ダイコン類 (*Raphanus sativus* L.) における根色とアントシアニン

加藤一幾¹・佐藤和成¹・金澤俊成²・庄野浩資¹・小林伸雄³・立澤文見^{1*}

¹ 岩手大農学部 020-8550 岩手県盛岡市上田

² 岩手大教育学部 020-8550 岩手県盛岡市上田

³ 島根大生物資源科学部 690-8504 島根県松江市西川津町

Relationship between Root Colors and Anthocyanins from Radishes (*Raphanus sativus* L.)

Kazuhisa Kato¹, Kazunari Sato¹, Toshinari Kanazawa²,
Hiroshi Shono¹, Nobuo Kobayashi³ and Fumi Tatsuzawa^{1*}

¹ Faculty of Agriculture, Iwate University, Morioka, Iwate 020-8550

² Faculty of Education, Iwate University, Morioka, Iwate 020-8550

³ Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, Matsue, Shimane 690-8504

Abstract

The relationship between root color and anthocyanin composition was investigated in 43 radishes: 14 *Raphanus sativus* L. var. *longipinnatus* L. H. Bailey cultivars and 29 *R. sativus* L. var. *sativus* cultivars. The colors of 53 samples which were nonwhite were investigated using the Horticultural Color Chart of The Royal Horticultural Society, London, England (RHS. CC), and classified into three groups based on the color difference meter. The color in group 1 (28 samples) was in the red region of RHS. CC and their hue values (b^*/a^*) were from 0.10 to 0.25; that in group 2 (2 samples) was in the red-purple region of RHS. CC and their b^*/a^* were from 0.04 to 0.05; and that in group 3 (22 samples) was in the red and red-purple region of RHS CC and their b^*/a^* were from -0.28 to -0.02. The aglycone in groups 1 and 2 was pelargonidin, whereas that in group 3 was pelargonidin or cyanidin. The 3 samples including pelargonidin in group 3 were classified as group 3a, and the 19 samples including cyanidin were classified as group 3b. Groups 1, 2, and 3a comprised known acylated pelargonidin 3-sophoroside-5-glucosides as their main anthocyanins, and group 3b comprised known acylated cyanidin 3-sophoroside-5-glucosides as the main anthocyanins.

Key Words : cyanidin, cyanidin 3-sophoroside-5-glucoside, pelargonidin, pelargonidin 3-sophoroside-5-glucoside

キーワード : ペラルゴニンジン, ペラルゴニンジン 3- ソホロシド -5- グルコシド, シアニジン, シアニジン 3- ソホロシド -5- グルコシド

緒 言

ダイコン (*Raphanus sativus* L. var. *longipinnatus* L. H. Bailey) の根色は白色が一般的であるが、赤、紫、緑、黄、黒色などもあり、紅芯大根のように根の木部柔組織が有色の品種もある(飛騨, 1989)。また、ハツカダイコン (*Raphanus sativus* L. var. *sativus*) の根色には、白、桃、赤、紫色などがあり、主に普及している品種は赤色が多い(吉川, 1989)。有色のダイコン類はサラダなどの料理の美観を飾るために利用されるため、有色のダイコン類における形質において、特に、色は重要な役割を担っている。

ダイコン類から得られる赤色の色素は食品用天然色素と

して広く利用されている(片山・田島, 2003)。また、着色料としてだけでなく、赤色系および紫色系のダイコン類に含まれる主要な色素であるアントシアニンは抗酸化機能を持っていることから、人間の健康への有効性も認められている(五十嵐ら, 2000)。いくつかの研究グループにおいて、ダイコン類に含まれるアントシアニンは同定されており、赤色系品種はペラルゴニンジン誘導体、紫色系品種はシアニジン誘導体により構成されている(Fuleki, 1969; Harborne, 1964; Ishikura・Hayashi, 1962, 1963, 1965; Ishikura ら, 1965)。近年では、これらの化学構造がアシル化したペラルゴニンジンおよびシアニジン誘導体であることも明らかとなっている(Giusti ら, 1998; Mori ら, 2006; Otsuki ら, 2002; Tatsuzawa ら, 2008, 2010)。

ダイコン類では、赤色品種だけでなく、紫色品種も普及し始めているが、色素に関する多くの品種を用いた研究は行われていない。そこで、本研究では、有色ダイコン類の

2012 年 10 月 4 日 受付. 2013 年 2 月 5 日 受理.

