

加熱操作による天然色素のラジカル消去能への影響

高木 康之・*野呂亜沙美

(2020年2月28日受理)

Effects of heat treatment on radical scavenging ability of dietary coloring matter.

Yasuyuki TAKAGI・Asami NORO

要旨：We focus on the radical scavenging ability of dietary natural coloring matter. The purpose of this study was to compare the radical scavenging ability of dietary natural coloring matter obtained by different heat treatment methods. The radical scavenging ability of the natural coloring matter obtained by different heat treatment methods on the eggplant exocarp was measured by 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) method, and the DPPH radical scavenging ability was calculated by Trolox equivalent. As a result, it was confirmed that there was a difference in DPPH radical scavenging ability between the samples obtained by different heating treatment methods on the eggplant exocarp.

Key words：eggplant exocarp natural coloring matter radical scavenging ability

1. はじめに

最近、天然色素の生理機能についての研究が盛んに行われてきており、生体内でも様々な作用が認められてきている。天然色素のラジカル消去能は老化や癌、生活習慣病予防に重要であると考えられている¹⁾。また、生体内で発生したラジカル類を消去する抗酸化成分を多く含む食品を日常積極的に摂取することは健康増進や疾病予防に重要であるとの考え方が一般化している²⁾。そこで天然色素のもつラジカル消去能に着目し、異なる加熱操作による天然色素のラジカル消去能への影響についてナスを用いて比較検討したので報告する。

2. 方法

1) 試料：試料は市販の長ナス、中長ナス、丸ナスの3種類を用いて、それぞれ「生」、「焼き」、「電子レンジ」、「茹で」の状態のものを用いた。なお、「焼き」については、セラミック

ヒータ上でガスバーナーにて弱火で10分加熱した。「電子レンジ」については、700Wにて30秒加熱を5回で計150秒加熱した。「茹で」については、平鍋を用いて10分間加熱した。

2) 試料の調製：試料の調製は、三上ら³⁾の方法を参考にして調製した。「生」及び「焼き」、「電子レンジ」、「茹で」での各加熱操作後のナスの外果皮（厚さ約1mm）をそれぞれ10 g採取し蒸留水10 mlを加え乳鉢で磨砕し搾汁し濾紙（No.2）で濾過したものを試料とした。

3) ラジカル消去能の測定：ラジカル消去能の測定はDPPH法により行い立山ら⁴⁾の方法を参考にして行った。試験管に400 μ M DPPH (1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) (Wako製)：0.2M MES (2-morpholino ethane sulphonic acid) buffer (pH6.0)：エタノール：蒸留水：測定用試料溶液 (2：2：2：1：1) を加え20分反応させた後に520 nmにおける吸光度を測定した。

*三重大学大学院医学系研究科

試料添加量は30、60、90、120、150 (μl/assay) とした。なお、Troloxを用いてDPPHラジカル消去能の検量線を作成し、試料溶液のDPPHラジカル消去能をTrolox相当量として算出した。

(DPPH: それ自体が安定なラジカルであり、ラジカル消去物質が存在すると非ラジカル体に変化する (図1).)

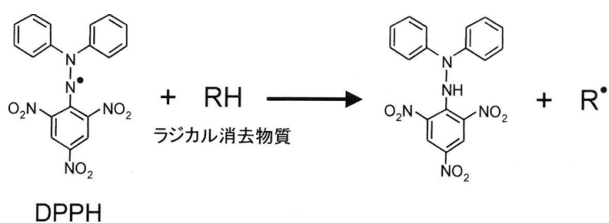


図1 DPPHとラジカル消去物質との反応スキーム

3. 結果と考察

図2に「生」の外果皮から調製した試料の吸光度の変化を、図3に「焼き」、図4に「電子レンジ」、図5に「茹で」の加熱操作を加えた外果皮から調製した試料の吸光度の変化をそれぞれのグラフに示す。図6に中長ナス、長ナス、丸ナスの異なる品種の外果皮から調製した「生」の試料の吸光度の平均値及び中長ナス、長ナス、丸ナスの異なる品種に「焼き」、「電子レンジ」、「茹で」の加熱操作を加えた外果皮から調製した試料の吸光度の平均値の変化をグラフに示す。図7にTroloxのDPPH溶液の吸光度の変化をグラフに示す。

中長ナス、長ナス、丸ナスの異なる品種の外果皮から調製した「生」の試料を用いてDPPHラジカル消去能の測定を行った結果、中長ナス、長ナス、丸ナスの品種から調製した各試料にDPPHラジカル消去能が認められた。また、その活性は中長ナス、長ナス、丸ナスの品種で添加濃度の増加にしたがい上昇した。中長ナス、長ナス、丸ナスの品種から調製した各試料間での比較では、DPPHラジカル消去能の値は同程度となり、品種が異なることによるDPPHラジカル消去能に差は認められなかった (図2)。

