

# 長野県産リンゴ果実における抗酸化能の 品種間差異と収穫日および貯蔵による変化

吉田実花\*<sup>†</sup>・梅島美美\*\*・今井祥子\*\*\*・馬場 正\*・山口正己\*

(令和4年8月25日受付/令和4年10月21日受理)

**要約**：長野県で収穫されたリンゴ果実の抗酸化能を oxygen radical absorbance capacity (ORAC) 法により測定した。まず6品種の果肉のORAC値を比較した。‘ふじ’については、同日収穫での品質のばらつき、さらに収穫日や貯蔵条件がORAC値に与える影響を調査した。その結果、リンゴのORAC値は‘紅玉’、‘ふじ’が最も高く、‘シナノゴールド’の1.8倍を示した。同日に収穫した果実でも果実間で1.7倍の差異がみられ、ORAC値がばらつきやすい品質であることがわかった。また、暦日から判断した適期で収穫した果実で最も高いORAC値を示したことから、抗酸化能の面からも適期収穫果が高品質であることが示唆された。貯蔵期間中のORAC値は貯蔵温湿度に関わらずほぼ一定であった。抗酸化能の高い果実の提供のためには、収穫時点でのORAC値が高いことが重要だと考えられる。

**キーワード**：収穫日、熟度、ばらつき、ORAC (oxygen radical absorbance capacity) 法、長期貯蔵

## 1. 緒 言

リンゴは日本において、生産額ではブドウ、ミカンに次いで3位<sup>1)</sup>、購入金額ではバナナに次いで2位となっている主要果実のひとつである<sup>2)</sup>。その購入理由の1番目に健康に良いこと、2番目においしいことが挙げられている<sup>3)</sup>。果物購入量変化の調査によれば、購入が増加した人のうち、健康に良いことを購入理由とした人の割合は、20代では30%と低かった一方、70代以上では67%と高かった<sup>3)</sup>。健康機能性を推し測る指標のひとつに抗酸化能が提案されており、抗酸化能が高くかつ食味のよい果実を提供することで、幅広い消費者に対してさらなる消費を呼びかけることができる。

食品の抗酸化能については、これまで測定が簡便な1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 法やtotal radical trapping antioxidant parameter (TRAP) 法などが用いられてきた。ただし、DPPH法は生体内に存在しないラジカルを用いており、アントシアニンなどの着色試料の測定が困難である点、TRAP法は相対値しか測定できず、対象の抗酸化物質が限定的である点などが欠点とされる<sup>4)</sup>。一方で、oxygen radical absorbance capacity (ORAC) 法は生体内での酸化反応に近い状態で抗酸化能が評価できる方法であり<sup>5)</sup>、果物や野菜に多く含まれるポリフェノールとの相関が高いことから<sup>6,7)</sup>、青果物の抗酸化能分析に広く用いられている。

一般に、ORAC値は抽出方法の異なる親水性ORAC

(H-ORAC) と親油性ORAC (L-ORAC) の総和となるが、リンゴにおいてはほとんどがH-ORACである<sup>8)</sup>。リンゴのH-ORAC値はイチゴや小果樹類と比べると低いが<sup>6,9-11)</sup>、その消費量の多さから抗酸化物質摂取に大きく貢献する果物である<sup>6)</sup>。H-ORAC値については、Watanabeらの報告<sup>12)</sup>を元に2013年に農研機構食品総合研究所(現農研機構食品研究部門)から公定法<sup>13)</sup>が発表された。この方法を用いたH-ORAC値の測定は様々な農作物で行われている<sup>14-18)</sup>。しかし、国産リンゴのORAC値を測定した事例は、様々な国産農作物のORAC値を測定したTakahashiら<sup>19)</sup>と、ORAC値の品種間差およびプロシアニジン含量との相関を調査したObaraら<sup>20)</sup>の報告に限られている。

わが国のリンゴの育種目標には、高糖度で甘酸のバランスがよいことがあり、日本での栽培品種の多くはBrix13~15%以上、糖酸比25~45の範囲内にある<sup>21)</sup>。年内出荷が中心の長野県産‘ふじ’果実は、収穫直後でBrix14%以上、糖酸比46程度と食味に優れている<sup>22)</sup>。食味のよい果実の提供においては適期収穫することも重要である<sup>23)</sup>。しかし収穫適期は、年次による微調整は加えられるものの、ほぼ暦日で決められている<sup>24,25)</sup>。高品質な果実の提供のためには、抗酸化能の面からも収穫適期を検討する必要がある。