本研究の一部は園芸学会平成 23, 24 年度春季大会で発表した.

* Corresponding author. E-mail: fumi@iwate-u.ac.jp

新品種育成のための基礎データを得ることを目的として、根が有色の43品種について、有色部位をカラーチャートで比色し、色差計で測色するとともに、アントシアニンのアグリコンの分析や粗抽出色素のHPLC分析を行い、各品種の根色とアントシアニンとの関係を調べた。

材料および方法

1. 植物材料

本研究では、有色のダイコン14品種（‘紅化粧’、‘黄河紅丸’、‘もみじ’、‘さくら’、‘あかね’、‘からいね赤’、‘紅甘味’、‘赤首女山三月大根’、‘しずむらさき’、‘味いちばん紫’、‘Hilds blauer’、‘北京紅芯’、‘天安紅芯’、‘長安青丸紅芯’）とハツカダイコン29品種（‘Pink Beauty’、‘プテルマ2号’、‘レッドチャイム’、‘リンダレッド’、‘スカーレットグローブ’、‘ほほべに丸’、‘あかちゃん’、‘スパークラーIII’、‘Jolly’、‘紅娘’、‘コメット’、‘シャトルコック’、‘イザベル’、‘スパークラーII’、‘さくらんぼ’、‘チェリーメイト’、‘バードランド’、‘レッドサン’、‘マスコット’、‘コンビ’、‘紅白’、‘Nelson’、‘フレンチブレックファスト’、‘ウインナー’、‘スパークラー’、‘フレンチブレックファストIII’、‘リベラ’、‘パープルスター’、‘Amethyst’）を供試した（第1表、第2表）。

2. 栽培方法

2009年8月下旬に岩手大学農学部の圃場にダイコンの各品種を10粒ずつ播種した。ハツカダイコンの栽培には、プランターに赤玉土：ピートモス：パーライト：パーミキュライトを2：2：1：1（v/v/v/v）の割合で配合した培養土を充填し、2009年8月下旬に各品種を20粒ずつ播種した。灌水は適宜行い、液肥としてOK-F-1（大塚化学）を水道水で1,000倍に希釈し、1週間に1回の頻度で施用した。

3. 実験材料の調製

ダイコンは播種から60～100日目に収穫し、ハツカダイコンは播種から約25日目に収穫した。1品種当たり6個体から、地下部の表皮のアントシアニンを抽出した。一部の品種においては、地下部の木部柔組織や主に下胚軸が肥大した地上部の表皮も分析した。

4. 実験方法

1) 有色部位の比色および測色

王立園芸協会カラーチャート（RHS. CC）を用いて有色部位の比色を行い、測色色差計（NR-3000, 日本電色）を用いて測色し、CIELab表色系におけるL*, a* および b* 値を求めた。

2) TLCによるアントシアニジンの分析

(1) 実験試料の調製

肥大部の表皮を剥ぎ、送風定温乾燥器内で45℃の恒温条件で24時間乾燥させ、冷凍保存した。紅芯大根3品種および‘味いちばん紫’は内部の木部柔組織が有色部位であったため、白色部位を除去した後に、輪切りにした状態で冷凍保存した。

(2) 完全加水分解

表皮組織は、乾物試料10mgを、内部の木部柔組織は凍結試料100mgを2N塩酸2mLに浸漬して、色素を2時間抽出した。植物材料を取り除いた後、抽出液を100℃で2時間加熱し、室温で十分に冷却した。その後、イソアミルアルコールを8滴加えてよく振り、静置した。アグリコンが転溶した上層のイソアミルアルコール層をスポイトで取り出し、TLCによる比較分析に用いた。

