

# イチゴの品種別の色調, 抗酸化性, 抗酸化成分 ならびに揮発性成分に関する調査

小原 美雪\*・金森 健一\*\*・加納 己奈\*\*\*・鶴永 陽子\*

## Investigation of Color, Antioxidant Properties, Antioxidant Components, and Aroma of Different Strawberry Varieties

Miyuki Kohara・Kenichi Kanamori・Mina Kanou・Yoko Tsurunaga

### 要 旨

本研究では, 国内外のイチゴの主要品種, 33 品種 (採取時期の異なる試料 39 種) について, ポリフェノール含量, 抗酸化性, 色調, アントシアニン, 香気成分を測定し, 販売戦略のための基礎資料とすることを目的とした。分析結果より, ①ポリフェノール含量が高い品種は '夏姫', ②抗酸化性 (DPPH ラジカル捕捉活性) が高いのは '星の煌めき', ③ H-ORAC 値が高い品種は 'ローズベリー (商品名)', ④アントシアニン含量が高いのは 'ローズベリー (商品名)', ⑤香気成分を多く含んでいるのは '淡雪', 'さぬきひめ (品種名 'さぬき姫')', '恋みのり', 'さがほのか', 'とよのか', 'あかねっ娘' であることが明らかとなった。また, 相関関係を確認したところ, DPPH 値に最も関与しているのはポリフェノールで, H-ORAC 値に最も関与しているのはアントシアニンであり, イチゴの抗酸化性に影響を及ぼしているのは, ポリフェノールとアントシアニンであることが示唆された。

【キーワード: イチゴ, 品種, 抗酸化性, 抗酸化成分, 揮発性成分, ビタミン C】

### I. 緒言

現在日本で栽培されているイチゴ (*Fragaria* × *ananassa* *Fragaria*) は, 江戸時代にオランダ人によって持ち込まれた, 南アメリカ原産のチリイチゴと北アメリカ原産のバージニアイチゴの種間雑種を起源とするオランダイチゴである。日本への本格的な導入は明治に入ってからであり, 明治の後半にフランスから持ち込まれたジェネラル・シャンジーから育成された '福羽' は日本のイチゴの基礎を作った<sup>1)</sup>。'福羽' は, 日本におけるイチゴ栽培に多大な貢献をした鳥根県津和野町出身の福羽逸人氏によって育成された品種である。平成 10 年頃までは東日本では '女峰', 西日本では 'とよのか' の 2 品種が栽培の大半を占めていたが<sup>2)</sup>, 現在では 'とちおとめ', 'あまおう (品種名 '福岡 S6 号')', 'さがほのか', '紅ほっぺ' の 4 大品種に加え各県育成の品種がそれぞれ当該県で栽培

されるなど, 品種競争は年々激化しており, 現在日本で栽培されている品種は約 300 種類と言われている<sup>3)</sup>。国内のイチゴに関する研究では, '紅ほっぺ'<sup>4)</sup> などの新品種育成に重点が置かれてきた。その背景には近年の日本における品種競争の激化があり, 全国の主要産地がオリジナル品種を開発し, 販売戦略やブランド化につなげようとする取り組みが活発化しているためと考えられる<sup>5)</sup>。品種育成の他には, イチゴに寄生するカンザワハダニ<sup>6)</sup> やナミハダニ<sup>7)</sup> といった害虫に対して, 薬剤感受性を高めたり, 被害を小さくしたりするための研究がなされている。また, 5 品種のイチゴを用いた夏秋に収穫可能な栽培法の研究<sup>8)</sup> や, 2 品種のイチゴを用いた夜温がビタミン C やアントシアニン含量に及ぼす影響を比較した研究<sup>9)</sup> はなされているものの, 多品種について機能性や機能性成分含量を比較している研究は行われていない。

イチゴの主な成分は, ビタミン C (以下, アス

\*鳥根大学人間科学部

\*\*鳥根県農業技術センター 栽培研究部

\*\*\*鳥根大学人間社会科学研究所

コルビン酸)とアントシアニンであることが知られている<sup>9)</sup>。アスコルビン酸は抗酸化物質として報告されており<sup>10)</sup>、コラーゲン線維の構築やコレステロールなどの脂質代謝、鉄の吸収促進などの多岐にわたる機能が報告されている<sup>11)</sup>。アントシアニンは抗酸化性、抗腫瘍作用、抗ウイルス作用、抗炎症作用等を有することが知られている<sup>10)</sup>。また、先行研究より、日本人が好むイチゴとして甘味が強いことと、酸味の強さについて個人差が大きいことが示唆されている<sup>12)</sup>。

現在、日本は農産物の海外輸出を戦略的に実施している。政府は農林水産物と食品の販売路線を維持・拡大することで、輸出額を1兆円水準とすることを目指してきた。品目別の輸出額は加工食品・畜産品・穀物に続き、野菜・果実等が423億円を占めている<sup>13)</sup>。本研究では、約300種ある日本国内のイチゴ品種のうち、機能性ならびにその成分含量の高い品種を選択し、そのデータを海外輸出のため、もしくは各地域のブランド化のPR材料として活用いただくことを目的として調査をおこなった。イチゴ33品種、39試料について、抗酸化性、ポリフェノール含量、アスコルビン酸含量、アントシアニン含量などの機能性成分含量、ならびに揮発性成分を測定し、それらの品種間差異を明らかにした。なお、33品種、39試料もの品種間の差異を検討した研究はこれまでにない。

## II. 実験方法

### 1. 原料

2021年6月30日に6試料(‘天使のいちご(品種名‘ももいろほっぺ8号)’、‘よつぼし’、‘紅ほっぺ’、‘章姫’、‘かおり野’、‘星の煌めき’)、2022年11月11日に4試料(‘アメリカイチゴ(商品名)’、‘サマールージュ(品種名‘信大BS8-9)’、‘なつあかり’、‘夏イチゴ(商品名)’)、1月11日に29試料(‘女峰’、‘とよのか’、‘ゆめのか’、‘あかねっ娘’、‘ベリーポップすず(品種名‘MYAGMIE-1)’、‘章姫’、‘カレンベリー’、‘まんぷく(品種名‘いちご中間母本農1号)’、‘星の煌めき’、‘おいCベリー’、‘アイベリー’、‘ローズベリー(商品名)’、‘東京おひさまベリー’、‘夏姫’、‘宝交早生’、‘あまおう(品種名‘福岡S6号)’、‘淡雪’、‘さぬきひめ(品種名‘さぬき姫)’、‘恋みのり’、‘さがほのか’、‘とっておき’、‘かおり野’、‘ゆうべに(品種名‘熊本VS03)’、‘いちごさん(品種名‘佐賀i9号)’、‘スカイベリー(品種名‘栃木i27号)’、‘なつあかり’、‘アメリカイチゴ(商品名)’、‘ベリーポップはるひ(品種名‘MYAGFRA-1)’、‘よつぼし’)を入手した。いずれも到着後直ちに凍結乾燥処理を行った。すなわち直ちに超低温冷凍庫(Panasonic

製、MDF-C8V1-PJ)にて $-80^{\circ}\text{C}$ で凍結し、凍結乾燥機(CHRIST製、ALPHA1-2 LDplus)により乾燥を行った。凍結乾燥終了後のイチゴ果実を、ブレンダーで微粉碎して使用時までラミジップ(セイニチ社製)に封入し、分析時まで $5^{\circ}\text{C}$ で保存した。凍結乾燥前後での重量を比較することにより、水分含量を算出した。

### 2. 色調

色差( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ )はColor Reader(コニカミノルタ センシング株式会社製、CR-13)で測定した。 $L^*$ 値は明度を表しており、 $a^*$ 値は緑-赤色を、 $b^*$ 値は青-黄色を示している。イチゴは表面のみ赤い場合と、内部まで赤い場合があるが、本実験では果実全体の色調を測定するために凍結乾燥(FD)粉末の色調を測定した。

### 3. アントシアニン含量

アントシアニン含有量は、540nmでの吸光度から得られた色の濃淡によって測定した<sup>14)</sup>。アントシアニンを抽出するために、FDに1%塩酸(v/v)を添加し、 $5^{\circ}\text{C}$ 条件下にて48時間静置した。その抽出液を96ウェルプレートに分注し、マイクロプレートリーダー(コロナ電気株式会社、SH-9000Lab)を使用して、540nmで吸収を測定した。シアニジン3-グルコシドを標準試薬として使用し、測定値をシアニジン3-グルコシド相当量として表わした。

### 4. 総ポリフェノール含量と抗酸化性

#### 4.1 抽出方法

本研究では、サンプルの保存性ならびに分析時における抽出の効率性と均一性を考慮し、総ポリフェノール含量とDPPHラジカル捕捉活性の測定には、FD粉末を使用することとした<sup>15)</sup>。FD処理した後、ブレンダーを用いて粉末化し、ふるい(1mmメッシュ)にかけ、ラミジップ(株式会社生産日本社製)に封入して分析まで冷蔵保存した。ポリフェノール含量ならびにラジカル捕捉活性を測定するに先立って、試料0.1gに対し60%エタノールを10mL添加し $40^{\circ}\text{C}$ の下で2時間<sup>16)</sup>抽出した後、フィルター濾過して抽出液を得た。

#### 4.2 総ポリフェノール含量

総ポリフェノール含量は、フォーリン・チオカルト試薬を用いたフォーリン法<sup>17)</sup>を改良して測定し<sup>15,18)</sup>(+)-カテキン相当量として表した。

#### 4.3 DPPHラジカル捕捉活性

ラジカル捕捉活性は、安定的なDPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)ラジカルを用い

る方法に準じて測定し<sup>15)</sup>、ビタミン E の合成類似物質である Trolox (6-Hydroxy-2, 5, 7, 8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) 相当量で表した。