長野県産果実は主に無袋栽培果を年内出荷してきたが、近年貯蔵方法の工夫で長期貯蔵の動きがみられる<sup>22,26)</sup>。これまでに、リンゴ果実貯蔵中のORAC値の変化について調査した報告はない。

そこで、長野県産無袋リンゴ果実について、主要品種‘ふ

\* 東京農業大学農学部農学科

\*\* 元東京農業大学農学部農学科

\*\*\* 東京農業大学農学部

<sup>†</sup> Corresponding author (E-mail: my206789@nodai.ac.jp)

じ)を含む6品種のORAC値を測定した。‘ふじ’については、ORAC値の果実間差や収穫日および貯蔵方法がORAC値に与える影響についても調査した。

## 2. 材料および方法

### (1) 材料および測定項目

すべての材料は、2013年に栽培当地で用いられる暦日に基づいた収穫適期を基準に収穫した。

#### a) 適期収穫したリンゴ6品種のORAC値

長野県上伊那郡で栽培された‘つがる’ (9月4日), ‘紅玉’ (10月14日), ‘ジョナゴールド’ (10月23日), ‘シナノゴールド’ (10月23日), ‘ふじ’ (11月15日) および同県安曇野市で栽培された‘クリプスピンク’ (11月20日) の計6品種の果実を各品種の括弧で示した収穫適期に5果ずつ収穫した。収穫後すみやかに東京農業大学 (神奈川県厚木市) へ輸送しORAC値の品種間差異を調査した。

#### b) リンゴ‘ふじ’適期収穫果の品質のばらつき

長野県上伊那郡で栽培された‘ふじ’果実を、収穫適期の11月15日に15果収穫し、同一品種内での品質のばらつきを調査した。15果は同一圃場内の数樹から無作為に選択した。東京農業大学へ輸送後、ORAC値、果実重および食味に関わる品質であるBrix、滴定酸度、果肉硬度を測定し、糖酸比を算出した。

#### c) 収穫日の異なるリンゴ‘ふじ’の果実品質

長野県上伊那郡で栽培された‘ふじ’果実を、収穫適期の11月15日を中心として、適期4、2週間前および4、7週間後の5回に分けて各4~5果収穫した。果実は東京農業大学へ輸送後すみやかに、ORAC値、果実重、Brix、滴定酸度、果肉硬度を測定し、糖酸比を算出した。

#### d) 貯蔵中のリンゴ‘ふじ’のORAC値の推移

長野県上伊那郡で栽培された‘ふじ’果実を、11月20~28日に収穫した。東京農業大学へ輸送後、異なる温湿度で貯蔵した果実のORAC値の変化について調査するため、3℃設定の普通冷蔵庫 (湿度なりゆき) および3℃、-1℃、-2℃設定の低温高湿庫 (氷蔵庫 FHKR-6 および FHL-6S, 東京冷熱) の計4区において6か月間貯蔵した。貯蔵前および1か月おきに各3~10果について、6か月後のみ各10~31果について、ORAC値を調査した。貯蔵中はデータロガー (TR-72Ui, ティアンドデイ) により貯蔵庫内の温湿度を記録した。

### (2) 方法

本研究では、H-ORAC値をORAC値とした。ORAC測定用のサンプルは以下のように調製した。果実の果皮から果実中心に向かって直径17.5mmのコルクボーラーで12か所くりぬき、表皮から5mmを除いた厚さ10mmの果肉を凍結後、凍結乾燥機 (VD-550R FREEZE DRYER, タイテック) で5日間乾燥させ、乾燥後に粉碎したものをORAC測定用の乾燥サンプルとした。ORACサンプル液の抽出溶媒はWatanabeら<sup>27)</sup>の方法に従いMWA (メタノール:超純水:酢酸=90:9.5:0.5 (v:v:v))とした。それ以外の点は食品機能性マニュアル集<sup>28)</sup>の方法を参考

