シソの香気評価に関する研究 —カラム濃縮法によるシソ生葉香気成分の分析—

森中洋一^{1*}・福田直也^{2**}・高柳謙治^{2***}

¹筑波大学農学研究科 305-8572 つくば市天王台

²筑波大学農林学系 305-8572 つくば市天王台

Evaluation of Perilla (*Perilla frutescens*) Aroma — Analysis of Volatile Aromatic Components in Fresh Perilla Leaves by Adsorptive Column Method —

Yoichi Morinaka^{1*}, Naoya Fukuda^{2**} and Kenji Takayanagi^{2***}

¹ Doctoral Degree Program in Agricultural Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8572

² Institute of Agriculture and Forestry, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8572

Summary

Adsorptive column, packed with Porapak Q as the adsorbent, was used to concentrate volatile compounds in fresh perilla (*Perilla frutescens*) leaves prior to gas chromatographic (GC) analysis. The aroma concentrates prepared by this method yielded information related to the sensory evaluations of the sample. The GC tracing from 36 perilla leaf samples exhibited a total of 120 peaks; the maximum number of peaks per sample was 67 while the minimum was 26, with an average of 45 peaks. The major component in 29 of 36 perilla leaf samples was perillaldehyde, whereas dillapiol, elsholtziaketone or perillaketone was the major one in the rest of the samples. The 36 leaf samples fell into 6 groups by cluster analysis of the GC data, which was not fully consistent with grouping on the basis of sensory evaluation. However, there was a certain correspondence between GC profiles and sensory profiles so that the aroma concentrates, prepared by the adsorptive column method, yielded significant information related to sensory evaluations of the sample.

Key Words: adsorptive column method, aroma components, perilla (*Perilla frutescens*).

緒 言

香りの本体は、主に空気中に揮散する有機化合物であり、一般的に香気成分と呼ばれる(山口, 1991)。これら香気成分は低沸点物から比較的高沸点のものまで、さらには低極性物質から高極性物質まで連続的に分布している(箴島, 1989b)。しかも、その存在量は極めて少なく ppm~ppb レベルである(杉沢, 1983)。ヒトの嗅覚感度は $\geq 10^{-7}$ ppb のレベルであるのに対し、香気成分の分析で最も一般的に用いられている水素炎イオン化検出器を装備したガスクロマトグラフ (GC-FID) の検出感度は 1 ppb 程度であり、 10^7 もの差があるといわれている(箴島, 1989a)。したがって、香気の分析に際しては前処理、すなわち香気成分の捕集(抽出)・濃縮が必須となる。しか

し、香気成分を質的、量的に変化させずに捕集し、ガスクロマトグラフ (GC) で検出可能な濃度まで濃縮することは容易ではない。得られる分析結果は香気成分の前処理法により定量的にも定性的にも大きな影響を受けるため、分析の目的および試料の性質と前処理法の特性ととの相性を考慮して、適切な方法と条件を設定する必要がある。生鮮食料品の香気評価を目的とした場合、前処理過程での加熱などによる成分の化学変化には特に注意を要する。

シソの香気成分は、主に葉と花穂に存在する精油に含まれている。坂本ら(1995b)は、ポラパック Q カラム濃縮法、パーミアンドトラップ法および減圧連続水蒸気蒸留抽出法を用いて、塩蔵赤シソの香気分析を行い、これら 3 法により得られた抽出濃縮物の香気成分組成比および定量結果の再現性について比較検討した。坂本らはここで、塩蔵赤シソの香気分析法としてパーミアンドトラップ法が最も優れた方法であるとした。しかし、ポラパック Q カラム濃縮法についても、他の 2 法と比べてピーク検出力が低いものの操作が迅速・簡便で再現性もきわ

2001年6月20日 受付。2001年10月5日 受理。

*現在: 農業生物資源研究所 305-8602 つくば市観音台 2-1-2

**Corresponding author.

***現在: 退官 富山市上千俣町

めて良いことから、ペリラアルデヒドなど数個の主要香気成分のみを対象とした分析ならば簡易法として品質管理に十分適用可能であると報告している。ポラパック Q カラム濃縮法は、下田ら (1987) が考案した比較的新しい香気成分前処理法である。本法は、無加温で試料から香気成分を回収し得る最大の利点に加えて、共存成分の影響を受け難く、かつ操作が簡単で特殊な装置を必要としないなど数々の利点を有している。