#### 4.4 親水性酸素ラジカル吸収能測定法 (Hydrophilic-Oxygen Radical Absorbance, H-ORAC)

抗酸化測定法の中で、近年最も使用されている H-ORAC 法を用いた。方法は、Watanabe ら<sup>19)</sup>の方法に従った。

#### 5. アスコルビン酸 (ビタミン C) 含量

ビタミン C 分析は、鶴永ら<sup>20)21)</sup>の方法にしたがって分析を行った。

#### 6. 揮発性成分

香気成分の測定は Farneti ら<sup>22)</sup>の方法を改変した Tsurunaga ら<sup>18,23)</sup>の方法で行った。分析は、サンプルを 20mL のヘッドスペースバイアルに封入し、60℃で5分間加温した。その後、固相マイクロ抽出 (SPME) ファイバー (50/30μm DVB/CAR/PDMS, Siguma-Aldrich) をバイアルに挿入し、60℃で30分間、成分を抽出した。この SPME ファイバーを、GCMS-QP2020 ガスクロマトグラフと AOC-6000 オートサンプラー (SHIMADZU 社製) を組み込んだシングル四重極ガスクロマトグラフ-質量分析 (GC-MS) 装置に挿入した。キャリアガスはヘリウム (定圧 150kPa)、カラムは DB-Heavy WAX 0.25mm×60m, 0.25μm (Agilent Technologies 製)、気化室は分割なし 1分 250℃、カラムオープン温度は

40℃で5分間保持した後 5℃/min で昇温後、250℃まで15分間保持した。MS 条件はスキャン範囲 30-400m/z、イオンソースは 200℃、イオン化電圧は 70eV、トランスファーラインは 250℃とした。得られた粒子スペクトルに含まれる化合物は、質量スペクトルのデータベースである NIST17 を利用して推定した。

#### 7. 統計処理

SPSS を用いて処理した。一元配置分散分析後、TukeyHSD 法で検定し、有意水準を 5% とした。

### Ⅲ. 結果および考察

#### 1. 凍結乾燥前後の重量測定による水分含量

図 1 に凍結乾燥前後の重量変化より算出したイチゴ果実の水分含量の値を示した。凍結乾燥処理前後の重量を測定し、水分含量を測定した。39 試料の水分は平均値が 86%、最低値が‘よつぼし’ (1月) の 72%、最高値が‘アメリカイチゴ’ (1月) の 94%であった。日本食品分析表<sup>24)</sup>にはイチゴ果実 100g あたりの水分含量は 90g とあり、ほぼ同程度の値を示した。‘よつぼし’は、‘三重母本 1 号’を母系親、‘A8S4-147’を父系親とする F1 品種で、鮮やかな赤色の形の良い果実で、高い収量性があり、安定して糖度が高く、酸味もあって、食味に優れる品種とされている<sup>25)</sup>。本実験で用いた試料の中では比較的水分が低いことから固形成分の多い品種である可能性が示唆された。ただし、正確なイチゴの水分含量を算出するためには、FD 品の水分測定も必要である。

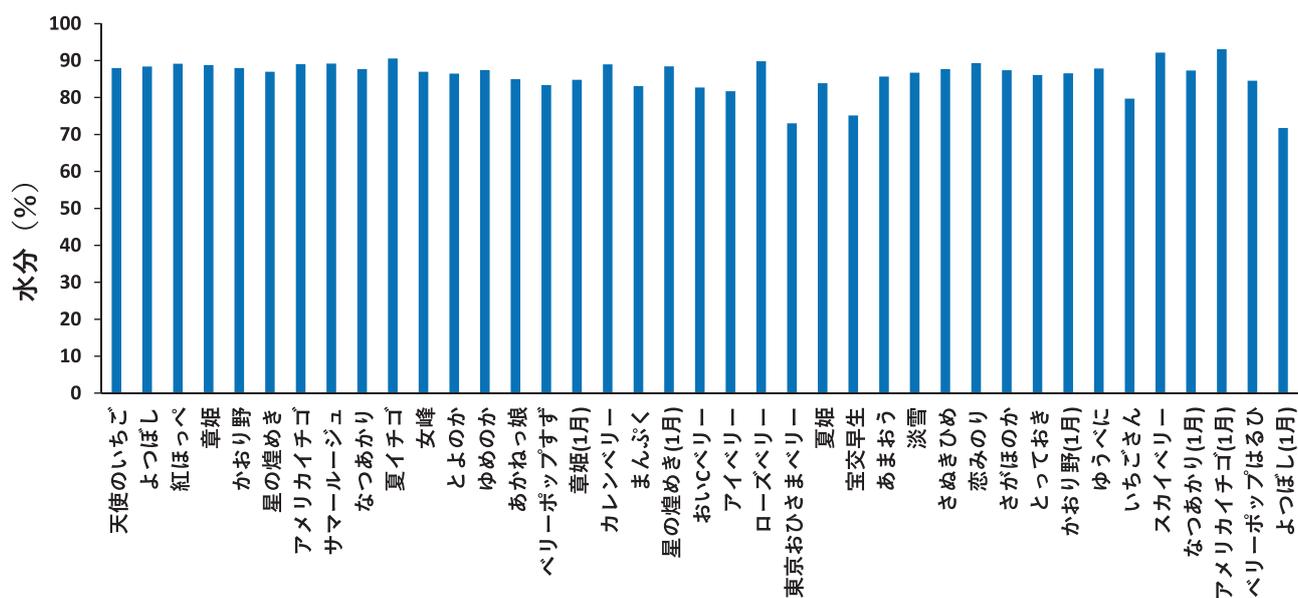


図 1 凍結乾燥前後の重量変化より算出した試料の水分含量

## 2. 外観および色調

図2にFD品粉末の写真を示した。‘天使のいちご’、‘淡雪’は白く、特に赤かったのは‘よつぼし’、‘紅ほっぺ’、‘アメリカイチゴ’であった。図3にイチゴ果実（FD品）の色調を示した。明度を示すL\*の平均値は61.6、最低値は‘紅ほっぺ’の47.3、最高値は‘淡雪’の82.7、a\*（赤-緑）の平均値は26.2、最低値は‘淡雪’の2.6、最高値は‘よつぼし’の42.3、b\*（黄-青）の平均値は13.4、最低値は‘星の煌めき’の10.2、最高値は‘ゆめのか’の19.3であった。‘天使のいちご’、‘淡雪’は、白イチゴとして開発された品種である。白イチゴは品種名ではなく、果肉が白いイチゴを指す。通常、紫外線があたるとアントシアニンが生成し、イチゴの果実は赤くなるが、白イチゴは遺伝的要因でアントシアニンが合成されない、もしくは合成されにくい。イチゴは赤いという固定概念を覆す白イチゴは高単価で取引されることもあり注目を集めている。2020年頃に至るまで、白イチゴは10品種程度しか育成されておらず限定的であり、今後も新品種の育成が期待されている<sup>26)</sup>。白イチゴは、L\*およびb\*が高く、a\*が低い値になった。また、本試験の色差測定は生果実ではなく、FD粉末を使用した（図2）。イチゴには、表面のみが赤く、内部は白いイチゴも多数あるが、本研究では果実全体をFD処理して粉末化しているため、表皮だけでなく果実内部の色も反映された結果となった。

## 3. アントシアニン含量

図4にイチゴ果実（FD品）のアントシアニン含量の結果を示した。39試料のアントシアニン含量の平均は289.2mg/100g Dry Weight (DW)、最低値が‘天使のいちご’の121.9mg/100g DW、最高値が‘ローズベリー’の541.6mg/100g DWであった。前述どおり‘天使のいちご’は白イチゴとして開発された品種であるため、赤色系色素であるアントシアニンが著しく低かった。同じく白イチゴである‘淡雪’も158.7mg/100g DWと低かった。アントシアニン含量が高かった‘ローズベリー’はサントリーフラワーズ株式会社が販売する品種である。一般的にイチゴの花弁は白いが、‘ローズベリー’は花弁まで赤いこと、四季成り品種のため長い期間の収穫が可能であることが特徴的である<sup>27)</sup>。イチゴに含量されるアントシアニン色素の種類はイチゴ品種により差は認められず、シアニジン-3-モノグルコシド (Cy-3G)、ペラルゴニジン-3-モノガラクトシド (Pl-3Ga)、ペラルゴニジン-3-モノグルコシド (Pl-3G)、シアニジン、ペラルゴニジンの5種類であると報告されている<sup>28)</sup>。アントシアニンはイチゴの果実の着色の原因物質であり、抗酸化性・抗変異原性・抗腫瘍作用・血圧上昇抑制作用および視覚改善効果などの機能を持つことから<sup>9)</sup>、アントシアニン含量の高いイチゴは健康機能性を有する点で有望である。しかしながら、本研究の試料は、アントシアニンの生成に大きく関与する温度ならびに紫外線量などの生育条件が不明であることに注

### 試料

1-10

11-20

21-30

31-40



図2 品種が異なるイチゴ果実（FD品）の写真

- 1 段目（左端）から、‘天使のいちご’、‘よつぼし’、‘紅ほっぺ’、‘章姫’、‘かおり野’、‘星の煌めき’、‘アメリカイチゴ’、‘サマールージュ’、‘なつあかり’、‘夏イチゴ’
- 2 段目（左端）から、‘女峰’、‘とよのか’、‘ゆめのか’、‘あかねっ娘’、‘ベリーポップすず’、‘章姫’、‘カレンベリー’、‘まんぶく’、‘星の煌めき’、‘おいCベリー’
- 3 段目（左端）から、‘アイベリー’、‘ローズベリー’、‘東京おひさまベリー’、‘夏姫’、‘宝交早生’、‘あまおう’、‘淡雪’、‘さぬきひめ’、‘恋みのり’、‘さがほのか’
- 4 段目（左端）から、‘とっておき’、‘かおり野’、‘ゆうべに’、‘いちごさん’、‘スカイベリー’、‘なつあかり’、‘アメリカイチゴ’、‘ベリーポップはるひ’、‘よつぼし’