(3) TLCによる比較分析

100mm×200mmの薄層プレートを用いた。完全加水分解によって得られたアグリコンを、ペラルゴニジンとシアニジン標品とともに、薄層プレートに点着し、乾燥させた。For-estal（酢酸：塩酸：水＝30：3：10, v/v/v）を用いて4時間展開させた後、標品と比較してアントシアニジンを同定した。

3) HPLCによるアントシアニン組成の分析

(1) 抽出およびろ過

表皮乾物試料10mg、または有色の内部木部柔組織凍結試料100mgに、MAW（メタノール：酢酸：水＝4：1：5, v/v/v）1mLを加えて、冷蔵庫内で12時間抽出した。抽出液をシリンジフィルターでろ過した後、HPLCにより分析した。

(2) HPLC分析

HPLC分析はLC10Aシステム（島津製作所）を用い、以下の条件で行った。試料注入量：20μL、カラム：ODSカラム（Spherisorb ODS2 Column, Waters）（カラム温度：40℃）、移動層：A液（1.5%リン酸）、B液（1.5%リン酸、20%酢酸、25%アセトニトリル）、濃度勾配：B液20～85%（40分）、流速：1.0mL・min⁻¹、検出波長515nm。

結果および考察

1. 有色部位の測色

RHS. CCを用いて、有色部位の色を特定した（第1表、第2表）。地上部と地下部の色が異なる品種や、肥大部内部の木部柔組織が着色する品種があったため、それらを含めて合計24検体の色を特定した。その結果、地下部表皮がRedに区分されたのは1検体、Red-purpleは2検体およびPurpleは8検体であった。地上部表皮がRedに区分されたのは2検体、Purpleは7検体であった。地下部の木部柔組織がRed-purpleに区分された4検体であった。地下部と地上部が有色である品種のうち‘黄河紅丸’のみ、地下部と地上部の表皮の色が異なり、それぞれRedおよびRed-purpleであった。ハツカダイコンは地下部表皮がRedの26検体とRed-purpleの3検体であった。

次に、色差計による測色値a*値とb*値を色彩分布図に示した（第1図）。この結果からb*/a*の値を元にグループ分けを行い、b*/a*＝0.10～0.25（グループ1（29検体））、b*/a*＝0.04～0.05（グループ2（2検体））、b*/a*＝-0.28～-0.02（グループ3（22検体））の3グループに分けた。RHS. CCによる比色の結果でRedに分類された検体はすべてグループ1、Red-purpleに分類された‘黄河紅丸’と‘ピンク