そこで本研究では、現場に近いレベルで簡便に行えるシソ香気の客観的評価法の開発を視野に入れ、ポラパック Q カラム濃縮法によるシソ生葉の香気成分分析データが官能評価結果 (森中ら, 2001) を説明し得る情報を有しているか否かを検討した。その結果、いくつかの知見を得たので報告する。

材料および方法

供試材料

全国各地より収集した 137 系統のシソから、色や採種地などを考慮して選抜した 26 系統のシソ (サンプル名中のアルファベットが G: 青シソ, 同様に R: 赤シソ, RR: カタメンシソ), 市販種子 2 系統 (TAG: 青シソ, TAR: 赤シソ), 韓国産エゴマ 2 系統 (EGK, EGO) の計 30 系統を用いた。これらは 1996 年 10 月 2 日に播種し、筑波大学農林技術センター内の温室にて長日処理を施して栽培した (森中ら, 2001)。これらに加え、同一生産組合から出荷された市販品の大葉を購入日を変えて、6 サンプル用いた (OB1~6)。以上 36 サンプルは、前報の官能評価 (森中ら, 2001) で用いたものと同じ植物材料に由来する。香気成分分析には、官能評価の提示サンプル作成用に用意した試料 (森中ら, 2001) から一部を分けて用いた。すなわち、評価前日に採集した先端展開第 1 葉位 ~ 第 3 葉位までの生葉および同じく評価前日に購入した市販の大葉を用いた。これらの試料は香気成分の抽出開始まで系統ごとにポリ袋に入れて約 4 °C で冷蔵保管した。

香気成分の抽出

香気成分の抽出は、基本的に官能評価 (森中ら, 2001) の翌日に行った。

香気成分抽出には、坂本ら (1995b) が塩蔵赤シソの香気分析にて用いたポラパック Q カラム濃縮法を若干改変した方法を用いた。すなわち、約 2 mm 角に刻んだシソ生葉の葉身 3 g に 50% メタノール水溶液 50 ml を加え、20 分間攪拌した後、桐山ロートで吸引濾過して抽出液を得た。さらに同試料に純水 50 ml を加えて同じ操作を行った。ポラパック Q 10 ml を充填したガラスカラムに、両操作で得た抽出液を合わせたもの (計 100 ml) を流して香気成分を吸着させた後、純水 100 ml でカラムを洗浄し、その後、精製ジエチルエーテル 50 ml でカラムに吸着された香気成分を溶出させた。溶出液に内標準として 1% フタル酸ジエチル 10 μ l を添加し、無水硫酸ナトリウムで一晩脱水し

た。その後、40 °C 以下で窒素気流を用いて約 0.5 ml まで濃縮したものを冷凍し、混入した水を氷結させて除いた (相島・延原, 1977) 後、再び窒素気流を用いて約 50 μ l まで濃縮した。GC には 1 μ l を注入した。

機器分析およびその条件

シソ香気抽出物の GC 分析については坂本ら (1995b) の条件に準じた。機器および条件は以下の通りであった。

GC は GC-17A Ver. 3 (島津), 検出器に FID を使用した。カラムには、DB-WAX (0.25 mm $\times$ 60 m, 膜厚 0.25 μ m, J&W) を用いた。注入口および検出器温度は 230 °C, カラム温度は 40 °C (2 分保持) から 210 °C まで 3 °C $\cdot$ min⁻¹ で昇温した。キャリアーガスにはヘリウムを使用し、スプリット比 1:30, カラム内線速度は 30 cm $\cdot$ sec⁻¹ とした。ピーク面積の算出にはクロマトパック C-R3A 型積分計 (島津) を用いた。ガスクロマトグラフィー質量分析 (GC-MS) には、GC/MS-HP-5972 (横河ヒューレットパッカー) を使用した。カラムには INNO WAX (0.25 mm $\times$ 25 m, 膜厚 0.1 μ m, 横河ヒューレットパッカー) を用いた。インターフェース温度は 270 °C, カラム温度は 40 °C (2 分保持) から 210 °C まで 3 °C $\cdot$ min⁻¹ で昇温した。キャリアーガスにはヘリウムを用い、イオン化は EI 法により行った。

