

国産および輸入果実におけるアスコルビン酸含量・ 滴定酸度・糖度について

杉山一横山英子^{*§}・箱山年子^{*}

A study about ascorbic acid content, acidity, and sugar concentration of fruits from Japanese and imported products.

Eiko SUGIYAMA-YOKOYAMA^{*§} and Toshiko HAKOYAMA^{*}

Abstract: Ascorbic acid content, acidity, and sugar concentration of kiwifruits and strawberry fruit was compared between Japanese products and imported ones. Significant difference was observed in the ascorbic acid content. Imported fruits showed higher ascorbic acid content in both kiwifruits and strawberry fruit. There was no significant difference in the acidity and the sugar concentration between the Japanese products and the imported ones. Correlation between the ascorbic acid content and the acidity, the ascorbic acid content and the sugar concentration, the acidity and sugar concentration was also examined. None of the combination showed significant correlation.

Key words: Ascorbic acid, Acidity, Sugar concentration, Kiwifruits, Strawberry fruit

はじめに

アスコルビン酸(ビタミンC)は、さまざまな生理活性を示すことが知られている。

コラーゲンなどの結合組織や細胞外マトリックスの合成・維持に関与することはよく知られているが、他にもニトロソアミンなどの変異原性物質の不活化、免疫機能増強作用、血糖低下作用など多様な生理活性を持つ¹⁾。このような生理活性のいくつかは、身体にとって有害な活性酸素などの

有害物質から組織を防御する抗酸化作用に基づいているものと考えられている。アスコルビン酸からアスコルビン酸フリーラジカルへの可逆的反応や、アスコルビン酸→アスコルビン酸フリーラジカル→デヒドロアスコルビン酸への変化を含むアスコルビン酸ラジカルシステムが細胞膜や細胞内器官の膜におけるレドックス制御に参画していることが明らかになってきている²⁾。

アスコルビン酸は緑黄色野菜や柑橘などの果実に多く含まれている。近年、農産物市場の自由化に伴い、野菜や果実の輸入量が増加している。輸入の恩恵を受けて、通年食することができる野菜や果実もあるが、このような状況下において、それら輸入物の野菜や果実の栄養価が問われ始めて

^{*}〒380-8525 長野市三輪8-49-7 長野県短期大学
^{*}Nagano Prefectural College, 8-49-7 Miwa,
Nagano 380-8525, Japan.

[§]To whom correspondence should be addressed

いる。しかしながら、吉田³⁾が、アメリカ産プロッコリーのビタミン含量を国産のものと比較して報告しているのみで、輸入品と国産品の農産物の栄養価を比較した研究報告は他になく、多岐にわたる野菜や果実について輸入品と国産品とどちらの栄養価がすぐれているのかほとんど明らかになっていない。

キウイフルーツとイチゴはアスコルビン酸含量が高く⁴⁾、手軽なアスコルビン酸の供給源である。キウイフルーツはもともとニュージーランド特産のもので、わが国で栽培するようになったのは1970年代後半ごろからであるが、冬季は国産品が出回り、それ以外の時期にはニュージーランド産やチリ産の輸入品が出回る。イチゴは最近になってアメリカからの輸入品が出回るようになり、国産品の端境期にあたる夏から秋にかけて店頭に並ぶ。いずれにしても、輸入品のおかげで、通年食することができるわけである。

そこで我々は、この2種類の果実を選び、国産品と輸入品のアスコルビン酸含量を比較した。併せて品質の指標となる滴定酸度と糖度も測定して比較した。さらに、アスコルビン酸が果たして滴定酸度に関与するかどうかを明らかにするため、アスコルビン酸含量と滴定酸度との間の相関を調べた。また、アスコルビン酸はヘキソースから合成される⁵⁾ことから、アスコルビン酸含量と糖度との間の相関を調べた。滴定酸度と糖度との間の相関関係についても調べた。

実験材料及び方法

1. 試料

キウイフルーツについては、国産品として、次のものを用いた。愛知産(1997年4月購入)、愛媛産(1998年1月購入)、山梨産(1998年1月購入)、佐賀産(1998年2月購入)の4種類で、愛媛産と山梨産はヘイワード種であった。他のものは品種は不明である。また、輸入品としては、ニ

