

地域農産物を利用した加工食品の抗酸化力評価

[平成 24～26 年度]

宮森清勝・保坂三仁・三浦裕美*・三枝静江・河野 章*²・杉田交啓*²・池田行謙*²*³
(食品技術センター・*²園芸技術科) *³現三宅支庁・*³現小笠原農セ

【要 約】ブルーベリーの抗酸化能は収穫後期ほど高く、また、同一収穫期でも平均 1 粒重が小さい果実や熟度が進んだ果実ほど高い抗酸化能を示した。ブルーベリーを原料とする製品の保存試験では、光が当たることで製品の退色や抗酸化能の低下が促された。

【目 的】

抗酸化物質は、呼吸から派生する活性酸素種を消去する働きがあり、それを含む食品の摂取は、生活習慣病の発症や老化を抑制する効果が期待されている。抗酸化物質を豊富に含むブルーベリーは、都内でも多く栽培され、6 次産業化が望める果実である。そこで、ブルーベリーが保有する抗酸化能、並びに異なる保存状態における抗酸化能の変化を、酸素ラジカル吸収能力 (ORAC) 法を用いて評価し、より機能性を有した加工食品の開発に活用する。

【成果の概要】

- 2011 年に農総研で栽培されたブルーベリーを収穫した日に冷凍して後日試験に供した。冷凍品は凍結乾燥粉末に調製してから、振とう、高温高圧、超音波による 3 種類の方法で抗酸化物質を抽出したのちに抗酸化能を評価した (表 1)。抗酸化能は、ポリフェノール系抗酸化物質の抗酸化能測定に用いられる H-ORAC 法で行い、新鮮重 1 g あたりの Trolox 相当量 ($\mu\text{molTE/gFW}$) として算出した。その結果、振とうによる方法では、振とう時間を長くすることで、H-ORAC 値は増加したが、48 時間と 96 時間では差異はみられなかった (データ未掲載)。高温高圧による方法では、同一試料を同一条件で 2 度抽出したところ、抗酸化物質は 1 度目で多く抽出され、2 度目でも僅かに抽出された。H-ORAC 値の合計は、振とうによる 48 時間抽出の値とほぼ一致した。超音波による方法は、振とうと高温高圧の方法に比べて、H-ORAC 値が 9%ほど低かった。3 種類の中では高温高圧による方法が、最も短時間で効率よく抗酸化物質を抽出できた。
- 2012 年に農総研で栽培され、品種と収穫期が異なるブルーベリー 8 種類 (ティフブルー (T1～T5)、バルドウィン (B1, B2)、ホームベル (H1)) について、生果実 1 粒あたりの平均重量 (平均 1 粒重) を求めたのち、凍結乾燥粉末から高温高圧による方法で抗酸化物質の抽出を 2 度行い、H-ORAC 値を求めた (表 2)。いずれの場合も 1 度目の抽出率は 97%ほどで、異なるブルーベリー間で抽出率に差はみられなかった。また、フォーリン-チオカルト試薬を用いて総ポリフェノールを測定した結果、ポリフェノールを多く含むブルーベリーは H-ORAC 値が高く (表 2)、両者の間には正の相関 (相関係数 0.93) がみられた。
収穫期による比較では、ティフブルーとバルドウィンで収穫後期ほど平均 1 粒重が小さく H-ORAC 値が高い傾向があり、平均 1 粒重と H-ORAC 値の間には負の相関がみられた (図 1)。その中でティフブルーは高い負の相関 (相関係数 -0.95) を示した。さらにテ

ティフブルー (T1, T2) とバルドウィン (B1) と同じ収穫期から抜き取った小さい果実のティフブルー (t1, t2) とバルトウィン (b1) では, T1, T2, B1 と比べて平均1粒重は小さくなり H-ORAC 値が増大した (図1)。このことから同一収穫期でも, ティフブルーとバルドウィンの H-ORAC 値は平均1粒重の影響を受け, 平均1粒重が小さい果実ほど高い抗酸化能を示すことが判明した。

