

ポテトチップス中の抗酸化成分について

Antioxidative Compounds in Potato Chips

三好 隆行^{*§} 石原 克之 中村 和哉 古賀 秀徳

Takayuki Miyoshi Katsuyuki Ishihara Kazuya Nakamura Hidenori Koga

A study was conducted to determine how frying slices of potato would enhance the antioxidative activity. The content per unit weight of such antioxidants as L-ascorbic acid and chlorogenic acid in raw potato was nearly doubled when the slices were fried. Ultrafiltration of the water-soluble extract taken from the potato chips revealed the medium molecular weight fraction of 3,000 to 20,000 to have high anti-oxidative activity, although the amount was small. This medium molecular weight fraction had a strong brown color, due to melanoidin. There was a large amount of the fraction with a molecular weight of less than 3,000, and this fraction contributed 91% of the total antioxidative activity. It appears that chlorogenic acid and melanoidin were responsible for the antioxidative activity of this low molecular weight fraction.

The DPPH radical scavenging activity of 19 kinds of potato snack foods was compared. There was higher activity in the potato chips made from raw potato than in those that had been more highly processed.

キーワード: ポテトチップス potato chips: ラジカル消去活性 radical scavenging activity: メイラード反応 Maillard reaction: L-アスコルビン酸 L-ascorbic acid: クロロゲン酸 chlorogenic acid

緒 言

ジャガイモ (*Solanum tuberosum*) は世界の 79% の国々で栽培されており、生産量は小麦、トウモロコシ、米に次いで第 4 位の重要作物である¹⁾。ジャガイモには抗酸化ビタミンであるビタミン C が豊富に含まれている²⁾。またポリフェノールの一種であるクロロゲン酸も多く含まれており、強い抗酸化活性を有した食材である^{3)~4)}。しかし既報の多くは未調理の生芋、もしくは水煮など比較的低温下で調理された食品に関する抗酸化性についての報告であり、ポテトチップスのような高温短時間でフライ調理された食品の抗酸化性についての報告はほとんど見当たらない。ジャガイモには還元糖や遊離アミノ酸も含まれるため、フライ調理の過程で褐変色素が生成する⁵⁾。アミノ酸と還元糖を加熱して得られるモデルメラノイジンには抗酸化活性があり⁶⁾、本みりん⁷⁾ や味噌⁸⁾ などの食品中に含まれるメラノイジンにも同様の機能があることが報告されている。

従来は嗜好性が第一に求められた菓子類にも、近年、「健康機能性」が要求されるように消費者の意識が変化してきた⁹⁾。そこで本研究では、ポテトチップスのフライ調理に伴う含有成分の変化と抗酸化性に関して検討した。さらに、市販されているジャガイモフライ製品を対象に比較調査したので報告する。

実験方法

1. 試料

1) ポテトチップスの調製

ポテトチップスのフライ調理に伴う含有成分の変化を調べるため、ポテトチップスの調製を行った。原料のジャガイモには平成 16 年度鹿児島県産トヨシロを用いた。芋を水洗して表面の土を落とし、1.6 mm 厚にスライスした後、水に浸してスライス面に残った澱粉等を洗い流し、表面付着水をペーパーにて除去したものを揚げ種としてフライ調理に供した。電磁フライヤー (18 kg 容量、エイシン電機製) を使用して、設定温度を 180℃ とし植物油を加熱し、1 回にジャガイモスライスを約 200 g 投入して 3 分間フライ調理し、これを 3 回行った。

2) メイラード反応生成物の調製

ジャガイモの遊離アミノ酸、還元糖含有量の分析結果 (Table 1.) から、同じ組成となるようにアミノ酸、還元糖を 20 mM リン酸緩衝液 (pH 6.6) に溶解して混合溶液を調製した。ガラス繊維ろ紙 (アドバンテック製, GA-200, φ25 mm, 0.75 mm) 1 枚につき混合溶液を 400 μl 浸透させ、180℃ に加熱した植物油内で 1 分間フライした。フライ処理したガラス繊維ろ紙を n-ヘキサンで脱油した後、超純水を加えてメイラード反応生成物を抽出した。抽出水溶液を凍結乾燥し、遮光下で -20℃ にて保存した。

3) 市販ジャガイモフライ製品供試サンプル

ポテトチップスを含むジャガイモフライ製品を調査対象とした。さいたま市内のスーパーマーケットで市販されていた商品 19 品種 (ポテトチップス (7 品目)、成型ポテトチップス (5 品目)、ポテトスナック (7 品目)) を購入し

* カルビー株式会社 R&DDE センター
(CALBEE FOODS CO., LTD. R&DDE Center)

§ 連絡先 カルビー株式会社 R&DDE センター 〒321-3231
栃木県宇都宮市清原工業団地 23-6
TEL 028(670)0766 FAX 028(670)0767

Table 1. Nutrition components in potato and in potato chips.

