

アサクラサンショウ果実の香気成分と加工適性

廣田智子*・田畑広之進*・吉田健児*・小谷良実**・真野隆司**

要 約

アサクラサンショウの未熟果実は、古くから佃煮として利用されている。アサクラサンショウとその他のサンショウ3系統(赤芽系統, ブドウサンショウ, ヤマザンショウ)を用いて, 果実の外観品質, サンショウ果実に特徴的な香気成分及び軟らかさに関する破断特性について比較した。

- 1 アサクラサンショウの果実径及び果実重量は, ヤマザンショウよりも有意に値が大きく, ブドウサンショウと同程度の大粒であった。アサクラサンショウの果皮色は, ブドウサンショウやヤマザンショウに比べて, L値(明度)及びb値(黄色度)が小さく, 緑色が濃かった。
- 2 果実に含まれる香気成分は, リモネン, フェランドレン, ピネン, シトロネラル, 酢酸ゲラニルから構成されていた。アサクラサンショウ果実の香気成分は, 他のサンショウ系統に比べて, リモネンの比率と含量が高く, フルーティーな柑橘系の香りを特徴とした。
- 3 果実の破断特性について, アサクラサンショウ果実は, 硬さに関する破断荷重や弾力に関する破断歪率が, ブドウサンショウよりも有意に値が小さく, 果実が軟らかくて弾力が小さかった。

Fruit characteristics and volatile components in Japanese Pepper 'Asakura-sanshou' (*Zanthoxylum piperitum* DC. var. *inerme* Makino)

Tomoko HIROTA, Konoshin TAHATA, Kenji YOSHIDA, Yoshimi KOTANI and Takashi MANO

Summary

The immature fruits of the Japanese pepper 'Asakura-sanshou' have been traditionally utilized as a food for tsukudani (seasoning boiled fruits). Fruit characteristics (i.e. appearance, quality and fracture characteristics) and volatile components in Japanese pepper fruits were investigated using four Japanese pepper lines including 'Asakura-sanshou'.

- (1) The fruit diameter and weight of 'Asakura-sanshou' were significantly higher than 'Yamazanshou', but no significant difference was observed for 'Budou-sanshou'. L-value (lightness) and b-value (yellowness) of the pericarp in 'Asakura-sanshou' were lower and darker green than in 'Budou-sanshou' and 'Yamazanshou'.
- (2) The main volatile oil of the Japanese pepper fruit is composed of the following: limonene, β -phellandrene, β -pinene, citronellal and geranyl acetate. The limonene content of fruits in 'Asakura-sanshou' was much higher than in other Japanese pepper lines characterized as having a citrus-fruity aroma.
- (3) The fracture force and strain of blanched fruits in 'Asakura-sanshou' were significantly lower than in 'Budou-sanshou'. It was therefore suggested that the fruit of 'Asakura-sanshou' was soft and inelastic.

キーワード：アサクラサンショウ, 果実, 香気成分, 破断特性, 加工適性

2015年10月30日受理

* 北部農業技術センター

** 農林水産技術総合センター 農業技術センター

緒 言

アサクラサンショウは、兵庫県養父市八鹿町朝倉が発祥とされており、ヤマザンショウなどにみられるような刺が新梢になく、房や果実が大きく豊産性であることが特徴とされる⁸⁾。また、和歌山県で多く栽培されているブドウサンショウは、形態的な特徴やDNA解析による調査から、アサクラサンショウと異なる由来を持つことが示されている⁶⁾。アサクラサンショウの主な加工用途は佃煮であり、5月下旬から6月上旬に収穫期を迎える未熟果実が用いられ、大粒で軟らかく、風味が良いとして高く評価されている。アサクラサンショウの栽培は、環境変化によるストレスに弱くて、植栽後5年までに枯死することが多く、生産拡大を図る上で障害となっていた⁸⁾。しかし、枯死の原因とされる湿害に強い台木の選抜⁹⁾とその技術導入を行い、中山間地や水田転換園での新植が可能となった。その結果、現在、県北部の但馬地域では、「朝倉さんしょ」のブランド名で生産振興並びに海外輸出も視野に入れた加工品開発が行われている。特産物のブランド化を進める上で、その魅力やアピールポイントを明確にすることが重要と考えられる。

