

食品の機能性に関する研究 (第2報)

—抗酸化活性の評価と加工処理による変動について—

徳田正樹・山本展久・佐野一成

食品産業担当

Research of Function of the Food (2nd Report)

—Evaluation for Antioxidant Activities and Influence of Food Processing—

Masaki TOKUDA・Nobuhisa YAMAMOTO・Kazunari SANO

Food Industry Section

要 旨

季節や天候による影響を受けやすい生鮮物の抗酸化活性の変動を明らかにすることで、商品の差別化や商品価値の向上を図るとともに、機能性表示食品への取組に向けた基礎資料を得ることを目的として、ベビーリーフの品種別、時期別、年次別の抗酸化活性について分析を行った。また、ショウガとカンショについて、加工処理が抗酸化活性に与える影響について検討した。

ベビーリーフでは、レッドサラダが高い抗酸化活性を示した。また、各分析値間には高い相関が見られた。個体差は、品種により異なる様相を見せ、活性の高い品種が変動係数も大きい傾向にあった。収穫を10日程度遅らせることで、レッドサラダの抗酸化活性は1.4倍となった。乾燥方法による影響では、抗酸化活性は、真空凍結乾燥>60℃乾燥>30℃乾燥の順に低下した。乾燥温度より乾燥時間による影響が大きかった。加熱処理により抗酸化活性は低下したが、活性の高い品種が低下の割合が大きい傾向が見られた。

ショウガでは、加熱処理により抗酸化活性に変動は見られなかったが、総ポリフェノール含量が10%程度増加した。増加の程度は、加熱温度が高い方が大きかった。加熱により抗酸化成分の変化や新たな物質の生成等が起きることで、抗酸化活性が維持されているのではないかと考えられる。

カンショでは、60℃乾燥により抗酸化活性が大きく減少した。カンショの抗酸化成分は、耐熱性が低いと考えられる。100℃、30分の「蒸し」加工では、抗酸化活性が増加したが、加熱時間が15分、60分では減少に転じた。また、「焼き」加工でも減少した。カンショでは、加熱温度や加熱時間、加熱方法により抗酸化活性をコントロールできる可能性が示唆された。

1. はじめに

消費者が正しい機能性の情報を得て、商品選択ができるようにという趣旨で始まった機能性表示食品制度も、3年が経過しようとしている。この間の届出数は、平成27年が307件、平成28年が620件、平成29年が391件(H30.3.14現在)と、少し落ち着きを取り戻してはいるが、依然として関心の高い状態が続いている。

届出内容を見ると、多くはサプリメント形状の加工食品、もしくは機能性関与成分含有素材を添加した食品であり、生鮮食品はわずかに5品目、14件(みかん;5件、もやし;6件、りんご;1件、米;1件、カンパチ;1件)となっている。

食品の抗酸化能を評価することは、農産物や食品のブランド化、高付加価値化にもつながり、抗酸化能に着目した新商品開発にも活用できるため、センターに対する期待も大きい。

そこで、県内に農業参入した企業が生産する農産物の抗酸化活

性を評価することにより、商品の差別化や商品価値の向上を図り、企業の経営安定につなげることで、機能性表示食品への取組に向けた基礎資料を得ることを目的として、本研究に取り組んできた。

今回、研究の対象としたベビーリーフは、様々な品種が栽培され、栽培期間が短いことから、年に数回の収穫が可能である。品種別、時期別、年次別の抗酸化活性の変動について調査するうえで、非常に興味深い試料である。

昨年度は、ベビーリーフの品種別、時期別の抗酸化活性に着目して、品質評価を行った。また、ショウガ、カンショについて加工処理が抗酸化活性に与える影響について検討した。その結果、ベビーリーフは品種により抗酸化活性に大きな差が認められ、レッドサラダが他の品種と比較して高い抗酸化活性を示すことがわかった。また、ショウガでは、圃場の状態により抗酸化活性が変動することが確認され、カンショでは加熱処理により抗酸化活性

の増加が認められた。

そこで、本年度は、品種別、時期別に加え、年次変動についても詳細に調査を行うこととした。

併せて、乾燥方法による抗酸化活性への影響、加工処理と抗酸化活性との関連性についての検討も加え、ベビーリーフの品質特性を明らかにするとともに、抗酸化活性を維持、向上させるような調理加工方法の開発を目指す。

2 実験方法

2.1 供試材料

(有)ワタミファーム白杵農場で栽培されたベビーリーフを時期別に採取し、平成28年産は7品種、14種類、29年産は9品種、21種類を供試した。また、ショウガ、カンショも(有)ワタミファーム白杵農場で有機栽培されたものを用いた。

ベビーリーフは、入手後速やかに液体窒素で凍結し、真空凍結乾燥を行った。乾燥品はブレンダーで粉碎し、測定に供するまで -30°C で保管した。

ショウガおよびカンショは細断後、同様に真空凍結乾燥を行い、粉碎後 -30°C で保管した。

2.2 抽出液の調製

抗酸化活性測定用の抽出液は、乾燥粉末1gと海砂5gを混合後、MMA溶液(メタノール90:蒸留水9.5:酢酸0.5)10mlを加え、超音波洗浄槽で 37°C 、5分間処理した後、遠心分離(1,600×g、10分)し上清と沈殿物を分離した。沈殿物に溶媒を加え、同じ操作を4回繰り返し、得られた上清を50mlに定容し測定試料とした。