	Content	Potato	Potatochips
Water	(%)	77.6±3.7	2.0±0.0
Lipid	(%)	no data	37.7±0.2
Ascorbic acid	(mg/100 g·dry)	89.8±11.6	43.4±1.6
Chlorogenic acid	(mg/100 g·dry)	45.9±21.2	17.7±0.3
Monosaccharide	(mg/100 g·dry)		
Fructose		114.9±57.5	57.3 (n=1)
Glucose		172.4±0.0	81.0 (n=1)
Amino acid	(mg/100 g·dry)		
Asp		72.8±2.3	50.9±2.8
Glu		255.6±12.6	148.8±8.6
Asn		481.5±12.9	322.6±19.0
Ser		17.6±0.7	9.1±0.3
Gln		251.4±6.8	42.7±9.0
His		29.3±0.6	16.7±2.7
Gly		6.2±0.1	4.8±0.3
Thr		33.1±0.9	18.1±1.6
Arg		71.9±2.0	50.6±4.0
Ala		5.5±0.2	8.2±1.0
GABA		101.8±1.9	63.4±6.6
Tyr		26.3±0.7	14.4±0.8
Cys		0.0±0.0	0.0±0.0
Val		45.5±2.1	28.8±2.3
Met		26.7±1.0	14.5±1.6
Trp		18.3±0.2	9.9±0.9
Phe		21.5±0.9	13.1±0.7
Ile		20.1±0.8	11.1±0.9
Leu		7.5±0.4	2.4±0.2
Lys		40.8±1.1	16.8±0.6
Pro		11.6±1.2	5.5±0.4

(mean ± (Max - mean), n = 3)

て試料とした。

2. 試薬

試薬は全て和光純薬工業社製の特級試薬を使用した。

3. 抗酸化活性測定用の試料抽出液の調製

粉碎した試料 5 g に 50% (v/v) エタノール溶液 100 ml を加え、フードミキサー (ナショナル製 MX-X 103) で 1 分間攪拌抽出した。抽出液を遠沈管に移しかえ 3,500 rpm × 10 分で遠心分離を行い、上清を 0.45 μm フィルター (ミリポア製マイクレス-LH) でろ過し試料溶液とした。測定時、試料溶液は適宜 50% (v/v) エタノール溶液で濃度調整した。

4. ジャガイモ及びポテトチップスの成分分析

1) 水分の測定

ジャガイモ及びポテトチップスの水分は常圧加熱乾燥法¹⁰⁾にて測定した。

2) 油分の測定

油分はジメチルエーテルを使用したソックスレー抽出法¹⁰⁾にて測定した。

3) ビタミン C の測定

還元型ビタミン C (L-アスコルビン酸) および酸化型

ビタミン C (デヒドロアスコルビン酸) は HPLC 法にて測定した。

還元型アスコルビン酸の分析は下記の方法にて行った。50 ml 遠沈管に試料 2 g を秤量し、5% (w/v) メタリン酸溶液 20 ml を加えてホモジナイザーで粉碎し、遠心分離 (4℃, 3,500 rpm, 10 分) した後、上清を 0.45 μm フィルターでろ過して HPLC に供した。Agilent 製 1100 シリーズ HPLC を用いて、下記の分析条件で分析した。カラムは Kaseisorb-NH₂ (東京化成製, 4.6 mmI. D. × 250 mm, 3.5 μm), 移動相は A 液 (20 mM リン酸緩衝液 (pH. 3.3)), B 液 (アセトニトリル) を用い、A/B (1/3) の比率にて、流速は 1 ml/分、検出波長は 245 nm で測定した。