そこで、アサクラサンショウ及びその比較系統として、和歌山県で多く栽培されているブドウサンショウ、山に自生している野生あるいは半野生種のヤマザンショウ、新梢や果実がやや赤みがかっている在来種のサンショウの赤芽系統を用いて、5月下旬に収穫した果実の外観品質、サンショウを特徴づける香気成分及び軟らかさに関する破断特性について比較した。

材料及び方法

1 供試材料及び前処理方法

サンショウ果実の品質調査は、2012年に兵庫県立農林水産技術総合センター北部農業技術センター（兵庫県朝来市）栽種の9年生アサクラサンショウの果実を供試した。比較系統として、同センターで収集保存している在来種のサンショウの赤芽系統¹⁰⁾（以下、赤芽系統と示す）及びセンター敷地内に自生しているヤマザンショウを供試した。サンショウ果実は、果実が軟らかく種皮色が乳白色の状態、果実横径の肥大がほぼ最大に達した時期の未熟果実（以下、果実と示す）（アサクラサンショウ：5月28日、赤芽系統：5月30日、ヤマザンショウ：5月31日）、各系統50房を収穫して調査に用いた。ブドウサンショウは、5月30日に朝来市内の量販店で購入した和歌山県産の果実を供試した。

果実品質の調査は、収穫（購入）直後の果実の大きさと形状、水分（果皮と種子）、色調（果皮と種皮）に

ついて測定した後、沸騰水（100℃）中で1分間加熱浸漬処理（ブランチング）を行った。ブランチングした果実の果皮色と破断特性について測定した後、サンプルをポリエチレン袋に入れて密封し、分析時まで5か月間-25℃下で保存した。ポリフェノール及び香気成分の測定は、凍結果実サンプルを用いて行った。

2 果実の大きさ、形状、色調及び水分含量の測定

果実の縦径、横径は、デジタルノギスを用いて測定した。果実の縦径、横径、重量、1房あたりの果実数及び重量の測定は、10回反復した。

果皮及び種皮の色調は、分光式色差計（SE-2000型、日本電色工業製）を用いて、専用の丸セル（直径31mm）に果実を約4g入れて測定した。色調は、ハンター表色法によるL値（明度）、a値（赤色度：+赤～-緑）、b値（黄色度：+黄～-青）で示した。測定は2回反復した。

果皮及び種子の水分含量は、常圧乾燥法（105℃4時間）により乾燥して測定した。測定は2回反復した。

3 果実の破断試験

果実の破断特性は、Hirotaら³⁾の方法に従い、クリープメーター（RE-3305型、山電製）を用いた破断試験により評価した。プランジャーにはNo.4S（円柱型直径3mm）を使用し、測定条件はロードセル2kg、測定速度1mm/sec、クリアランス99%、試料にはブランチング処理した果実を用い、1粒ずつ果実の側面をプランジャーで圧縮した。得られた破断曲線から、果皮を破断した時の破断荷重（N）、破断歪率（%）、破断エネルギー（J/m³）を測定した。測定は10回反復した。

4 ポリフェノールの分析

果実中のポリフェノールの分析は、沖ら¹¹⁾の方法に従い、以下の手順で行った。凍結果実サンプル5.0gを量り取り、80%エタノール15mlを加えてホモジナイズし、室温で1時間抽出した後、抽出液を3,000rpmで10分間遠心分離した。さらに残渣を同様な方法で2回抽出した後、その上澄み液を集め、50mlに定容してサンプル液とした。10倍希釈したサンプル液1mlを取り、50% Folin-Ciocalteu 試薬1ml、0.4M炭酸ナトリウム溶液5mlを加え、50℃の水浴中で5分間保持した。反応液を室温で1時間放置後、分光光度計（DU720型、ベックマンコールター製）を用いて765nmの吸光値を測定し、カテキン換算値として表示した。測定は2回反復した。