総ポリフェノール含量測定用の抽出液は、新鮮物重量1g相当量の乾燥粉末に80%エタノール2.5mlを加え、10秒間攪拌後、さらに80%エタノール2.5mlを加え、10秒間攪拌、室温、暗所にて16時間静置した後、遠心分離(3,000rpm、20分)し上清と沈殿物を分離した。沈殿物に同様に80%エタノール2.5mlを2回加え、再度遠心分離により得られた上清を10mlに定容し測定試料とした。

2.3 乾燥方法

乾燥方法による影響を検討するため、ベビーリーフ(レッドサラダ)を、 30°C および 60°C で通風乾燥を行い、粉碎後 -30°C で保管した。

また、ショウガ、カンショについても 60°C で通風乾燥を行い、粉碎後 -30°C で保管した。

2.4 加工処理

ベビーリーフ(レッドサラダ、グリーンクリスピー、アイスバーグ)をスチームコンベクション(MIC-5TB3、ホシザキ電機)を使用し、 100°C で30分「蒸し」加工したものを真空凍結乾燥し、粉碎後 -30°C で保管した。

ショウガは、細断後、スチームコンベクションを使用し、 80°C で15分、 100°C で15分および30分「蒸し」加工したものを真空凍結乾燥し、粉碎後 -30°C で保管した。

カンショは、細断後、スチームコンベクションを使用し、「蒸し」加工は 80°C で15分、 100°C で15分、30分および60分、「焼き」加工は 100°C で15分処理したものを真空凍結乾燥し、粉碎後 -30°C で保管した。

2.5 抗酸化活性の測定

2.5.1 H-ORAC法

「H-ORAC分析法標準作業手順書」に準じて分析を行った。

96穴マイクロプレート(FALCON, #353072)を用い、プレートリーダー(DTX880型、ベックマン・コールター)にて測定を行った。

2.5.2 DPPHラジカル消去法

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センターで実施されている方法に準じて、96穴マイクロプレートを用い、プレートリーダーにて測定を行った。

2.6 総ポリフェノール含量

フォルイン-チオカルト法により分析を行った。

抽出液のエタノール濃度が20%を超えない範囲で適宜希釈し、希釈液1mlにフェノール試薬(Wako製市販品の10倍希釈液)5mlを加えた後、8分以内に7.5%炭酸ナトリウム溶液4mlを加え、60分室温放置後、分光光度計(V570、日本分光)で765nmの吸光度を測定した。

なお、検量線は没食子酸を用いて作成し、総ポリフェノール含量を没食子酸相当量として求めた。

2.7 ミネラル量

乾燥粉末0.5gを白金製蒸発皿に入れ、電気マッフル炉を用い 500°C で灰化した。灰化後、6N塩酸少量を加え、ホットプレート上で加熱して蒸発乾固させた。さらに蒸留水を加え加温後、6N塩酸を適宜加え、塩酸の最終濃度が0.1Nになるように定容した。

Na, Kは、原子吸光分析装置(SOLLAAR S-4、サーモエレクトロン)、Mg, Ca, P, Fe, Zn, Mnは、高周波プラズマ発光分析装置(SPS3520UV-DD、エスアイアイ・ナノテクノロジー)にて測定を行った。

3 結果及び考察

3.1 ベビーリーフ

3.1.1 抗酸化活性と総ポリフェノール含量

分析に使用した試料と凍結乾燥の結果をTable 1, 2に示した。栽培日数は全ての品種で30日前後であり、新鮮物の水分含量はいずれも90%前後であった。

Table 1 供試材料

品種名	栽培年	入手日	播種日	収穫日	栽培日数
ブラックケール	H28	5/23	4/26	5/23	28
切葉レッドケール	H28	5/23	4/26	5/20	25
		6/22	5/4	5/31	28
		12/6	10/31	12/5	36
アイスバーグ	H28	6/2	5/6	5/31	26
		10/25	9/29	10/25	27
		5/17	4/21	5/16	26
	H29	6/21	5/31	6/20	21
		8/2	7/3	7/31	29
レッドサラダ	H28	6/2	6/2	6/21	20
		6/22	5/17	6/20	35
		7/25	6/24	7/25	32
		8/17	7/20	8/16	28
		10/25	9/27	10/25	29
		6/21	5/25	6/19	26
	H29	8/2	6/30	7/31	32
		9/13	8/15	9/11	28
		9/26	8/28	9/25	29
		11/1	9/26	10/31	36
		12/12	10/20	12/7	49
		12/18	10/20	12/18	60
		8/17	7/20	8/16	28
グリーンカスビー	H28	4/12	3/2	4/11	41
		6/21	5/25	6/19	26
	H29	7/18	6/15	7/17	33
		8/2	6/30	7/31	32
		4/12	3/9	4/11	34
レッドオーク	H29	4/12	3/9	4/11	34
ピノグリーン	H28	12/6	11/8	12/5	28
H29	4/12	3/9	4/11	34	
	4/12	3/9	4/11	34	
ミスナ	H28	12/6	11/8	12/5	28
H29	4/12	3/9	4/11	34	
	4/12	3/9	4/11	34	
グリーンスピナッチ	H29	4/12	3/9	4/11	34
スイスチャード	H29	9/8	8/15	9/6	23
		10/3	9/5	10/2	28
ビート(ルビークイン)	H29	11/24	10/20	11/22	34