ュージーランド産のものを1997年4月と9月に購入した。品種はヘイワード種である。イチゴについては、国産品として、愛知産の女峰を1997年12月および1998年5月に購入した。12月購入のものは、温室栽培によるものであり、5月購入のものは、露地栽培によるものである。輸入品としては、アメリカ産のイチゴ(品種不明)を1997年7月に購入した。

2. 試料の調製

キウイフルーツについては、まず、皮を剥き、果肉を縦方向に4分割した後、各部分についてそれぞれ、約3mmの厚さに切り分けた。各部位から無作為に果肉を採取し、一個ずつを分析に供した。イチゴについては、一個では分析不可能だったので、一パックから無作為にイチゴを数個取り出し一群とした。合計十群を作り、分析に供した。いずれも、部位別による差を考慮して、なるべく、偏らないように果肉を採取した。

3. アスコルビン酸の抽出および測定

乳鉢に果肉10gを秤取し、これに5%メタリン酸40mlを加えて果肉をよくすりつぶし水50mlを加えてよく混ぜ、アスコルビン酸を抽出した。抽出液をろ過し、ろ液中のアスコルビン酸量をインドフェノール法⁶⁾によって測定した。

4. 滴定酸度の測定

乳鉢に果肉10gを秤取し、これに蒸留水90mlを加えて果肉をよくすりつぶしながら、有機酸を抽出した。抽出液をろ過し、ろ液中の有機酸量を中和滴定法で測定した。なお、イチゴについては、メタリン酸溶液および有機酸水溶液中に赤色色素が溶出したため、活性白土を用いて色素を除去した。

5. 糖度の測定

糖度計を用いて、果汁を直接測定した。

6. 統計処理

得られたアスコルビン酸含量, 滴定酸度, 糖度のデータは, いずれも3群以上より成るものなので, まず, 一元配置分散分析法で有意差が得られるかどうか検討した。有意差があると判断された時に, Sheffeのテストによって, どの群とどの群との間に差があるのかを検討した。また, アスコルビン酸含量, 滴定酸度, 糖度のそれぞれの間に相関関係があるかどうか判断するために, 相関係数を求めた。

結 果

1. 国産品と輸入品のキウイフルーツにおけるアスコルビン酸含量の比較

Fig. 1 に国産品4群と輸入品(ニュージーランド産)2群, 計6群のキウイフルーツにおけるアスコルビン酸含量を示した。便宜上, 購入時期の異なるニュージーランド産品をI群(1997年4月購入)およびII群(1997年9月購入)とした。まず, 一見して明らかなのは, 国産品4群(愛知産, 愛媛産, 佐賀産, 山梨産)と輸入品2群と

の間に, アスコルビン酸含量において大きな差があることである。明らかにニュージーランド産のものの方が国産のいずれの産地のものよりもアスコルビン酸含量が多かった。低い方のニュージーランド産IIの値でも $74.2 \pm 13.0 \text{mg}/100\text{g}$ であるのに対し, 国産品はもっとも高い山梨産の値でも約半分の $40.7 \pm 3.7 \text{mg}/100\text{g}$ に過ぎなかった。統計学的には, 次の群間に有意差が認められた。すなわち, ニュージーランド産Iと愛知産, ニュージーランド産Iと愛媛産, ニュージーランド産Iと佐賀産, ニュージーランド産Iと山梨産, ニュージーランド産IIと愛知産, ニュージーランド産IIと愛媛産, ニュージーランド産IIと佐賀産, ニュージーランド産IIと山梨産, ニュージーランド産Iとニュージーランド産IIとの間に有意差が認められた(いずれも $P < 0.05$)。国産品の4群の間には有意な差は認められなかった。

2. 国産品と輸入品のキウイフルーツにおける滴定酸度および糖度の比較

Table 1 に国産品4群とニュージーランド産品2群のキウイフルーツにおける滴定酸度および糖度を示した。Table 1 から, 愛媛産と山梨産の滴定酸度がともに1.3%台で他の群の1%程度よりも高いことがわかる。統計学的にも愛媛産とニュージーランド産I, 愛媛産とニュージーランド産II, 愛媛産と愛知産, 愛媛産と佐賀産, 山梨産とニュージーランド産I, 山梨産とニュージーランド産II, 山梨産と愛知産, 山梨産と佐賀産の以上の8つの組み合わせにおいて有意差が認められた(いずれも $P < 0.05$)。