5 香気成分の分析

果実中の香気成分は、モノシリック素材吸着抽出法（MMSE法）^{5,14)}により香気捕集し、ガスクロマトグラフ（GC）により香気成分を測定した。凍結果実サンプ

表1 サンショウ系統別の果実の大きさ, 形状及び水分含量

| | 果実 | | | 房 | | 水分含量(%) | |
|-----------|------------|------------|-------------|--------------|-------------|---------|------|
| | 縦径 (mm) | 横径 (mm) | 重量 (g/個) | 果実数 (個/房) | 重量 (g/房) | 果皮 | 種子 |
| アサクラサンショウ | 5.61 b | 4.77 a | 0.062 a | 61 a | 3.92 a | 78.1 | 87.2 |
| 赤芽系統 | 5.38bc | 4.17 b | 0.051 b | 42 b | 2.19 b | 75.9 | 88.9 |
| ブドウサンショウ | 6.23 a | 4.58ab | 0.064 a | 61 a | 3.68 a | 76.7 | 88.5 |
| ヤマザンショウ | 5.09 c | 4.27 b | 0.049 b | 33 b | 1.41 c | 79.4 | 88.1 |

異なるアルファベットは Tukey の多重検定により 5%水準で有意な差のあることを示す。

表2 サンショウ系統別の果皮及び種皮の色調

| | 果皮色(生) | | | 種皮色(生) | | |
|-----------|--------|-------|------|--------|------|------|
| | L 値 | a 値 | b 値 | L 値 | a 値 | b 値 |
| アサクラサンショウ | 32.5 | -10.7 | 15.0 | 61.5 | -3.4 | 20.9 |
| 赤芽系統 | 35.0 | -5.7 | 15.5 | 66.6 | -3.7 | 20.8 |
| ブドウサンショウ | 34.4 | -10.8 | 15.4 | 63.4 | -2.3 | 19.1 |
| ヤマザンショウ | 34.1 | -11.7 | 16.3 | 61.4 | -3.6 | 19.2 |

色調: L 値(明度), a 値(赤色度: +赤~緑), b 値(黄色度: +黄~青).

ル 4 g を 10 ml 容 ガラス バイアル 瓶 に 入 れ, ガラス 棒 で 果 実 を 押 し つ ぶ し た, シリ カ モ ノ リ ス 捕 集 剤 Mono Trap (DCC18, ジーエルサイエンス製) 1 個 を バイアル 瓶 に 入 れ て 密 栓 し, 60℃ の 恒 温 器 で 30 分 間 加 温 し, ヘ ッ ド ス ペー ス 内 の 香 気 成 分 を 捕 集 剤 に 吸 着 さ せ た. 捕 集 剤 を バイアル から 取 り 出 し, 溶 媒 抽 出 用 の MT Extract Cup (ジューエルサイエンス製) に 捕 集 剤 を 入 れ, ジク ロ ロ メ タ ン 400 μ l を 添 加 し て 密 栓 し た 後, 超 音 波 洗 浄 器 (8210J - DTH, ヤマト科学製) で 5 分 間 照 射 し て 溶 媒 抽 出 し た. 抽 出 溶 媒 2 μ l を GC (D - 2500 形, 日 立 製 作 所 製) に 注 入 し, 香 気 成 分 を 測 定 し た. GC 分 析 条 件 は 以 下 の と お り と し た. カ ラ ム : ガ ラ ス カ ラ ム (3 m \times ϕ 3 mm), 充 填 剤 10% Silicone OV - 275 on Uniport HP (80/100 mesh), カ ラ ム 温 度 : 50℃ \rightarrow 250℃ (7.5℃ /min 昇 温), 注 入 口 温 度 : 260℃, キ ャ リ ア ガ ス : ヘ リ ウ ム (1.5 ml/min), 検 出 器 : FID (水 素 炎 イ オン 検 出 器). 測 定 は 2 回 反 復 し た.

結 果

サンショウ系統別の果実の大きさ, 形状及び水分含量について表1に示した. アサクラサンショウ果実は,

縦径が5.61mm, 横径が4.77mm及び重量が0.062gであった. アサクラサンショウの果実重量は, 赤芽系統およびヤマザンショウより有意に大きく, ブドウサンショウと同程度の大粒であった. アサクラサンショウの1房あたりの重量は3.92g, 果実数は61個であり, 赤芽系統およびヤマザンショウよりも有意に大きな値を示したが, ブドウサンショウとの間に有意差は認められなかった. アサクラサンショウの水分含量は, 果皮が78.1%, 種子が87.2%であった. サンショウ系統の果皮水分は75.9~79.4%, 種子水分は87.2~88.9%の範囲であり, 系統の違いによる大きな差は認められなかった.