Table 2 凍結乾燥結果

品種名	栽培年	入手日	新鮮物水分 (%)	凍結乾燥粉末水分 (%)	1g新鮮重相当量(g)
ブラックケール	H28	5/23	88.17	6.04	0.1259
切葉レッドケール	H28	5/23	88.76	4.78	0.1180
		6/22	92.69	7.03	0.0786
		12/6	92.77	3.88	0.0752
アイスバーグ	H28	6/2	95.01	7.52	0.0539
		10/25	94.84	6.85	0.0553
		5/17	93.86	3.84	0.0639
	H29	6/21	93.91	9.99	0.0676
		8/2	93.31	6.67	0.0717
レッドサラダ	H28	6/2	93.77	9.13	0.0686
		6/22	93.29	7.03	0.0722
		7/25	91.20	5.89	0.0935
		8/17	90.62	5.73	0.0995
		10/25	93.50	5.20	0.0686
	H29	6/21	92.02	6.26	0.0851
		8/2	92.23	4.99	0.0818
		9/13	91.81	5.31	0.0865
		9/26	93.48	6.12	0.0695
		11/1	93.57	7.81	0.0697
12/12	89.88	3.82	0.1052		
12/18	86.00	3.69	0.1454		
グリーンカスビー	H28	8/17	94.34	6.25	0.0603
		4/12	94.26	6.08	0.0611
	H29	6/21	93.23	8.47	0.0739
		7/18	95.67	6.70	0.0464
		8/2	93.90	6.37	0.0652
レッドオーク	H29	4/12	93.42	5.11	0.0693
ピノグリーン	H28	12/6	93.93	4.30	0.0634
H29	4/12	89.69	4.42	0.1079	
ミスナ	H28	12/6	93.21	3.67	0.0704
H29	4/12	91.42	4.45	0.0898	
	4/12	91.93	5.64	0.0856	
グリーンスピナッチ	H29	4/12	91.93	5.64	0.0856
スイスチャード	H29	9/8	93.77	6.61	0.0667
		10/3	93.26	6.41	0.0720
ビート(ルビークイン)	H29	11/24	91.53	5.86	0.0899

ベビーリーフの品種による抗酸化活性の差異を評価するため、反応機序の異なるH-ORAC法とDPPHラジカル消去法により測定した。また、抗酸化活性関与成分である総ポリフェノール含量の測定も行った。測定結果をTable 3に示した。品種により、抗

Table 3 ベビーリーフの抗酸化活性

品種名	栽培年	入手日	H-ORAC値 (μmol TE /g-FW)	DPPHラジカル消去活性 (μmol TE /g-FW)	総ポリフェノール含量 (mg/g-FW)
ブラックケール	H28	5/23	41.52	9.09	2.38
切葉レッドケール	H28	5/23	54.08	8.37	2.19
		6/22	26.39	6.08	1.41
		12/6	28.00	5.88	1.39
		6/2	20.96	5.25	1.21
アイスバーグ	H28	10/25	16.20	3.18	0.77
		5/17	20.98	4.09	0.90
		6/21	26.37	6.31	1.34
	H29	8/2	20.16	5.55	0.99
		6/2	114.74	31.77	5.19
レッドサラダ	H28	6/22	117.38	32.10	5.04
		7/25	196.69	56.60	8.17
		8/17	188.88	54.79	7.43
		10/25	89.95	19.67	3.46
		6/21	149.44	43.45	6.24
		8/2	126.01	36.42	5.21
	H29	9/13	118.21	45.28	6.88
		9/26	122.31	25.19	5.14
		11/1	121.00	25.93	5.12
		12/12	196.87	44.51	7.39
		12/18	283.54	63.57	7.93
		8/17	11.41	2.99	0.59
		4/12	20.71	4.08	0.89
H29	6/21	33.39	7.71	1.59	
	7/18	8.72	2.38	0.39	
	8/2	21.29	5.24	0.88	
レッドオーク	H29	4/12	51.38	9.17	2.23
ピノグリーン	H28	12/6	23.80	5.03	1.24
	H29	4/12	28.28	6.45	1.53
ミスナ	H28	12/6	33.40	6.35	1.59
	H29	4/12	33.16	5.82	1.41
グリーンスピナッチ	H29	4/12	18.59	2.36	1.04
スイスチャード	H29	9/8	20.08	5.40	0.78
		10/3	24.54	2.94	0.84
ビート(ルビークイン)	H29	11/24	33.52	5.06	1.24