第1表 ダイコンの有色部位における測色およびアントシアニン

No.	品種名	販売元	部位	RHS. CC ^z	b*/a* ^y	アントシアニン ^x	グループ ^w
1	黄河紅丸	サカタのタネ	地上部表皮	R52A	0.15 ± 0.02 ^y	ペラルゴニン	1
2	黄河紅丸	サカタのタネ	地下部表皮	RP67B	0.05 ± 0.02	ペラルゴニン	2
3	紅化粧	サカタのタネ	地上部表皮	R46C	0.25 ± 0.00	ペラルゴニン	1
4	紅化粧	サカタのタネ	地下部表皮	R46C	0.23 ± 0.01	ペラルゴニン	1
5	北京紅芯	トーホク	地下部木部柔組織	RP74B	-0.19 ± 0.01	ペラルゴニン	3a
6	天安紅芯	サカタのタネ	地下部木部柔組織	RP74A	-0.15 ± 0.02	ペラルゴニン	3a
7	長安青丸紅芯	タキイ種苗	地下部木部柔組織	RP71C	-0.09 ± 0.01	ペラルゴニン	3a
8	紅甘味	みかど育種農場	地上部表皮	P78A	-0.09 ± 0.01	シアニン	3b
9	紅甘味	みかど育種農場	地下部表皮	P78D	-0.28 ± 0.01	シアニン	3b
10	もみじ	トーホク	地上部表皮	P78A	-0.03 ± 0.01	シアニン	3b
11	もみじ	トーホク	地下部表皮	P78D	-0.17 ± 0.02	シアニン	3b
12	さくら	トーホク	地上部表皮	P78A	-0.02 ± 0.02	シアニン	3b
13	さくら	トーホク	地下部表皮	P78D	-0.17 ± 0.01	シアニン	3b
14	あかね	トーホク	地上部表皮	P78A	-0.08 ± 0.02	シアニン	3b
15	あかね	トーホク	地下部表皮	P78D	-0.13 ± 0.01	シアニン	3b
16	赤首女山三月	八重農芸	地上部表皮	P78A	-0.11 ± 0.01	シアニン	3b
17	赤首女山三月	八重農芸	地下部表皮	P78D	-0.16 ± 0.03	シアニン	3b
18	ヒルズブルー	Mr. Fothergill's Seeds, UK	地上部表皮	P79C	-0.13 ± 0.02	シアニン	3b
19	ヒルズブルー	Mr. Fothergill's Seeds, UK	地下部表皮	P79C	-0.20 ± 0.01	シアニン	3b
20	からいね赤	渡辺採種場	地下部表皮	P78C	-0.19 ± 0.01	シアニン	3b
21	しずむらさき	フジミ・オフィス	地下部表皮	RP67A	-0.02 ± 0.02	シアニン	3b
22	味いちばん紫	シンジェンタジャパン	地上部表皮	P79B	-0.02 ± 0.01	シアニン	3b
23	味いちばん紫	シンジェンタジャパン	地下部表皮	P77C	-0.19 ± 0.02	シアニン	3b
24	味いちばん紫	シンジェンタジャパン	地下部木部柔組織	P78B	-0.31 ± 0.02	シアニン	3b

^z王立園芸協会カラーチャート^yCIELab 表色系での色相^xTLC による比較分析^wb*/a* 値およびアントシアニンによるグループ分け (グループ 1 : b*/a* = 0.10 ~ 0.25, グループ 2 : b*/a* = 0.04 ~ 0.05, グループ 3a および 3b : b*/a* = -0.28 ~ -0.02, 3a, 3b のアントシアニンはそれぞれペラルゴニンおよびシアニン)^v平均値 ± 標準誤差 (n = 6)

第2表 ハツカダイコンの地下部表皮における測色およびアントシアニン

No.	品種	販売元	RHS. CC ^z	b*/a* ^y	アントシアニン ^x	グループ ^w
1	プテルマ2号	みかど協和	R53A	0.25 ± 0.04 ^y	ペラルゴニン	1
2	レッドチャイム	サカタのタネ	R53B	0.17 ± 0.02	ペラルゴニン	1
3	リンダレッド	丸種	R53B	0.20 ± 0.01	ペラルゴニン	1
4	スカーレットグローブ	Suttons Seeds, UK	R53A	0.21 ± 0.01	ペラルゴニン	1
5	ほほべに丸	三重興農社	R53A	0.18 ± 0.01	ペラルゴニン	1
6	あかちゃん	アサヒ農園	R53A	0.20 ± 0.01	ペラルゴニン	1
7	スパークラー III	Jhonsons Seeds, UK	R53B	0.19 ± 0.01	ペラルゴニン	1
8	Jolly	Suttons Seeds, UK	R53B	0.22 ± 0.01	ペラルゴニン	1
9	紅娘	サカタのタネ	R53B	0.18 ± 0.01	ペラルゴニン	1
10	コメット	タキイ種苗	R53B	0.24 ± 0.01	ペラルゴニン	1
11	シャトルコック	丸種	R53A	0.17 ± 0.01	ペラルゴニン	1
12	イザベル	カネコ種苗	R53A	0.16 ± 0.01	ペラルゴニン	1
13	スパークラー II	Jhonsons Seeds, UK	R53A	0.18 ± 0.00	ペラルゴニン	1
14	さくらんぼ	サカタのタネ	R53A	0.21 ± 0.01	ペラルゴニン	1
15	チェリーメイト	トーホク	R53B	0.19 ± 0.02	ペラルゴニン	1
16	バードランド	丸種	R53A	0.21 ± 0.01	ペラルゴニン	1
17	レッドサン	日光種苗	R53A	0.24 ± 0.02	ペラルゴニン	1
18	マスコット	タカヤマシード	R53A	0.23 ± 0.02	ペラルゴニン	1
19	コンビ	藤田種子	R53A	0.20 ± 0.03	ペラルゴニン	1
20	紅白	サカタのタネ	R53B	0.21 ± 0.02	ペラルゴニン	1
21	Nelson	Jhonsons Seeds, UK	R53B	0.19 ± 0.01	ペラルゴニン	1
22	リベラ	みかど協和	R53A	0.20 ± 0.01	ペラルゴニン	1
23	フレンチブラックファスト	タキイ種苗	R53B	0.20 ± 0.02	ペラルゴニン	1
24	ウインナー	藤田種子	R53B	0.20 ± 0.02	ペラルゴニン	1
25	スパークラー	丸種	R53A	0.10 ± 0.01	ペラルゴニン	1
26	フレンチブラックファスト III	Suttons Seeds, UK	R53B	0.17 ± 0.03	ペラルゴニン	1
27	ピンクビューティー	Suttons Seeds, UK	RP67A	0.04 ± 0.02	ペラルゴニン	2
28	パープルスター	藤田種子	RP72A	-0.11 ± 0.02	シアニン	3b
29	アメジスト	Mr. Fothergill's Seeds, UK	RP72A	-0.11 ± 0.02	シアニン	3b