サンショウ系統別の果皮及び種皮の色調について表2に示した. アサクラサンショウの果皮色は, L 値 (明度) が32.5, a 値 (赤色度) が-10.7, b 値 (黄色度) が15.0であり, ブドウサンショウやヤマザンショウに比べて, L 値及びb値が低く, 緑色が濃い色調であった. 赤芽系統は, 他のサンショウ系統に比べてa値が高く, やや赤みがかかった緑色であった. サンショウの種皮色は, L 値が61.4~66.6, a 値が-3.7~-2.3, b 値が19.1~20.9の範囲であり, いずれの系統も乳白色の色調で目視による違いは認められなかった.

表3 サンショウ系統別の果実中のポリフェノール含量及び香気成分含量

| | ポリフェノール (g/100gFW) | 香気成分含量(mg/100gFW) | | | | |
|-----------|-----------------------|-------------------|---------|------|--------|--------|
| | | リモネン | フェランドレン | ピネン | シトロネラル | 酢酸ゲラニル |
| アサクラサンショウ | 1.416 | 32.12 | 29.92 | 6.19 | 0.44 | 0.13 |
| 赤芽系統 | 1.638 | 19.65 | 21.29 | 4.35 | 2.20 | 1.63 |
| ブドウサンショウ | 1.360 | 27.43 | 29.41 | 5.94 | 1.11 | 4.78 |
| ヤマザンショウ | 0.980 | 5.38 | 29.72 | 5.47 | 2.30 | 1.13 |

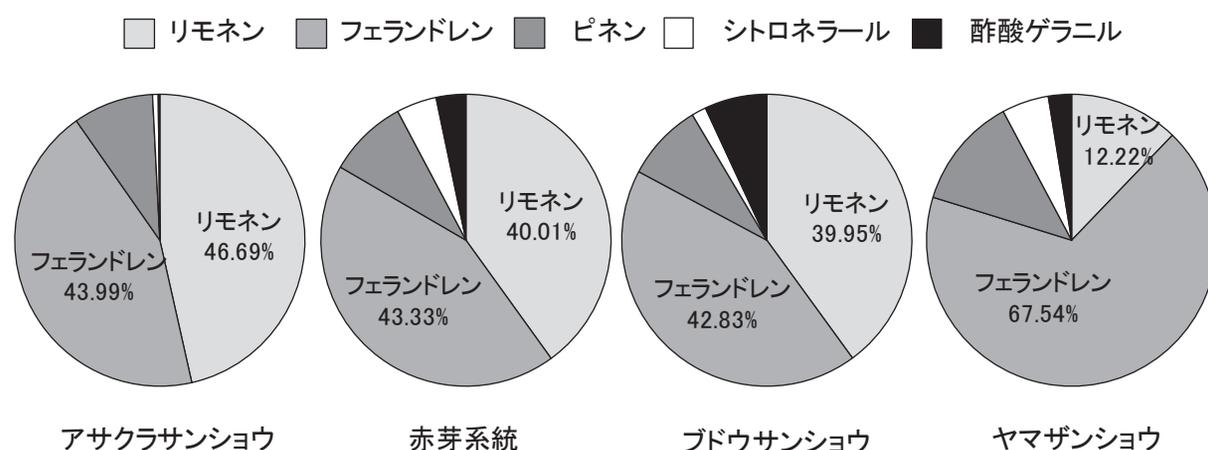


図1 サンショウ系統別の果実中の香気成分組成

サンショウ系統別の果実中のポリフェノール含量及び香気成分含量について表3に示した。アサクラサンショウ果実のポリフェノール含量は、100g新鮮重(FW)あたり1.416gであり、ブドウサンショウやヤマザンショウよりも含量が高く、赤芽系統よりも含量が低かった。