検出した物質の同定は、装置付属のデータベースを用いたライブラリーサーチおよびマススペクトルのデータ集 (Adams, 1989) との比較により行った。また、GC の結果から Kovats Index (KI) を算出し、標品の値との比較もしくは、ほぼ同条件で分析、算出された文献値 (坂本ら, 1995a, b, 1997) を参考にするでも行った。各成分の定量値は、絶対値として内標準とのピーク面積比を用いた。また、多数の成分の集合から成る香気においては、成分全体における存在比率が重要になることも考えられるため、相対値として、溶媒であるエーテルと内標準として用いたフタル酸ジエチルのピークを除くガスクロマトグラムのピーク総面積に対する各ピークの割合を用いた。GC 定量データと官能評価データの対応の確認

シソ生葉を試料とし、ポラパック Q カラム濃縮法により得た香気抽出物の GC 分析データが、同試料の官能評価結果を説明し得るだけの情報を有しているか否かを検討する目的で、まず GC 分析データを用いたクラスター分析により、サンプルのグルーピングを行った。サンプル間の非類似度にはユークリッド距離を用い、クラスター化法にはウォード法 (池田・岡太, 1974) を用いた。次に、このグルーピング結果と官能評価 (森中ら, 2001) との対応を確認した。

結果および考察

ピークの同定・定量

GC による分析の結果、1 サンプルあたり平均 45 ピークが検出された。最も検出ピーク数が多かったのは、サ

ンブル OB1 の 67 本であり、最も少なかったのは EGO の 26 本であった。坂本ら (1995b) の塩蔵赤シソについての報告では、ボラパック Q カラム濃縮法で 52 本のピークを検出している。用いたサンプルの系統の違いや栽培条件による精油成分の変動、塩蔵か生葉かといったサンプル性状の違い、使用したサンプル量 (坂本らは 10 g を使用) の違いなどがあるため、本研究の結果と坂本らの結果とを単純には比較できないが、検出ピーク数に関してはほぼ同等の結果が得られたものと考えられる。

全 36 サンプルを通して計 120 ピークが検出され、この内、全サンプルに共通して検出されたのは 10 ピークのみであった。これらの 120 ピークには、前報 (森中ら, 2001) で第 1 回目の官能評価に使用したサンプル群 (OB1, 01R, 02R, 03R, 04G, 21RR), すなわち香氣濃縮用カラム調製直後に抽出、濃縮操作を行ったサンプル群にのみ特異的に検出、もしくはこれ以降に抽出、濃縮を行った他サンプルに比べて多量に検出されたピークがいくつかみられた。また、これらは濃縮用カラムの使用回数の増加に従って減少していく傾向がみられた。カラム濃縮法で得られる香氣濃縮物中に吸着剤であるポーラスポリマーからの不純物が検出されることは報告されている (菅原, 1991)。そのため、これらのピークはカラム調製時に十分に洗浄しきらなかったボラパック Q 中の不純物である可能性が高いと考え、除くことにした。さらに、遺伝的背景が同一であると考えられる (森中ら, 2001) 市販品大葉 6 サンプルのうち半数未満にしか検出されなかったピークの内、全 36 サンプルを通して検出されたサンプル数が少ないピークについても、供試材料の精油成分に由来したピークではないとして除くことにした。以後、残った 85 ピークのみを使用した。

85 の各ピークを同定した結果および各ピークの検出サンプル数を第 1 表に示した。全 36 サンプル中、29 サンプルがピーク 57 のペリラルアルデヒドを主要成分としていたが、7 サンプルはペリラルアルデヒドをほとんど含まず、代わりにペリラルアルデヒドを主要成分とするサンプルにはほとんどみられないピークを主要成分としていた。赤シソサンプル 08R はピーク 110 のディルアピオールを、同じく赤シソ 17R はピーク 40 のエルシヨルチアケトン、青シソ 28G はピーク 104 のミリスチシンを、赤シソ TAR はピーク 68 (未同定) を、青シソ 22G はピーク 100 のエレミシンをそれぞれ主成分としていた。エゴマ 2 サンプル (EGK, EGO) については、ともにピーク 58 のペリラケトン主成分としていた。

このように本研究で供試したサンプルには、精油組成が大きく異なるいくつかの変異があることが確認された。また、これらは伊東 (1970) や肥塚ら (1984) の報告や、本多 (1996) の総説で紹介された数種の精油型 (chemotype) のいずれかに大方当てはまるものであった。これらの報告と総説を参考に、およそエルシヨルチアケトンを含む

サンプル中にしか検出されない点と、サンプル 17R と TAR におけるエルシヨルチアケトンとの存在比およびピーク検出位置から考慮すると、未同定のピーク 68 はおそらくナギナタケトンであると推察される。