国産品と輸入品のキウイフルーツにおける糖度についてはTable 1 より, 愛知産のもの糖度が他の群の13%台よりもやや低く($11.38 \pm 1.47\%$), 山梨産のものは, やや高い($14.55 \pm 0.50\%$)ことがわかる。統計学的には, 愛知産とニュージーランド産I, 愛知産とニュージーランド産

Fig. 1 Comparison of ascorbic acid content in kiwifruits from different source.
Error bar represents S.D. (n=15 for each column).
NZ; New Zealand

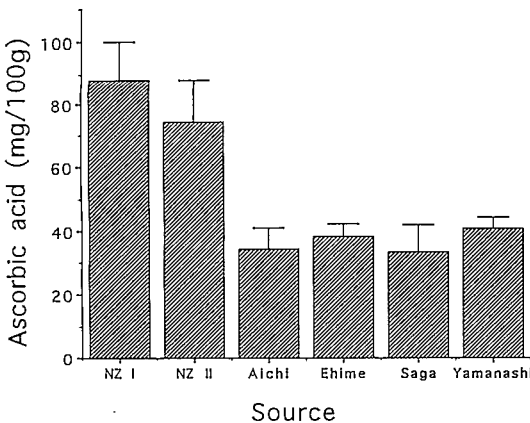


Table 1 Acidity and sugar concentration of kiwifruits

Group	Acidity (%)	Sugar concentration (%)
Ehime	1.32±0.13 (n=15)	13.35±0.72 (n=15)
Yamanashi	1.32±0.10 (n=10)	14.55±0.50 (n=10)
Saga	1.06±0.13 (n=15)	13.69±1.03 (n=15)
Aichi	1.02±0.09 (n=11)	11.38±1.47 (n=11)
New Zealand I	1.05±0.09 (n=12)	13.74±0.95 (n=14)
New Zealand II	1.02±0.09 (n=10)	13.44±1.26 (n=15)

Ehime ; Purchased in January, 1998

Yamanashi ; Purchased in January, 1998

Saga ; Purchased in February, 1998

Aichi ; Purchased in April, 1997

New Zealand I ; Purchased in April, 1997

New Zealand II ; Purchased in September, 1997

II, 愛知産と愛媛産, 愛知産と佐賀産, 愛知産と山梨産との間に有意差が認められた (いずれも $P < 0.05$)。

3. キウイフルーツにおけるアスコルビン酸含量と滴定酸度との相関関係

各群についてそれぞれ相関係数を求めたところ, 佐賀産のキウイフルーツのみ高い相関係数 ($r = 0.683$, $n = 15$, $P < 0.05$) を示した。他群の相関係数はいずれも低く (Data not shown), 有意な相関関係は認められなかった。

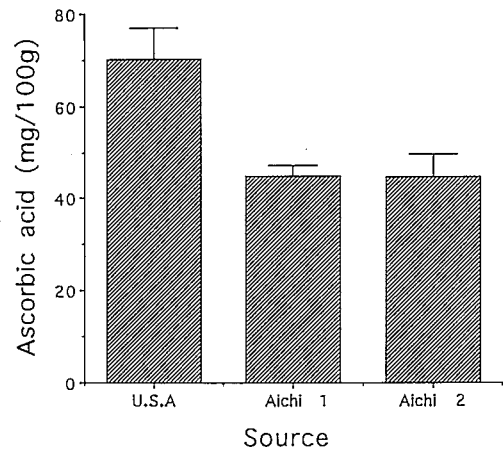
4. キウイフルーツにおけるアスコルビン酸含量と糖度との相関関係

各群についてそれぞれ相関係数を求めたところ, これも, 佐賀産のキウイフルーツのみ高い相関係数 ($r = 0.769$, $n = 15$, $P < 0.05$) を示した。他群の相関係数はいずれも低く (Data not shown), 有意な相関関係は認められなかった。

5. キウイフルーツにおける滴定酸度と糖度との相関関係

各群についてそれぞれ相関係数を求めたところ, 佐賀産およびニュージーランド産II群のキウイ

Fig. 2 Comparison of ascorbic acid content in strawberry fruit from different source. Error bar represents S.D. ($n = 10$ for each column).



