

県産サツマイモの抗酸化活性とポリフェノールに及ぼす加熱調理の影響 Effect of Cooking with Heat on Antioxidative Activity and Polyphenol Content of Sweet Potato

新居 佳孝*, 池田 絵梨*
NII Yoshitaka and IKEDA Eri

抄 録

徳島県はサツマイモの全国有数の産地であり、ほとんどが鳴門市を中心とする砂地畑で栽培されている。サツマイモに含まれるポリフェノールの一種であるクロロゲン酸は、調理後の褐変に関与し、さらに食味を低下させる成分であると認識されてきた。しかし、ポリフェノールは抗酸化活性を有しており、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生じた活性酸素を消去し、生活習慣病の発症を抑制するといわれている。そこで、徳島県内の産地別に入手したサツマイモのポリフェノールおよびORAC法による抗酸化活性を測定するとともに、加熱調理（焼き、蒸し）の影響についても検討した。分析した結果、サツマイモの抗酸化活性は、加熱調理することにより、生の試料に比べて増加する傾向がみられた。これは、ポリフェノール総量が増加することに起因すると考えられた。特にサツマイモに含まれるポリフェノールの中で、クロロゲン酸が増加することが分かった。

1 はじめに

徳島県はサツマイモの全国第5位の産地（収穫量27,300t, 2019年）¹⁾であり、ほとんどが鳴門市を中心とする砂地畑で栽培されている。この地域で栽培されているサツマイモの品種は、高系14号から皮色が赤く、外観が優れた系統を選抜したものであり「なると金時」と呼ばれている。

サツマイモは青果用（焼き芋、蒸し芋など）として食されるほか、菓子などの加工食品原料、でん粉原料、アルコール原料等として広く用いられている。サツマイモに含まれるポリフェノールの一種であるクロロゲン酸は、調理後の褐変に関与し、さらに食味を低下させる成分であると認識されてきた^{2), 3)}。しかし、ポリフェノールは抗酸化活性を有しており、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生じた活性酸素を消去し、生活習慣病の発症を抑制するといわれている^{4), 5)}。そこで、徳島県内の産地別に入手したサツマイモのポリフェノールおよび抗酸化活性を測定するとともに、加熱調理（焼き、蒸し）の影響についても検討した。抗酸化活性は前報⁶⁾と同様に酸素ラジカル吸収能力（Oxygen Radical Absorbance Capacity; ORAC）法により測定した⁷⁾。

2 実験方法

2・1 試料の調製

市販の徳島県産サツマイモ（なると金時）を産地別（産地A: 鳴門市里浦町, 産地B: 徳島市川内町, 産地C: 鳴門市大津町）に購入した。表面を洗浄した後、ほぼ均等になるように4分割し、生試料（皮むき、皮つき）と加熱試料（焼き、蒸し）とに分けた。加熱試料はともに皮つきとした。「焼き」については、オーブンレンジ（RE-RZ1, シャープ（株））にて230℃, 25分間加熱した。「蒸し」については、蒸し器を用いて、沸騰後30分間加熱した。

試料は、凍結乾燥（FZ-12, LABCONCO）した後、ミルサー（IFM-700G, 岩谷産業（株））を用いて粉末化した。試料は、分析に用いるまで-35℃で保存した。

2・2 分析方法

（1）ORAC法による抗酸化活性測定

粉末化した試料を1g精秤し、ヘキサソール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℃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。

* 食品・応用生物担当

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⁷⁾。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。

(2) 総ポリフェノールの分析

試料の総ポリフェノールはフォーリン-チオカルト法により分析した^{8), 9)}。抗酸化活性の測定に用いた MWA 溶液 $10\mu\text{L}$ 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) $75\mu\text{L}$ 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 $75\mu\text{L}$ 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。試料中のポリフェノール量は没食子酸換算で表した。

(3) クロロゲン酸およびカフェ酸の分析

試料のクロロゲン酸およびカフェ酸は高速液体クロマトグラフ (HPLC) (LC-10Avp, (株) 島津製作所) を用いて同時分析した。粉末化した試料を 0.1g 精秤し、70%メタノール 20mL を加えて、10 分間攪拌した後、遠心分離 (3,000rpm, 5 分) した。上清を 50mL に定容し、フィルターろ過した後、 $10\mu\text{L}$ を HPLC に注入した。カラムは ODS カラム (COSMOSIL Cholester, 4.6mmID x 150mm, ナカライテスク (株)) を用い、カラム温度 30°C に設定した。移動相は A 液 (20mmol/L リン酸緩衝液 (pH2.5)) と B 液 (メタノール) を用い、B 液を 20 分で 10% から 50% まで直線的に上昇させる勾配を設定し、流速 $1.0\text{mL}/\text{min}$ にて送液した。検出波長は 290nm とした。