酸化活性および総ポリフェノール含量には大きな差が認められた。特にレッドサラダが、他の品種と比較して非常に高い抗酸化活性を示した。ブラックケール、レッドオークがやや高い活性を示したが、その他の品種については、いずれも活性は低かった。

各分析値間の相関を検討した結果をFig 1, 2, 3に示した。各分析値間に、非常に高い相関が見られたことから、ベビーリーフの抗酸化活性の主要成分として、水溶性のポリフェノール類が関与していることが確認された。また、抗酸化活性に寄与している成分は、ベビーリーフ類では品種が異なっても同様の物質なのではないかと考えられた。ベビーリーフ類については、分析が容易な総ポリフェノール含量を測定することで、抗酸化活性を推測できる可能性がある。さらに、DPPHラジカル消去活性が、ORAC値を推定する方法として利用できる可能性も示唆された。多くの検体から抗酸化活性の高い検体を選抜する際には、有効な方法となるのではないかと考えられる。

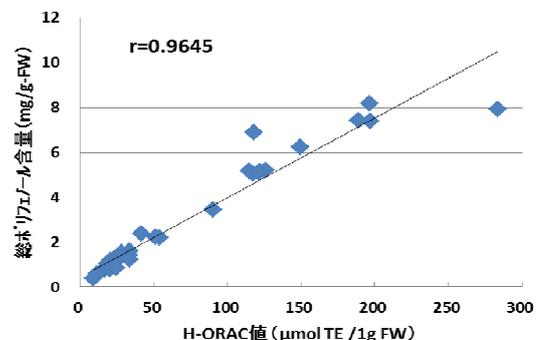


Fig 1 H-ORAC値と総ポリフェノール含量との関係

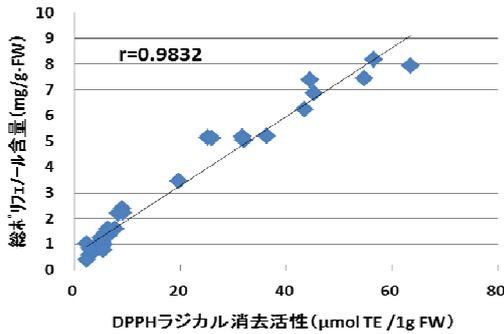


Fig. 2 DPPH ラジカル消去活性と総ポリフェノール含量との関係

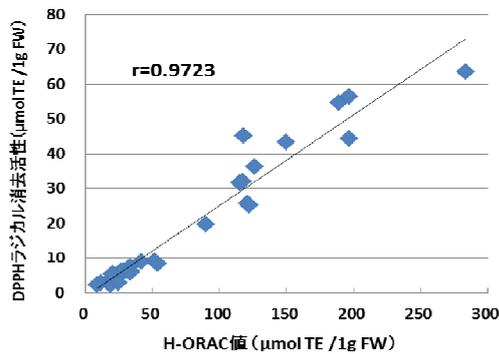


Fig. 3 H-ORAC 値と DPPH ラジカル消去活性との関係

品種毎の抗酸化活性、総ポリフェノール含量について、季節変動および年次変動の解析を行った結果を Table 4, 5, 6 に示した。個体差は、品種により異なる様相を見せ、抗酸化活性の高い品種の方が変動係数も大きい傾向にあった。レッドサラダは、抗酸化活性、総ポリフェノール含量の最大値が最小値の 2 倍以上の数値を示し、個体により抗酸化活性に大きな幅があることが確認された。生鮮物において、機能性成分の含有量を保証するには、様々な要件を考慮したうえで、十分な数の試料を分析してデータを得ることが重要であることが再確認された。

さらに、レッドサラダについて、収穫を 10 日程度遅らせた試料を分析した結果、抗酸化活性が通常収穫物の 1.4 倍となった。一定期間収穫を遅らせ、大きく成長させることで抗酸化活性が増大する可能性が示唆された。食味等の品質の課題はあるが、商品としての品質を維持できる範囲で、収穫をぎりぎりまで遅らせた方が抗酸化活性は高くなるのではないかと考えられる。

品種毎の品質特性について Table 7 に示した。食味や栽培上の特性については、品種によりさほど大きな差はなかったが、抗酸化活性には大きな差が見られた。抗酸化活性関与成分含有量のわずかな差が、抗酸化活性には大きく影響していることが確認された。