GC 定量データと官能評価データの対応の確認

一部の精油型とその香氣については、これまでにいくつかの報告で簡単に述べられており (長尾ら, 1974; 肥塚ら, 1984; 本多, 1996), これらをまとめると以下のようになる。(1) ペリラルアルデヒドを主成分とするものはシソ特有の香りを有する。(2) エルシヨルチアケトンやナギナタケトン主成分とするものはナギナタコウジュ様の異臭、油性の香氣がある、もしくは強烈な不快臭を有する。(3) ミリスチシン、エレミシン、ディルアピオールといったフェニルプロパノイドを主成分とするものは香氣がきわめて弱い。(4) ペリラケトン主成分とするものは、やや不快臭がある、もしくはエゴマに多い刺激臭を持つ。(5) シトラール主成分とするレモンエゴマは、その名の通りレモン様の香氣を有するとされている。本研究で用いたサンプルのうち、前述のペリラルアルデヒドを主成分としない 7 サンプルの官能特性とこれらの記述は、前報 (森中ら, 2001) においてパネルがナギナタコウジュ様の異臭を「青臭い」と評価したと考えると、ほぼ一致していた。また 17R を除き、これらはすべて官能評価では Group 5, すなわち一般的なシソとして評価される範囲外とみなしたグループ (森中ら, 2001) に属していた。

香氣成分の特徴として、ヒトが匂いとして感じる限界濃度である匂い閾値が物質によって大きく変動することが知られている。つまり、多量にあってもほとんど匂いがしないものもあれば、反対にごく少量であっても強い匂いを放つ物質もあり、絶対量が多いことと香氣成分としての重要度とは別問題である (久保田, 1996)。検出されたピークの官能的重要度を考慮したものとして古くは、試料中の含有量をその閾値で除したオーダーユニット (Guadagni ら, 1966) の利用や、近年では、オーダーユニットの問題点である全含有成分の閾値測定の困難さを解消した Aroma Extract Dilution Analysis (AEDA) や、Charm Analysis, Osmogram (Osme) といったものがある (久保田, 1996; Acree, 1997; 立場・兒玉, 1997)。

しかしながら、本研究においては、設備的な面および扱う試料の多さからくる労力的な面で、これらの手法は適用困難であったため、閾値による各ピークの重み付けは考慮していない。ただし、物質により閾値が異なる関係上、絶対量が多いことと香氣成分としての重要度とは別問題である点は考慮し、クラスター分析に際してまず定量値が非常に大きいメジャーピークがクラスタリングを過剰に支配することを防ぎ、微小ピークを含む各ピーク定量値のサンプル間変動をなるべく純粋にクラスタリングに反映させるため、ピーク定量値はサンプル間平均 = 0, 分散 = 1 に標準化して用いた。得られた樹状図を官能

Table 1. Volatile compounds from fresh perilla (*Perilla frutescens*) leaf.

Peak	Compound	Number of samples	Kovats index (KI) ^z	Bases for identification ^y
1	Unknown	24		
5	2-Butanone	36	901	KI
6	Unknown	18	934	
8	Pentanal	31	979	KI
10	α -Pinene	10	1021	S, KI
11	β -Pinene	13	1104	S, KI
12	3-Hexenal	36	1143	MS
13	Myrcene	3	1163	S, KI, MS
14	<i>l</i> -Limonene	29	1196	S, KI, MS
15	β -Phellandrene	20	1211	KI
16	(<i>E</i>)-2-Hexenal	25	1219	KI, MS
19	Unknown	5	1328	
20	Unknown	2	1332	
22	1-Hexanol/(<i>E</i>)-3-Hexen-1-ol	12	1363	KI
23	(<i>Z</i>)-3-Hexen-1-ol	36	1388	S, KI, MS
24	3-Octanol	24	1396	S, KI, MS
25	(<i>E</i>)-2-Hexen-1-ol	15	1408	MS, KI
26	1-Octen-3-ol	36	1459	S, KI, MS
27	sesquiterpene	2	1494	KI
29	Unknown	4	1520	
32	Benzaldehyde	33	1531	S, KI, MS
33	Linalool	34	1555	S, KI, MS
34	1-Octanol	10	1560	KI
36	β -Caryophyllene	36	1601	S, MS
37	? Sesquiterpene	21	1620	KI
38	Methyl benzoate	32	1626	S, MS
39	Cumin aldehyde	3	1632	MS
40	Elsholtzia ketone	4	1648	MS
41	β -Farnesene	4	1671	MS, KI
42	α -Caryophyllene (Humulene)	27	1682	S, KI, MS
43	Neral (<i>cis</i> -citral)	11	1692	KI
44	α -Farnesene	23	1704	KI
45	α -Terpineol	29	1710	S, KI, MS
47	Pentanedioic acid, dimethyl ester	27	1723	MS
48	Valencene	30	1733	MS, KI
49	Geranial (<i>trans</i> -citral)	7	1736	MS, KI
50	Sesquiterpene (Isopiperitenol?)	15	1743	MS, KI
51	β -Bisabolene	11	1747	MS, KI
53	Citronellol	9	1770	KI
54	1,5 (or 7)- <i>p</i> -Menthadien-8-ol	4	1773	KI
55	Methyl salicylate	7	1782	MS
56	γ -Cadinene	9	1788	KI
57	Perillaldehyde	36	1797	S, KI, MS
58	Perillaketone	25	1804	KI, MS
59	(<i>E</i>), (<i>E</i>)-2,4-Decadienal	6	1816	KI
60	Geranyl propionate	21	1827	KI
61	Damascenone	24	1836	KI
62	(<i>E</i>)-Carveol	12	1841	KI
64	Geraniol	2	1857	KI, MS
67	Unknown	35	1880	
68	Unknown (Naginataketone?)	5	1883	KI
69	Unknown	27	1888	
70	Unknown	20	1892	