(4) アントシアニンの分析

試料のアントシアニンは伊藤ら¹⁰⁾の方法により分析した。粉末化した試料を 0.1g 精秤し、1%塩酸メタノール溶液 5mL を加え、暗所にて 24 時間放置した後、遠心分離 (3,000rpm, 10 分) した。上清を採取し、吸光度 (530nm) を吸光度計 (UV-1800, (株) 島津製作所) により測定した。試料中のアントシアニン量はシアニジン-3-グルコシド換算で表した。

3 結果と考察

3・1 加熱によるサツマイモの抗酸化活性の変化

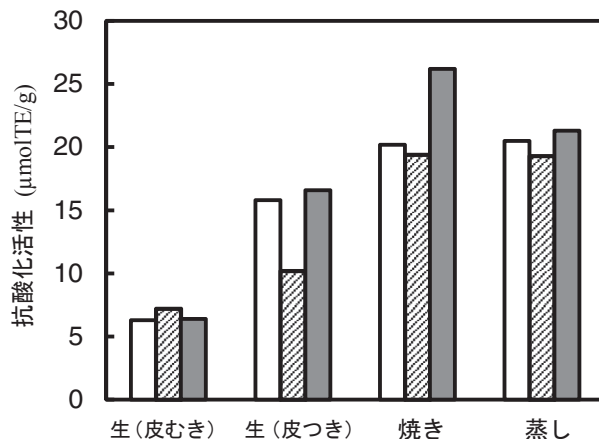


図1 加熱によるサツマイモの抗酸化活性の変化

□:産地 A, ▨:産地 B, ■:産地 C

サツマイモの抗酸化活性を測定した結果、生 (皮むき) においては、産地間による差はみられなかった。皮つきでは、抗酸化活性が1.4~2.5倍増加した。試料を加熱調理することにより、さらに増加する傾向がみられた (図1)。

3・2 加熱によるサツマイモのポリフェノール組成の変化

試料中の抗酸化活性と総ポリフェノール量の間には極めて強い相関があり、抗酸化活性の主成分はポリフェノールであると報告されている⁵⁾。そこで、加熱により抗酸化活性が増加する原因を明らかにするためにポリフェノール組成を測定した (図2)。

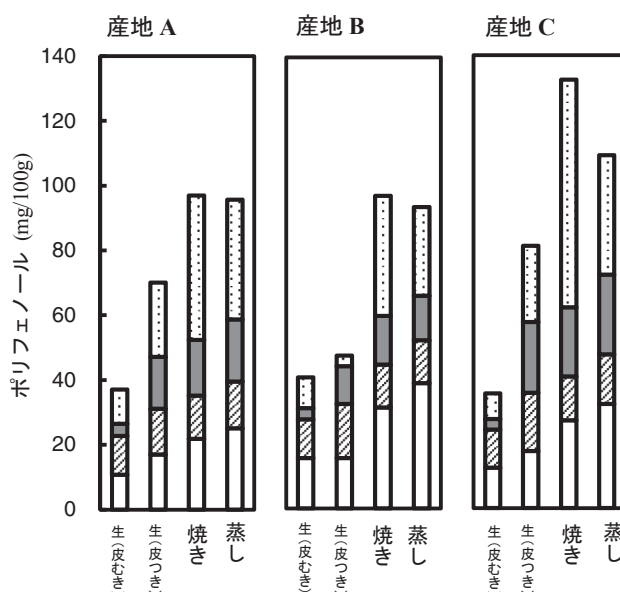


図2 加熱によるサツマイモのポリフェノール組成の変化

□:クロロゲン酸, ▨:カフェ酸, ■:アントシアニン, ▤:その他

生（皮付き）試料では、皮に含まれるアントシアニンおよびクロロゲン酸の影響により総ポリフェノール量が増加した。なお、サツマイモに含まれる主要なポリフェノールはクロロゲン酸であると報告されており^{11), 12)}, サツマイモの周皮に著しく多く含まれている¹³⁾。

今回の実験結果では、加熱調理により、ポリフェノールの総量が増加する傾向を示した。特に、クロロゲン酸は加熱により増加する傾向を示した。しかし、クロロゲン酸の加熱分解により生じるカフェ酸には加熱調理による影響は見られなかった。