酸化型アスコルビン酸の分析は下記の方法にて行った¹⁰⁾。栓付試験管に分取した試料溶液 500 μl に 5% (w/v) メタリン酸溶液 500 μl を加え、インドフェノール溶液 100 μl を加え、2% (w/v) チオ尿素・メタリン酸溶液 2 ml を加え、最後に 2% (w/v) 2,4-ジニトロフェニルヒドラジン・4.5 mol/l 硫酸溶液 0.5 ml を加え、混和後、50℃ の湯浴中で 1.5 時間加温した後、水冷して室温に戻し、酢酸エチル 2 ml を加えて 1 時間攪拌し、酢酸エチル層を試料溶液として HPLC に供した。HPLC 分析は下記の分析条件で分析した。カラムは SSC PAK Silica-N (センシユー科学製, 4.6 mmI. D. × 150 mm, 3.5 μm), 酢酸/n-ヘキサン/酢酸エチル (1/4/5) の比率にて、流速は 1.5 ml/分、検出波長は 495 nm で測定した。

4) クロロゲン酸の測定

クロロゲン酸は HPLC 法¹¹⁾にて測定した。50 ml 遠沈管に試料 5 g を秤量し、50% (v/v) エタノール溶液 20 ml を加えてホモジナイザーで粉碎し、遠心分離 (4℃, 3,500 rpm, 10 分) した後、上清を 0.45 μm フィルターでろ過して HPLC に供した。Agilent 製 1100 シリーズ HPLC を用いて、下記の分析条件で分析した。カラムは Inertsil ODS-3 (GL サイエンス製, 4.6 mmI. D. × 250 mm, 3.5 μm), 移動相は A 液 (20 mM リン酸緩衝液 (pH. 3.3)), B 液 (アセトニトリル) を用い、A 液に対し B 液を 30 分で 5% から 30% となるようにし、流速は 1 ml/分、検出波長は 325 nm で測定した。

5) 還元糖量の測定

還元糖は HPLC 法¹²⁾にて測定した。試料 20 g を秤量し、40% (v/v) エタノール溶液 100 ml を加えてフードミキサーで粉碎し、遠心分離 (3,500 rpm, 5 分) した後、上清を 0.45 μm フィルターでろ過して HPLC に供した。Agilent 製 1100 シリーズ HPLC を用いて、下記の分析条件で分析した。カラムは Zorbax Carbohydrate Analysis Column (Waters 製, 4.6 mmI. D. × 150 mm, 3.5 μm), 移動相は A 液 (超純水), B 液 (アセトニトリル) を用い、A/B (1/3), 流速は 1.4 ml/分、示差屈折率検出器 HP 1100 RID で測定した。

6) 遊離アミノ酸量の測定

遊離アミノ酸はHPLC法にて測定した。50 ml 遠沈管に試料2 gを秤量し、75% (v/v) エタノール溶液20 mlを加えてホモジナイザーで粉碎した。粉碎懸濁液は還流抽出(80℃, 20分)し、ろ過をしてろ液を回収した。ろ過残渣は同じ粉碎、ろ過操作を繰り返して、ろ液を回収し、100 mlに定容後、0.45 μ m フィルターでろ過してHPLCに供した¹³⁾。HPLC分析は、1級アミノ酸にo-フタルアルデヒド(OPA)、2級アミノ酸に9-フルオレニルメチルクロロフォルメート(FMOC)を反応試薬に用いたポストカラム蛍光試薬誘導化法を用い、Agilent製1100シリーズHPLCを用いて、下記の分析条件で分析した。

カラムはZORBAX Eclipse-AAA (Waters製、4.6 mmI. D. $\times$ 150 mm, 3.5 μ m)、移動相はA液(40 mM リン酸緩衝液(pH.7.8))、B液(アセトニトリル/メタノール/水=45/45/10)を用い、A液に対しB液を18.1分で0%から57%となるようにし、流速は2 ml/分、検出波長は338 nm および262 nm で測定した。

5. ポテトチップス水溶性抽出物の分子量分画

調製したポテトチップスをミキサーで粉碎し、n-ヘキサンで脱脂をした。脱脂した試料10 gに超純水200 mlを加え攪拌後、冷暗所にて一晩保存した。浸漬液を吸引ろ過をして水溶性抽出液を回収した。ろ過残渣に超純水200 mlを加え、攪拌後、浸漬液を吸引ろ過し、これを2回繰り返した。水溶性抽出液を限外ろ過(アドバンテック製、日本、ULTRA FILTER、分画分子量20,000)し、得られた分子量20,000未満画分をさらに限外ろ過(ミリポア製Ultrafiltration Membranes、分画分子量3,000)した。限外ろ過によって得られた各画分は20 Pa以下の条件にて凍結乾燥(東京理化学器械製凍結乾燥機FDU-540、アルバック機工製真空ポンプUFS-003)をし、乾燥粉末は遮光下で-20℃にて保存した。