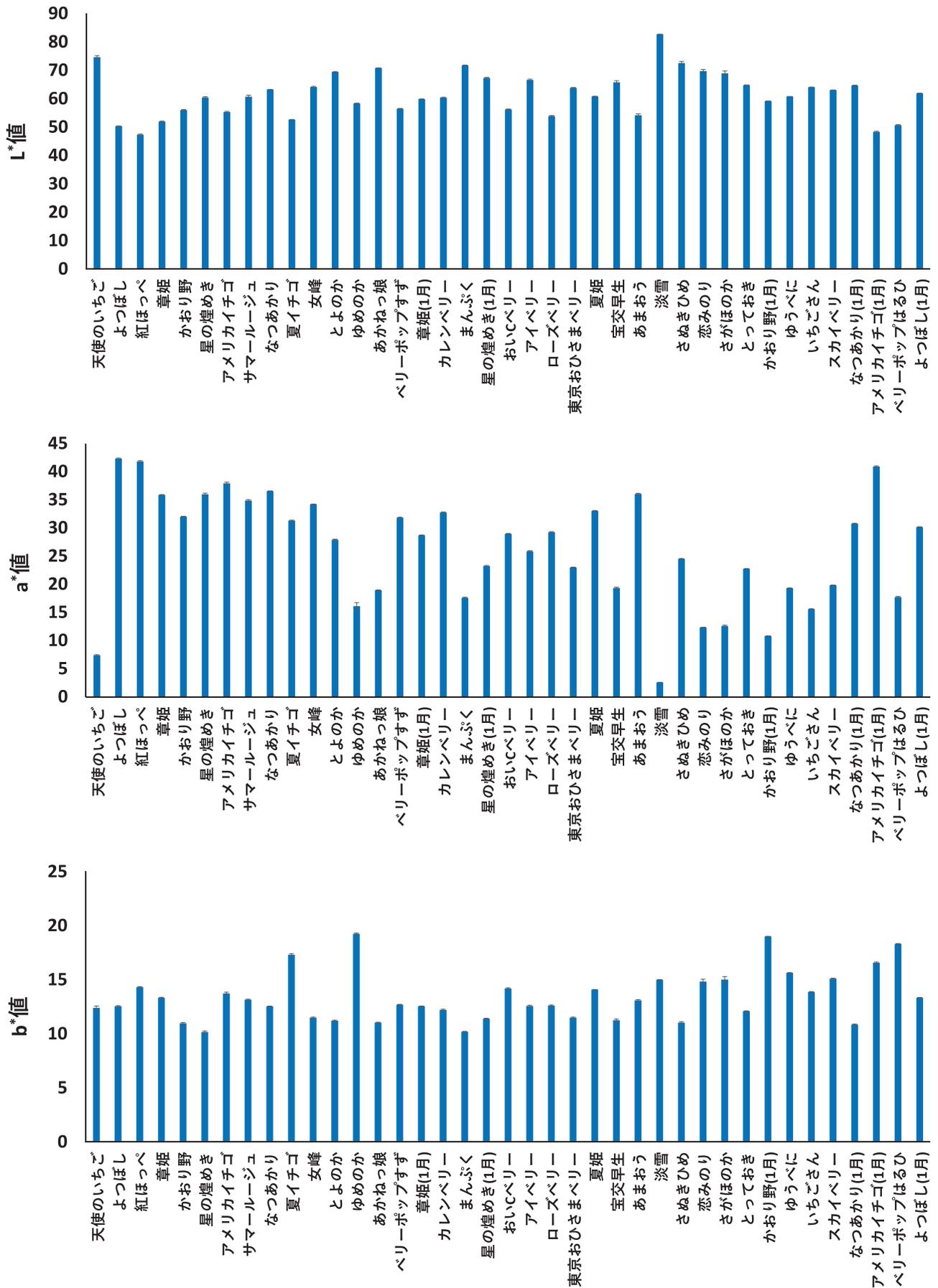


図3 品種が異なるイチゴ果実 (FD品) の色調

縦棒は標準誤差 (n=5)

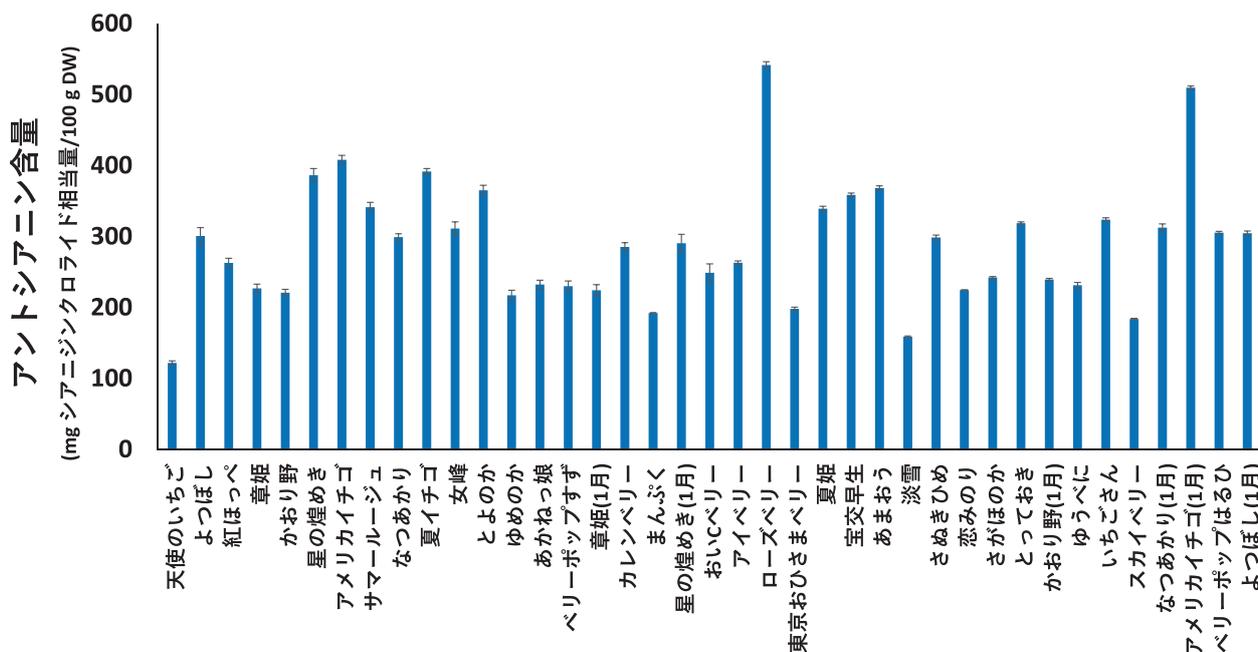


図4 品種が異なるイチゴ果実 (FD品) のアントシアニン含量  
縦棒は標準誤差 (n=6)

意が必要である<sup>29)</sup>。

#### 4. アスコルビン酸含量 (ビタミンC) 含量

図5にイチゴ果実 (FD品) の総アスコルビン酸量 (T-AsA, 還元型と酸化型アスコルビン酸含量を合計した値), 図6に還元型アスコルビン酸含量 (AsA), 図7に酸化型アスコルビン酸含量 (D-AsA), 図8にT-AsA含量に占めるAsA含量の割合を示した。39試料のT-AsAの平均は845.6mg/100g DWで, 最低値が‘サマールージュ’の553.5mg/100gDW, 最高値が‘夏姫’

の1079.1mg/100g DWであった。日本食品分析表<sup>24)</sup>にはイチゴ果実100gあたりのアスコルビン酸含量は62mg/100g生鮮重とあり, これを水分含量90%で換算すると620mg/100g DWとなる。本実験結果は食品成分表<sup>24)</sup>よりも高い値を示す試料が多かった (図5)。イチゴはアスコルビン酸含量の優れた摂取源として知られ<sup>30)</sup>, アスコルビン酸は代表的な抗酸化物質であり, 生活習慣病をはじめとする疾病の多くにおいて生体内酸化ストレスへの関与が報告されている<sup>31)</sup>。食品に含有される種々の抗酸化成分は, 生体内で生じる

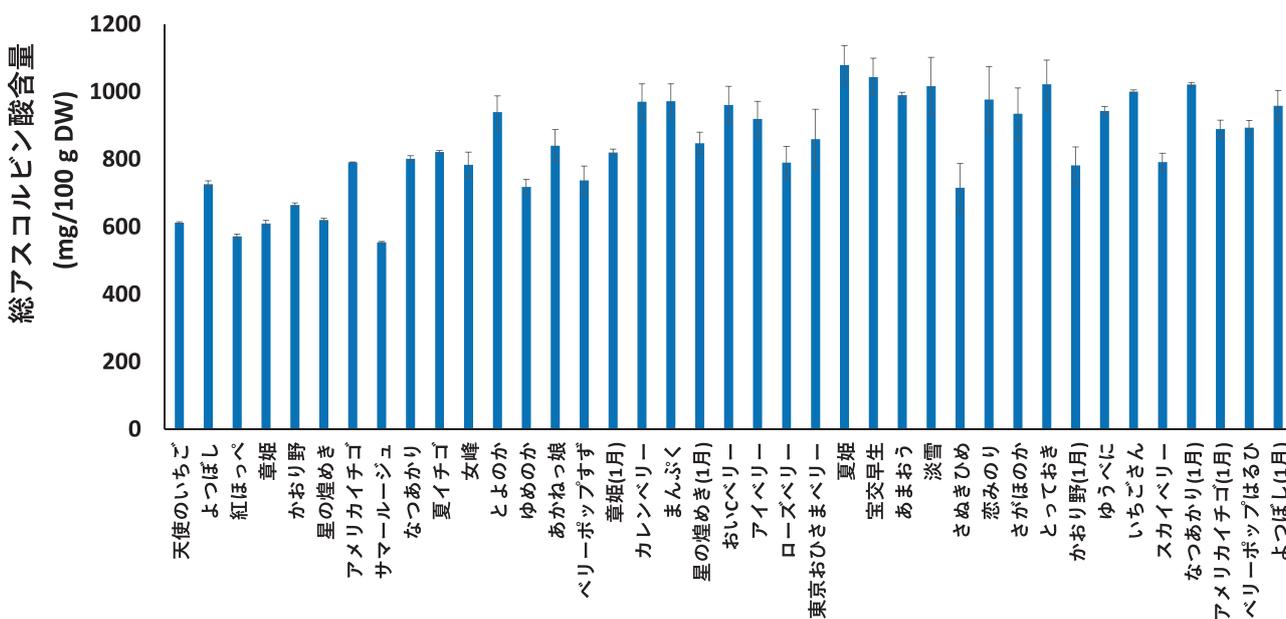


図5 品種が異なるイチゴ果実 (FD品) の総アスコルビン酸含量 (AsAとD-AsAを合計した値)  
縦棒は標準誤差 (n=4)

活性酸素種を消去し生体成分の酸化を防ぐことにより、健康の維持・増進に寄与することが期待されている<sup>31)</sup>。アスコルビン酸の吸収率は200mg/日程度までは90%と高く、1g/日以上になると50%以下となる<sup>32)</sup>。アスコルビン酸は、還元型のAsA(分子量176.12)または酸化型のD-AsA(分子量174.1)の形で存在しているが、両者の働きはほぼ同等とされている<sup>33)</sup>。しかしながら、還元条件下にないD-AsAは、加水分解をうけて2,3ジケト-L-グロン酸になるが、この分解物にはアスコルビン酸としての効力はない<sup>33)</sup>。その

