

ポテトチップス中グリコアルカロイド含有量とその味覚への影響

中野 真衣¹⁾, 小川 慶一²⁾, 古賀 秀徳¹⁾

(¹⁾カルビー株式会社, ²⁾カルビーポテト株式会社)

The Contents of Potato Glycoalkaloid in Potato Chips and the Effects on the Taste

Masae NAKANO¹⁾, Keiichi OGAWA²⁾, Hidenori KOGA¹⁾

¹⁾CALBEE FOODS CO., LTD.

²⁾CALBEE POTATO CO., LTD.

Potatoes, eggplants, and tomatoes, the members of the Solanaceae plant family include glycoalkaloid. Glycoalkaloid is in the family of alkaloids that has a bitter taste. The process of making potato chips decreases the amount of glycoalkaloid by about 90%. Also, glycoalkaloid makes potatoes bitter, so the amount of glycoalkaloid affects the taste of potato chips. In this study, we examine by sensory test the relationship between the amount of glycoalkaloid and the taste of potato chips. We found that the amount of glycoalkaloid affects the bitter taste, but does not affect the density.

(Received 5 July 2006, Accepted 21 May 2007)

Keywords: glycoalkaloid グリコアルカロイド, potato ジャガイモ, potato chips ポテトチップス, sensory test 官能検査

1. 緒言

ポテトチップスの原料であるジャガイモは、ナス科の植物に属し、ステロイドアルカロイド配糖体の α -チャコニンおよび α -ソラニン、ポテトグリコアルカロイド（以下PGA）を含んでいる。

J. A. Woolfe (1987) は、「アルカロイドは苦味物質であり、PGA も強い苦味物質であり、ジャガイモ 100g あたり 20mg 以上の PGA が含まれると強い苦味を感じる」と記述している。小机と水野 (1989) は、ジャガイモの PGA は、芽および塊茎皮層部に多く含まれており、また緑化部位にも多いと報告している。小机 (1992) は、PGA を多量に含むジャガイモを一度に多量に摂取した場合、下痢、嘔吐、腹痛などの胃腸障害、呼吸障害を引き起こし、時に重症、更に死亡する場合もあるという報告があると述べている。K. E. Hellenas (1995) の報告によれば、中毒症状発症に

関しては、成人体重 1kg 当たり PGA 1mg とされている。日本では、小学校で栽培されたジャガイモを授業で調理し、中毒症状を起こした報道が毎年のように流れており、最近では 2006 年 7 月 20 日に東京都の福祉保健局の発表資料で、江戸川区の小学校で栽培したジャガイモを喫食したことによる食中毒の事例がある。ジャガイモの食中毒に対して、その予防対策に関する報告もある（松井ら, 2001）。その一方で、アルカロイド類は昔から潰瘍などに対する民間薬として使用されているものも多く、またジャガイモの絞り汁が癌に効くとされてきた（西野, 2003 年）。最近では、PGA の抗がん剤としての作用に関する報告がある（Nobara, 1998, Nakamura, 1996, Lee, 2004）。

そこで本報告では、ジャガイモをポテトチップスに加工する工程での PGA の濃度変化、また PGA 濃度がポテトチップスの呈味にどのような影響を及ぼすか

を検討した。

2. 実験方法

(1) 材料

ジャガイモは1995年度北海道産の品種トヨシロを用いた。トヨシロは、扁卵形で芽の深さが浅いので、ポテトチップスに向く主力品種で、ジャガイモの国内作付面積では2005年度はコナフブキ、ダンシャクについて多く育成されている品種である。

(2) 試薬

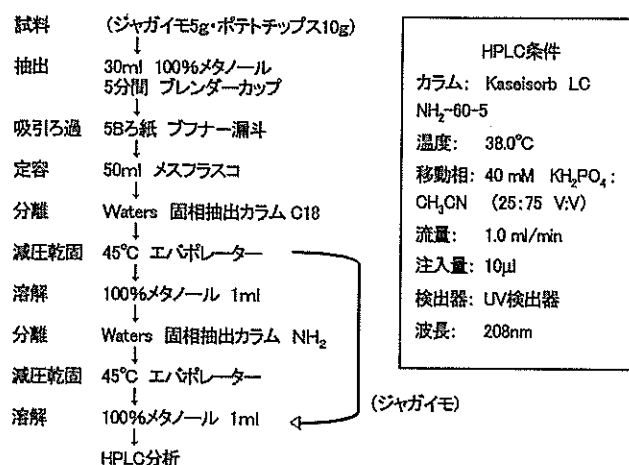
α -チャコニン、及び α -ソラニン (SIGMA 社製特級品) をメチルアルコール溶液に溶解し、適宜希釈して使用した。メチルアルコール、アセトニトリルは関東科学社製 HPLC 用のものを使用し、その他の試薬はすべて関東科学の特級試薬を用いた。

(3) PGA 測定方法

PGA をジャガイモから抽出する方法は、小机 (1986), Saito (1990), 浅野ら (1996) の報告がなされている。本実験では、PGA 抽出を迅速にかつ大量に行える方法として以下の方法を検討し採用した。ブレンダーカップ中にジャガイモ 5g、あるいはポテトチップス 10g を計り取って入れ、抽出溶媒としてメタノール 30ml を加えて 5 分間ホモジナイズした。これをブフナーロートで吸引ろ過後、固相抽出法で PGA の抽出を行った。ジャガイモの場合は、C18 カラム (Waters 社) を使用し、ポテトチップスの試料は更にその後、NH₂ カラム (Waters 社) で分画を行った。固相抽出法で分画した溶液は、45℃にて減圧乾固し、1ml のメタノールで溶解したものを高速液体クロマトグラフィー (HPLC) にて分析を行った。HPLC は日本分光 875-UV 検出器を用い、検出は 208nm の波長に設定した。カラムは東京化成 Kaseisorb LC NH₂-60-5 を使用し、カラム温度は 38.0℃にて行った。移動相は、40mM リン酸=水素カリウム緩衝液とアセトニトリル (25:75, V/V) を用い、流速は 1.0ml/min とした (Scheme 1)。