^z Kovats indices determined on a 60 m $\times$ 0.25 mm DB-WAX capillary column.^y S: identified by comparison with authentic compound, KI: identified by comparison with KI previously reported by Sakamoto et al. (1995a, b and 1997) and MS: identified by GC/MS.

Table 1. Volatile compounds from fresh perilla (*Perilla frutescens*) leaf. (Continued)

Peak	Compound	Number of samples	Kovats index (KI) ^z	Bases for identification ^y
71	Unknown	36	1898	
72	Perillylacetate	3	1905	KI
73	Unknown	36	1921	MS, KI
74	Unknown	3	1939	KI
75	<i>p</i> -Mentha-1-en-9-ol	27	1947	KI
76	<i>p</i> -Mentha-1-en-9-ol	20	1951	KI
80	Cumin alcohol	34	1983	MS
82	Cumin alcohol	25	1998	MS
83	Unknown	5	2005	KI
85	Perillyl alcohol	32	2021	S, KI, MS
86	Nerolidol	31	2049	S, KI, MS
87	Octanoic acid	26	2070	MS, KI
90	Unknown	7	2114	
92	Unknown	10	2142	
94	Unknown	2	2163	
96	Eugenol	26	2185	S, MS
97	Unknown	2	2210	
98	Unknown	2	2220	
99	Unknown	14	2229	
100	elemicin	5	2239	MS
101	Unknown	2	2253	
104	myristicin	9	2277	MS
105	Unknown	5	2283	
106	Unknown	10	2297	
107	Unknown	4	2312	
108	Unknown	6	2348	
110	dillapiole	6	2370	MS
111	DEP (i. s.)	36	2383	S, MS
112	Unknown	5	2401	
113	Unknown	3	2422	
116	Unknown	7	2453	
117	Unknown	19	2464	
120	Unknown	33	2479	

^z Kovats indices determined on a 60 m × 0.25 mm DB-WAX capillary column.^y S: identified by comparison with authentic compound, KI: identified by comparison with KI previously reported by Sakamoto et al. (1995a, b and 1997) and MS: identified by GC/MS.

評価によるグループ(以下, 官能評価グループ)の数(森中ら, 2001)とほぼ同数のグループ数となる結合距離で切断することで, 絶対値データで5グループと1単独グループを(第1図), 相対値データで6グループを得た(第2図). またこれらの図中のサンプル名の右側には, それぞれのサンプルがどの官能評価グループに属するかも示した. 図中, およそどのGCデータに基づくグループ(以下, GCグループ)も, 官能評価では隣接したグループに属するサンプルが混在して形成されており, Group-a6(第1図)を除いて官能評価グループと完全に一致したものは確認できなかった.