ため、AsAの比率が高い方が良いとされ、本研究においてもAsAならびにD-AsA含量とその比率について調査した(図6, 7, 8)。その結果、AsAならびにD-AsAの平均は、それぞれ667.7, 117.9mg/100g DWであった。また、T-AsAに占めるAsAの割合は試料によって差異があり64.1~88.1%の範囲であった。本試験で用いた試料のアスコルビン酸は大部分が還元型の状態で存在することが明らかとなった。

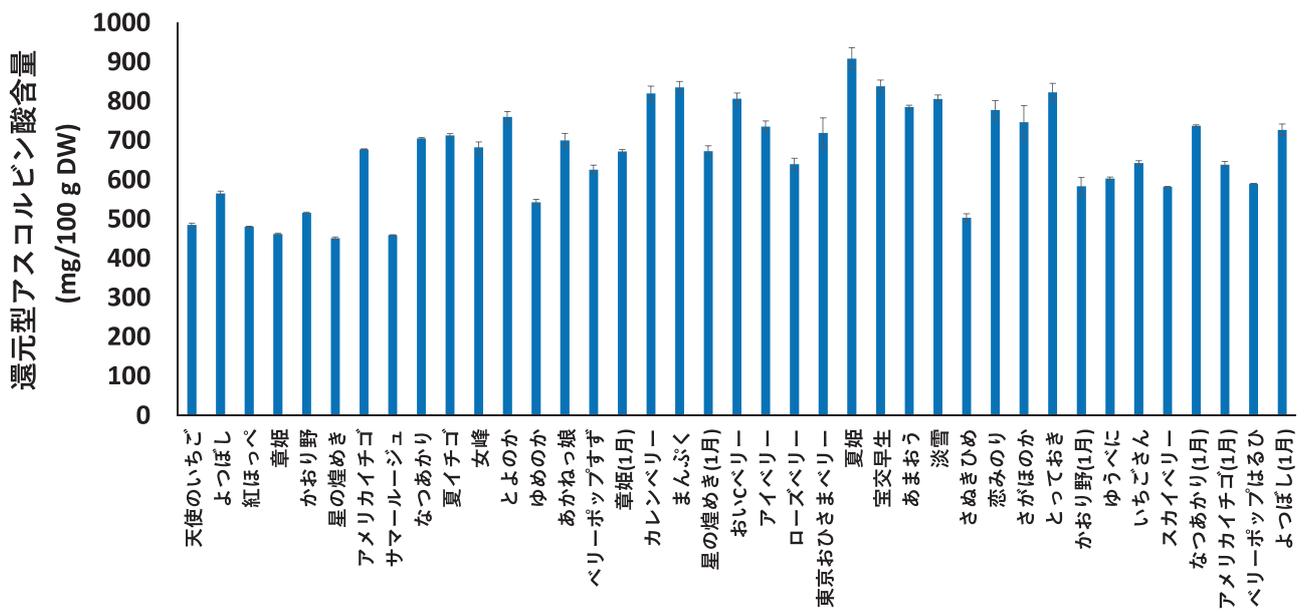


図6 品種が異なるイチゴ果実(FD品)の還元型アスコルビン酸含量(AsA)  
縦棒は標準誤差(n=4)

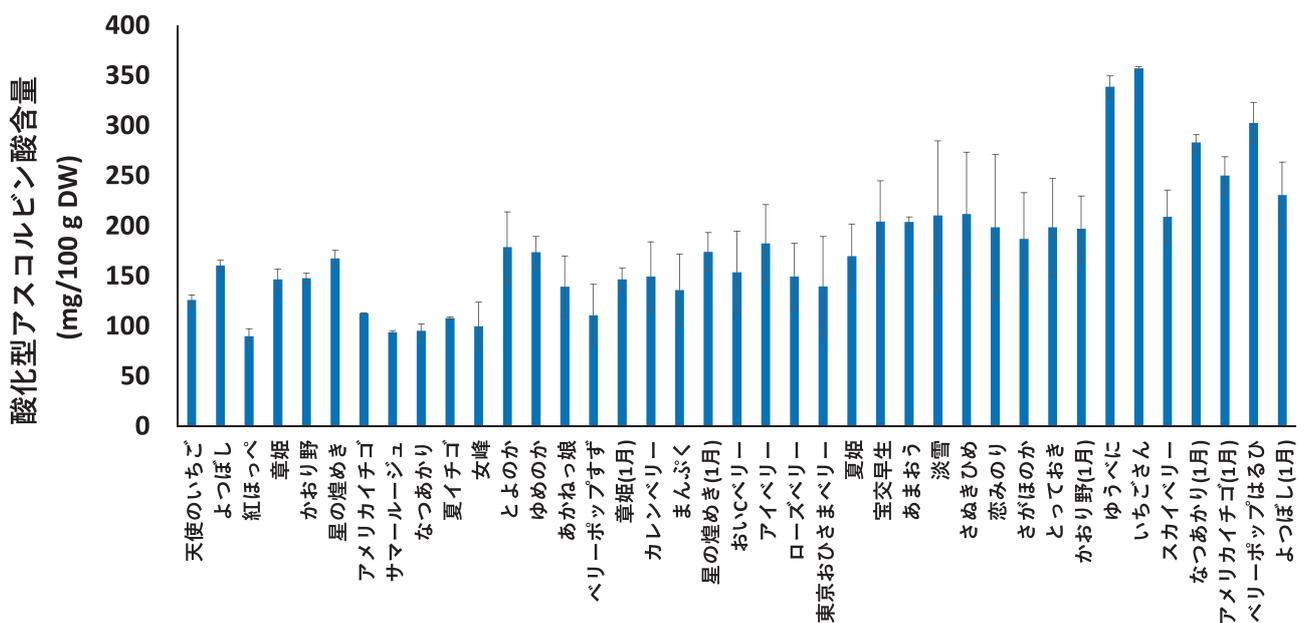


図7 品種が異なるイチゴ果実(FD品)の酸化型アスコルビン酸含量(D-AsA)  
縦棒は標準誤差(n=4)

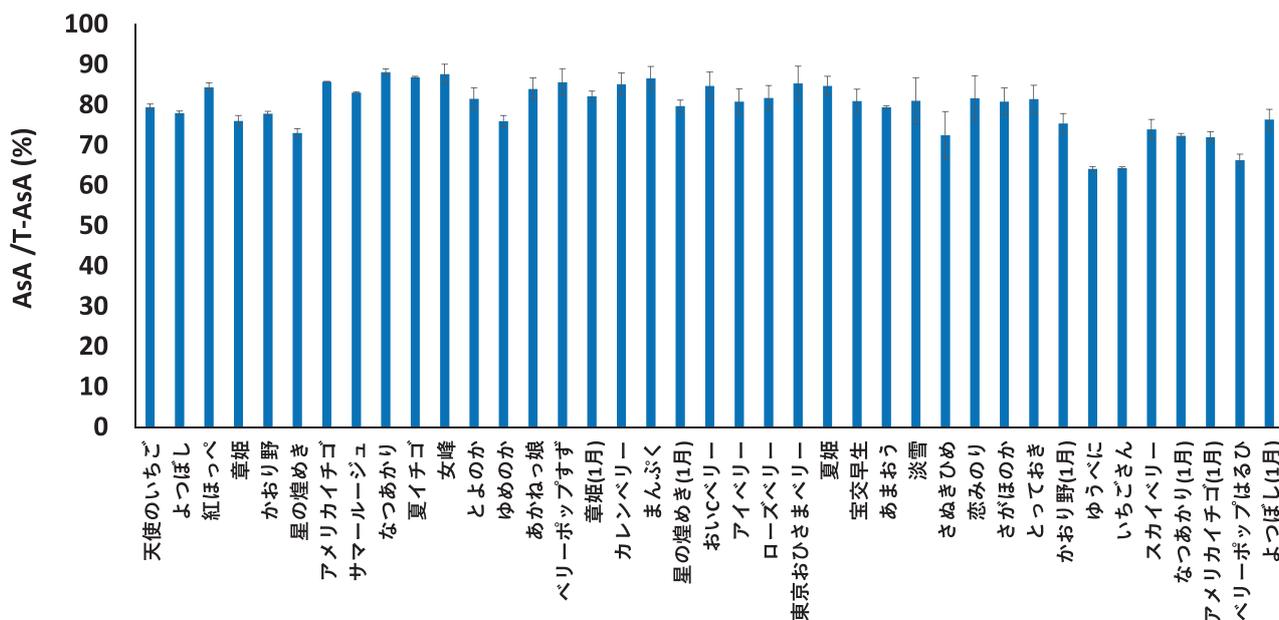


図8 品種が異なるイチゴ果実 (FD 品) の総アスコルビン酸含量 (T-AsA) に占める還元型アスコルビン酸含量 (AsA) の割合  
縦棒は標準誤差 (n=4)

### 5. 総ポリフェノール含量と抗酸化性

図9にイチゴ果実 (FD 品) の総ポリフェノール含量を示した。39 試料の総ポリフェノール含量の平均は 1665mg CTNeq/100g DW, 最低値が‘なつあかり’の 1088mg CTN eq/100g DW, 最高値が‘夏姫’の 2562mg CTN eq/100g DWであった。総ポリフェノール含量は果肉が赤い品種に多い傾向であったが, 白イチゴであるにもかかわらず‘淡雪’も値が高かった。イチゴのポリフェノールとしてはアントシアニンが知られているが‘淡雪’には, 色素成分以外のポリフェノール

が含まれている可能性もある。もしくは, 本実験で用いたフォーリン・チオカルト法はアスコルビンも影響することが知られているため, このことが‘淡雪’の値が高かったことに起因している可能性もある。図10にイチゴ果実 (FD 品) の DPPH ラジカル捕捉活性の値を示した。平均は 112.2μmol TE/g DW, 最低値が‘なつあかり’の 64.9μmol TE/g DW, 最高値が‘星の煌めき’の 169.5μmol TE/g DWであった。図11にイチゴ果実 (FD 品) の H-ORAC 値を示した。平均は 234.7μmol TE/ g DW, 最低値が‘スカイベリー’