6. Sephadex LH-20 による分画

ゲルろ過クロマトグラフィー用充填剤Sephadex LH-20(アマシャムバイオサイエンス社)をガラスカラム(ϕ 10 $\times$ 450 mm)に充填して使用した。試料を添加する前にカラムを50% (v/v) メタノールにてよく平衡化しておいた。試料溶液200 μ lをカラムに添加し、50% (v/v) メタノールを移動相として流速1.0 ml/分で1.0 ml/tubeずつ分画した。回収した各フラクションは分光光度計(島津製作所製UV-160A)にて280 nm, 420 nmの吸光度を測定した。

7. DPPH ラジカル消去活性の測定

マイクロプレートを使った木村らの方法¹⁴⁾を一部変更して行った。DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)を50% (v/v) エタノール溶液に溶解し、200 μ mol/l DPPH溶液を調製した。96穴マイクロプレートに適宜希釈した試料溶液50 μ lと200 μ mol/l DPPH溶液150 μ lを加え、15分間攪拌後、マイクロプレートリーダー(バイオラッ

ド製Model 680)を用いて540 nmの吸光度を測定した。試料液の代わりに50% (v/v) エタノール溶液50 μ lを加えたものをコントロールとし、コントロールと試料溶液との吸光度の差を退色量として計算した。試料液の代わりにTrolox(6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid)標準溶液を用いて退色量を測定して検量線を作成し、試料100 g当たりのDPPHラジカル消去活性を μ mol Trolox相当量として算出した。

結果および考察

1. ジャガイモおよびポテトチップスの成分分析

フライ前のジャガイモおよびフライ後のポテトチップスの含有成分量を測定した結果をTable 1.に示した。乾燥重量当たりのL-アスコルビン酸量はフライ調理によって89.8 $\pm$ 11.6 (mg/100 g $\cdot$ dry) から43.4 $\pm$ 1.6 (mg/100 g $\cdot$ dry)に減少しており、ジャガイモに含まれていた約半分量が調理によって損失していた。一方でジャガイモには80% 近くあった水分がフライ調理によって2% まで減少しており、実際に摂取する湿重量当たりのL-アスコルビン酸量は、ジャガイモ20.1 $\pm$ 2.6 (mg/100 g $\cdot$ fresh) に比べポテトチップス42.5 $\pm$ 1.6 (mg/100 g $\cdot$ fresh)であった。フライ調理をすることで損失割合を上回る濃縮効果が期待でき、同じ摂取量でもL-アスコルビン酸が2倍以上摂取しやすくなると言える。日本人の食事摂取基準においてビタミンCの推奨量は成人で100 mg/日であるが、ポテトチップス50 gでその20% を摂取することができることになり、優れたビタミンの供給源であると考えられる。ジャガイモの主要ポリフェノールであるクロロゲン酸はフライ調理によって45.9 $\pm$ 21.2 (mg/100 g $\cdot$ dry) から17.7 $\pm$ 0.3 (mg/100 g $\cdot$ dry)と約60% 減少した。一方で、フライ調理に伴い水分が減少しているため、実際に摂取する湿重量当たりのクロロゲン酸量はジャガイモ10.3 $\pm$ 4.7 (mg/100 g $\cdot$ fresh) に比べポテトチップス17.3 $\pm$ 0.3 (mg/100 g $\cdot$ fresh)であった。フライ調理をすることで損失割合を上回る濃縮効果が期待でき、同じ摂取量でもクロロゲン酸が約1.7倍摂取しやすくなると言える。フライ調理によって水分が減少するため保存が利き、またそのまま食することができるため間食に適しており、以上のことから、ジャガイモが含有する抗酸化化合物を摂取するにはフライ調理は効率のいい調理法の1つであると考えられる。還元糖総量はフライ調理によって287.3 (mg/100 g $\cdot$ dry) から138.3 (mg/100 g $\cdot$ dry)とおおよそ半減し、遊離アミノ酸総量はフライ調理によって1,545.0 (mg/100 g $\cdot$ dry) から852.4 (mg/100 g $\cdot$ dry)と約45% 減少した。還元糖および遊離アミノ酸はポテトチップスの非酵素的褐変に大きく寄与しており¹³⁾、メイラード反応による減少と推測される。

Table 2. Fraction parameters by the ultra filtration.