次に視点を変えて, 官能評価データから作成したポジショニング・マップ(森中ら, 2001)上におけるこれらGCグループの分布を第3図に示した. 図中, 絶対値データではGroup-a4に属するサンプル, 相対値データでは

Group-r6に属するサンプルのいくつかがまとまりが悪いものの, それ以外のサンプルについては, 同一GCグループのサンプルは, 官能データによるポジショニング・マップ上においても比較的近い位置にまとまって存在していることが確認できた. これは本GC定量データと官能評価データとの間に何らかの相関が確実に存在することを示していると考えられる. 官能評価結果が十分信頼に足るものと仮定した場合, ポジショニング・マップ上での収束が悪いGCグループが存在する理由として, (1) 香気濃縮法のピーク検出力の弱さによる情報量不足, (2) 閾値が非常に高い(匂いが無い)ピークや試料中の存在量が閾値以下であるピークといった, 試料の実際の香気に寄与しないピークの持つ情報がクラスタリングに雑音成分として作用しているといったことが考えられる. 今回の場合, 他のGCグループの収束程度の良さから, 後者の

Fig. 1. A dendrogram of fresh perilla leaf samples based on absolute value data of 85 peaks exhibited by gas chromatographic tracings.

Absolute value data : Ratio of each peak area to that of the internal standard. A figure following the sample code stands for group number of the sensory evaluation group in the previous study (Morinaka et al., 2001).

理由による可能性が高いと推察される。

前報(森中ら, 2001)において, 同一系統であるはずの市販大葉(OB1~6)の官能評価結果のバラツキについて触れたが, 第1図, 第2図の樹状図と官能評価データのポジショニング・マップ上におけるOB1~6の関係(第3図)は, OB3とOB5が非常に近似し, OB2, 4, 6とは別グループを形成する点で, ほぼ一致していた。これは, 大葉市販品の官能評価結果のバラツキが評価結果の信頼性の低さに由来するものではなく, 生産者の違いや, 出荷から購入, 供試までに経た時間や環境などの要因による香気成分の変動に由来したものであるとの推察を裏付けるものであった。

以上の結果から, 簡易法であるポラパック Q カラム濃縮法によるシソ生葉の香気の GC 分析データ中には試料香気の官能特性を説明し得る情報が存在すると考えられた。

Fig. 2. A dendrogram of fresh perilla leaf samples based on relative value data of 85 peaks exhibited by gas chromatographic tracings.

Relative value data : Ratio of each peak area to the sum of whole peak. A figure following the sample code stands for group number of the sensory evaluation group in the previous study (Morinaka et al., 2001).

摘 要

特別な装置や経験を要せず簡便に行えるシソ香気の客観的評価法を設定することを視野に入れ, 無加温で香気成分を回収でき, 特殊な装置を必要とせず, 操作が簡単で再現性が高いなどの利点を有するポラパック Q カラム濃縮法を香気成分前処理法に採用した。そして機器分析によるシソ香気特性の客観的把握の第一段階として, 本手法によるシソ生葉の香気成分分析データが官能評価結果を説明し得る情報を有しているか否かを検討した。

ガスクロマトグラフィー (GC) 分析の結果, 全 36 サンプルを通して計 120 ピークが検出された。1 サンプルあたり検出ピーク数は, 平均 45 本, 最多サンプルでは 67 本, 最少サンプルで 26 本であった。

全 36 サンプル中, 29 サンプルがペリラルデヒドを主要成分としていた。7 サンプルはペリラルデヒドをほとんど含まず, 代わりにペリラルデヒドを主要成分とするサンプルにはほとんどみられないディルアピオール, エ

ルシヨルチアケトン，ペリラケトンなどを主要成分としていた。

謝 辞 本研究を行うにあたり，貴重なシソおよびエゴマ種子を提供していただいた方々に心より厚くお礼申し上げます。GC-MS分析におきましては，筑波大学農林学系本田 洋助教授に多大なる御協力を賜りました。香気成分の抽出に関しましては，独立行政法人農業技術研究機構野菜茶業研究所山口優一氏より御指導・御助言を賜りました。また，供試材料の栽培管理におきましては，筑

菅原悦子. 1991. みそ香気成分としての HEMF (4-Hydroxy

- 2(or5)-methyl-3(2H)-furanone)の単離. 日食工誌. 38: 491-493.
- 杉沢 博. 1983. フレーバー分析法. ぶんせき 1983: 404-409.
- 立場秀樹・兒玉信子. 1997. におい嗅ぎガスクロについて. 香料 194: 249-257.
- 山口優一. 1991. 果菜類の香りの評価. 平成3年度日種協育技研シンポジウム資料. p. 13-27.