

県産農産物の抗酸化活性とポリフェノール量

Antioxidative Activity and Polyphenol Content of Local Agricultural Products in Tokushima

新居 佳孝*, 池田 絵梨*

NII Yoshitaka and IKEDA Eri

抄 録

食品の抗酸化活性は、生体の酸化を防ぐ能力のことを指し、生活習慣病の発症抑制との関連が指摘されている。これまで、抗酸化活性の測定は様々な方法で行われてきたが、最近では酸素ラジカル吸収能力 (ORAC) 法が有用であると報告されている。そこで、食品製造企業等における機能性表示食品の開発に向けた取り組みを支援するために、県産農産物の抗酸化活性を測定し、データの収集と比較検討を行った。穀類、いも類、野菜類、藻類等の抗酸化活性を測定した結果、阿波晩茶茶葉、フキノトウ、レンコン (節)、藍葉の順に高値を示した。また、藍葉、サルナシの果実、サツマイモ (つる)、藍種子といった食品として未利用である試料は比較的高値を示した。柑橘類の果皮の抗酸化活性は、スダチが最も高く、ユコウ、阿波すず香、ユズの順に続いた。

1 はじめに

ヒトにとって酸素は不可欠なものであり、体内に取り込まれた酸素の一部は、活性酸素に変わり細菌などから身体を防御するために使用される。しかし、加齢をはじめ、紫外線、大気汚染、精神的ストレス等の要因により、活性酸素の消去能力が低下すると、生体組織に障害を与え、生活習慣病の発症および老化の促進をもたらすといわれている^{1), 2)}。このため、活性酸素を消去し健康を維持するためには、抗酸化物質を含む食品をできるだけ摂取することが重要である。これまで、食品の抗酸化活性の測定は様々な方法で行われてきたが、最近では酸素ラジカル吸収能力 (Oxygen Radical Absorbance Capacity; ORAC) 法が有用であると報告されている^{1), 2)}。

そこで、食品製造企業等における機能性表示食品の開発に向けた取り組みを支援するために、県産農産物の抗酸化活性を測定し、データの収集と比較検討を行った。

2 実験方法

2・1 試料

サツマイモ (鳴門市里浦町) およびレンコン (徳島市川内町) は、各直売所にて購入した。ワカメ、スジアオノリ、ミリンソウは徳島大学生物資源産業学部 (鳴門市) から入手した。阿波すず香、フキ、フキノトウは農林水産総合技術支援センター (石井

町) より入手した。スダチ (佐那河内村)、ユズ、ユコウ (上勝町)、太キュウリ、キュウリ (勝浦町)、阿波晩茶茶葉 (那賀町)、野沢菜 (板野町)、サルナシ、ソバ粉 (三好市)、藍葉 (上板町)、藍種子 (徳島市)、フノリ (鳴門市) は各生産者より直接入手した。

サツマイモとレンコンは水洗い後、皮が付いた状態で処理を行った。レンコンは可食部と節に分けた。ワカメ、スジアオノリ、ミリンソウ、フノリは熱風乾燥した後、ミルサー (IFM-700G, 岩谷産業 (株)) を用いて粉末化した。藍種子は、ミルサーを用いて粉末化した。ソバ粉はそのまま実験に用いた。試料は、分析に用いるまでデシケーター内で保存した。

これら以外の試料は、凍結乾燥 (FZ-12, LABCON CO) した後、ミルサーを用いて粉末化した。試料は、分析に用いるまで -35°C で保存した。

2・2 分析方法

(1) 抗酸化活性測定

粉末化した試料を 1g 精秤し、ヘキササン 10ml を加え、遠心分離 (3,000rpm, 10 分) した後、上清を除去した。沈殿に含まれる溶媒を窒素気流下で除去した後、MWA 溶液 (メタノール: 水: 酢酸=90: 9.5: 0.5) を 10ml 加え、 37°C で 5 分間超音波処理した。室温で 10 分放置した後、遠心分離 (3,000rpm, 10 分) し、上清を 25ml に定容した。

得られた親水性画分について、ラジカル発生剤を添加した後の蛍光強度の経時変化をマイクロプレー

* 食品・応用生物担当

トリーダー (Infinite F200PRO, Tecan) を用いて測定し、親水性の抗酸化活性 (H-ORAC) を算出した³⁾。H-ORAC 値は、試料 1g 当たりの Trolox 相当量 ($\mu\text{molTE/g}$) として示した。

サツマイモおよびレンコンはいずれも抽出と分析を2回行い、平均値を示した。それ以外の試料は1回の抽出、分析による参考値である。

(2) 総ポリフェノール量の分析

試料の総ポリフェノール量はフォーリン-チオカルト法により測定した^{4), 5)}。抗酸化活性の測定に用いた MWA 溶液 10 μl を 96 穴マイクロプレートに入れ、さらにフェノール試薬 (10 倍希釈) 75 μl を加えた。攪拌し、室温で 5 分放置した後、2%炭酸ナトリウム溶液 75 μl を加えて、再度攪拌し、室温で 30 分間反応させた。反応後、吸光度をマイクロプレートリーダー (750nm) により測定した。標準として没食子酸を使用し、試料中のポリフェノール量を没食子酸換算で表した。