Fraction (Range of MW)	Yield (mg)	Absorbance (O.D.420)	DPPH radical scavenging activity (Trolox $\mu\text{mol/g}$)	Total activity (Trolox μmol)
20,000 or more	190	0.096	3.7 ± 1.4	0.7
3,000 - 20,000	18	0.880	98.5 ± 1.4	1.8
smaller than 3,000	289	0.474	91.0 ± 6.3	26.3

(mean $\pm$ (Max - mean), n = 3)

The yield was rediluted to 10 mg/ml with ultrapure water then the absorbance was measured.

2. ポテトチップス水溶性抽出物の分子量分画

ポテトチップスの水溶性抽出物を限外ろ過し、分子量 20,000 以上、3,000 から 20,000、3,000 未満の 3 画分が得られた (Table 2)。最も収量が多かったのは分子量 3,000 未満の低分子画分であり、脱脂した試料 10 g から 289 mg 回収された。次に収量が多かったのは分子量 20,000 以上の高分子画分であり 190 mg が回収された。分子量 3,000 から 20,000 の中分子画分は回収量が最も少なく 18 mg であった。メイラード反応によって生成するメラノイジン色素は褐色の高分子化合物である。メラノイジン色素は特異吸収波長を持たず、反応の進行に伴って紫外吸収の増加が始まり、重合の進行に伴って可視部吸収へと広がって褐変が起こる¹³⁾。そこで、各分子量画分の褐変度を比較するため、各画分を 10 mg/ml の濃度になるように超純水に溶解し、420 nm の吸光度を測定した。最も褐変度が高かったのは中分子画分であり、次いで低分子画分であった。高分子画分はほとんど褐変を呈さなかった。各画分の DPPH ラジカル消去活性を測定したところ、中分子画分が 98.5 ± 1.4 (Trolox $\mu\text{mol/g}$) と最も高い活性を示し、次いで低分子画分が 91.0 ± 6.3 (Trolox $\mu\text{mol/g}$) であった。褐変度が高い画分ほど高いラジカル消去活性を示しており、ポテトチップスには分子量 20,000 未満の褐変色素が含まれており抗酸化活性を十分に有している食品であることが示唆された。一方、褐変度が低かった高分子画分は 3.7 ± 1.4 (Trolox $\mu\text{mol/g}$) とほとんど活性を有しておらず、澱粉など多糖類が主成分であるものと推測される。各分子量画分の収量と単位重量当たりの DPPH ラジカル消去活性を積算して総活性量を計算したところ、分子量 3,000 未満の低分子画分で水溶性抽出物全体の 91% の活性が認められた。

3. Sephadex LH-20 による分離

ポテトチップス水溶性抽出物の分子量 3,000 未満の低分子画分についてより詳細な検討をするため、Sephadex LH-20 クロマトグラフィーによる分画を行った (Fig. 1)。各フラクションの 280 nm、420 nm の吸光度を測定したところ、フラクション 11~15 において 420 nm の強い吸収ピークが見られた。フラクション 18~25、26~28 においては 280 nm の強い吸収ピークが見られ、フラクション 29

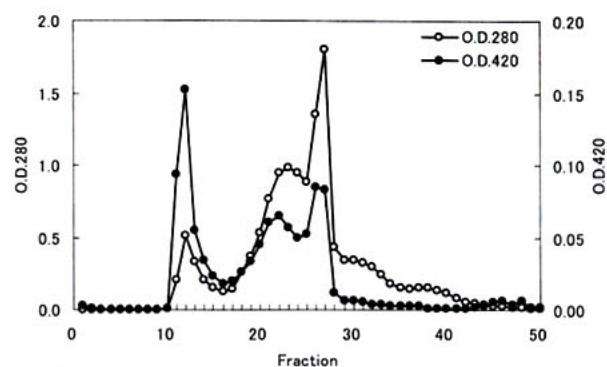


Fig. 1 Sephadex LH-20 gel filtration chromatography of low molecular filtrate (smaller than 3,000).