フルーツで高い相関係数 (佐賀産: $r = 0.837$, $n = 15$, $P < 0.01$, ニュージーランド産II: $r = 0.731$, $n = 10$, $P < 0.05$) を示した。他群の相関係数はいずれも低く (Data not shown), 有意な相関関係は認められなかった。

6. 国産品と輸入品のイチゴにおけるアスコルビン酸含量の比較

Fig. 2 に国産品 (愛知産) と輸入品 (アメリ

Table 2 Acidity and sugar concentration of strawberry fruit.

Group	Acidity (%)	Sugar concentration (%)
Aichi I	0.83±0.05 (n=10)	8.50±0.38 (n=10)
Aichi II	1.30±0.05 (n=10)	8.39±0.64 (n=10)
U.S.A.	0.92±0.06 (n=10)	9.02±0.50 (n=8)

Aichi I ; Purchased in December, 1997

Aichi II ; Purchased in May, 1998

U.S.A. ; Purchased in July, 1997

カ産) のイチゴのアスコルビン酸含量を示した。便宜上購入時期の違いを国産品群を愛知産群 I (1997年12月購入, 温室栽培) および II (1998年5月購入, 露地栽培) とした。愛知産群 I および II のアスコルビン酸含量はそれぞれ, 44.8±2.24 mg/100g (n=10), 44.5±5.03mg/100g (n=10) であり, 温室栽培のものと露地栽培のものとの間の差は見られなかった。それに対し, アメリカ産群のアスコルビン酸含量は70.1±6.85mg/100g (n=10) と両愛知産群よりも有意に高い値を示した (P<0.05)。

7. 国産品と輸入品のイチゴにおける滴定酸度および糖度の比較

Table 2 に国産品と輸入品のイチゴの滴定酸度および糖度を示した。滴定酸度については愛知産群 I とアメリカ産群との間に差は認められなかったが, 愛知産群 II は他の 2 群よりも高い値 (1.30±0.05%) を示した (P<0.05)。

糖度については, アメリカ産群が他の 2 群よりも高い値 (9.05±0.51%) を示したが, 統計学的に有意な差ではなかった。

8. イチゴにおけるアスコルビン酸含量と滴定酸度の間の相関関係

愛知産群 I および II, アメリカ産群のそれぞれについて相関係数を求めたところ, いずれも何ら相関関係を示す値は得られなかった (Data not shown)。

9. イチゴにおける滴定酸度と糖度の間の相関関係

各群について相関係数を求めたが, いずれも低値であり, 相関関係があるとは認められなかった (Data not shown)。

10. イチゴにおけるアスコルビン酸含量と糖度の間の相関関係

いずれの群においても比較的高い相関係数が得られた。愛知産群 I は r=0.78 (n=10, P<0.01) 愛知産群 II は r=0.665 (n=10, P<0.05), アメリカ産群は r=0.51 (n=10) であった。

考 察

キウイフルーツにおいては, アスコルビン酸含量において, 輸入品のニュージーランド産のものの方が国産のいずれの産地のものよりも有意に高い値を示した。出回り時期の違いを考慮して調べたニュージーランド産の 2 群の間では, わが国におけるニュージーランド産の出回り期の終わりに近い 9 月購入のものの方が, 出回り期の始めのころの 4 月購入のものに比べて有意に低値であったことから, 出回り時期によるアスコルビン酸含量の差を考慮する必要があるといえる。しかしながら, 国産品については, アスコルビン酸含量について 4 群の間に有意な差はなく, したがって国産品の出回り時期の 1 月から 4 月の間の差があるとはいえない。滴定酸度においては, 愛媛産と山梨産のものが有意に他群よりも高い値を示したが,