サツマイモおよびレンコンはいずれも抽出と分析を2回行い、平均値を示した。それ以外の試料は1回の抽出による分析値である。

(3) 抗酸化活性と総ポリフェノール量の相関性

試料中の抗酸化活性と総ポリフェノール量との相関性をピアソンの相関解析を用いて検定した⁶⁾。

3 結果と考察

3・1 穀類, いも類, 野菜類, 藻類等

表1に穀類, いも類, 野菜類, 藻類等の抗酸化活性および総ポリフェノール量を示した。

抗酸化活性は阿波晩茶茶葉, フキノトウ, レンコン (節), 藍葉の順に高値を示した。阿波晩茶は3月から4月頃に製造する「春晚茶」よりも「夏晩茶」(7月から8月)の方が若干高かった。フキノトウ (フキの花序) 用の新品種として育成された「あわ春香」⁷⁾は在来種である「みさと」より高値となった。藍葉, サルナシ (別名シラクチカズラ) の果実, サツマイモ (つる), 藍種子といった食品として未利用である試料は比較的高値を示した。参考として, ナス, タマネギ, キャベツの値を示した³⁾。

ソバは, 甘皮 (種皮) の方が外皮 (ソバ殻) よりも高かった。野沢菜およびレンコン (可食部) はともに同程度の値を示した。徳島県の在来種である太キ

ュウリはキュウリ (白いぼキュウリ) の 1.5 倍となった。

一方, ワカメ, スジアオノリ等の藻類は比較的低値を示した。カロテノイド類が多く含まれているこれらの試料では, ORAC 法では低い測定値になる¹⁾ため, 一重項酸素吸収能 (singlet oxygen absorption capacity; SOAC) 法⁸⁾を用いて評価する必要がある。

果実類を含め, すべての試料中の抗酸化活性と総ポリフェノール量との相関性を検討したところ, 相関係数が 0.889 を示し, 極めて強い相関があることが分かった。既報⁹⁾⁻¹¹⁾と同様に, ポリフェノール, 特に親水性画分が抗酸化活性の主成分であることが分かった。しかし, レンコン (節), ソバ粉 (外皮), スジアオノリではポリフェノール量が多くても抗酸化活性が低く, ポリフェノール組成等の詳細な検討が必要である。

表1 穀類, いも類, 野菜類, 藻類等の抗酸化活性および総ポリフェノール量

	抗酸化活性 ($\mu\text{molTE/g}$)	総ポリフェノール ($\text{mg}/100\text{g}$)
阿波晩茶茶葉 (夏晩茶)	1047.5	5754.8
阿波晩茶茶葉 (春晚茶)	1017.6	4902.9
フキノトウ (あわ春香)	845.5	2414.9
フキノトウ (みさと)	662.4	1788.2
レンコン (節)	512.6	4077.5
藍葉 (白花小上粉)	306.0	1234.5
サルナシ (果実)	297.1	1138.2
フキ (みさと)	263.9	759.6
ナス ³⁾	249.6	-
フキ (あわ春香)	203.9	623.8
サツマイモ (つる)	199.5	784.2
ソバ粉 (甘皮)	169.2	842.4
藍種子 (赤茎小千本)	121.8	499.7
藍種子 (白花小上粉)	114.1	385.4
野沢菜	104.5	216.4
レンコン (可食部)	103.8	479.7
タマネギ ³⁾	75.2	-
ソバ粉 (外皮)	61.7	767.0
キャベツ ³⁾	50.0	-
太キュウリ	37.9	197.6
キュウリ	25.6	165.0
ソバ粉 (胚乳)	24.1	97.5
ワカメ (配偶体)	22.1	130.0
スジアオノリ	20.8	243.8
ワカメ (胞子体)	20.7	19.2
サツマイモ	15.8	70.1
ミリンソウ	8.1	75.2
フノリ	2.4	69.2

注) 食品として未利用の試料には下線を付けた。

機能性素材として比較，検討を行うには，単位重量あたりの抗酸化活性の比較だけでなく，1回に摂取する量や加熱処理（ゆで，焼き等）の影響を考慮する必要がある。

3・2 柑橘類

表2に柑橘類の抗酸化活性および総ポリフェノール量を示した。

柑橘類の果皮の抗酸化活性は，スダチが最も高く，ユコウ，阿波すず香，ユズの順に続いた。柑橘類の果皮は苦味が強いため，食品素材としては未利用であるが，抗酸化活性に着目した機能性素材として利用価値が高いと考えられた。特にスダチ果皮に含まれるポリフェノールの一つであるスダチチンには様々な機能が報告されており^{12),13)}，その活用が期待できる。また，「阿波すず香」はスダチとユズの交配によって得られた新しい柑橘であり¹⁴⁾，ポリフェノールが多く含まれていた。