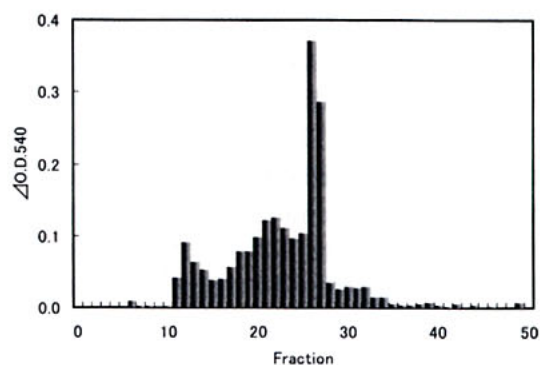


Fig. 2 DPPH radical scavenging activity of the Sephadex LH-20 fractions of low molecular filtrate (smaller than 3,000).

以降では 420 nm の吸収はほとんど見られなかった。Sephadex LH-20 クロマトグラフィーで得られたフラクションの DPPH ラジカル消去活性を測定した結果を Fig. 2 に示す。ラジカル消去活性は 280 nm もしくは 420 nm の吸光度が高かったフラクション 11~15、18~25、26~28 において高い活性を示した。各フラクションの L-アスコルビン酸、クロロゲン酸量を HPLC 法にて分析したところ、フラクション 26~28 からクロロゲン酸が検出された (Fig. 3)。一方、いずれのフラクション中からも L-アスコルビン酸は検出されなかった。同様に酸化型ビタミン C であるデヒドロアスコルビン酸 (DHA) 量を分析したところ、フラクション 28~30 から検出された。ポテトチップス中には L-アスコルビン酸が 43.4 (mg/100 g · dry)

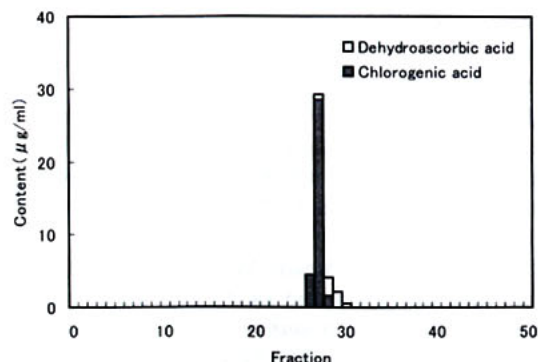


Fig. 3 Content of dehydroascorbic acid and chlorogenic acid in the Sephadex LH-20 fractions.

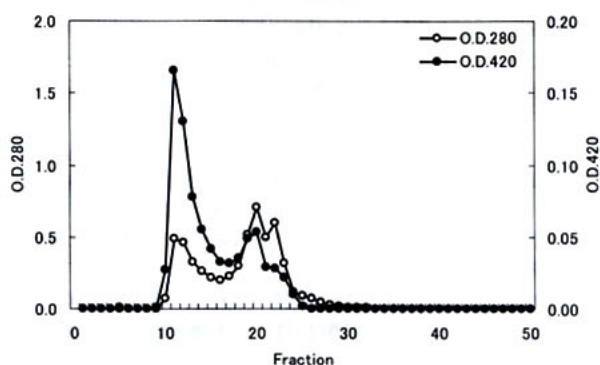


Fig. 4 Sephadex LH-20 gel filtration chromatography of Maillard reaction products.

含まれていたが、抽出、限外ろ過、凍結乾燥およびクロマトグラフィーに供する過程で酸化されてしまったものと考えられ、本実験系での DPPH ラジカル消去活性には関与していないことが示唆された。

4. メイラード反応生成物の DPPH ラジカル消去活性

ジャガイモと同じ組成となるように (Table 1.) アミノ酸、還元糖溶液を調製し、ガラス繊維ろ紙に染み込ませてフライ加熱をしてメイラード反応生成物を調製した。調製したメイラード反応生成物を Sephadex LH-20 クロマトグラフィーに供し分画を行った (Fig. 4.)。各フラクションの 280 nm, 420 nm の吸光度を測定したところ、フラクション 10~16 において 420 nm の強い吸収ピークが見られ、メイラード反応によって生成したメラノイジン色素であると考えられる。18~24 においては 280 nm の強い吸収ピークが見られた。Sephadex LH-20 クロマトグラフィーで得られたフラクションの DPPH ラジカル消去活性を測定した結果を Fig. 5. に示す。ラジカル消去活性は 420 nm の吸光度が高かったフラクション 10~16 において高い活性を示したが、280 nm の吸収が高かったフラクション 18~24 においては活性を示さなかった。フラクション 10~16 に見られたモデルメラノイジンはポテトチップス水溶性抽出液の分子量 3,000~20,000 の中分子画分および 3,000 未満の低分子画分の Sephadex LH-20 フラクション 11~15 に相当しているものと考えられ、ポテトチップス中に