に行った。ORAC値の測定は、2013年に農研機構食品総合研究所が発表した標準作業手順書<sup>13)</sup>に基づいて行った。

Brixおよび滴定酸度の測定には、果実を4等分し、対角の2か所をジューサーでつぶした果汁を用いた。Brixはデジタル糖度計 (PAL-1, アタゴ) で測定し、滴定酸度は0.1N水酸化ナトリウムを用いた中和滴定によりリンゴ酸換算で求めた。果肉硬度は、卓上型物性測定器 (TPU-2CL, 山電) で測定した。果実赤道面を直径17.5mmのコルクボーラーで3か所くりぬいて、表皮を薄く取り除き厚さ1cmに調製したものを硬度測定用サンプルとし、表皮側の切断面からプランジャーを陥入させた時の最大荷重を果肉硬度とした。プランジャーは直径3mmのものを用い、ステージスピードは2.5mm・sec<sup>-1</sup>、クリアランスは2mmとした。糖酸比は (Brix/滴定酸度) で算出した。

## 3. 結果

### (1) 適期収穫したリンゴ6品種のORAC値

6品種のORAC値を比較した結果、品種間差が認められた (図1)。最も低かった黄色品種の‘シナノゴールド’と最も高かった‘紅玉’および‘ふじ’の間に1.8倍の差異がみられた。

### (2) リンゴ‘ふじ’適期収穫果の品質のばらつき

適期収穫した‘ふじ’の品種内での果実品質のばらつきを調査した結果、ORAC値は最も高い果実で18.9μmol TE/g FWであったのに対して最も低い果実で10.8μmol TE/g FWであった (表1)。

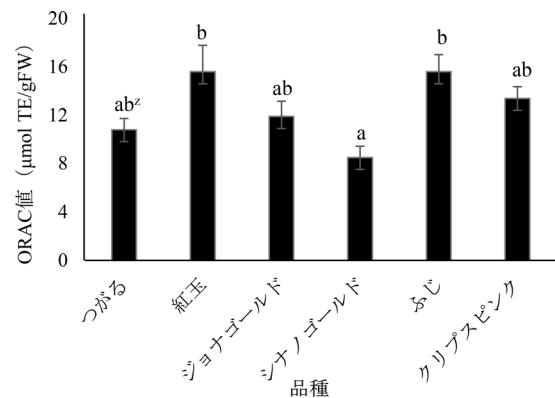


図1 適期に収穫したリンゴ6品種のORAC値

<sup>a</sup>Tukey検定により異なる文字間に1%水準で有意差あり、エラーバーは標準誤差を示す。

表1 適期に収穫した‘ふじ’15果で調査した同一品種内での品質のばらつき

	ORAC値 (μmol TE/gFW)	果実重 (g)	Brix (%)	滴定酸度 (%)	果肉硬度 (N)	糖酸比
最大値	18.9	307.2	18.7	0.53	7.3	42.8
最小値	10.8	255.3	15.2	0.38	5.8	32.9
平均値	15.4	276.7	17.0	0.46	6.6	37.3
変動係数	0.18	0.06	0.06	0.10	0.06	0.07

表 2 収穫日の異なるリンゴ‘ふじ’の果実品質

収穫日	ORAC値 ( $\mu\text{mol TE/gFW}$ )	果実重 (g)	Brix (%)	滴定酸度 (%)	果肉硬度 (N)	糖酸比
10/16 4週間前	11.7 $\pm$ 0.74 <sup>a</sup>	269.6 $\pm$ 4.21 a	16.1 $\pm$ 0.50	0.54 $\pm$ 0.031 b	7.9 $\pm$ 0.30 c	30.0 a
11/3 2週間前	12.6 $\pm$ 0.99 a	275.5 $\pm$ 10.61 ab	16.2 $\pm$ 0.15	0.45 $\pm$ 0.021 ab	6.6 $\pm$ 0.27 b	36.8 ab
11/15 適期	15.6 $\pm$ 1.42 b	294.0 $\pm$ 6.24 abc	16.6 $\pm$ 0.18	0.45 $\pm$ 0.024 ab	6.6 $\pm$ 0.15 b	37.9 ab
12/15 4週間後	14.1 $\pm$ 0.38 ab	315.3 $\pm$ 9.74 bc	16.8 $\pm$ 0.18	0.42 $\pm$ 0.014 a	6.1 $\pm$ 0.19 b	40.7 b
1/8 7週間後	14.0 $\pm$ 0.27 ab	326.9 $\pm$ 6.12 c	16.2 $\pm$ 0.49	0.33 $\pm$ 0.028 a	4.7 $\pm$ 0.36 a	49.9 c