^{z, y, x, w, v} 第1表と同じ

第1図 ダイコンおよびハツカダイコン 43 品種, 53 有色部位の色分布 (CIE Lab 表式系)
図中のダイコンおよびハツカダイコンの番号はそれぞれ第1, 2 表と同じ

ビューティー’の地下部表皮はグループ2, その他のRed-purpleとPurpleに分類された検体はすべてグループ3に分類された(第1表, 第2表)。

2. アントシアニン

グループ1とグループ2では, すべての検体のアントシアニンがペラルゴニン, グループ3では, ペラルゴニンの検体とシアニジンの検体が混在していた(第1表)。グループ3のペラルゴニンの検出された3検体はすべて紅芯大根であり, $b^*/a^* = -0.19 \sim -0.02$ であった。そこで, これらをグループ3aとし, シアニジンの検出された検体をグループ3b($b^*/a^* = -0.28 \sim -0.02$)とした(第1表, 第2表)。

3. HPLC プロフィール

1. と2. で b^*/a^* の値とアントシアニンの種類によってグループ分けを行ったが, 本研究で用いた材料におけるアントシアニン組成に関しては, グループ1の‘チェリーメイト’, グループ3aの‘北京紅芯’およびグループ3bの‘紅甘味’を除き報告がない(Moriら, 2006; Tatsuzawaら, 2008, 2010)。そこで, 全検体の粗抽出色素のHPLC分析によりアントシアニン組成を調べたところ, 各グループ内において, すべての検体が同様のHPLCクロマトグラムを示した(第2図)。色素1～3はグループ1～3aの主要なアントシアニンのピークであり, ‘チェリーメイト’から同定されている既知のアシル化したペラルゴニン誘導体であった(Tatsuzawaら, 2008)。また, 色素4～6はグループ3bの主要なアントシアニンのピークであり, ‘紅甘味’から同定されている既知のアシル化したシアニン誘導体であった(Tatsuzawaら, 2010)。すなわち, ペラルゴニンを含むグループ1, 2および3aのすべての検体において, ペラルゴニン3-パラ-クマロイル-ソホロシド-5-マロニル-グルコシド(第2図, 色素1), ペラルゴニン3-フェルロイルソホロシド-5-マロニル-グルコシド(第2図, 色素2)およびペラルゴニン3-カフェオイル-ソホロシド-5-マロニル-グルコシド(第2図, 色素3)が主要なピークであった。また, シアニジンを含むグループ3bの