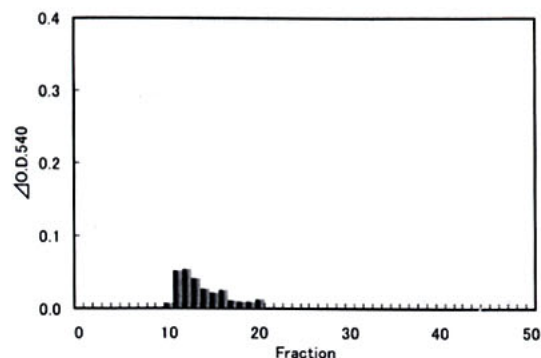


Fig. 5 DPPH radical scavenging activity of the Sephadex LH-20 fractions of Maillard reaction products.

含まれるメラノイジンにも抗酸化活性が確認された。ポテトチップス Sephadex LH-20 フラクション 18~25 は高い DPPH ラジカル消去活性を示したが、アミノ酸—還元糖モデル系の該当フラクションでは活性が認められなかった。このことから、ポテトチップス中にはアミノ酸—還元糖以外の化合物が関与して生成された抗酸化作用を持った成分が存在しているものと考えられる。クロロゲン酸を多く含むコーヒーの場合、焙煎にともなう褐変はクロロゲン酸などのフェノール性成分とショ糖、多糖類、アミノ酸、タンパク質が酸化分解、重合をしてできた複雑な反応である¹⁵⁾。ポテトチップスの場合もクロロゲン酸を含む褐変色素が生成している可能性がある。また、フライ調理の過程で揚げ油の酸化分解が起こり、生成した脂溶性カルボニル化合物が褐変反応生成物を形成していることも考えられる。本調査では水溶性成分のみを対象としたが、ジャガイモ中にはフェルラ酸など細胞壁結合性のフェノール類も存在しており¹⁶⁾、これらも含めた摂取後の吸収性や生体内での機能についての調査が今後の検討課題である。

5. 市販ジャガイモフライ製品の DPPH ラジカル消去活性

市販されていたジャガイモフライ食品の DPPH ラジカル消去活性を Table 3. に示した。製品 100 g あたりの Trolox 相当量 μmol は、生芋タイプのポテトチップス 647~304、成型ポテトチップス 391~156、ジャガイモを主原料とする成型スナック菓子 315~158 であり、同一品目の中でもそれぞればらつきが見られた。最も活性が高かった製品群はポテトチップスであった。同じジャガイモを原料としても成型タイプの製品群では概してポテトチップスよりも低値を示した。成型タイプの製品群は、生芋を一度加熱してグラニュールやフレック状に乾燥した後、加水して成型、フライ調理をするため抗酸化成分の酸化による減損が大きいことが考えられる。

要 約

フライ調理によるポテトチップス中の抗酸化成分およびその含有率の変化について検討した。

1. ジャガイモをフライ調理してポテトチップスにするこ

Table 3. DPPH radical scavenging activity of Potato Snack Foods

Classification	Brand	Trolox $\mu\text{mol}/100\text{ g}$
potatochips	A	647 $\pm$ 45
potatochips	A	515 $\pm$ 37
potatochips	A	493 $\pm$ 23
potatochips	A	443 $\pm$ 46
potatochips	B	416 $\pm$ 6
potatochips	C	370 $\pm$ 3
potatochips	D	304 $\pm$ 9
molding potatochips	E	391 $\pm$ 7
molding potatochips	F	354 $\pm$ 39
molding potatochips	G	332 $\pm$ 17
molding potatochips	F	193 $\pm$ 2
molding potatochips	H	156 $\pm$ 5
molding potato snack	I	315 $\pm$ 10
molding potato snack	I	222 $\pm$ 6
molding potato stick	A	313 $\pm$ 20
molding potato stick	J	292 $\pm$ 6
molding potato stick	A	181 $\pm$ 5
molding potato stick	A	162 $\pm$ 7
molding potato stick	A	158 $\pm$ 10