Table 4 ベビーリーフのH-ORAC 値の解析結果

品種名	収穫年度	測定回数	分析点数	平均値	標準偏差	変動係数	最大値	最小値
フックケール	H28	1	2	41.5	9.9	2.0	42.1	40.9
切葉レッドケール	H28	3	5	37.8	14.8	39.5	59.4	25.8
グリーンケール	H28	1	2	11.4	0.2	2.0	11.6	11.2
	H29	4	8	21.0	9.3	44.4	33.8	8.6
	H28+H29	5	10	19.1	9.2	48.0	33.8	8.6
ビノグリーン	H28	1	1	23.8	—	—	—	—
	H29	1	2	28.3	0.2	0.8	28.4	28.1
	H28+H29	2	3	26.8	2.6	9.7	28.4	23.8
ミナナ	H28	1	1	33.4	—	—	—	—
	H29	1	2	33.2	0.3	0.8	33.3	33.0
	H28+H29	2	3	33.2	0.2	0.7	33.4	33.0
レッドオーク	H29	1	2	51.4	0.0	0.0	51.4	51.4
グリーンスピナチ	H29	1	2	18.6	0.2	1.0	18.7	18.5
アイスバーグ	H28	2	3	19.4	2.8	14.3	21.3	16.2
	H29	3	7	22.3	2.8	12.7	26.4	19.6
	H28+H29	5	9	21.4	3.0	14.0	26.4	16.2
レッドサラダ	H28	5	10	141.5	45.4	32.0	198.4	89.7
	H29	6	14	140.5	27.1	19.3	197.3	117.6
	H28+H29	11	24	140.9	34.9	24.8	198.4	89.7
スイスチード	H29	2	4	22.3	2.6	11.6	24.9	20.0
ビートルビークン	H29	1	2	33.5	0.2	0.5	33.6	33.4

Table 5 ベビーリーフのDPPH ラジカル消去活性の解析結果

品種名	収穫年度	測定回数	分析点数	平均値	標準偏差	変動係数	最大値	最小値
フックケール	H28	1	1	9.09	—	—	—	—
切葉レッドケール	H28	3	3	6.78	1.38	20.38	8.37	5.88
グリーンケール	H28	1	1	2.98	—	—	—	—
	H29	4	23	5.28	2.08	39.52	8.25	2.31
	H28+H29	5	24	5.18	2.09	40.38	8.25	2.31
ビノグリーン	H28	1	1	5.03	—	—	—	—
	H29	1	4	6.45	0.12	1.89	6.56	6.34
	H28+H29	2	5	6.17	0.64	10.44	6.56	5.03
ミナナ	H28	1	1	6.35	—	—	—	—
	H29	1	4	5.82	0.14	2.47	6.00	5.65
	H28+H29	2	5	5.93	0.26	4.45	6.35	5.65
レッドオーク	H29	1	4	9.17	0.07	0.75	9.20	9.06
グリーンスピナチ	H28	1	4	2.38	0.23	10.53	2.65	2.15
アイスバーグ	H28	2	2	4.21	1.46	34.72	8.25	3.18
	H29	3	18	5.56	0.90	16.17	6.53	3.97
	H28+H29	5	20	5.43	1.00	18.50	6.53	3.18
レッドサラダ	H28	5	10	29.33	14.80	50.47	56.60	18.28
	H29	6	37	37.17	8.66	23.31	47.20	23.55
	H28+H29	11	47	35.50	10.59	29.83	56.60	18.28
スイスチード	H29	2	12	4.17	1.32	31.64	6.13	2.77
ビートルビークン	H29	1	6	5.06	0.15	2.88	5.18	4.82

Table 6 ベビーリーフの総ポリフェノール含量の解析結果

品種名	収穫年度	測定回数	分析点数	平均値	標準偏差	変動係数	最大値	最小値
フックケール	H28	1	5	2.38	0.09	3.80	2.47	2.24
切葉レッドケール	H28	3	13	1.71	0.40	23.33	2.19	1.37
グリーンケール	H28	1	3	0.59	0.01	1.97	0.60	0.58
	H29	4	4	0.94	0.49	52.66	1.59	0.39
	H28+H29	5	7	0.79	0.40	50.35	1.59	0.39
ビノグリーン	H28	1	1	1.24	—	—	—	—
	H29	1	1	1.53	—	—	—	—
	H28+H29	2	2	1.39	0.21	14.81	1.53	1.24
ミナナ	H28	1	1	1.59	—	—	—	—
	H29	1	1	1.41	—	—	—	—
	H28+H29	2	2	1.50	0.13	8.49	1.59	1.41
レッドオーク	H28	1	1	2.23	—	—	—	—
グリーンスピナチ	H28	1	1	1.04	—	—	—	—
アイスバーグ	H28	2	7	1.08	0.21	19.77	1.22	0.76
	H29	3	3	1.08	0.23	21.59	1.34	0.90
	H28+H29	5	10	1.08	0.21	19.09	1.34	0.76
レッドサラダ	H28	5	23	6.06	1.61	26.62	8.36	3.44
	H29	6	6	6.00	0.99	16.51	7.39	5.12
	H28+H29	11	29	6.05	1.49	24.64	8.36	3.44
スイスチード	H29	2	2	0.81	0.04	5.24	0.84	0.78
ビートルビークン	H29	1	1	1.24	—	—	—	—