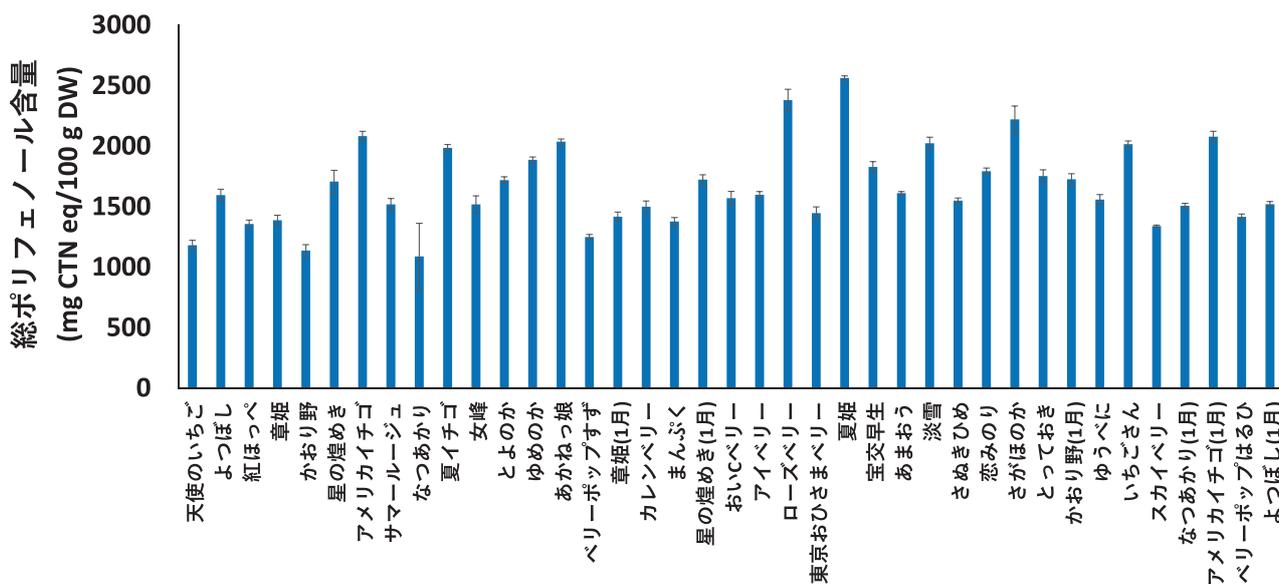


図9 品種が異なるイチゴ果実 (FD 品) の総ポリフェノール含量  
値はカテキン (CTN) 相当量, 縦棒は標準誤差 (天使のいちご-星のきらめきは n=9, アメリカイチゴ~よつぼし (1月) は n=6)

の  $87.2\mu\text{mol TE/g DW}$ , 最高値が‘ローズベリー’の  $537.6\mu\text{mol TE/g DW}$  であった。H-ORAC 値は夏イチゴに高い傾向を示した。夏季は紫外線量が多いため, 抗酸化成分が蓄積した可能性も考えられた。アントシアニンをはじめとするポリフェノールは, 抗酸化作用が報告されている<sup>34)</sup>。そこで図 12 に抗酸化性 (DPPH 値ならびに H-ORAC 値) と抗酸化成分の相関関係を示した。DPPH 値における, ポリフェノールとの相関関係は  $R^2=0.7488$ , アントシアニンとの相関係数

は  $R^2=0.3422$ , T-AsA との相関係数は  $R^2=0.1346$  であった。H-ORAC 値におけるポリフェノールとの相関関係は  $R^2=0.4068$ , アントシアニンとの相関係数は  $R^2=0.5028$ , T-AsA との相関係数は  $R^2=0.004$  であった。このことより DPPH 値に最も関与しているのはポリフェノールで, H-ORAC 値に最も関与しているのはアントシアニンであることが示唆された。また, 2つの抗酸化測定法である DPPH 値と H-ORAC 値の相関は  $R^2=0.5292$  であることが明らかとなった。

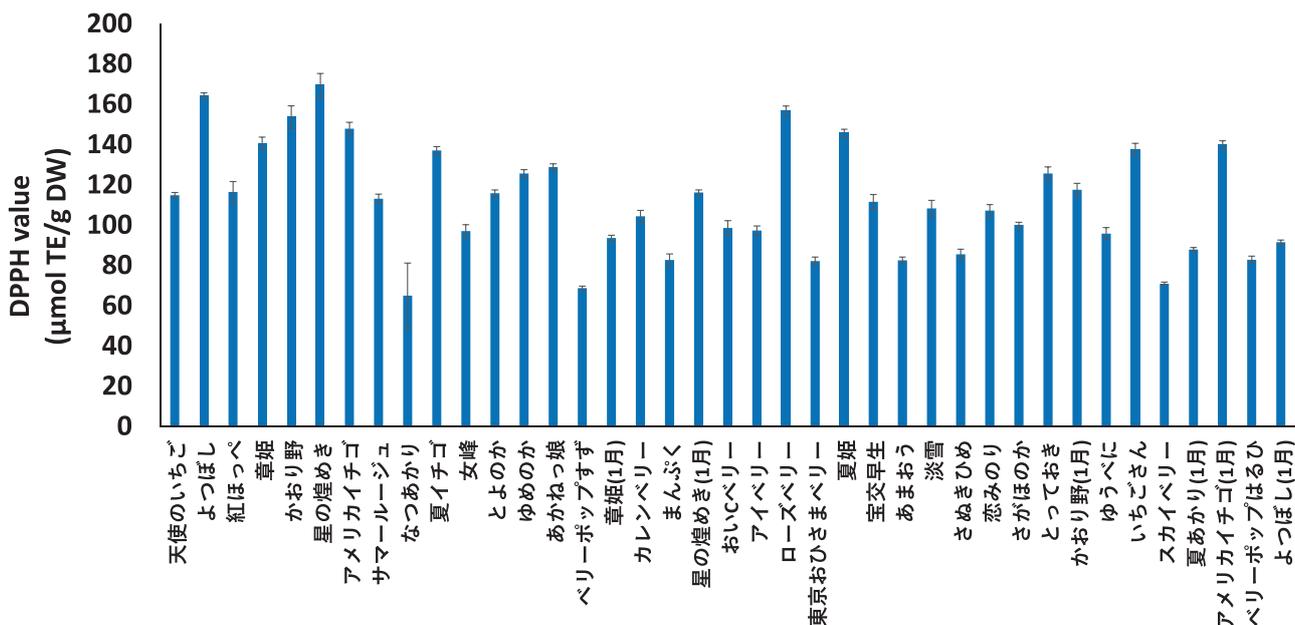


図 10 品種が異なるイチゴ果実 (FD 品) の DPPH 含量  
縦棒は標準誤差 (n=9)

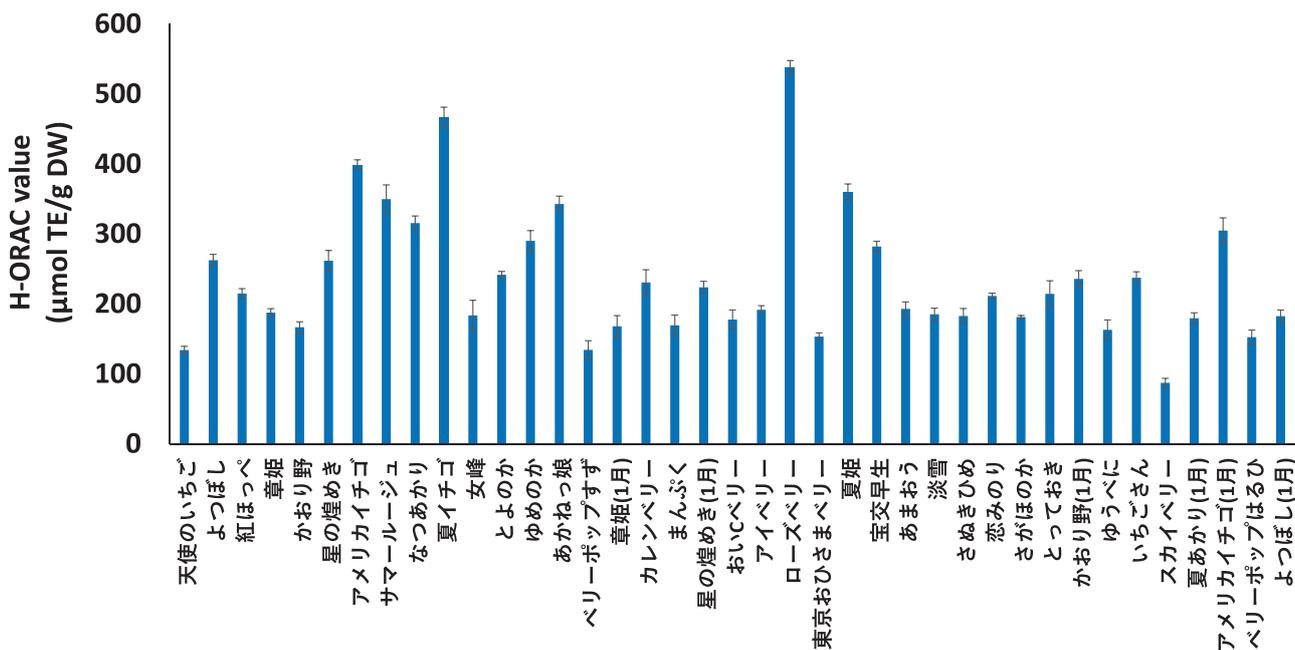


図 11 品種が異なるイチゴ果実 (FD 品) の H-ORAC 値  
縦棒は標準誤差 (n=6)