<sup>a</sup>平均値 $\pm$ 標準誤差, <sup>b</sup>Tukey検定により異なる文字間に1%水準で有意差あり。

表 3 貯蔵中の庫内設定温度および実測平均温湿度

	設定 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	平均	
		温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	湿度 (%)
普通冷蔵庫	3	2.4	89.4
低温高湿庫	3	2.7	$\geq$ 95.0
	-1	-1.0	$\geq$ 95.0
	-2	-1.9	$\geq$ 95.0

ORAC 値の変動係数は他の項目に比べ高い0.18であり、同一品種内でも果実により1.7倍の差異があることが明らかとなった。

### (3) 収穫日の異なるリンゴ‘ふじ’の果実品質

ORAC 値は適期2週間前までは12.6 $\mu\text{mol TE/g FW}$ 以下と低かったが、適期には最も高い15.6 $\mu\text{mol TE/g FW}$ となり、適期以降も14.0 $\mu\text{mol TE/g FW}$ 以上であった(表2)。

果実重は収穫が遅くなるほど増加した。Brixは適期4週間前にはすでに16.1%と高い値を示し、収穫日による差異は認められなかったが、滴定酸度および果肉硬度は収穫の早い果実で高く、収穫が遅い果実ほど低下する傾向がみられた。糖酸比は収穫が遅くなるほど増加した(表2)。

### (4) 貯蔵中のリンゴ‘ふじ’のORAC値の推移

適期収穫した‘ふじ’果実を、3 $^{\circ}\text{C}$ 設定の普通冷蔵庫および3 $^{\circ}\text{C}$ 、-1 $^{\circ}\text{C}$ 、-2 $^{\circ}\text{C}$ 設定の低温高湿庫で6か月間貯蔵した結果、貯蔵中の庫内平均温湿度はほぼ設定どおりの値となった(表3)。貯蔵期間中、ORAC値は12.4~16.2 $\mu\text{mol TE/g FW}$ の間で推移し、貯蔵温湿度や貯蔵期間による差異はみられなかった(図2)。

## 4. 考 察

本研究で測定した長野県産リンゴ果実のH-ORAC値は、国内のリンゴ主要産地4県産の果実を用いたObaraら<sup>20)</sup>の報告の‘つがる’13.0 $\mu\text{mol TE/g FW}$ 、‘ふじ’19.6 $\mu\text{mol TE/g FW}$ と同程度であり、品種ごとの差異も同様に確認された。リンゴの果肉に含まれる主なポリフェノールの割合は、クロロゲン酸が36.8%、プロシアニジンが34.4%、エピカテキンが16.0%程度といわれている<sup>29)</sup>。ORAC値は