3. 2012年と2013年, 2014年に農総研で栽培されたティフブルー①と②, バルドウィン①と②, ホームベル①と② (各品種2樹木ずつ) について抗酸化能を比較した (図2)。その結果, 同一土壌で栽培された2014年のティフブルーとホームベルで樹木①と②の間に H-ORAC 値の差はみられなかった。一方, バルドウィンとホームベルでは, 年度間における H-ORAC 値の差異は少なかったが, ティフブルーではバラツキがみられた。また3カ年の品種別比較では, 平均1粒重の影響を考慮するとホームベルとティフブルーの H-ORAC 値がほぼ同等であり, それらに比べてバルドウィンの H-ORAC 値は低かった。

2013年に都内生産地で栽培され, 同じ日に収穫されたホームベルを熟度別 (未熟果, 成熟果, 過熟果) に分けて抗酸化能を測定した (図3)。その結果, 熟度が進むほど H-ORAC 値が高くなり, 果肉が軟化した過熟果で高い抗酸化能を示した。また, 2013年に都内生産地で栽培されたティフブルー, バルドウィン, ホームベルの比較では, ホームベルと比べてティフブルーとバルドウィンの H-ORAC 値が低かった (図3)。都内生産地産のティフブルーは農総研産と比べて H-ORAC 値が低かった。

4. ブルーベリーを原料とする市販加工品 (ジュース, ドレッシング) について, 30℃で暗所と照明付きインキュベーターを用いた照射下 (20klx) で保存試験を行った。その結果, いずれの場合も経時的に色調変化がみられ, 特にドレッシングに照射した場合に色調が大きく変化した。可視光領域の吸収スペクトルを測定した結果, ジュースとドレッシングとも抗酸化能を有するアントシアニンの吸収ピーク (520nm 付近) が経時的に減少し, その変化は照射下で顕著だった (図4)。また抗酸化能は, いずれも保存期間が長くなるに従って低下し, 照射15日保存 (積算照度 7.2Mlx·h) の H-ORAC 値は, 暗所保存と比べて低かった (図5)。暗所60日保存の H-ORAC 値は, ジュースとドレッシングとも保存開始時の80%弱まで低下した。

ティフブルーとバルドウィン, ホームベルから果汁溶液を調製し, 30℃, 照射下 (20klx) で保存試験を行った。いずれの場合も経時的にアントシアニンの吸収ピーク (520nm 付近) が減少し, H-ORAC 値が低下したが, その傾向に品種間による差異はみられなかった (図6)。また抗酸化能を高めることを目的として, 果実から調製した試料にセルラーゼやペクチナーゼ等を添加して酵素処理を検討したが, H-ORAC 値に差異はみられなかった。

【成果の活用・留意点】

1. ブルーベリー果実に含まれる抗酸化物質は, 凍結乾燥粉末の調製後, 高温高压による方法で最も短時間で効率よく抽出できる。
2. 摘み残された小さい果実や熟度が進み果肉が軟化した果実は, 高い抗酸化能を有することから, 加工原料に利用することで製品の高付加価値化が期待できる。
3. 光が当たることで製品の退色や抗酸化能の低下が促進されるので, 品質を保持する際に注意が必要である。

【具体的データ】

表1 ブルーベリーから抗酸化物質を抽出する方法の比較

抽出方法	操作手順	H-ORAC値 ($\mu\text{molTE/gFW}$)
振とう	①試料 ^a とMWA溶液 ^b をガラス容器に入れる ②12時間～96時間水平振とう	69.7 (48h)
高温高压	①試料 ^a を海砂と混ぜてセルに充填 ②MWA溶液 ^b で連続的に抽出(約35分間) 《条件》温度: 80°C, 圧力: 10MPa, セル加熱時間: 5分, 静置時間: 5分, リンス容量: 55%, 静置サイクル数: 4回, パージ時間: 100秒	67.3 (1度目) 1.9 (2度目) 69.2 (合計)
超音波	①試料 ^a を海砂と混合して遠沈管に入れる ②MWA溶液 ^b による超音波処理(37°C, 5分) ③静置・攪拌後、遠心機で上清と沈殿物に分離 ④沈殿物について②と③を4回実施	63.5

a) 試料は、2011年産ブルーベリー凍結乾燥粉末

b) MWA溶液 (メタノール: 水: 酢酸=90:9.5:0.5)