スダチ果汁の抗酸化活性はユズ果汁やユコウ果汁よりも高く，レモン果汁¹⁵⁾とほぼ同等であった。

表2 柑橘類の抗酸化活性および総ポリフェノール量

	抗酸化活性 ($\mu\text{molTE/g}$)	総ポリフェノール ($\text{mg}/100\text{g}$)
スダチ果皮	624.0	1920.0
ユコウ果皮	471.3	942.1
阿波すず香果皮	374.3	2068.5
ユズ果皮	248.6	812.1
スダチ果汁	13.3	24.6
レモン果汁 ¹⁵⁾	12.6*	-
ライム果汁 ¹⁵⁾	8.6*	-
ユズ果汁	7.8	45.6
ユコウ果汁	6.5	26.4

* $\mu\text{molTE/ml}$

4 まとめ

- (1) 穀類，いも類，野菜類，藻類等の抗酸化活性を測定した結果，阿波晩茶茶葉，フキノトウ，レンコン（節），藍葉の順に高値を示した。また，藍葉，サルナシの果実，サツマイモ（つる），藍種子といった食品として未利用である試料は比較的高値を示した。
- (2) 柑橘類の果皮の抗酸化活性は，スダチが最も高く，ユコウ，阿波すず香，ユズの順に続いた。

- (3) すべての試料において，抗酸化活性と総ポリフェノール量は極めて強い相関があることが分かった。

参考文献

- 1) 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ORAC法の有用性と他の測定法との相関性．”化学と生物，2009，47，p. 237-243.
- 2) 石川（高野）祐子．“農産物・食品の抗酸化能測定法（酸素ラジカル吸収能（ORAC）法）の妥当性確認．”食品の試験と研究，2013，No. 48，p. 19-24.
- 3) Watanabe, J., Oki, T., Takebayashi, J., Yamasaki, K., Takano-Ishikawa, Y., Hino, A. and Yasui, A. “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., 2012, 28, p. 159-165.
- 4) 金谷健一郎．“ポリフェノール類・総量”．新・食品分析法 [II]．（社）日本食品科学工学会食品分析研究会，光琳，2006，p. 68-79.
- 5) 鶴田裕美，吉村臣史，澤田和敬．“農水産物の機能性を強化する加工条件の構築と応用—レンコンの部位ごとにおける成分および機能性比較—”佐賀県工技セ研報第23号，2014，p. 57-62.
- 6) 柳井久江．“ピアソンの相関関係の検定”．4Stepsエクセル統計（第3版）．オーエムエス出版，2011，p. 186-189.
- 7) 高木一文，小角順一，武内徹郎，三木健司．“ふきのとう用フキ新品種‘あわ春香’の育成．”徳島農技セ研報第1号，2014，p. 1-6.
- 8) Wakagi, M., Watanabe, J., Takahashi, S., Yasui, A., and Takano-Ishikawa, Y. “Inter-laboratory validation study of a singlet oxygen absorption capacity assay method for determining the antioxidant capacities of antioxidant solution and food extracts.” Food Sci. Technol. Res., 2017, 23, p. 481-485.
- 9) 中川敏法，永田敏郎，大貫宏一郎，森高正博，福田晋，清水邦義．“福岡県糸島産農産品の抗酸化活性を指標とした機能性評価．”九大農学芸誌，2016，71，p. 29-35.

- 10) 高橋学, 樋口誠一. “県内植物資源に由来する機能性ポリフェノールの探索.” 埼玉県産技セ研報, 2007, 5, p. 81-84.
- 11) 木村英生, 樋口かよ, 小嶋匡人, 橋本卓也. “地域特産物の抗酸化力向上に関する研究.” 山梨県工技セ研報第 25 号, 2011, p. 64-67.
- 12) Tsutsumi, R., Yoshida, T., Nii, Y., Okahisa, N., Iwata, S., Tsukayama, M., Hashimoto, R., Taniguchi, Y., Sakaue, H., Hosaka, T., Shuto, E. and Sakai, T. “Sudachitin, a polymethoxylated flavone, improves glucose and lipid metabolism by increasing mitochondrial biogenesis in skeletal muscle.” *Nutr. Metab.*, 2014, 11, 32.
- 13) Mitani, M., Minatogawa, Y., Nakamoto, A., Nakamoto, M., Shuto, E., Nii, Y. and Sakai, T. “Sudachitin, polymethoxyflavone from *Citrus sudachi*, enhances antigen-specific cellular and humoral immune responses in BALB/c mice.” *J. Clin. Biochem. Nutr.*, 2019, 64, p. 158-163.
- 14) 中島光廣, 徳永忠士, 新居美香, 津村哲宏, 阪口優, 山尾正実. “三倍体香酸カンキツ新品種‘阿波すず香’の育成.” 徳島農技セ研報第 2 号, 2015, p. 9-12.
- 15) Wu, X., Beecher, G.R., Holden, J.M., Haytowitz, D.B., Gebhardt, S.E. and Prior, R.L. “Lipophilic and Hydrophilic Antioxidant Capacities of Common Foods in the United States.” *J. Agric. Food Chem.*, 2004, 52, p. 4026-4037.