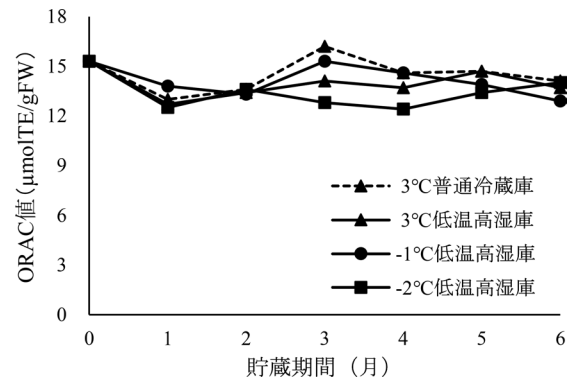


図 2 貯蔵中の‘ふじ’果実のORAC値の推移  
いずれの貯蔵期間においても、一元配置分散分析により試験区間に有意差なし。

ポリフェノール含量と相関が高く、プロシアニジンはORAC値との間に $r=0.8284$ の高い相関関係が確認されており<sup>20)</sup>、エピカテキンもORAC値への寄与率が高いことがわかっている<sup>30)</sup>。リンゴでは品種によりプロシアニジンやエピカテキンの含量に差異がある<sup>20,31,32)</sup>。このことから、本研究におけるORAC値の品種間差も、プロシアニジンおよびエピカテキンの含量の違いによるものと推察され、‘ふじ’で測定した果実間差についても個々の果実のプロシアニジンおよびエピカテキンの含量が影響していると考えられる。‘Jonagold’では、着果量が少ない樹から収穫した果実で、クロロゲン酸やエピカテキンの含量が多いといわれている<sup>33)</sup>。本研究は複数の樹から無作為に収穫した果実のORAC値を測定したことから、圃場内の栽植位置、樹内の着果位置や着果量の違いなども、ORAC値のばらつきに影響した可能性が考えられる。ORAC値が高い果実を生産する上で、ORAC値がばらつく要因の解明は重要である。栽培条件はORAC値に大きく影響することが考えられるが、要因の特定には至っておらず、今後さらなる研究が必要である。

‘ふじ’果実のORAC値を収穫日別にみると、適期前に収穫した果実に比べて適期収穫果で高くなった。これは、ORAC値への寄与率の高いプロシアニジンやエピカテキンが収穫の遅い果実で増加すること<sup>34)</sup>、成熟後期になるとポリフェノールが単量体から活性酸素の補足能力がより高い多量体へ変化すること<sup>35,36)</sup>が関連していると考えられる。

収穫適期を決めるにあたって、地色やデンプン指数、糖



酸含量、みつ入りなどが利用できるが<sup>23)</sup>、田中<sup>24)</sup>、櫻村<sup>23)</sup>はその判定に暦日がふさわしいとしている。長野県産‘ふじ’果実を暦日により決定した適期に収穫することで、Brix16%以上、糖酸比37.9以上である上、さらにORAC値も高かったことから、食味と抗酸化能の両面から適期収穫果は高品質であることが示唆された。

ORAC法の公定法を用いた貯蔵中のORAC値の変化に関する報告はみられないが、本研究の‘ふじ’貯蔵果では、貯蔵温湿度に関わらず貯蔵中のORAC値に変化はみられなかった。ポリフェノール組成はリンゴとは異なるものの、0℃貯蔵の小果樹類<sup>10)</sup>や9℃貯蔵のグレープフルーツ<sup>37)</sup>でも貯蔵中のORAC値の変動は小さいことから、基本的にはORAC値は低温貯蔵中安定していると考えられる。プロシアニジンやエピカテキンの貯蔵中の変動には品種間差があることから<sup>31,38)</sup>、他品種についても調査が必要であるが、‘ふじ’以外のリンゴ果実においても貯蔵中のORAC値の変動は小さいものと推測される。本研究の貯蔵果実に関するORAC値の調査結果は、今後のリンゴ供給にあたって有用なデータとなるだろう。

最後にORAC値に関する国内および海外での状況と位置づけについて簡単に補足することにする。我が国においては緒言でも言及したように、H-ORAC値に関する公定法が定められた。抗酸化指標(Antioxidant unit, AOU)の統一化への期待の高まりもあり<sup>39)</sup>、多様な農産物についての研究が蓄積されてきたが、ORAC法を開発したアメリカ合衆国農務省(USDA)は、当該ウェブサイト上において2007年11月6日より公開されていたORACデータベースを2012年5月16日に撤廃すると発表した。その根拠とされたのは、1)食品やサプリメント製造会社らによる販売促進のためにORAC値が乱用され、消費者の誤解を招くような事態が数多く生じていること、2)生体外での実験結果を生体内の抗酸化機能の評価には適用できず、臨床実験での結果ではばらつきがみられたこと、3)食品の抗酸化物の効能は多様な機能があり、そのうちの多くはラジカル捕捉とは関係がないことが分かったこと、などであった<sup>40)</sup>。こうした状況のなか、日本では2015年に事業者の責任において食品に科学的根拠に基づいた機能性を表示できる「機能性表示食品制度」が施行された。生鮮農産物もその対象に含まれることとなり、抗酸化能よりも個々の機能性成分への注目が集まるようになった。