表2 2012年産ブルーベリー凍結乾燥粉末の抗酸化能と総ポリフェノール

品種名	収穫日	H-ORAC値($\mu\text{molTE/gFW}$)			抽出率(%)		総ポリフェノール ($\mu\text{molGAE/gFW}$)
		1度目	2度目	合計	1度目	2度目	
ティフブルー(T1)	7/17~7/23	81.5	2.0	83.5	97.6	2.4	26.0
ティフブルー(T2)	7/25~7/27	88.4	2.4	90.8	97.3	2.7	26.9
ティフブルー(T3)	7/30~8/1	91.5	2.1	93.5	97.8	2.2	27.8
ティフブルー(T4)	8/3~8/6	89.7	2.0	91.7	97.8	2.2	30.0
ティフブルー(T5)	8/10~8/15	99.9	2.4	102.3	97.7	2.3	34.7
バルドウィン(B1)	7/20~7/30	71.9	2.5	74.4	96.6	3.4	23.5
バルドウィン(B2)	8/8~8/20	79.0	2.3	81.4	97.1	2.9	26.0
ホームベル(H1)	7/20~8/6	98.5	3.4	101.9	96.6	3.4	31.8

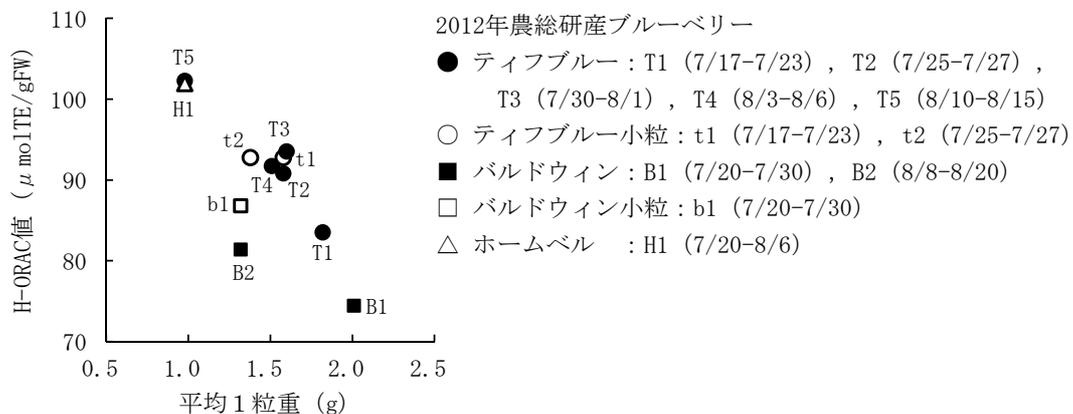


図1 品種別・収穫期別ブルーベリーの平均1粒重と抗酸化能

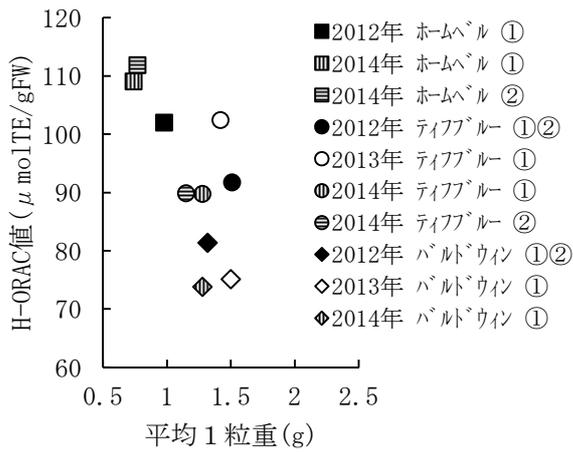


図2 品種別・収穫年度別ブルーベリー果実の抗酸化能

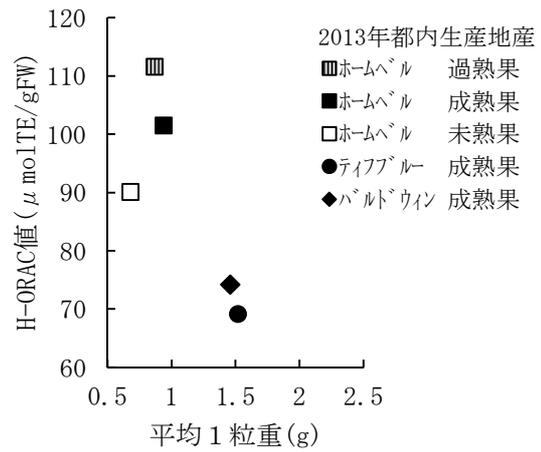


図3 熟度別・品種別ブルーベリー果実の抗酸化能

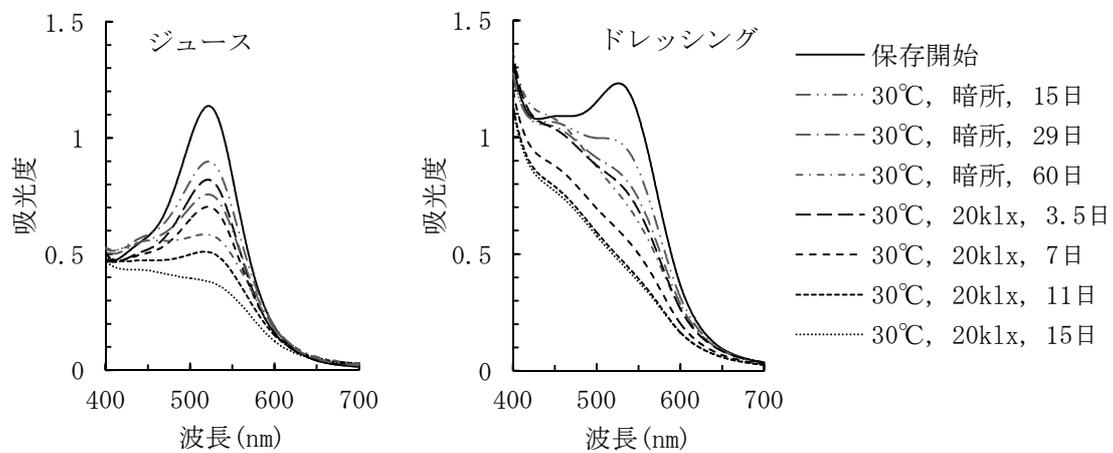


図4 ブルーベリー加工品保存中の吸収スペクトル変化

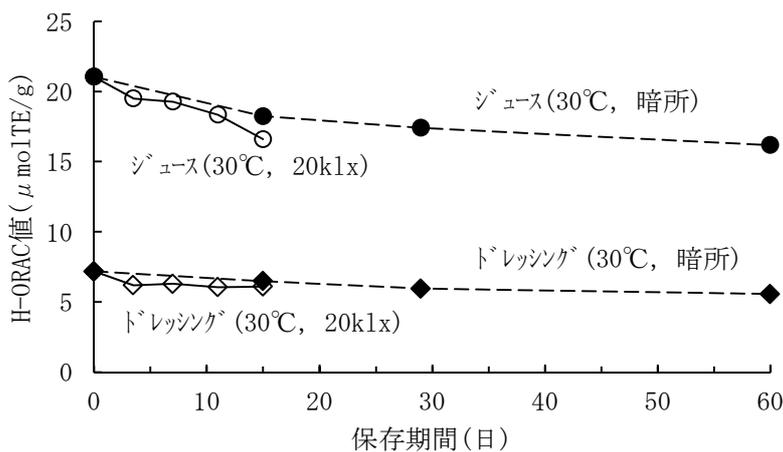


図5 ブルーベリー加工品保存中の抗酸化能変化

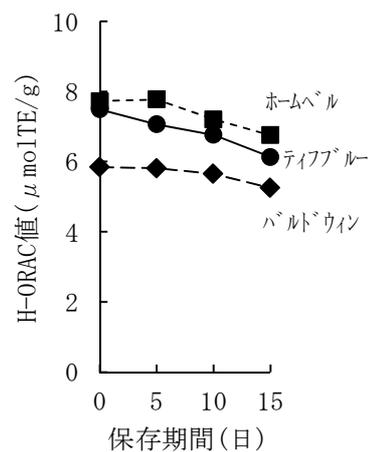


図6 ブルーベリー果汁溶液の保存試験(30°C, 20klx)

【発表資料】

1. 平成 24 年度, 平成 25 年度研究速報
2. 平成 26 年度東京都立食品技術センター成果発表会要旨集
3. 平成 27 年度食品試験研究成績・計画概要集 (公立編)