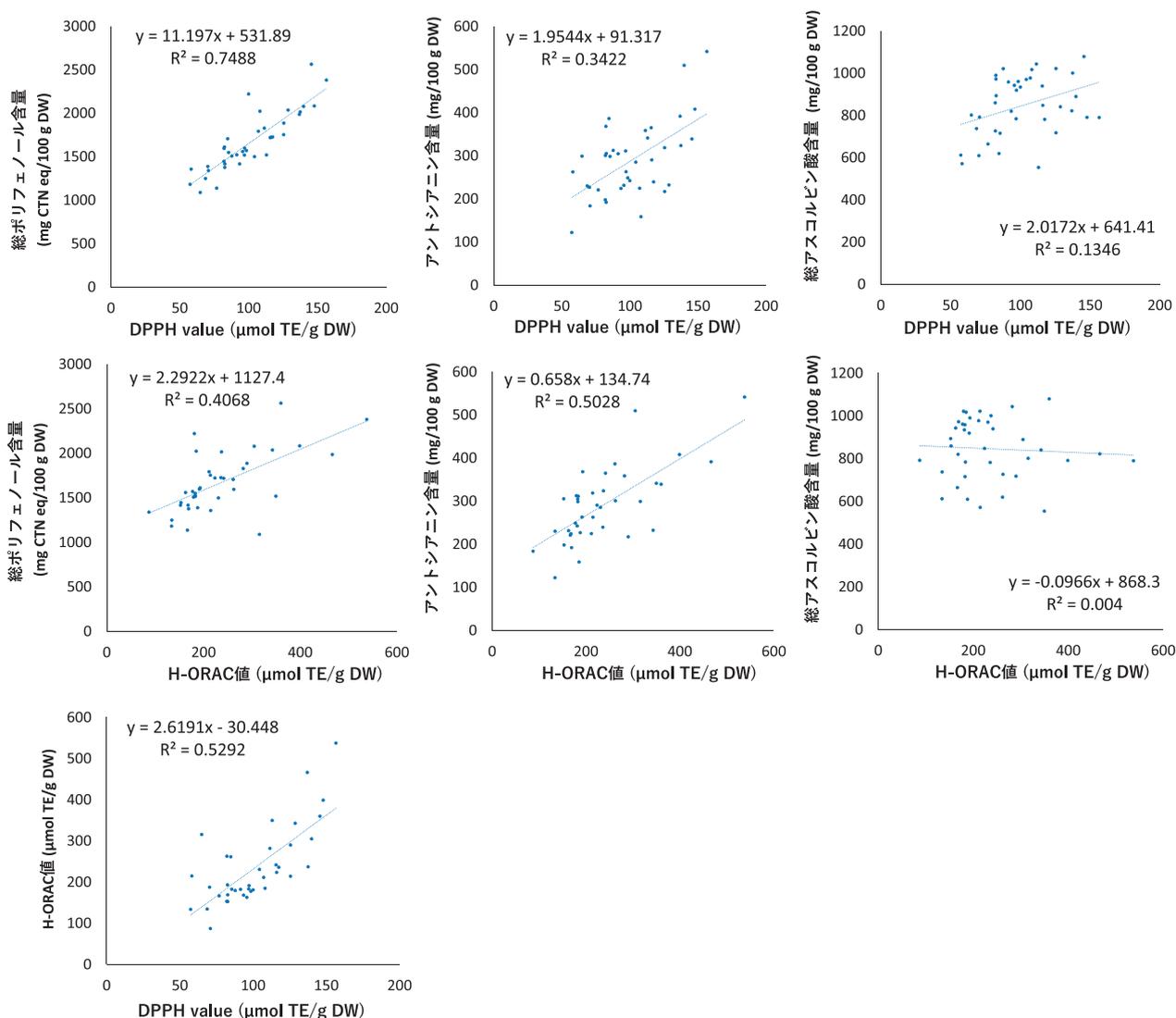


図 12 抗酸化性と抗酸化成分の相関関係

## 6. 揮発性（香気）成分（FD）

食品の成分のうち、香りの感覚を引き起こすのは、分子量が300以下の揮発性成分であることが知られている<sup>35)</sup>。本実験では、Gas Chromatograph-Mass Spectrometry (GC-MS) を使用し、揮発性成分の分析を行った。その結果、試料ごとにGC-MSのクロマトグラムは著しく異なっていた（図13）。また、Y軸を揃えると、‘淡雪’、‘さぬきひめ’、‘恋みのり’、‘さがほのか’、‘とよのか’、‘あかねっ娘’、‘天使のいちご’で、他試料と比較して大きいピークが認められた（図14）。MSスペクトルの特徴から26.59分付近のピークはリナロール、34.2分付近のピークはヘキサン酸、19.4分付近のピークはアセトインと推定された。これら3成分のピークの高さを図15にまとめた。39試料のリナロールは、‘とっておき’、‘かおり野（1月）’、‘淡雪’が、ヘキサン酸は、‘恋みのり’、‘淡雪’、‘さがほのか’が、アセトインは、‘ベリーポップすず’、‘ローズベリー’、‘とっておき’が高かった。Liら<sup>36)</sup>は、Porapak Q カラム

抽出およびガスクロマトグラフィー質量分析による標準添加法を適用して、‘とよのか’イチゴの特性に影響を与える臭気物質を定量分析した。その結果、ヘキサン酸が高いレベルで検出され、リナロールも検出されたことを明らかにしている。さらにZhaoら<sup>37)</sup>は、アセトイン(3-hydroxy-2-butanone)が野イチゴの*F. nilgerrensis* Schlechtで検出されたと報告しており、我々の結果と一致している。本実験から、GC-MS分析によりイチゴのFD試料から多数の揮発性成分のピークが認められ、ピークの高さ、数、リテンションタイムは品種によって顕著に異なる傾向があることが明らかとなった。また、興味深いデータもえられた。たとえば、アセトインのピークが高い品種は、三重県が関係した品種（‘かおり野’、‘ベリーポップすず’、‘ベリーポップはるひ’、‘よつぼし’）であった。三重県は、炭疽病対策として野生種の導入を進めていた経緯があり、野生種に近い‘ローズベリー’のアセトインピークが高いことを考えると（図15）、野生種の導入が三重県品種のア

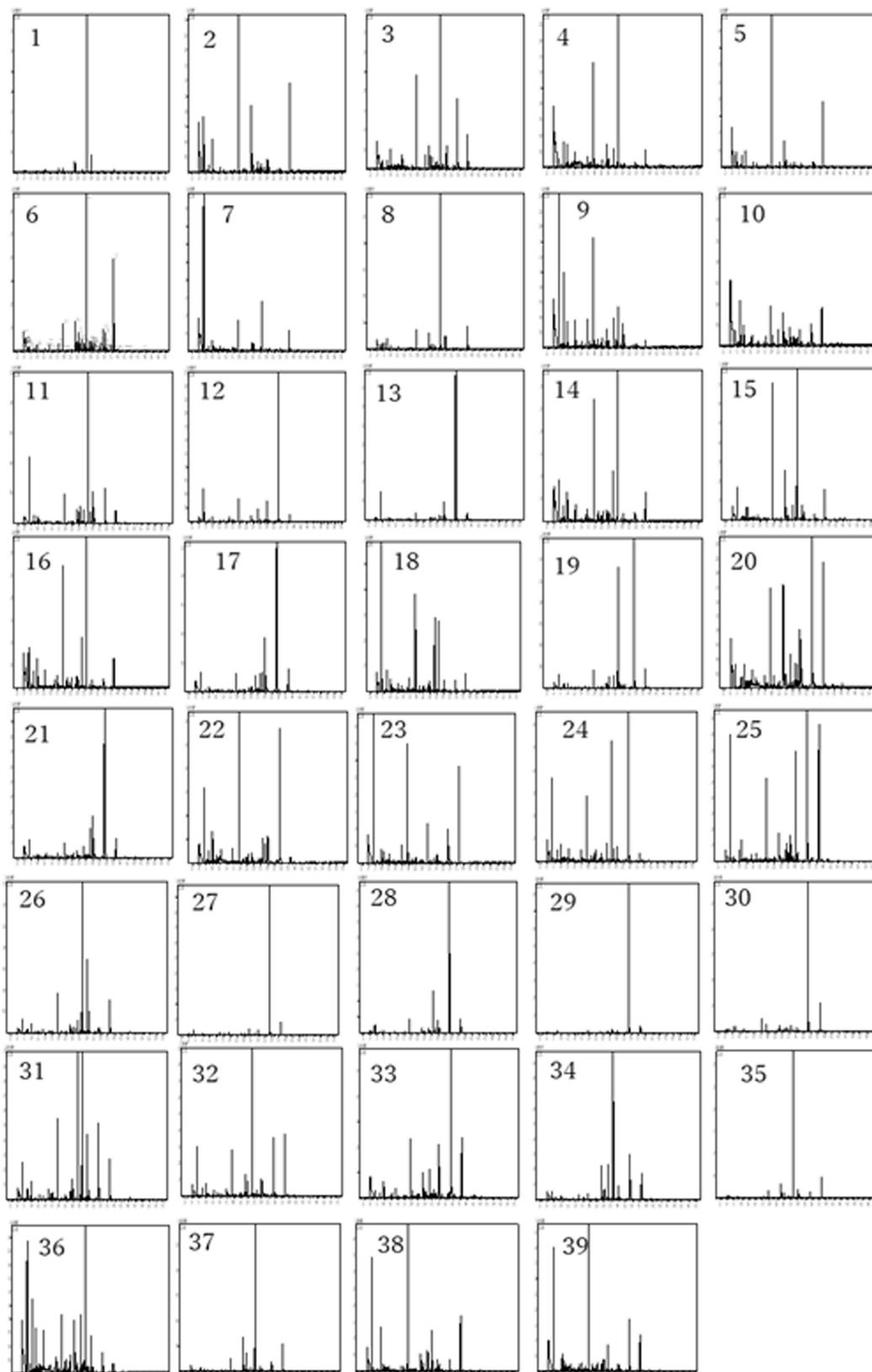


図13 品種が異なるイチゴ果実 (FD 品) の GC-MS クロマトグラム

- 1 ‘天使のいちご’, 2 ‘よつぼし’, 3 ‘紅ほっぺ’, 4 ‘章姫’, 5 ‘かおり野’, 6 ‘星の煌めき’, 7 ‘アメリカイチゴ’,  
 8 ‘サマールージュ’, 9 ‘なつあかり’, 10 ‘夏イチゴ’, 11 ‘女峰’, 12 ‘とよのか’, 13 ‘ゆめのか’, 14 ‘あかねっ娘’,  
 15 ‘ベリーポップすず’, 16 ‘章姫 (1月)’, 17 ‘カレンベリー’, 18 ‘まんぶく’, 19 ‘星の煌めき (1月)’,  
 20 ‘おいCベリー’, 21 ‘アイベリー’, 22 ‘ローズベリー’, 23 ‘東京おひさまベリー’, 24 ‘夏姫’, 25 ‘宝交早生’,  
 26 ‘あまおう’, 27 ‘淡雪’, 28 ‘さぬきひめ’, 29 ‘恋みのり’, 30 ‘さがほのか’, 31 ‘とっておき’, 32 ‘かおり野’,  
 33 ‘ゆうべに’, 34 ‘いちごさん’, 35 ‘スカイベリー’, 36 ‘なつあかり’, 37 ‘アメリカイチゴ’,  
 38 ‘ベリーポップはるひ’, 39 ‘よつぼし (1月)’