しかし一方で、ORAC値を用いて、日本人の食生活における抗酸化能を持つ食品の摂取に関する研究や、疫学的研究も進められている<sup>41,42)</sup>。食品や飲料、サプリメント、その他健康補助商品に含まれる抗酸化能を持つ物質を総合的に数値化し評価できるORAC値のような指標は消費者にとっては依然として有用であり<sup>43)</sup>、さらなる抗酸化能に関する評価と研究の進展が今後も望まれている。

## 5. 結 論

長野県産リンゴ果実のORAC値を測定した。ORAC値には品種や収穫日による差異が認められた。‘ふじ’では果実を適期収穫することで、食味と抗酸化能の両面から高

品質な果実を提供できると考えられる。また、貯蔵中もORAC値はほとんど変化しなかった。抗酸化能の高い果実の提供のためには、収穫時点でのORAC値が高いことが重要であった。

## 参考文献

- 1) 農林水産省, 果樹をめぐる情勢(令和4年8月)〈<https://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/fruits/attach/pdf/index-65.pdf>〉(最終アクセス2022年7月12日)
- 2) 総務省, 家計調査 品目分類 1世帯当たり年間の支出金額, 購入数量及び平均価格 世帯主の年齢階級別 二人以上の世帯(2020年度)〈<https://www.stat.go.jp/data/kakei/rank/singleyear.html>〉(最終アクセス2022年6月20日)
- 3) 農林水産省, 平成19年度食料品消費モニター第2回定期調査結果 果実・果実飲料の消費動向について〈[http://www.maff.go.jp/j/heya/h\\_monitor/pdf/h1902.pdf](http://www.maff.go.jp/j/heya/h_monitor/pdf/h1902.pdf)〉(最終アクセス2022年8月12日)
- 4) 渡辺 純, 沖智 之, 竹林 純, 山崎光司, 津志田藤二郎(2009)食品の抗酸化能測定法の統一化を目指してORAC法の有用性と他の測定法との相関性. 化学と生物 47: 237-243.
- 5) 渡辺 純(2017)妥当性の確認されたORAC(酸素ラジカル吸収能)法による食品の抗酸化能評価. 和光純薬時報 85: 2-4.
- 6) TAKEBAYASHI J, OKI T, WATANABE J, YAMASAKI K, CHEN J, SATO-FURUKAWA M, TSUBOTA-UTSUGI M, TAKU K, GOTO K, MATSUMOTO T, ISHIMI Y (2013) Hydrophilic antioxidant capacities of vegetables and fruits commonly consumed in Japan and estimated average daily intake of hydrophilic antioxidants from these foods. *J. Food Compos. Anal.* 29: 25-31.
- 7) SILVA E M, SOUZA J N S, ROGEZ H, REES J F, LARONDELLE Y. (2007) Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazonian region. *Food Chem.* 101: 1012-1018.
- 8) WU X, BEECHER G R, HOLDEN J M, HAYTOWITZ D B, GEBHARDT S E, PRIOR R L (2004) Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *J. Agric. Food Chem.* 52: 4026-4037.
- 9) FRÍAS-MORENO M N, PARRA-QUEZADA R A, GONZÁLEZ-AGUILAR G, RUÍZ-CANIZALES J, MOLINA-CORRAL F J, SEPULVEDA D R, SALAS-SALAZAR N, OLIVAS G I (2021) Quality, bioactive compounds, antioxidant capacity, and enzymes of raspberries at different maturity stages, effects of organic vs. conventional fertilization. *Foods* 10: 953.
- 10) KALT W, FORNEY C F, MARTIN A, PRIOR R L (1999) Antioxidant capacity, vitamin c, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *J. Agric. Food Chem.* 47: 4638-4644.
- 11) RAN J, SUN H, XU Y, WANG T, ZHAO R (2016) Comparison of antioxidant activities and high-performance liquid chromatography analysis of polyphenol from different apple varieties. *Int. J. Food Prop.* 19: 2396-2407.
- 12) WATANABE J, OKI T, TAKEBAYASHI J, YAMASAKI K, TAKANO-ISHIKAWA Y, HINO A, YASUI A (2012) 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. *Anal. Sci.* 28: 159-165.
- 13) 農研機構食品総合研究所(2013) H-ORAC分析法標準作業手順書.
- 14) ORITA A, MUSOU-YAHADA A, SHOJI T, OKI T, OHTA H (2019)