これは国内産地による差と解釈するより他なく、国産品と輸入品との比較という観点に立脚すると、国産品と輸入品との間に差があるとはいえない。糖度についても、愛知産のものの糖度が他群よりも有意に低かったが、同様に、この結果からは、国産品と輸入品との間に差があるとはいえない。以上まとめると、キウイフルーツにおいては、滴定酸度と糖度から推測される食味に関しては、国産品と輸入品との間の差があるとは言えないが、輸入品の方が、アスコルビン酸を豊富に含み、栄養価が高いと言える。

辻村ら⁷⁾は、出回り期が長い野菜や果実のビタミンおよびミネラル含量について報告している。その中のキウイフルーツについてのデータを参照すると、国産品が出回っていたものと考えられる1月から5月にかけてのアスコルビン酸含量(平均値)が36mg/100gから64mg/100gの範囲であるのに対し、輸入品、おそらくはニュージーランド産のものが出回っていたと考えられる6月から12月までの時期で74mg/100gから109mg/100gと高くなっている。また、真子⁸⁾がその論文⁸⁾の中で引用している国産キウイフルーツの無袋および袋かけ栽培と果実成分の表では、アスコルビン酸含量が41.5mg/100gから73.4mg/100gにわたり、平均50mg/100mgである。両者のデータから、購入時期や栽培方法による差はあるものの、国産のキウイフルーツのアスコルビン酸含量は40mg/100gから50mg/100g程度と考えて差し支えないように思われる。

キウイフルーツの栽培に適した条件は耕土が深く、排水が良く、風当たりの弱い、しかも日照時間の長い所と言われている。しかしながら、我が国ではこのような条件を満たす場所を探すことは極めて難しく、いずれかの条件を欠いている場合が多い⁹⁾。アスコルビン酸の合成は、果実発育時の日照条件によって影響を受けることが報告されている^{9,10)}。我が国の栽培方式は棚仕立てが主流

で、Tバー方式のニュージーランドの栽培方式に比べると光路の確保という点で不利のようである⁹⁾。このような栽培条件の違いが国産キウイフルーツと、ニュージーランド産キウイフルーツのアスコルビン酸含量の差の一因である可能性が高いと考えられる。

四訂食品成分表⁴⁾によると、キウイフルーツのアスコルビン酸含量は80mg/100gである。ニュージーランド産のものは、低いほうのニュージーランド産IIの平均値74.2mgでもほぼこの成分値に近いが、国産品の値は成分値の約半分である。食品成分表は献立作成のために汎用されているので、国産キウイフルーツを献立に使用するとき成分値を参考にするならば、実際は期待されるアスコルビン酸の半量しか摂取できないということになる。辻村ら⁷⁾も食品成分表の不備を指摘しているが、輸入品の多い現在、せめて国産のものと輸入品とで、主な産地別に成分を表示する必要があるのではないかと考える。

キウイフルーツのアスコルビン酸含量と滴定酸度との間には、佐賀産のものみに正の相関が認められたが、真にアスコルビン酸が滴定酸度に影響を与えているならば、すべての群において正の相関が認められるはずである。したがって、一群のみで得られた相関は疑似相関に過ぎず、アスコルビン酸含量と滴定酸度との間には相関関係があるとはいえない。澤登・志村¹¹⁾によると、キウイフルーツの有機酸の主体はクエン酸とクエン酸であり、アスコルビン酸の酸度は問題にならないことがわかった。

キウイフルーツのアスコルビン酸と糖度の間にも佐賀産のものみに正の相関が認められたが、これもすべての群において相関が得られていないことから、疑似相関であると考えられる。したがって、アスコルビン酸含量と糖度の間にも相関関係があるとはいえない。

柑橘類の有機酸は、葉で光合成により作られた

有機酸がそのまま転流して果肉に蓄積されるのではなく、転流してきた糖から果肉中で合成される^{12,13)}という知見に基づき、柑橘類でなくても、糖度が滴定酸度に影響を及ぼしているかもしれないと考え、滴定酸度と糖度との間の相関関係も調べた。結果は佐賀産とニュージーランド産Ⅱの2群においてのみ正の相関を示したが、これも真に糖度が滴定酸度に影響を及ぼしているとするならば、すべての群において相関が得られるはずであり、この2群において認められた相関関係は疑似相関であると考えられる。したがって、キウイフルーツの滴定酸度と糖度との間にも相関関係があるとはいえない。