Table 7 ベビーリーフの品種毎の品質特性

品種名	抗酸化活性 (H-ORAC値)		食味	
	抗酸化活性	食味	栽培上の特長	栽培上の特長
フックケール	中 (40~42)	くせのない味。茎は固め。葉っぱが大きくならないので重さがのらない。6月はべト病が出やすい。		
切葉レッドケール	中 (26~55)	くせのない味。口の中でごわごわとする。葉や茎が固いので食害に強い。夏場は収穫後の黄化が早い。		
アイスバーグ	低 (16~26)	苦み・えぐみがない。レタに近い。周年栽培が可能。梅雨と秋はべト病が出やすい。		
レッドサラダ	高 (90~200)	えぐみがない。夏場でも赤くなる。		
グリーンスピナチ	低 (9~34)	苦み・えぐみがない。シャキシャキしている。べト病が出にくく栽培しやすい。重さが乗りやすい。		
レッドオーク	中 (51)	えぐみがない		
ビノグリーン	低 (24~28)	苦み・えぐみがない。柔らかい。病気が出づらく栽培しやすい。食害に強い。		
ミナナ	中 (33)	苦み・えぐみがない。シャキシャキしている。成長が早い。べト病が出やすい。3月過ぎると出やすい。		
グリーンスピナチ	低 (19)	苦み・えぐみがない。双葉が大きいので、大きく収穫しないと双葉が入り込み収穫しづらい。		
スイスチード	低 (20~25)	茎に甘みを感じる。		
ビートルビークン	中 (34)	苦み・えぐみがない。発芽が揃いづらい。立ち枯れしやすい。		

3.1.2 乾燥方法と加熱処理の影響

乾燥方法および加熱処理による抗酸化活性の変動について検討した結果を Fig. 4, 5 に示した。抗酸化活性および総ポリフェノール含量は、真空凍結乾燥 > 60℃乾燥 > 30℃乾燥の順に低下した。通風乾燥では、低温、長時間乾燥より、高温、短時間での乾燥の方が影響は少なかった。加熱乾燥による抗酸化活性の減少を抑えるには、乾燥時間を短くすることが重要であると推察される。

また、加熱処理することでいずれの品種でも抗酸化活性は低下したが、活性の強い品種の方が低下の割合が大きい傾向が見られた。ベビーリーフの抗酸化活性に寄与している成分の耐熱性はあまり高くないのではないかと考えられる。

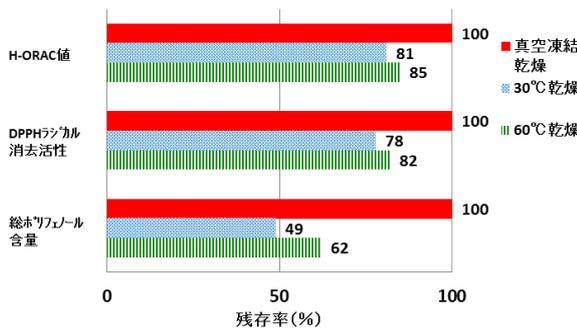


Fig. 4 乾燥方法がベビーリーフの抗酸化活性におよぼす影響

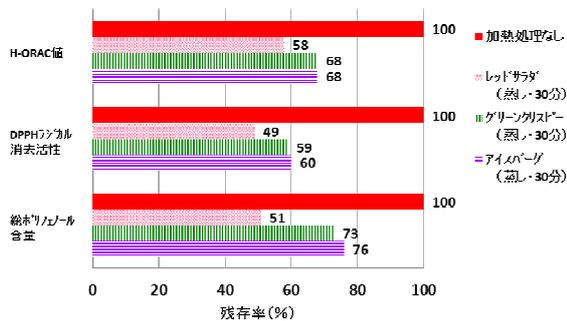


Fig. 5 加工処理がベビーリーフの抗酸化活性におよぼす影響

3.1.3 ミネラル量

抗酸化活性と食品成分の関連性の有無を検討するため、ベビーリーフのミネラル分析を行った。測定結果を Table 8 に示した。リーフレタス（日本食品標準成分表）と比較すると、全ての品種で、Mg が比較的多く含まれていた。特に、ケール系（ブラックケール、切葉レッドケール）、フダンソウ系（スイスチャード、ビート）の含量が非常に高かった。