- Comparison of anthocyanins, proanthocyanidin oligomers and antioxidant capacity between cowpea and grain legumes with colored seed coat. *Food Sci. Technol. Res.* **25** : 287-294.
- 15) 水野貴行, 中根理沙, 貝塚隆史, 石川(高野) 祐子, 立澤文見, 井上栄一, 岩科司 (2020) 茨城県特産赤ネギ品種 'ひたち紅っこ' に含まれるフラボノイドの同定と抗酸化活性評価. 園学研. **19** : 237-245.
  - 16) 藤田敏郎, 古川(佐藤) 麻紀, 曾根一純, 沖 智之 (2020) 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. 日食科工誌. **67** : 109-114.
  - 17) 下川知子, 平出政和, 渡辺 純, 石川(高野) 祐子 (2020) 生および茹でた代表的食用きのこの親水性抗酸化能. 日本きのこ学会誌 **28** : 140-143.
  - 18) TAKEBAYASHI J, OKI T, TSUBOTA-UTSUGI M, OHKUBO T, WATANABE J (2020) Antioxidant capacities of plant-derived foods commonly consumed in Japan. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* **66** : 68-74.
  - 19) TAKAHASHI S, TSUTSUMI A, AIZAWA K, SUGANUMA H (2018) Daily radical scavenging and singlet oxygen quenching capacity intake from fruits and vegetables in Japan. *Food Sci. Technol. Res.* **24** : 921-933.
  - 20) OBARA M, MASUMOTO S, ONO Y, OZAKI Y, SHOJI T (2016) Procyanidin concentrations and H-ORAC of apples cultivated in Japan. *Food Sci. Technol.* **22** : 563-568.
  - 21) 梶川千賀子 (1997) リンゴの品質特性と価格水準. 農業経済研究 **65** : 199-206.
  - 22) 吉田実花, 梅島芙美, 馬場 正, 山口正己, 伊藤親臣, 高橋雄一郎 (2017) リンゴ 'ふじ' 果実の雪室貯蔵における内部褐変抑制のための1-MCP処理. 園学研. **16** : 479-485.
  - 23) 櫻村芳記 (2000) 特集果実の鮮度保持技術と利用法 果実の収穫適期と鮮度保持技術. 農耕と園芸 **55** (12) : 136-139.
  - 24) 田口辰雄 (1998) 果樹園栽培のポイント リンゴ. 果実日本 **53** (10) : 82-84.
  - 25) 岩波 宏 (2007) 果樹園管理のポイント リンゴ. 果実日本 **62** (10) : 94-95.
  - 26) 吉田実花, 中野大樹, 馬場 正, 山口正己, 伊藤親臣, 和栗輝久雄 (2017) 雪室を利用したリンゴ 'ふじ' の長期貯蔵. 農流技研会報. **309** : 8-11.
  - 27) WATANABE J, OKI T, TAKEBAYASHI J, TAKANO-ISHIKAWA Y (2014) Extraction efficiency of hydrophilic and lipophilic antioxidants from lyophilized foods using pressurized liquid extraction and manual extraction. *J. Food Sci.* **79** : 1665-1671.
  - 28) 沖 智之, 竹林 純, 山崎光司 (2008) "機能性評価法 (2) ORAC 法" 食品機能性評価マニュアル集第II集. 食品機能性評価支援センター 技術普及資料等検討委員会, つくば. pp.79-86.
  - 29) TSAO R, YANG R, YOUNG J C, ZHU H (2003) Polyphenolic profiles in eight apple cultivars using high-performance liquid chromatography (HPLC). *J. Agric. Food Chem.* **52** : 6347-6353.
  - 30) ISHIMOTO H, TAI A, YOSHIMURA M, AMAKURA Y, YOSHIDA T, HATANO T, ITO H (2012) Antioxidant properties of functional polyphenols and their metabolites assessed by an ORAC assay. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **76** : 395-399.
  - 31) BURDA S, OLESZEK W, LEE C Y (1990) Phenolic compounds and their changes in apples during maturation and cold storage. *J. Agric. Food Chem.* **38** : 945-948.
  - 32) MCGHIE T K, HUNT M, BARNETT L E (2005) Cultivar and growing region determine the antioxidant polyphenolic concentration and composition of apples grown in New Zealand. *J. Agric. Food Chem.* **53** : 3065-3070.
  - 33) STOPAR M, BOLCINA U, VANZO A, VRHOVSEK U (2002) Lower crop load for cv. Jonagold apples (*Malus × domestica* Borkh.) increases polyphenol content and fruit quality. *J. Agric. Food Chem.* **50** : 1643-1646.
  - 34) ALONSO-SALCES R M, HERRERO C, BARRANCO A, BERRUETA L A, GALLO B, VICENTE F (2005) Classification of apple fruits according to their maturity state by the pattern recognition analysis of their polyphenolic compositions. *Food Chem.* **93** : 113-123.
  - 35) 濱渦康範, 飯島悦子, 伴野 潔 (1999) リンゴ果実の発育に伴うカテキン類およびプロシアニジン類の含量・組成の変化. 園学雑. **68** : 1187-1193.
  - 36) 寺尾純二 (1998) "2. フラボノイドの抗酸化活性" 抗酸化物質のすべて. 先端医学社, 東京. pp.121-129.
  - 37) CHEBROLU K K, JIFON J, PATIL B S (2016) Modulation of flavanone and furocoumarin levels in grapefruits (*Citrus paradisii* Macfad.) by production and storage conditions. *Food Chem.* **196** : 374-380.
  - 38) NAPOLITANO A, CASCONI A, GRAZIANI G, FERRACANE R, SCALFI L, VAIO C D, RITIENI A, FOGLIANO V (2004) Influence of variety and storage on the polyphenol composition of apple flesh. *J. Agric. Food Chem.* **52** : 6526-6531.
  - 39) 木村英生, 樋口かよ, 小嶋匡人, 橋本卓也 (2011) 地域特産物の抗酸化力向上に関する研究. 山梨県工業技術センター研究報告 **25** : 64-67.
  - 40) CUNNINGHAM E (2013) What has happened to the ORAC database? *J. Acad. Nutr. Diet.* **113** : 740.
  - 41) KOBAYASHI S, SUGA H, SASAKI S, THE THREE-GENERATION STUDY OF WOMEN ON DIETS AND HEALTH STUDY GROUP (2017) Diet with a combination of high protein and high total antioxidant capacity is strongly associated with low prevalence of frailty among old Japanese women : a multi-center cross-sectional study. *Nutr. J.* **16** : 29.
  - 42) TSUBOTA-UTSUGI M, WATANABE J, TAKEBAYASHI J, OKI T, TSUBONO Y, OHKUBO T (2021) The major source of antioxidants intake from typical diet among rural farmers in north-eastern Japan in the 1990s. *J. Epidemiol.* **31** : 101-108.
  - 43) 二木鋭雄 (2012) 抗酸化物の活性, 効能に関する話題 : USDA による ORAC データベースの撤回. ビタミン **86** : 519-520.