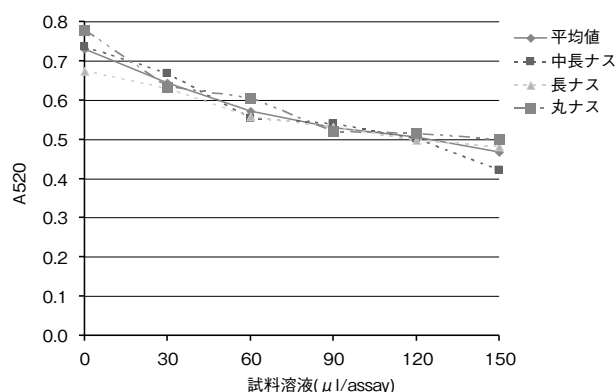


図2 「生」の試料溶液添加によるDPPH溶液吸光度の変化

中長ナス、長ナス、丸ナスの異なる品種から調製した「焼き」、「電子レンジ」、「茹で」の試料を用いてDPPHラジカル消去能の測定を行った結果、「生」と同様に中長ナス、長ナス、丸ナスの品種から調製した各試料にDPPHラジカル消去能が認められ、その活性は全ての品種で添加濃度の増加にしたがい上昇した。また中長ナス、長ナス、丸ナスの品種から調製した各試料間での比較では、「焼き」、「電子レ

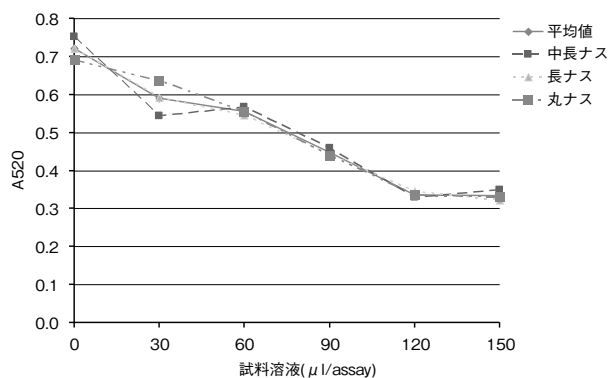


図3 「焼き」の試料溶液添加によるDPPH溶液吸光度の変化

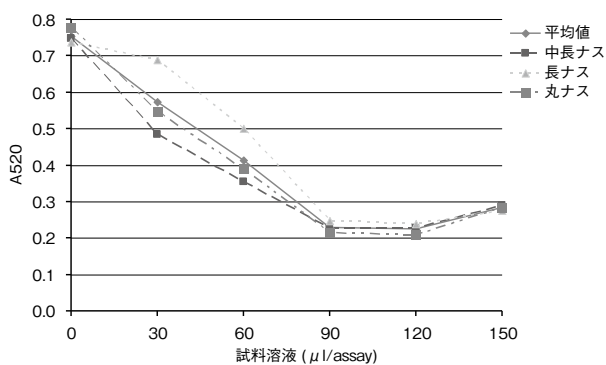


図4 「電子レンジ」の試料溶液添加によるDPPH溶液吸光度の変化

レンジ]、「茹で」でも「生」と同様にそれぞれの加熱操作においてDPPHラジカル消去能の値は同程度となり、品種が異なることによるDPPHラジカル消去能に差は認められなかった(図3~5)。