Data are expressed in μmol equivalents of Trolox.
(mean $\pm$ (Max - mean), n = 3)

とでL-アスコルビン酸、クロロゲン酸等の抗酸化化合物は乾燥重量当たりの含有量では減少し、調理による損失が確認されたが、湿重量当たりの含有量では水分が減少することによる濃縮効果により生イモ時の約2倍に高められた。

2. ポテトチップスの水溶性画分を限外ろ過し、各画分のDPPHラジカル消去活性を比較したところ、分子量3,000~20,000の中分子画分において収量は少ないが非常に高い抗酸化活性があることが確認された。褐変度が高く、メラノイジンによるものであると考えられる。
3. また分子量3,000未満の低分子画分はもっとも収量が多く、総抗酸化活性の91%が認められた。分子量3,000未満の低分子画分の抗酸化活性はメラノイジンとクロロゲン酸によるものと確認された。
4. 市販されているジャガイモフライ製品19品種のDPPHラジカル消去活性を調査したところ、生芋タイプのポテトチップスにおいて高い活性が認められ、加工度の高い成型タイプでは低めの傾向であった。

文 献

- 1) JA Woolfe, 知識敬道 (2003), 食品としての馬鈴薯, カルビー株式会社, 東京, 10-13
- 2) Jae-Sook Han, Nobuyuki Kozukue, Kyung-Soon Young, Kap-Rang LEE, Mendel Friedman (2004), Distribution of ascorbic acid in potato tubers and in home-processed and commercial potato foods, *J. Agric Food Chem*, **52** (21), 6516-6521
- 3) Samah SM Allam, Amany MM Bassiuny (2002), Chlorogenic acid, efficiency and safety aspects as antioxidant, *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, **79** (7/8), 257-265
- 4) Nandita Singh, Rajini PS (2004), Free radical scavenging activity of an aqueous extract of potato peel, *Food Chem*, **85**, 611-616
- 5) Luis E. Rodriguez-Saona, Roland E. Wrolstad, and Cliff Pereira (1997), Modeling the contribution of sugars, ascorbic acid, chlorogenic acid and amino acids to non-enzymatic browning of potato chips, *J. food Science*, **62** (5), 1001-1010
- 6) M. Murakami, A. Shigeeda, K. Danjo, T. Yamaguchi, H. Takamura and T. Matoba (2002), Radical-scavenging activity and brightly colored pigments in the early stage of the Maillard reaction, *Food Chemistry and Toxicology*, **67** (1), 93-96
- 7) 石崎俊行, 高倉裕, 吉浜義雄 (2003), 本みりんのラジカル消去活性と食品での抗酸化性, 日本醸造協会誌, **98** (12), 861-868
- 8) 竹内徳男, 稲荷妙子, 森本仁美 (2004), 味噌のDPPHラジカル補足能に関する研究, 味噌の科学と技術, **52** (6), 211-219
- 9) 生活情報センター編 (2005), 食の安全と健康意識データ集 2005年度版, 生活情報センター, 東京, 130-139
- 10) (社)日本食品衛生協会編 (2005), 食品衛生検査指針理化学編, (社)日本食品衛生協会, 東京, 19-93
- 11) 菅原龍幸, 前川昭男 (2000), 新食品分析ハンドブック, 建帛社, 東京, 277-282
- 12) 菅原龍幸, 前川昭男 (2000), 新食品分析ハンドブック, 建帛社, 東京, 114-117
- 13) 深井洋一, 松澤恒友, 石谷孝佑 (2003), 米の食味と理化学的変化に及ぼす玄米の水分含量および貯蔵温度の影響, 日本食品工学会誌, **50** (5), 243-253
- 14) 木村俊之, 山岸賢治, 鈴木雅博, 新本洋士 (2002), 農産物のラジカル消去能の検索, 日本食品科学工学会誌, **49** (4), 257-266
- 15) 本間清一 (2005), メラノイジンに関する食品化学的研究, 日本食糧栄養学会誌, **58** (2), 89-98
- 16) Yi-Fang Chu, Jie Sun, Xianzhong Wu, Rui Hai Liu (2002), Antioxidant and antiproliferative activities of common vegetables, *J. Agric Food Chem*, **50** (23), 6910-6916

(平成17年11月21日受付, 平成18年6月14日受理)