protein intake on serum lipids. *The New England journal of medicine* 333, 276-282, doi:10.1056/NEJM 199508033330502 (1995).
- 5) Kokubo, Y., Iso, H., Ishihara, J., Okada, K., Inoue, M., Tsugane, S. & Group, J. S. Association of dietary intake of soy, beans, and isoflavones with risk of cerebral and myocardial infarctions in Japanese populations: the Japan Public Health Center-based (JPHC) study cohort I. *Circulation* 116, 2553-2562, doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.106.683755(2007).
- 6) Blomstrand, R. & Forsgren, L. Labelled tocopherols in man. Intestinal absorption and thoracic-duct lymph transport of dl-alpha-tocopheryl-3,4-14C2 acetate dl-alpha-tocopheramine-3,4-14C2 dl-alpha-tocopherol-(5-methyl-3H) and N-(methyl-3H)-dl-gamma-tocopheramine. *Internationale Zeitschrift fur Vitaminforschung. International journal of vitamin research. Journal international de vitaminologie* 38, 328-344 (1968).
- 7) 木村友紀 & 宮下和夫. イワシ油の酸化により生成する過酸化物質とアルデヒド含量の関係. 北海道大学水産科学研究彙報54, 53-57 (2003).
- 8) Rahman, S. M., Takagi, Y., Kubota, K., Miyamoto, K. & Kawakita, T. High oleic acid mutant in soybean induced by X-ray mutation. *biosci. Biotechnol. Biochem* 58, 1070-1072 (1994).
- 9) Takagi, Y. & Rahman, S. M. Inheritance of high oleic acid content in the seed oil of soybean mutant M 23. *Theor. Appl. Genet* 92, 179-182 (1996).
- 10) Reaven, P., Parthasarathy, S., Grasse, B. J., Miller, E., Steinberg, D. & Witztum, J. L. Effects of oleate-rich and linoleate-rich diets on the susceptibility of low density lipoprotein to oxidative modification in mildly hypercholesterolemic subjects. *The Journal of clinical investigation* 91, 668-676, doi:10.1172/JCI 116247 (1993).
- 11) Toborek, M., Lee, Y. W., Garrido, R., Kaiser, S. & Hennig, B. Unsaturated fatty acids selectively induce an inflammatory environment in human endothelial cells. *Am J Clin Nutr* 75, 119-125 (2002).
- 12) Madigan, C., Ryan, M., Owens, D., Collins, P. & Tomkin, G. H. Dietary unsaturated fatty acids in type 2 diabetes: higher levels of postprandial lipoprotein on a linoleic acid-rich sunflower oil diet compared with an oleic acid-rich olive oil diet. *Diabetes care* 23, 1472-1477 (2000).
- 13) Mata, P., Alvarez-Sala, L. A., Rubio, M. J., Nuno, J. & De Oya, M. Effects of long-term monounsaturated-vs polyunsaturated-enriched diets on lipoproteins in healthy men and women. *Am J Clin Nutr* 55, 846-850 (1992).
- 14) 独立行政法人科学技術振興機構. 平成23年度研究成果展開事業研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）FS ステージ探索タイプ報告書. (2013).
- 15) 安本教博, 竹内昌昭, 安井明美 & 渡邊智子. 五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアル. 9-44 (2006).

- 16) 大越ひろ & 神宮英夫 . 食の官能評価入門 . (光生館 , 2009).
- 17) 松本仲子 . 食品の官能評価・鑑別演習 . 15 - 23 (建帛社 , 1999).
- 18) 古川秀子 . おいしさを測る - 食品官能検査の実態 - . 1 - 11 , 111 (幸書房 , 1994).
- 19) Kobayashi Y, H. M., Ikezaki H, Chen R, Naito Y & Toko K. Advanced taste sensors based on artificial lipids with global selectivity to basic taste qualities and high correlation to sensory scores. *Sensors (Basel)* 10, 3411-3443 (2010).
- 20) 株式会社インテリジェントセンサーテクノロジー . 味覚認識装置活用ユーザーズガイド第1版 . 28 (2009).
- 21) 中川力夫 . 大豆品種タチナガハとサチユタカの豆腐加工適正比較 . 茨城県工業技術センター研究報告書 34 , doi : http://www.kougise.pref.ibaraki.jp/periodical/research/34/vol_34-14.pdf (2005).