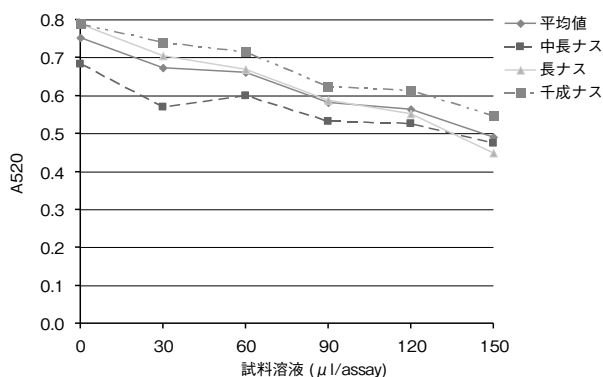


図5 「茹で」の試料溶液添加によるDPPH溶液吸光度の変化

ナスの特徴的な成分としてナスニンやクロロゲン酸が含まれている⁵⁾。クロロゲン酸はナスの種類に依存することなく、そのナスに含まれるクロロゲン酸の濃度に依存して強いラジカル消去を示す成分の一つと考えられる⁴⁾と報告されている。また、ナスの果皮色はアントシアニン系色素のデルフィニジンあるいはナスニンにより発色し、これらの色素の発現には特に370 nm以下の近紫外から紫外部の光線が重要とされ、光が弱いと果皮色が薄くなることが指摘されている⁶⁾。これらの成分は近年、機能性成分として注目されており、抗酸化作用をはじめ抗変異原性等多くの機能を有すること^{7,8)}が明らかになっている。よって、今回の実験結果から認められたラジカル消去能は、中長ナス、長ナス、丸ナスの品種が異なることによる差ではなく外果皮に含まれる天然色素の含量差によるものと思われる。すなわち強い紫外線領域の光が当たっていたか否かによるものがDPPHラジカル消去能に影響を及ぼすものと考えられる。したがって、ナスの外果皮に含まれるラジカル消去成分はナスの品種に依存することなく、ナスの外果皮に含まれるラジカル消去成分の濃度に依存してラジカル消去能を示したものと示唆される。

「生」の外果皮から調製した試料の吸光度の平均値及び各加熱操作での「焼き」、「電子レンジ」、「茹

で」の外果皮から調製した試料の吸光度のそれぞれの平均値でDPPHラジカル消去能を比較した結果、「生」、「焼き」、「電子レンジ」、「茹で」の全ての試料において添加量の増加にしたがいDPPHラジカル消去能が増強していた。これが特に顕著なのは、「電子レンジ」と「焼き」であり、「茹で」は「生」よりもDPPHラジカル消去能が減少していた(図6)。

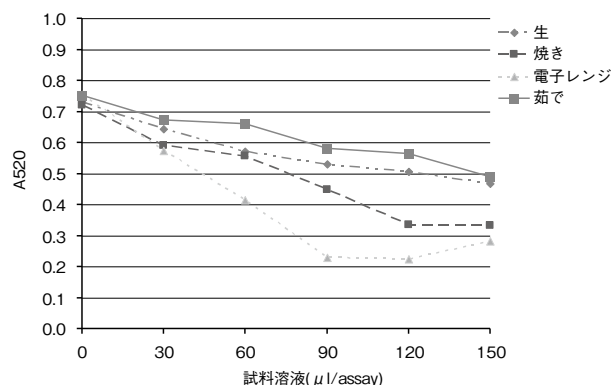


図6 「生」、「焼き」、「電子レンジ」、「茹で」の試料溶液添加によるDPPH溶液吸光度の変化

Troloxはラジカル消去能を有する物質であり、DPPHラジカルがTroloxにより非ラジカル体となると520 nmの特異的吸収は減少し溶液は次第に退色する。実験結果ではTroloxの520 nmの特異的吸収は添加量の増加にしたがい直線的に低下した。「生」及び「焼き」、「電子レンジ」、「茹で」の各加熱操作後の試料がもつ抗酸化能のTrolox相当量を求めるためTroloxのDPPH溶液吸光度の変化(図7)より関係式を求め、各加熱操作後の試料におけるDPPHラジカル消去での抗酸化能のTrolox相当量(nmol)を得た。すなわち試料90 μl添加時にお

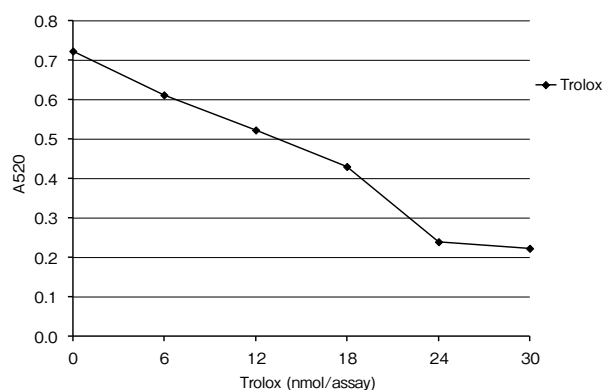


図7 TroloxのDPPH溶液吸光度の変化

ける「生」のTrolox相当量は9.4、「焼き」は14.0、「電子レンジ」は25.0、「茹で」は7.0となり、結果、「焼き」は「生」の1.49倍、「電子レンジ」は「生」の2.66倍、「茹で」は「生」の0.75倍となった。よって、ラジカル消去能の強い順に「電子レンジ」>「焼き」>「生」>「茹で」となり、異なる加熱操作によるナスの外果皮に含まれる天然色素のDPPHラジカル消去能への影響が確認された。

野菜を加熱することは酸化酵素を失活させ、抗酸化性の減少を抑制する上で重要である⁹⁾との報告がある。電子レンジでの加熱は、内部発熱作用を利用することでナスの昇温時間は短い。よって短時間の加熱により酸化酵素を失活させ、抗酸化性の減少を抑制することでDPPHラジカル消去能が生より高い値が得られたものと示唆される。