サンショウ果実の香気成分は、リモネン、フェランドレン、ピネン、シトロネラル、酢酸ゲラニルから構成され、それらの含量は、5.38~32.12mg/100gFW, 21.29~29.92mg/100gFW, 4.35~6.19mg/100gFW, 0.44~2.30mg, 0.13~4.78mg/100gFWの範囲であった(表3)。アサクラサンショウ果実の香気成分は、100g新鮮重あたりリモネンが32.12mg, フェランドレンが29.92mg, ピネンが6.19mg, シトロネラルが0.44mg, 酢酸ゲラニルが0.13mg含まれ、他のサンショウ系統と比べて、リモネン含量が高く、シトロネラル及び酢酸ゲラニル含量が低かった。

サンショウ系統別の果実中の香気成分の割合(組成)について図1に示した。アサクラサンショウ果実の香気成分組成は、リモネン(46.69%)>フェランドレン(43.99%)>ピネン(9.00%)>シトロネラル(0.63%)

>酢酸ゲラニル(0.18%)の順に割合が高く、他のサンショウ系統と比べてリモネンの割合が高かった。一方、ヤマザンショウ果実の香気成分組成は、フェランドレン(67.54%)>ピネン(12.43%)>リモネン(12.22%)>シトロネラル(5.23%)>酢酸ゲラニル(2.58%)の順に割合が高く、他のサンショウ系統と比べてフェランドレンの割合が高く、リモネンの割合が低かった。

サンショウ系統別のブランチング果実の果皮色及び破断特性について表4に示した。ブランチング後の果皮色は、収穫直後(生)(表2)に比べてL値及びb値が高く、明度が高くて黄色みが強かった。

ブランチング後の果実の破断特性について、果実の硬さに関係する破断荷重は、ブドウサンショウ>ヤマザンショウ>赤芽系統>アサクラサンショウの系統順に値が大きかった(表4)。アサクラサンショウ果実の破断荷重は9.64Nで、ブドウサンショウ(11.30N)よりも有意に値が小さく、軟らかかった。果皮の破断に至るまでの抵抗力(弾力)に関係する破断歪率は、赤芽系統>ブドウサンショウ>アサクラサンショウ>ヤマザンショウの系統順に値が大きかった。アサクラサンショウ果実の破

表4 サンショウ系統別のブランチング果実の果皮色及び破断特性

| | 果皮色 | | | 破断特性 | | |
|-----------|------|-------|------|-------------|-------------|--------------------------------|
| | L 値 | a 値 | b 値 | 破断荷重 (N) | 破断歪率 (%) | 破断エネルギー (J/m ³) |
| アサクラサンショウ | 35.0 | -9.1 | 15.6 | 9.64 b | 41.44 b | 195078 b |
| 赤芽系統 | 38.5 | -10.2 | 17.0 | 9.97 b | 49.87 a | 271933 a |
| ブドウサンショウ | 36.3 | -12.6 | 17.1 | 11.30 a | 46.20 a | 208178 b |
| ヤマザンショウ | 36.2 | -11.5 | 16.3 | 10.41ab | 39.13 b | 215633 b |

色調：L 値(明度)，a 値(赤色度：+赤～緑)，b 値(黄色度：+黄～青)。

処理条件：果実を沸騰水中(約 100℃)で 1 分間加熱処理 (ブランチング)。

破断条件：果実を円柱型ブランジャー(直径 4mm)で 1cm/min の速度で圧縮し、果皮が破断した時の特性値を測定。

異なるアルファベットは Tukey の多重検定により 5%水準で有意な差のあることを示す。

断歪率は41.44%で、赤芽系統やブドウサンショウよりも有意に値が小さかった。果実を噛むときに要する顎の力に関係する破断エネルギーは、赤芽系統>ヤマザンショウ>ブドウサンショウ>アサクラサンショウの系統順に値が大きかった。アサクラサンショウ果実の破断エネルギーは195078 J/m³であり、赤芽系統に比べて有意に値が小さく、ブドウサンショウとヤマザンショウとの間に有意差は認められなかった。

考 察

特産農産物のブランド化において、品質特性を明らかにすることは、品質の優位性をPRできるだけでなく、特長を生かした加工品開発につなげる上でも重要となる。アサクラサンショウは、主に佃煮加工用として5月下旬から6月上旬に収穫期を迎える未熟果実が利用されてきた。そこで本研究では、5月下旬に収穫したアサクラサンショウ果実を用い、他のサンショウ系統についても同等の熟度で収穫した果実について、外観品質、香氣成分及びブランチング処理後の破断特性について比較した。