柴田ら³⁾は、サツマイモを蒸した場合ではクロロゲン酸が保持されるが、オーブン焼き（230℃）の場合では減少すると報告している。これはクロロゲン酸が100℃程度では安定であるが、高温では熱分解することを示している。一方、徳田ら¹⁴⁾はカンショ（サツマイモ）を60℃で通風乾燥すると抗酸化活性、ポリフェノールともに大きく減少すると報告している。蒸し、焼き（100℃）処理した場合でも減少しており、カンショの抗酸化成分は耐熱性が低いと結論づけている。その他、中川と日高¹⁵⁾はゴボウとニンジン葉のクロロゲン酸は加熱処理（ゆで、蒸し、加熱蒸気）により、処理前に比べて大きな変化はみられないと報告している。

柴田ら³⁾は、加熱時間の長い調理法においてクロロゲン酸誘導体の構成比が変化すると報告している。今回の実験結果では、いずれの加熱処理でも「その他」に該当するポリフェノール成分が増加している。この点については、クロロゲン酸誘導体など新たな物質が生成している可能性を含め、さらに検討する必要がある。なお、産地間による差は認められなかった。

日本人女性の1日当たりのポリフェノール摂取量は平均849mgであると報告されている¹⁶⁾。一方、フランスなど欧州での研究では平均800-1,200mgであると報告されている¹⁶⁾。日本人の主なポリフェノール摂取源はコーヒーと緑茶が63%を占め、野菜や果物からの摂取が欧州より少ないことが指摘されている¹⁶⁾ことから、新たな摂取源が求められている。今回の測定結果から、焼き芋もしくは蒸し芋を1本（Mサイズ、生重量で200g相当）摂取した時のポリフェノール量は約70mgであると算出した。比較的多量に

摂取できるサツマイモは、ポリフェノールの主要な供給源となり、機能性素材として活用できる可能性がある。

4 まとめ

(1) サツマイモの抗酸化活性は、加熱調理することにより、生の試料に比べて増加する傾向がみられた。

(2) サツマイモの加熱調理により、ポリフェノール総量が増加する傾向を示した。ポリフェノールのうち、クロロゲン酸が増加することが分かった。

参考文献

- 1) 農林水産省生産流通消費統計課。“令和元年産かんしょの作付面積及び収穫量”。農林水産省。2020-02-04。
<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/index.html> (参照 2020-08-28)。
- 2) 下園英俊, 時村金愛, 池田健一郎, 馬場透, 津志田藤二郎。“酵素処理によるサツマイモの調理後黒変の抑制”。食科工, 2000, 47, p. 503-508。
- 3) 柴田圭子, 渡邊容子, 根岸由紀子, 安原安代。“サツマイモのクロロゲン酸誘導体および DPPH ラジカル捕捉活性に及ぼす加熱調理の影響”。調理誌, 2005, 38, p. 324-332。
- 4) 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。
- 5) 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”。食品の試験と研究第 48 号, 2013, p. 19-24。
- 6) 新居佳孝, 池田絵梨。“県産農産物の抗酸化活性とポリフェノール量”。徳島県立工業技術センター研究報告, 2019, 28, p. 1-4。
- 7) 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。

- 8) 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.
- 9) 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—”. 平成26年度佐賀県工業技術センター研究報告書, 2014, p. 57-62.
- 10) 伊藤満敏, 大原絵里, 小林篤, 山崎彬, 梶亮太, 山口誠之, 石崎和彦, 奈良悦子, 大坪研一. “有色素米の抗酸化能とポリフェノール含量の測定”. 食科工, 2011, 58, p. 576-582.
- 11) 黒澤祝子. “調理法によるさつまいもの色と味について”. 同志社女子大学術研究年報, 1974, 25, p. 238-251.
- 12) Hayase, F. and Kato, H. “Antioxidative components of sweet potatoes.” J. Nutr. Sci. Vitaminol., 1984, 30, p.37-46.
- 13) 小口悦子, 小林恵子, 津久井亜紀夫, 永山スミ. “甘藷のクロロゲン酸量について”. 東京家政学院大学紀要, 1990, 30, p. 29-32.
- 14) 徳田正樹, 山本展久, 佐野一成. “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—”. 平成29年度大分県産業科学技術センター研究報告, 2017, p. 41-47.
- 15) 十川隆博, 日高照利. “機能性を活かす加工技術の開発—ゴボウおよびニンジン葉の加熱処理によるクロロゲン酸の挙動—”. 宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告第50号, 2005, p. 95-98.
- 16) Fukushima, Y., Tashiro, T., Kumagai, A., Ohyanagi, H., Horiuchi, T., Takizawa, K., Sugihara, N., Kishimoto, Y., Taguchi, C., Tani, M. and Kondo, K. “Coffee and beverages are the major contributors to polyphenol consumption from food and beverages in Japanese middle-aged women.” J. Nutr. Sci., 2014, 3, p. 1-10.