すべての検体において, シアニジン3-パラ-クマロイル-ソホロシド-5-マロニル-グルコシド(第2図, 色素4), シアニジン3-フェルロイル-ソホロシド-5-マロニル-グルコシド(第2図, 色素5)およびシアニン3-カフェオイル-ソホロシド-5-マロニル-グルコシド(第2図, 色素6)が主要なピークであった。従って, グループ1, 2および3aは色素1～3が, グループ3bは色素4～6が有色部位の色調に大きく関わっていると考えられた。

以上のことから, 今回調査したダイコン類の品種においては, 着色タイプは, b^*/a^* の値とアントシアニンの組み合わせで4種類に分けられることが明らかとなった。また, 色が同じであっても, アントシアニンがシアニンタイプとペラルゴニンタイプとがあり, シアニジンとペラルゴニンを同時に持つ品種はなかった。グループ1および2のアントシアニンおよび主要なアントシアニンは同じではあるが, 有色部位の色はそれぞれRedおよびRed-purpleであり, 異なっていた(第1表, 第2表)。「黄河紅丸」は着色部位によりグループ1および2に分けられた。これらの色の違いはグループ2のアントシアニン濃度がグループ1よりも低いためであると考えられた。また, グループ3aに含まれる紅芯大根の主要なアントシアニンはグループ1および2と同じだった。有色部位である地下部の木部柔組織の色はRed-purpleであり, グループ2と同じであったが, b^*/a^* の値によるグループ分けでは異なるグループとして分類された(第1表, 第1図)。このことは, グループ3aの色素1と2の比率がグループ1と2に比べて大きく異なることが原因と考えられた(第2図)。

粗抽出色素のHPLCによる結果より, ダイコン類の主要なアントシアニンは6種類に限られ, その組成および濃度と有色部位の色との間に明瞭な関係が認められた。ダイコン類の色素を分析する場合には, 粗抽出色素を直接的にHPLC分析することで, 測色やアグリコンを特定する必要なく, アントシアニン組成とその濃度から4つのグループに分けられることが示された。色素の粗抽出色素をHPLC

第2図 ダイコンおよびハツカダイコン 43 品種, 53 有色部位の HPLC クロマトグラム

- 色素 1 : ペラルゴニジン 3- パラ- クマロイル - ソホロシド -5- マロニル - グルコシド
 色素 2 : ペラルゴニジン 3- フェルロイル - ソホロシド -5- マロニル - グルコシド
 色素 3 : ペラルゴニジン 3- カフェオイル - ソホロシド -5- マロニル - グルコシド
 色素 4 : シアニジン 3- パラ- クマロイル - ソホロシド -5- マロニル - グルコシド
 色素 5 : シアニジン 3- フェルロイル - ソホロシド -5- マロニル - グルコシド
 色素 6 : シアニジン 3- カフェオイル - ソホロシド -5- マロニル - グルコシド

分析することは、加水分解物を TLC する場合よりも操作が簡便で、迅速に高分解能で分析することが可能であり、構造変化などによる余分な物質を測定する可能性が少ないという利点もある。

今後は実験結果から得られた HPLC プロフィールを参考にし、さらに多くの品種の有色部位における粗抽出色素の HPLC 分析を行い、根色とアントシアニンとの関係を調べることで、ダイコン類の根色とアントシアニンに関する基礎情報を蓄積し、それらの遺伝性についても検討しながら品種改良などに活用していきたい。