Ca は、ケール系（ブラックケール、切葉レッドケール）、小松菜系（ピノグリーン）、ミズナに多く含まれていた。

フダンソウ系（スイスチャード、ビート）の Na 含量が、他の品種と比較して、桁違いに高かった。

また、収穫を 10 日程度遅らせたレッドサラダの Fe 含量が大きく増加していた。今後、詳細な検討が必要であるが、栄養機能食品としての表示が期待される。

その他の成分はリーフレタスと同様の傾向を示した。

以上の結果から、抗酸化活性とミネラル分の明確な関連性については認められなかった。

Table 8 ベビーリーフのミネラル分

品種名	栽培年	入手日	Na	K	Mg	Ca	P	Fe	Zn	Mn
(mg/100g-FW)										
ブラックケール	H28	5/23	16	510	87	445	44	0.2	0.7	0.60
切葉レッドケール	H28	5/23	6	650	67	236	49	0.1	0.5	0.40
		6/22	5	428	48	176	37	1.1	0.4	0.23
		12/6	6	436	37	150	37	0.1	0.3	0.34
		6/2	5	424	20	64	19	0.1	0.3	0.28
アイスパーク	H28	10/25	3	488	23	57	19	0.3	0.3	0.41
		5/17	5	458	21	55	16	0.2	0.3	0.43
		6/21	5	519	20	59	24	0.5	0.3	0.51
	H29	8/2	6	583	30	88	23	1.0	0.6	0.31
		6/2	4	447	23	62	27	1.7	0.4	0.56
		6/22	5	559	26	56	31	0.7	0.5	0.31
レッドサラダ	H28	7/25	9	622	38	107	23	1.4	0.4	0.44
		8/17	11	732	35	95	24	0.8	0.4	0.79
		10/25	5	569	24	54	30	0.7	0.3	0.45
		6/21	6	637	26	67	30	0.6	0.3	0.46
		8/2	5	622	30	76	26	1.0	0.4	0.36
	H29	9/13	6	587	29	66	21	1.5	0.4	0.29
		9/26	5	514	25	62	24	0.5	0.3	0.42
		11/1	4	528	27	60	23	1.3	0.4	0.26
		12/12	8	635	39	90	38	1.0	0.5	0.90
		12/18	6	520	31	83	26	3.0	0.4	1.62
		8/17	4	515	28	87	19	0.2	0.3	0.46
グリーンカステル	H28	4/12	8	480	24	45	14	0.0	0.1	0.09
		6/21	6	516	25	61	15	1.3	0.4	0.74
ミズナ	H28	7/18	3	447	21	55	17	0.6	0.6	0.21
		8/2	3	558	28	79	18	0.6	0.6	0.30
レッドオーグ	H29	4/12	5	575	27	53	33	0.7	0.7	0.48
ヒダグリーン	H28	12/6	4	388	27	107	47	0.5	0.4	0.26
		4/12	8	702	58	192	66	0.6	0.5	0.80
スイスチャード	H28	12/6	3	335	24	144	44	0.8	0.4	0.23
		4/12	8	543	50	174	42	0.5	0.5	0.52
グリーンスピナッチ	H29	4/12	9	821	88	56	45	0.8	1.1	0.55
		9/8	176	479	63	75	24	0.9	0.8	0.44
スイスチャード	H29	10/3	187	623	76	76	40	0.5	1.0	2.26
		11/24	196	439	129	82	41	0.6	0.7	1.42
リーフレタス(参考)			6	490	15	58	41	1.0	0.5	0.34

3.2 乾燥方法と加熱処理の影響

3.2.1 ショウガ

乾燥方法や加熱処理による抗酸化活性の変動について検討した結果を Fig. 6, 7 に示した。60℃乾燥では、H-ORAC 値は低下したが、DPPH ラジカル消去活性、総ポリフェノール含量に大きな変動は見られなかった。乾燥中に、H-ORAC 値に関与する成分の減少や変化等が起きている可能性が示唆された。

また、加熱処理することにより、抗酸化活性にほとんど変動は見られなかったが、総ポリフェノール含量が 10%程度増加した。増加の程度は加熱温度が高い方がわずかに大きかった。

ショウガの場合、加熱により抗酸化成分の変化や新たな物質の生成等が起きることにより、抗酸化活性が維持されているのではないかと考えられる。

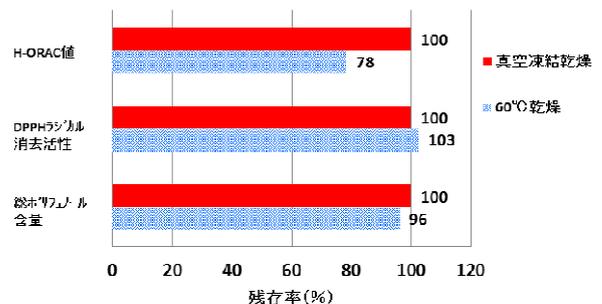


Fig. 6 乾燥方法がショウガの抗酸化活性におよぼす影響

異なる品種のショウガ（大ショウガ，中ショウガ）の抗酸化活性はほぼ同程度であった。

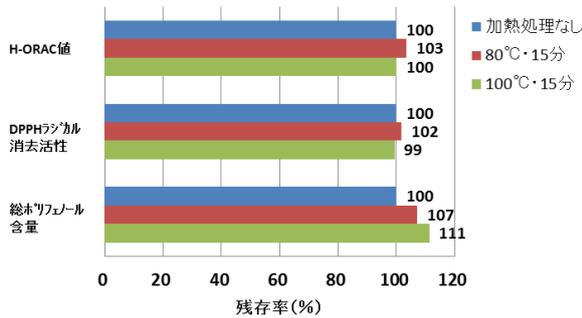


Fig.7 加工処理がショウガの抗酸化活性におよぼす影響

3.2.2 カンショ

乾燥方法や加熱処理による抗酸化活性の変動について検討した結果を Fig.8, 9 に示した。60°C乾燥では、抗酸化活性および総ポリフェノール含量、ともに大きく減少した。カンショの抗酸化活性関与成分は、耐熱性が低いのではないかと考えられる。

100°C、30分の「蒸し」加工では、抗酸化活性が増加したが、同じ100°C加熱でも加熱時間が15分、60分では減少に転じた。また、「焼き」加工でも減少した。カンショでは、加熱温度や加熱時間、加熱方法により抗酸化活性をコントロールすることができる可能性が示唆された。