果実の外観品質について、アサクラサンショウ果実は、野生または半野生種のヤマザンショウや在来種の赤芽系統と比べて有意に粒が大きく、栽培種のブドウサンショウと同程度の大粒であった。果皮色は、ヤマザンショウやブドウサンショウに比べてL値及びb値が低く、緑色が濃い色調を特徴とした。従来、サンショウの果実は醤油で味付けした佃煮に加工されることが多く、加工品=茶色のイメージが強かった。しかし、アサクラ

サンショウ果実の特徴である鮮やかな緑色を生かすことは、加工面において重要と考えられた。そのため、現在では、特長を生かせる1次加工技術の開発とそれを利用した新たな加工用途開発に取り組んでいるところである。

サンショウの果実や葉に含まれる精油は、さわやかな芳香を有しており、佃煮、薬味や香辛料として料理に広く利用されているが、これまで品種・系統間の香氣成分の比較は、完熟果実を用いた調査が多い。坂井と中島¹³⁾は、サンショウの完熟果実における香氣成分の品種間比較(タカハラサンショウ、アサクラサンショウ、ブドウサンショウ)により、タカハラサンショウは、アサクラサンショウに比べてリモネンに対するフェランドレン含量(P/L比)が高く、他のサンショウ系統との識別性が高いとしている。一方、呉ら¹⁵⁾は、サンショウの未熟果実のメタノール抽出物の香氣成分を調査し、フェランドレン、リモネン及びピネンが主成分であることを報告している。また、飯島ら⁴⁾は、サンショウ(品種名は不明)の完熟果実と未熟果実の香氣成分を比較したところ、未熟果実のほうが香氣成分の含量が高く、特にリモネンの割合が高いことを報告している。本研究において、サンショウの未熟果実における系統別の香氣成分を調査した結果、成分の種類はリモネン、フェランドレン、ピネン、シトロネール、酢酸ゲラニルから構成されており、これら香氣成分の組成比は系統により異なっていた。アサクラサンショウの未熟果実は、他のサンショウ系統に比べて、リモネンの割合が高く、含量も多い特徴を明らかにした。リモネンの水中での閾値は10ppbであるのに対

し、フェランドレンの閾値は500ppbであることから²⁾、閾値の低いリモネンの官能的寄与は、フェランドレンより大きいと考えられる。このことから、香気成分の組成や含量の違いがサンショウ果実の香りに影響することが示唆され、アサクラサンショウ果実は、他のサンショウ系統に比べて、香りの面からも優位性が高いと考えられる。Kesterson and Hendrickson¹²⁾ は、柑橘類の香気成分について、品種、熟度、貯蔵条件、季節変動等に影響するとしており、様々な要因によって香気成分が変動することが考えられる。今後は、アサクラサンショウ果実の香気成分の組成や含量に及ぼす栽培条件や環境条件についても検討していく必要がある。

サンショウ果実の品質評価は、これまで、香気成分^{13,15)}、脂肪酸¹⁾、ラジカル消去能⁷⁾ など生化学的な特性に関する報告が中心で、果実の物理的な特性に関しては調査されてこなかった。佃煮加工適性としては、果実が軟らかいことが重要視される。そこで、煮豆の破断解析において報告されている測定法³⁾ を用いて、果実の硬さや弾力の指標として、ブランピング後の果実の破断荷重、破断歪率及び破断エネルギーを測定し、果実の破断特性についての系統間比較を行った。アサクラサンショウ果実は、硬さに関する破断荷重や弾力に関する破断歪率が、ブドウサンショウよりも有意に値が小さく、果実が軟らかくて弾力が小さい特徴を有し、今回比較したサンショウ系統の中で、佃煮としての加工適性に優れることが明らかとなった。