# Influence of Cultivars, Harvest Date and Storage Conditions on the Antioxidant Capacity of Apples Produced in Nagano, Japan

By

Mika YOSHIDA\*<sup>†</sup>, Fumi UMESHIMA\*\*, Shoko IMAI\*\*\*,  
Tadashi BABA\* and Masami YAMAGUCHI\*

(Received August 25, 2022/Accepted October 13, 2022)

**Summary** : The antioxidant capacity of apples harvested in Nagano prefecture was determined using the oxygen radical absorbance capacity (ORAC) method. We measured the ORAC value of six varieties of apple. The effects of harvest date and storage conditions on ORAC value were also investigated in 'Fuji'. We found that the ORAC value of 'Kogyoku' and 'Fuji' was the highest out of the six apple cultivars and 1.8 times higher than that of 'Shinano Gold'. There was 1.7 times difference in ORAC value between individual fruits of 'Fuji'. The fruits harvested at the optimum time had the highest ORAC value in 'Fuji' apples and the value remained stable during storage. The optimum harvest date determined using the calendar and from experience was also optimal in terms of antioxidant capacity.

**Key words** : harvest date, maturity, variation, ORAC (oxygen radical absorbance capacity) method, long-term storage

---

\* Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

\*\* formerly Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

\*\*\* Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

<sup>†</sup> Corresponding author (E-mail : my206789@nodai.ac.jp)