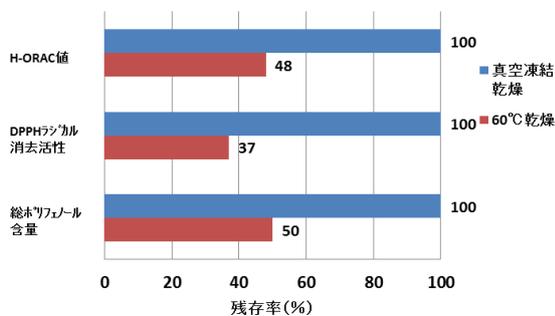


Fig.8 乾燥方法がカンショの抗酸化活性におよぼす影響

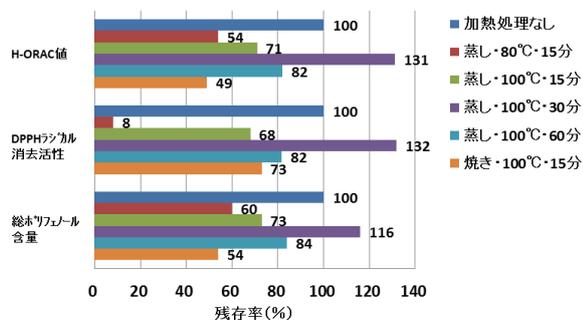


Fig.9 加工処理がカンショの抗酸化活性におよぼす影響

4. まとめ

本研究では、季節や天候による影響を受けやすい生鮮物の抗酸化活性の変動を明らかにすることで、機能性表示食品への取組に向けた基礎資料を得るため、ベビーリーフの品種別、時期別、年次別の抗酸化活性について分析を行った。また、抗酸化能をより向上させるような調理加工方法および新商品開発への活用を図るため、ショウガやカンショについて、加工処理が抗酸化活性に与える影響について検討した。

ベビーリーフについては、平成28年産は7品種、14種類、29年産は9品種、21種類について、抗酸化活性の評価を行い、その品質特性を品種別、時期別、年次別に明らかにすることができた。

また、乾燥方法や加熱処理による影響についても、いくつかの知見を得ることができた。ショウガやカンショでの結果から、加熱処理による抗酸化活性の挙動が、作物の種類により異なっていることもわかった。作物により抗酸化活性に大きく寄与する成分は異なっており、その加熱特性も様々であることから、今後、さらに品目を増やし、詳細な研究が求められる。

今回得られた結果を参考として、抗酸化能を高める栽培方法の検討や、作物毎の抗酸化活性に及ぼす加熱特性の解明等を通じて、機能性向上につながる調理加工方法の開発に関する研究につなげていきたい。

謝辞

本研究を行うにあたり、試料の提供をしていただいた(有)ワタミファーム臼杵農場 農場長 西岡亨祐氏に心よりお礼申し上げます。

参考文献

- (1) 佐藤和憲：ベビーリーフの需要特性と周年供給ニーズへの対応、野菜情報 (2016)
- (2) 中原採種場(株)HP：ベビーリーフ
- (3) HORTI HP：ベビーリーフとは？
- (4) 食品総合研究所他：H-ORAC分析法標準作業手順 (2013)
- (5) 九州 沖縄農業研究センター：DPPH ラジカル消去活性測定法 (2009)
- (6) 九州沖縄農研報告：リーフレタスのDPPH ラジカル消去成分 (2014)
- (7) 文部科学省他：日本食品標準成分表 (2010)
- (8) 沖智之, 佐藤麻紀, 吉永優, 境哲文, 菅原晃美, 寺原典彦, 須田郁夫, 有色サツマイモのDPPH ラジカル消去能とORAC (活性酸素吸収能), 日本食品科学工学会誌, 56 (2009)
- (9) Watanabe et al., *Analytical Sciences* (2012)
- (10) 佐藤明子, 渡辺純, 後藤真生, 石川 (高野) 祐子, Oxygen radical absorbance capacity 法によるスモモの抗酸化活性評価, 日本食品科学工学会誌, 57 (2010)

- (11) 山梨県工業技術センター研究報告：地域特産物の抗酸化力向上に関する研究 (2011)
- (12) 渡辺純, 沖智之, 竹林純, 山崎光司, 津志田藤二郎, 食品の抗酸化能測定法の統一化を目指して, 化学と生物 (2009)
- (13) 津志田藤二郎, 標準となる抗酸化能測定法の選定と抗酸化指標の表示について, 食品と開発 (2010)
- (14) 大脇進治, 食品の抗酸化指標「ORAC」分析とその展望, 食品と開発 (2010)
- (15) 農林水産省農林水産技術会議事務局：農林水産物の機能性表示に向けた技術的対応について—生鮮食品などの取扱い— (2015)
- (16) 石川祐子, 農産物・食品の抗酸化能評価法開発と測定の意義, 食糧 (2016)
- (17) 石川祐子, 食品素材・成分の抗酸化性, 農水産物機能性活用推進事業報告書 (2009)
- (18) 大分県産業科学技術センター研究報告：食品の機能性に関する研究 (第1報) —抗酸化活性の評価と加工処理による変動について—(2016)