焼きの操作の過程では、外果皮の細胞壁が破壊され細胞内の抗酸化成分が流出しやすい状態となることが考えられる。このことから焼きの加熱では、外果皮の細胞壁の破壊や軟化により細胞内の抗酸化成分が流出し自動酸化を受けたことで、電子レンジ加熱よりDPPHラジカル消去能が低下したと思われる。しかし、生と比較するとDPPHラジカル消去能の値は1.49倍と高い。焼きの加熱ではマイヤール反応でメラノイジンが生成される。メラノイジンには抗酸化作用があることが知られている¹⁰⁾。したがって、生よりDPPHラジカル消去能が高くなった要因には、このメラノイジンによる抗酸化作用の可能性が考えられる。

茹でによる加熱では、栄養・機能性成分は加熱自体による破壊は受けにくいものの、アントシアニンをはじめとする多くのフラボノイド配糖体やクロロゲン酸類などのポリフェノール類は茹で水に溶け出すため失われやすいとの報告¹¹⁾がある。橘田らは水ナスの外果皮でDPPHラジカル活性に関与する主要成分はアントシアニンであると推定できる¹²⁾と報告している。よって、茹でによる加熱が生0.75倍の減少値となったのは、活性成分が茹で汁などの熱媒体に溶出したことによるものと推察される。

4. まとめ

天然色素のもつラジカル消去能に着目し、ナスの外果皮を用いて異なる加熱操作による天然色素のラジカル消去能への影響について検討した結果、ナスの外果皮に含まれるラジカル消去成分はナスの品種に依存することなく、ナスの外果皮に含まれるラジカル消去成分の濃度に依存してラジカル消去能を示したものと示唆された。

「生」及び「電子レンジ」、「焼き」、「茹で」の各加熱操作後のナスの外果皮から調製した試料を用いてDPPHラジカル消去能をTrolox相当量で算出した結果、DPPHラジカル消去能の強い順に「電子レンジ」>「焼き」>「生」>「茹で」となり、異なる加熱操作によるナスの外果皮に含まれる天然色素のDPPHラジカル消去能への影響が確認された。

参考文献

- 1) 五十嵐喜治, 食品素材成分としてのアントシアニンの生理機能, FFI JOURNAL, No.187, pp.17-29 (2000)
- 2) 井上正康, 活性酸素と医食銅源, 共立出版, pp.2-13 (1996)
- 3) 三上奈々, 若林舞, 佐藤あゆみ, 人見英里, 調理・加工した山口県産トマト、ナス及びカボチャの抗酸化性, 科学・技術研究, Vol.8, No.1, pp.61-68 (2019)
- 4) 立山千草, 五十嵐喜治, ナス果実の栽培品種・部位別のアントシアニン量, クロロゲン酸量およびラジカル消去活性, Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi, Vol.53, No.4, pp.218-224 (2006)
- 5) 寺原典彦, 太田英明, 吉玉国次郎 他, アントシアニンの生体調節機能, 「アントシアニン-食品の色と健康-」, 大庭理一郎, 五十嵐喜治, 津久井重紀夫編, 建帛社, p4, p9, pp.130-131 (2000)
- 6) 川嶋和子, 山下文秋, 矢部和則, 反射マルチ利用によるナス品種「とげなし紺美」の品質及び収量の向上, Res. Bull. Aichi Agric. Res. Ctr., Vol.41, pp.77-83 (2009)
- 7) 五十嵐喜治, 食品素材によるアントシアニンの多様性と機能-アツミカブを中心として-, 日本食生活学会誌, Vol.15, pp.4-11 (2004)
- 8) 五十嵐喜治, 佐藤充克, 寺原典彦, 津田孝範, 津志田藤二郎, 梶本修身, アントシアニンの生体調節機能, 「アントシアニン-食品の色と健康-」, 大庭理一郎, 五十嵐喜治, 津久井重紀夫編, 建帛社, pp.103-186 (2000)
- 9) 山口智子, 調理過程における野菜類の抗酸化性の評価に関する研究, 日本調理科学会誌, Vol.45, No.2, pp.88-95 (2012)
- 10) 長澤治子, 食品学・食品機能学・食品加工学 第2版, 医歯薬出版株式会社, pp.128-131 (2012)
- 11) 吉田企世子, 流通・保存・調理過程における食品中のビタミン・ミネラル含有量の変動, Food Style 21, Vol.1, No.1, pp.71-76 (1997)
- 12) 橘田浩二, 中村隆, 森田尚文, 今堀義洋, 鈴木敏征, 池田英男, 「水ナス」果実の抗酸化活性並びに外傷によるその活性増大, 園芸学研究, Vol.42, pp.229-232 (2005)