さて、イチゴについても同様な検討を行ったところ、国産品と輸入品との間でアスコルビン酸含量に有意な差が認められた。輸入品（アメリカ産）のものアスコルビン酸含量が、キウイフルーツの場合と同様に国産品の1.5倍程度高かった。糖度もアメリカ産のものの方が、国産のものを上回った。この結果に基づく、イチゴの場合は輸入品の方が食味、栄養価の両面においてすぐれているといえる。アメリカ産のものは国産品の端境期となる6月から9月ころにかけて出回っている。その出回り時期を考えると、アメリカ産のものは露地栽培によるものであろうと推測される。国産の露地栽培のものと温室栽培のものとの間にはアスコルビン酸含量においてほとんど差がなかったことから、国産品とアメリカ産品との差は主に土壌あるいは品種の違いによるものと考えられる。

四訂食品成分表⁴⁾によると、イチゴのアスコルビン酸含量も80mg/100gである。この値は、アメリカ産群のものに近く、国産品の値は成分値の約半分となる。イチゴは品質、価格の幅が大きい果物である。今回は代表的な品種の女峰のうち、比較的入手しやすい価格のものを選んで調べたので、より多くアスコルビン酸を含み、糖度の高い

国産のイチゴも存在する可能性はある。今後の検討課題としたい。

イチゴのアスコルビン酸含量、滴定酸度、糖度との相関関係も同様に調べたが、高い相関係数が得られたのは、国産群のアスコルビン酸含量と糖度との関係においてのみであった。しかしながら、アメリカ産のもので有意に高い相関係数を得られなかったため、イチゴのアスコルビン酸含量と糖度との間に相関関係があるとはいえない。

結論として、キウイフルーツ、イチゴに関しては、輸入品のほうが栄養価が高いといえる。

謝 辞

本研究に協力してくれた卒業生、山下浩子さん、山岸優子さん、山崎由加理さんに深謝したい。

文 献

- 1) 村田 晃 (1990) : ビタミンCの多様な作用と作用機作。農化誌, 64, 1843-1845。
- 2) Navas, P., Villalba, J.M. and Cordoba, F. (1994) : Ascorbate function at the plasma membrane. *Biochim. Biophys. Acta*, 1197, 1-13.
- 3) 吉田企世子 (1996) : 輸入プロッコリーの栄養価と食味。栄養と健康のライフサイエンス, 1, 38-40。
- 4) 香川綾 (1994) : 四訂食品成分表 (女子栄養大学出版部)
- 5) Baig, M.M., Kelly, S. and Loewus, F. (1970) : L-Ascorbic acid biosynthesis in higher plants from L-gulonol-1, 4-lactone and L-galactonol-1, 4-lactone. *Plant Physiol.*, 46, 277-280.
- 6) 大西正三編 : 要説栄養・食品学実験-50, 197-204。
- 7) 辻村 卓, 小松原晴美, 荒井京子, 福田知子 (1997) : 出回り期が長い食用植物のビタミンおよびミネラル含量の通年成分変化 [1]。ビタミン, 71, 67-74。
- 8) 真子正史 (1987) : キウイフルーツの貯蔵に関する諸問題 [1]。農業および園芸, 62, 841-848。
- 9) 泉 秀実, 伊東卓爾, 吉田保治 (1990) : 樹冠

- 内・外層の着果位置別にみたウンシュウミカン果実の発育中における糖とアスコルビン酸含量について。園芸学会雑誌, 58, 877-883。
- 10) 米山忠克 (1997) : 光合成と食糧生産。栄養と健康のライフサイエンス, 1, 16-22。
- 11) 澤登早苗, 志村 勲 (1990) : キウイフルーツの産地及び栽培年次が果実の発育・成熟特性に及ぼす影響。園芸学会雑誌, 58, 849-857。
- 12) Sekhara Varma, T.N. and Ramakrishnan, C. V. (1956) : Biosynthesis of citric acid in citrus fruits. Nature, 178, 1358-1359.
- 13) Erickson, L.C. (1957) : Citrus fruit grafting. Science, 125, 994.