現在、佃煮加工用として流通しているサンショウの果実には、アサクラサンショウとブドウサンショウの2系統がある。但馬産のアサクラサンショウは、以前より取引のある佃煮業者からは、果実の軟らかさや香りの良さを高く評価されてきたが、他の加工業者や一般消費者に対して、その認知度は十分とはいえない。サンショウの未熟果実は、出荷時期が早いほど「旬もの」として高値で市場取引される傾向にあり、和歌山県産のブドウサンショウの後に出荷が始まる但馬産のアサクラサンショウは、価格的にやや不利な立場にある。今後は、本研究において明らかとなったアサクラサンショウ果実の品質的特長について、関係機関と連携してPRに取り組み、実需者や消費者に広く情報提供していきたい。さらに、今回の研究により、アサクラサンショウ果実はリモネンの組成比や含量が高く、柑橘系の香りを特徴とすることが明らかとなったことから、香りと鮮やかな緑の色調を生かした新たな加工用途開発への可能性が示唆された。従来までの佃煮、ちりめん山椒等の惣菜利用の枠に収まらず、柑橘系の香りが引き立つジェノベーゼ風の調味料

や、チョコレート、アイスクリームなどの菓子類への利用といった新用途の展開が今後期待される。

引用文献

- (1) 油野截子・黒野吾市・森本美智・西川嘉廣 (1972) : 果実および種子脂肪酸の研究 (第3報) 数種のミカン科植物の脂肪酸組成についてその1 : 薬学雑誌 92, 1298-1299
- (2) Buttery, R.G., L.C. Ling and D.M. Light (1987) : Tomato leaf volatile aroma components : J. Agric. Food Chem. 35, 1039-1042
- (3) Hirota, T., S. Yoshida and K. Nagai (2013) : Relationships between sensory evaluations, and physical and chemical properties of boiled seeds in black soybean : J. Crop Res. 58, 57-64
- (4) 飯島 (関和) 陽子・諸井千春・萩原修・久保田紀久枝 (2002) : ヘッドスペースガス分析法を用いた産地別山椒果実の香気分析 日食科工誌 : 49 (5), 320-326
- (5) Jang, H.J., H.H. Son and D.S. Lee (2011) : Optimization of disk sorptive extraction based on monolithic material for the determination of aroma compounds from *Lantana camara* L. by gas chromatography-mass spectrometry : Bull. Korean Chem. Soc. 32, 4275-4280
- (6) 神崎真哉・原田剛志・中島詳裕・裕佳永・宇都宮直樹 (2007) : 近畿地方に分布するサンショウの類縁関係の調査 : 園学研 6 (別1), 380
- (7) 木村俊之・山岸賢治・鈴木雅博・新本洋士 (2002) : 農産物のラジカル消去能の検索 : 日食科工誌 49 (4), 257-266
- (8) 松浦克彦・青山喜典 (2011) : 土性や地下水位がアサクラサンショウの枯死に及ぼす影響 : 兵庫農技総セ研報 (農業) 59, 13-18
- (9) 松浦克彦 (2012) : アサクラサンショウ枯死低減のための耐湿性台木の選抜 : 兵庫農技総セ研報 (農業) 60, 14-18
- (10) 内藤一夫 (2004) : 特産シリーズ サンショウ (農山漁村文化協会) 43-52
- (11) 沖智之・増田真美・納美由紀・小林美緒・古田収・西場洋一・須田郁夫 (2002) : サツマイモ「シモン1号」葉部熱水抽出液のラジカル消去活性 : 日食科工誌 49 (19), 683-687
- (12) Wolford, R.W., J.W. Kesterson and J.A. Attaway (1971) : Physicochemical properties of Citrus es-

- essential oils from Florida : J. Agric. Food Chem. 19 (6) , 1097-1105
- (13) 坂井至通・中島美幸（2009）：サンショウ栽培品種（タカハラサンショウ・アサクラザンショウ・ブドウザンショウ）の成分比較研究：岐阜県森林研研報 38, 1-10
- (14) Sato, A., K. Sotomaru and M. Takeda (2009) : A novel approach for aroma components analysis using a monolithic hybrid adsorbent as a new generation medium. "MonoTrap" : China-Japan-Korea Symposium on Analytical Chemistry Abstract, p45.
- (15) 呉垠・下田満哉・茂島豊（1996）：葉山椒及び青山椒の香気成分の同定・定量と試料間変動：日本農芸化学会誌 70 (9), 1001-1005