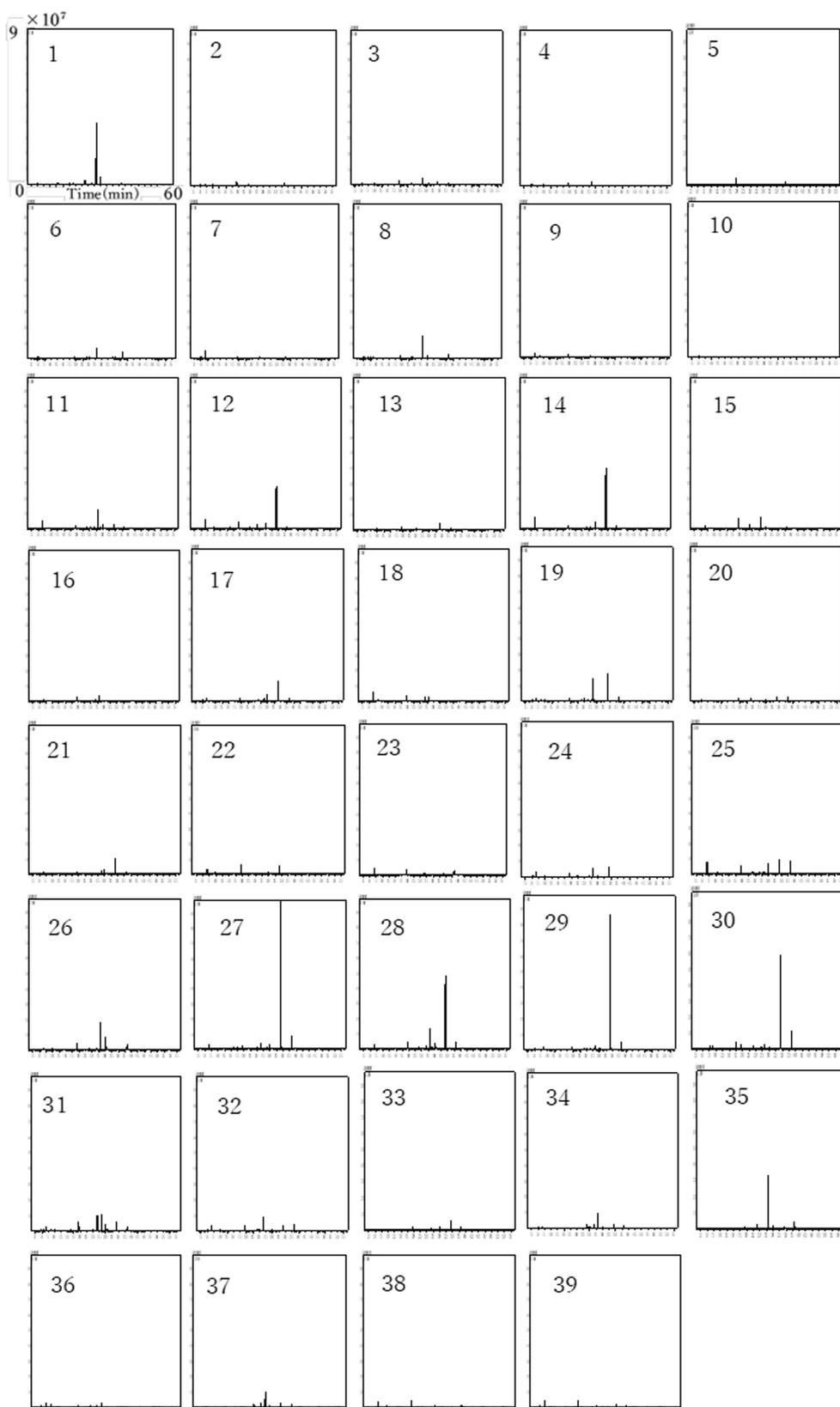


図14 品種が異なるイチゴ果実（FD品）のY軸を揃えた場合のGC-MSクロマトグラム

- 1 ‘天使のいちご’, 2 ‘よつぼし’, 3 ‘紅ほっぺ’, 4 ‘章姫’, 5 ‘かおり野’, 6 ‘星の煌めき’, 7 ‘アメリカイチゴ’,  
 8 ‘サマールージュ’, 9 ‘なつあかり’, 10 ‘夏イチゴ’, 11 ‘女峰’, 12 ‘とよのか’, 13 ‘ゆめのか’, 14 ‘あかねっ娘’,  
 15 ‘ベリーポップすず’, 16 ‘章姫（1月）’, 17 ‘カレンベリー’, 18 ‘まんぶく’, 19 ‘星の煌めき（1月）’,  
 20 ‘おいCベリー’, 21 ‘アイベリー’, 22 ‘ローズベリー’, 23 ‘東京おひさまベリー’, 24 ‘夏姫’, 25 ‘宝交早生’,  
 26 ‘あまおう’, 27 ‘淡雪’, 28 ‘さぬきひめ’, 29 ‘恋みのり’, 30 ‘さがほのか’, 31 ‘とっておき’, 32 ‘かおり野’,  
 33 ‘ゆうべに’, 34 ‘いちごさん’, 35 ‘スカイベリー’, 36 ‘なつあかり’, 37 ‘アメリカイチゴ’,  
 38 ‘ベリーポップはるび’, 39 ‘よつぼし（1月）’

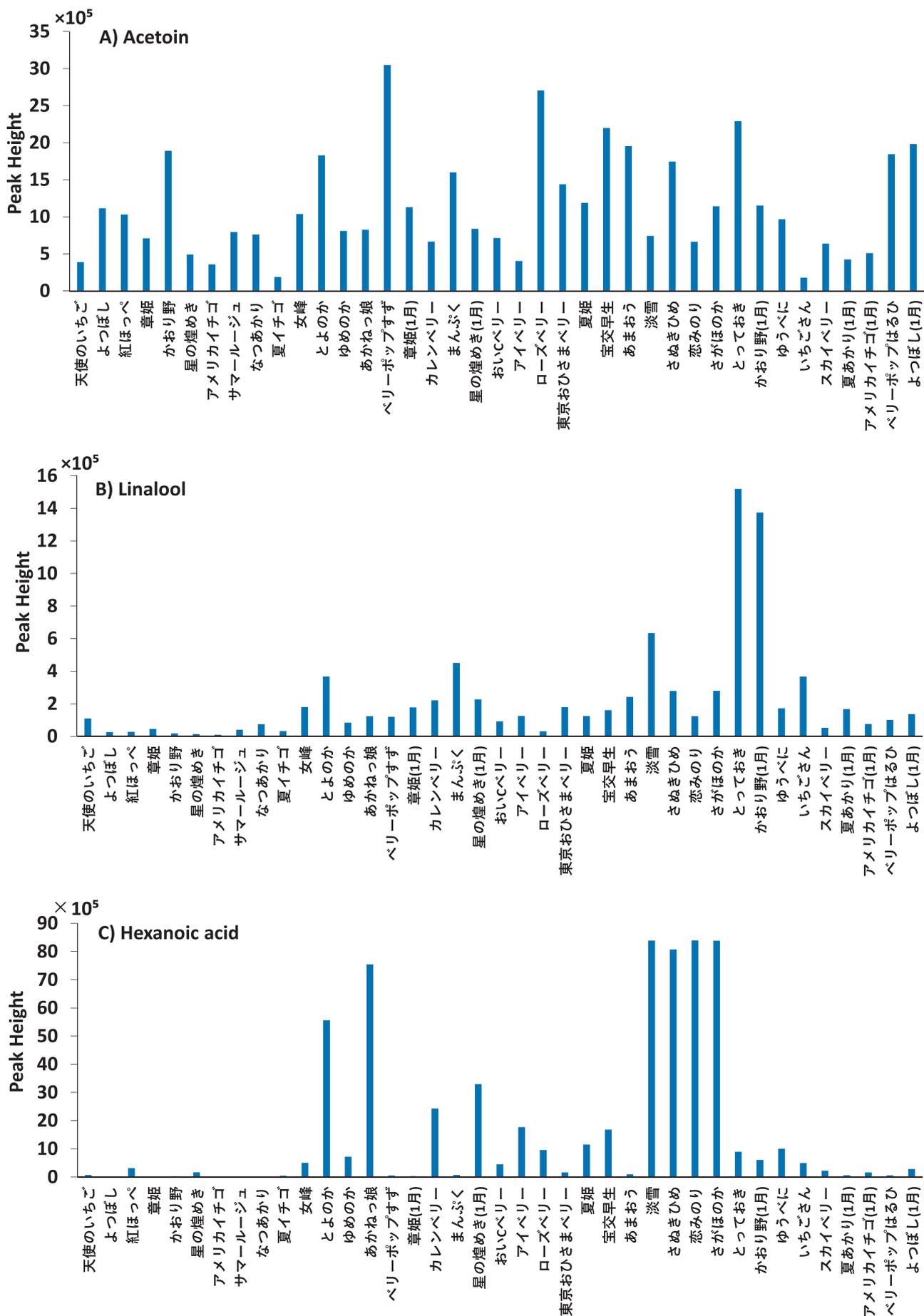


図 15 GC-MS 主成分ピーク (A) Acetoin, (B) Linalool, (C) Hexanoic acid) の品種別のピーク高さ

セトインが多いことに起因した可能性も考えられた。また、アセトインが高い品種は、コクがあって美味しいと言われる品種が多い傾向であり、興味深い結果となった。

しかしながら、その結果がどのようにイチゴの香りに寄与しているかは、さらなる検証が必要である。理由は、すべての揮発性物質に香りがあるわけでもなく、微量でも強い香りを有する物質もあるので、最終的にはヒトによる官能検査のデータとの照合が必要であるためである。

#### IV. まとめ

本研究により、イチゴの凍結乾燥粉末の色調、アントシアニン含量、アスコルビン酸含量、ポリフェノール含量、抗酸化性ならびに揮発性成分について、品種ならびに採取時期別の含量を測定した。その結果、各分析項目により、優れている品種を明らかにできた。