摘 要

有色ダイコン類の新品種育成のための基礎データを得る目的で、根色とアントシアニン組成の関係をダイコン 14 品種、ハツカダイコン 29 品種の合計 43 品種を用いて調査を行った。一部のダイコンにおいては、地上部および地下部の有色部位においても調査を行った。有色部位の合計 53 検体について、RHS. CC により色を特定し、色差計による測色により得られた b^*/a^* を元にグループ分けを行った。その結果、 $b^*/a^* = 0.10 \sim 0.25$ (グループ 1, RHS. CC の Red, 29 検体), $b^*/a^* = 0.04 \sim 0.05$ (グループ 2, RHS. CC の Red-purple, 2 検体), $b^*/a^* = -0.28 \sim -0.02$ (グループ 3, RHS. CC の Red-purple と Purple, 22 検体) の 3 グループに分けられた。グループ 1 と 2 では、すべての検体のアグリコンはペラルゴニジンであり、グループ 3 では、ペラルゴニジンとシアニジンの検体が混在していた。ペラルゴニジンが検出された 3 検体をグループ 3a とし、シアニジンが検出された 19 検体をグループ 3b とした。グループ 1, 2 および 3a に含まれる主要なアントシアニンは既知のアシル化したペラルゴニジン 3- ソホロシド -5- グルコシドであった。また、シアニジンを含むグループ 3b は既知のアシル化したシアニジン 3- ソホロシド -5- グルコシドが主要なアントシアニンであった。

引用文献

- Fuleki, T. 1969. The anthocyanins of strawberry, rhubarb, radish and onion. J. Food Sci. 34: 365–369.
 Giusti, M. M., H. Ghanadan and R. E. Wrolstad. 1998. Elucidation of the structure and conformation of red radish (*Raphanus sativus*) anthocyanins using one- and two-dimensional nuclear magnetic resonance techniques. J. Agric. Food Chem. 46: 4858–4863.
 Harborne, J. B. 1964. Plant polyphenols-XI. The structure of acylated anthocyanins. Phytochemistry 3: 151–160.
 飛騨健一. 1989. ダイコン. p. 823–834. 松尾孝嶺監修. 植物遺伝資源集成. 第2巻. 講談社. 東京.
 五十嵐喜治・佐藤充克・寺原典彦・津田孝範・津志田藤二郎・梶本修身. 2000. アントシアニンの生体調節機能. p. 103–186. 大庭理一郎・五十嵐喜治・津久井亜紀夫編著. アントシアニン：食品の色と健康. 建帛社. 東京.
 Ishikura, N. and K. Hayashi. 1962. Anthocyanins in red roots of a radish. Studies on anthocyanins, XXXVI. Bot. Mag. Tokyo 75: 28–36.

- Ishikura, N. and K. Hayashi. 1963. Chromatographic separation and characterization of the component anthocyanins in radish root. Study on anthocyanins, XXXVIII. Bot. Mag. Tokyo 76: 6–13.
- Ishikura, N. and K. Hayashi. 1965. Separation and identification of the complex anthocyanins in purple radish studies on anthocyanins, XLVI. Bot. Mag. Tokyo 78: 91–96.
- Ishikura, N., T. Hoshi and K. Hayashi. 1965. Crystallization and characterization of the basic triglucosides common to all components in purple pigment of hybrid radish studies on anthocyanins, XLV. Bot. Mag. Tokyo 78: 8–13.
- 片山 脩・田島 眞. 2003. 食品と色. p. 4, 12–13. 光琳. 東京.
- Mori, M., S. Nakagawa, M. Maeshima, S. Niikura and K. Yoshida. 2006. Anthocyanins from the rhizome of *Raphanus sativus*, and change in the composition during maturation. Heterocycles 69: 239–251.
- Otsuki, T., H. Matsufuji, M. Takeda, M. Toyoda and Y. Goda. 2002. Acylated anthocyanins from red radish (*Raphanus sativus* L.). Phytochemistry 60: 79–87.
- Tatsuzawa, F., N. Saito, K. Toki, K. Shinoda, A. Shigihara and T. Honda. 2010. Acylated cyanidin 3-sophoroside-5-glucosides from the purple roots of red radish (*Raphanus sativus* L.) ‘Benikanmi’. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 79: 103–107.
- Tatsuzawa, F., K. Toki, N. Saito, K. Shinoda, A. Shigihara and T. Honda. 2008. Anthocyanin occurrence in the root peels, petioles and flowers of red radish (*Raphanus sativus* L.). Dyes and Pigments 79: 83–88.
- 吉川宏昭. 1989. ハツカダイコン. p. 834–835. 松尾孝嶺監修. 植物遺伝資源集成. 第2巻. 講談社. 東京.