しかしながら、本研究には、残された課題もある。まず、多試料を同一条件で分析する必要があったため、本研究ではFD品を用いた。イチゴ果実は生食で食することが多いため、本来であれば生鮮状態での分析が好ましい。特に揮発性成分については、凍結することで大きく変化することが知られていることから、生鮮状態での分析が望まれる。また、FD品を用いたことにより、イチゴの品質を左右する物性測定と官能試験が実施出来なかったことも課題である。中島ら<sup>38)</sup>は、三重県の女性消費者を対象に、イチゴに対する離散選択実験を実施し、消費者の異質性を考慮した離散選択モデルの推定を行い、イチゴの品種特性に対する支払意思額の導出を試みた。糖酸比や香气成分を含め、個人属性や食料消費行動、試食の有無が支払意思額に与える影響について検討した結果、年齢や子どもの人数、果物に対する支出、果物の購入場所、無農薬・有機農産物の購入頻度、果物の香りに対する意識の違い等が、支払意思額に影響を与えることが示唆されたとしている。また、試食により、糖酸比が高く甘いイチゴがより高く評価されるようになる一方で、平均的にはフレッシュでフルーティな香りが評価されなくなることも明らかにしている<sup>38)</sup>。イチゴに対する印象や嗜好性は国、地域、年齢などによって異なることが容易に想像できる。本研究は、イチゴの海外輸出のための高付加価値化の一環で実施した研究であり、将来的には日本のイチゴの主な輸出先である香港、台湾、タイ、シンガポール等の方々を対象とした官能試験を実施する必要がある。また、本実験では、夏季と冬季の2回採取した品種が複数あった。‘かおり野’や‘星の煌めき’等は、採種時期によって揮発成分や抗酸化性成分の含量が

異なっていた。成分に季節変動のないイチゴを選抜することもイチゴの育種にとって重要と考えられた。

#### 付 記

本試験は、受託研究「グローバルな視点から新たに求める果実形質の決定とその品種検索」(国立研究開発法人科学技術振興機構)により実施された成果の一部である。

#### 引用文献

- 1) 秋葉隆. 食材図典. 小学館, 1995, 246-247
- 2) 農山漁村文化協会編. 地域食材大百科 第2巻. 農山漁村文化協会, 2010, 19-27
- 3) 農林水産省. “イチゴの品種, 増加中!.” [https://www.maff.go.jp/j/pr/aff/1912/spe1\\_01.html](https://www.maff.go.jp/j/pr/aff/1912/spe1_01.html) (2023年1月10日閲覧)
- 4) 竹内隆. イチゴ品種<紅ほっぺ>の育成と普及戦略. アグリフォーレ・レポート: 静岡県立農林環境専門職大学静岡県立農林環境専門職大学短期大学部紀要・年報. 2021, 29-33
- 5) 望月麻衣; 河田智明; 池ヶ谷篤; 井狩徹; 五藤由香理; 竹内隆. イチゴ新品種‘きらび香’の果実特性. 静岡県農林技術研究所研究報告. 2018, 11号, 49-53
- 6) 今村剛士. 奈良県におけるイチゴに寄生するカンザワハダニの薬剤感受性. 関西病虫害研究会報. 2018, 60, 127-128
- 7) 柳田裕紹. 促成栽培イチゴのナミハダニ(ダニ目: ハダニ科)に対するIPMの現状と将来展望-福岡県における事例を踏まえて-. 日本応用動物昆虫学会誌. 2019, 63, 1-12
- 8) 熊倉裕史; 宍戸良洋. 四季成り性イチゴの寒冷地夏秋どり栽培における収量・果実形質の品種間差及び花房摘除処理の影響. 野菜・茶業試験場研究報告. A(野菜・花き). 1994, 27-39
- 9) 松添直隆; 川信修治; 松本幸子; 木村宏和; 圖師一文. 夜温がイチゴ果実の糖, 有機酸, アミノ酸, アスコルビン酸, アントシアニンおよびエラグ酸濃度に及ぼす影響. 植物環境工学. 2006, 18, 115-122
- 10) 北條雅也; 廣岡健司. イチゴ‘古都華’のアントシアニンとアスコルビン酸の含量. 奈良県農業研究開発センター研究報告=Bulletin of Nara Prefecture Agricultural Research and Development Center. 2021, 40-44
- 11) 館花春佳. リンゴ果汁によるアスコルビン酸吸収増強の作用機序に関する研究. 学位論文. 2021
- 12) 池ヶ谷篤. イチゴのおいしさに関わる要因の探索と新たな評価法の開発. 博士学位論文. 2020
- 13) 村石一駿; 山本和博; 胡柏. 日本の農産物輸出に関する計量分析. 愛媛大学農学部紀要. 2020, 19-26

- 14) Tsurunaga, Y.; Takahashi, T.; Katsube, T.; Kudo, A.; Kuramitsu, O.; Ishiwata, M.; Matsumoto, S. Effects of UV-B irradiation on the levels of anthocyanin, rutin and radical scavenging activity of buckwheat sprouts. *Food chemistry*. 2013, **141**, 552-556
- 15) 鶴永陽子; 齊藤真苗; 門脇正行. 採取時期の違いがサツマイモ (*Ipomoea batatas* Lam.) の葉ならびに葉柄の品質に及ぼす影響. *日本家政学会誌*. 2020, **71**, 302-309
- 16) Katsube, T.; Tabata, H.; Ohta, Y.; Yamasaki, Y.; Anuurad, E.; Shiwaku, K.; Yamane, Y. Screening for antioxidant activity in edible plant products: comparison of low-density lipoprotein oxidation assay, DPPH radical scavenging assay, and Folin-Ciocalteu assay. *J Agr Food Chem*. 2004, **52**, 2391-2396
- 17) Swain, T.; Hillis, W. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1959, **10**, 63-68
- 18) Tsurunaga, Y.; Kanou, M.; Ikeura, H.; Makino, M.; Oowatari, Y.; Tsuchiya, I. Effect of different tea manufacturing methods on the antioxidant activity, functional components, and aroma compounds of *Ocimum gratissimum*. *LWT*. 2022, 114058
- 19) Watanabe, J.; Oki, T.; Takebayashi, J.; Yamasaki, K.; Takano-Ishikawa, Y.; Hino, A.; Yasui, A. Method validation by interlaboratory studies of improved hydrophilic oxygen radical absorbance capacity methods for the determination of antioxidant capacities of antioxidant solutions and food extracts. *Analytical Sciences*. 2012, **28**, 159-159
- 20) 鶴永陽子; 松崎一; 持田圭介; 松本敏一; 板村裕之. 蒸熱加熱および焙煎処理が保存中の柿葉茶の総アスコルビン酸含量およびラジカル捕捉活性に与える影響. *日本食品科学工学会誌*. 2005, **52**, 391-397
- 21) 鶴永陽子; 高林由美; 西万二郎; 鈴木芳孝. 市販柿葉茶 22 種類の総アスコルビン酸含量, アストラガリン含量, ポリフェノール含量およびラジカル捕捉活性の差異. *日本家政学会誌*. 2011, **62**, 437-444
- 22) Farneti, B.; Cristescu, S. M.; Costa, G.; Harren, F. J.; Woltering, E. J. Rapid tomato volatile profiling by using proton - transfer reaction mass spectrometry (PTR - MS). *Journal of Food Science*. 2012, **77**, C551-C559
- 23) Tsurunaga, Y.; Takahashi, T.; Nagata, Y. Production of persimmon and mandarin peel pastes and their uses in food. *Food Science & Nutrition*. 2021, **9**, 1712-1719
- 24) 香川明夫監修. 八訂 食品成分表 2022. 女子栄養大学出版部, 2022
- 25) 森利樹; 小堀純奈; 北村八祥; 井口工; 加藤伊知郎; 曾根一純; 石川正美; 前田ふみ; 深見正信; 磯部祥子. 共同育種によるイチゴ種子繁殖型品種 'よつばし' の開発. *園芸学研究*. 2015, **14**, 409-418
- 26) 鶴見理沙; 中西達郎; 石原良行; 大橋隆; 小島夏実; 齋藤容徳; 小林泰弘; 畠山昭嗣; 飯村一成; 半田有宏. 白イチゴ新品種「栃木 iW1 号」の育成. 栃木県農業試験場研究報告. 2020, 67-82
- 27) SUNTORY. “本気野菜イチゴ.” <https://www.suntory.co.jp/flower/homegardens/lineup/ichigo.html> (2023 年 1 月 10 日閲覧)
- 28) 枳穀豊; 福原公昭; 齊藤勲; 太田英明. イチゴアントシアニン色素の同定と高速液体クロマトグラフィーによる分析加工・貯蔵条件がイチゴジャムの色安定性に及ぼす影響に関する研究 (第 1 報). *日本食品科学工学会誌*. 1995, **42**, 118-123
- 29) 石々川英樹. 温度と紫外線がイチゴ 'あまおとめ' 果実の色調とアントシアニン生成に及ぼす影響. 愛媛県農林水産研究所企画環境部・農業研究部研究報告. 2010, 2 号, p. 22-28 (2010-2003)
- 30) 長澤治子. 食べ物と健康 食品学・食品機能学・食品加工学 第 3 版. 医歯薬出版株式会社, 2017, 189
- 31) 藤田敏郎; 古川麻紀; 曾根一純; 沖智之. 品種・系統の異なるイチゴの収穫時期による抗酸化能の変動. *日本食品科学工学会誌*. 2020, **67**, 109-114
- 32) Levine, M.; Conry-Cantilena, C.; Wang, Y.; Welch, R. W.; Washko, P. W.; Dhariwal, K. R.; Park, J. B.; Lazarev, A.; Graumlich, J. F.; King, J. Vitamin C pharmacokinetics in healthy volunteers: evidence for a recommended dietary allowance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1996, **93**, 3704-3709
- 33) 平山悦子; 河野昭子. 野菜間でのデヒドロアスコルビン酸加水分解速度の違いとその pH 依存性. *日本家政学会誌*. 2013, **64**, 315-320
- 34) 山田修平; 元森奈美雄; 中島寿亀; 國武久登; 森欣也; 中村典義; 辻聡宏; 田中政信; 石丸幹二. イチゴのポリフェノール成分. *日本食品化学学会誌*. 1998, **5**, 201-205
- 35) 青柳康夫, 筒井知己. 標準食品学総論 第 2 版. 医歯薬出版株式会社, 2007
- 36) 李新賢; 福原公昭; 早田保義. 標準添加法と PQ 抽出並びに GC-MS 分析による 'とよのか' イチゴの特徴的な重要香气成分の定量. *J Jpn Soc Hortic Sci*. 2009, **78**, 200-205
- 37) Zhao, M.; Wang, J.; Wang, Z.; Qian, Y.; Wu, W. GC-MS analysis of volatile components in Chinese wild strawberry (*F. nilgerrensis* Schlecht.). *VII International Strawberry Symposium 1049*. 2012, 467-469
- 38) 中島亨; 西村峻. イチゴの諸特性に対する支払意思額の推定: 香气成分や試食・食料消費行動による消費者選好の変化. *食料経済研究*. 2018, **64**, 39-46