(4) ジャガイモ塊茎中の PGA の測定

ジャガイモ 10 個を塊茎の頂部・基部縦方向に半分に切断し、半分は全量ミキサーにかけて PGA 濃度を測定した。他方は、皮と芽を除去して、その割合を算出し、ジャガイモの PGA 濃度を測定した。ジャガイモの皮や芽を除去することをピールと呼び、ポテトチップスを製造する一つの重要な工程である。また、この皮や芽を除去した割合をピール率と呼ぶ。本実験



Scheme 1 ジャガイモ及びポテトチップスの PGA 迅速抽出方法 PGA: ポテトグリコアルカロイド

でのピール率は、皮つきジャガイモ半分の重量及び除去した芽と皮の重量から求めた。

(5) ポテトチップスの調製方法

100g のポテトチップス調製のために皮付きのジャガイモ 350g を用いた。洗浄したジャガイモを、厚さ 1mm 程度で皮と芽を除去し、1.5mm の厚さにスライスしたもの 310g を 180℃に加熱した 19kg の油 (ライス油とパーム油の混合) 中にて 2 分間フライした (図 1)。使用したフライヤーは電磁フライヤー (エイシン電気株式会社製) である。

(6) ポテトチップス中の PGA 含有量の調整

PGA は直射日光や蛍光灯の光照射により、ジャガイモ中での濃度が増加すると報告されている (小机ら、

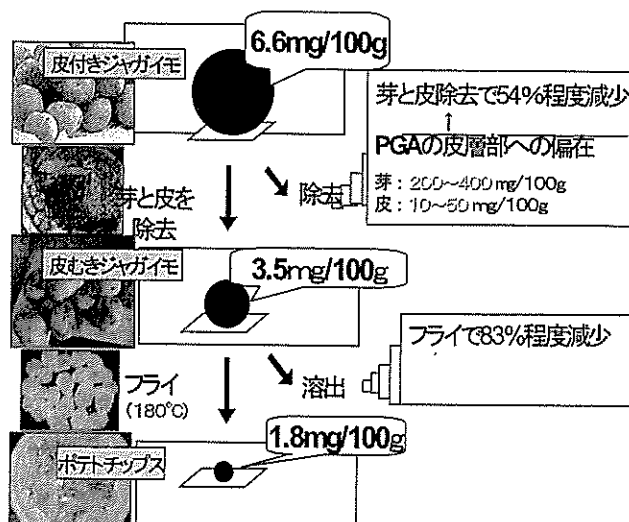


図 1 ポテトチップスの加工工程及び PGA の含有量 PGA: ポテトグリコアルカロイド

1993). そこで、PGA 濃度の異なるポテトチップスを作成するため、多くのジャガイモに強制的に日光を当てた。その際、照射部位の偏りがないように、毎日ジャガイモを反転させた。ジャガイモは3~4日おきに採取した。ジャガイモ1個から作ったポテトチップスの半分量をPGA分析に供し、残りを官能検査に供した。光を照射しないジャガイモから作ったポテトチップスをコントロール品とし、そのPGA濃度は0.3mg/100gであった。サンプル中のPGA濃度は、1mg/100g, 3mg/100g, 5mg/100g, 7mg/100gの4段階に分けて作成した。つまり、3~4日おきに採取したジャガイモでポテトチップスを作成し、その半分は分析用試料に使用し、その残りは官能検査用試料として保管した。ポテトチップスは、油の酸化を防ぐためにアルミ蒸着5層の袋（市販のポテトチップスに使用される袋）に空気をなるべく入れないように封入し、冷凍庫（-20℃）で保管した。冷凍保管のため、空気による酸化は考慮しない。ポテトチップスは官能検査実施の前日に冷凍庫より取り出し、常温に戻して使用した。

PGAの分析結果をもとに、ポテトチップスのPGA濃度毎にグルーピングを行い、官能検査に供した。K. H. Hellenas (1995) の報告により、体重50kgの成人が中毒症状を起こさない量であることを十分考慮し、検査員が一度に摂取するPGA量が1mg以下になるように実施した。

(7) 官能検査

苦味の強さとPGA含量の関係を明らかにするために、官能検査による識別検査を実施した。官能検査は所定の味覚識別試験に合格した20名の検査員（男6人、女14人）で行った。苦味の官能検査であるため、苦味の蓄積による感度の鈍化を考慮に入れ、試食順はコントロールを先に試食する方法とした。また、1回の官能検査では、コントロールとサンプルの1組のみを実施し、日を改めて他の1組の官能検査を実施した。すなわち、官能検査を4日間実施した。苦味・収斂味を強く感じるものを選択する2点識別法で評価を行い、続いて苦味の差の程度を5段階評価法で実施した。苦いと感じた方は他方に比べて、評点1は苦味を僅かに感じる、評点2は苦味をやや感じる、評点3は苦味を感じる、評点4は苦味をやや強く感じる、評点5は苦味をかなり感じるとした。また、評価したポテトチップスの味に対して記述法により表現させ、PGAの特徴を洗い出した。

3. 結果と考察

(1) ポテトチップス加工によるPGA含量の変化

ジャガイモ中のPGAは、皮と芽を除去することにより、無処理のジャガイモよりも54%減少した。また、PGAは皮と芽に偏在している事が分かった（2-(4)の方法を参照）。そしてフライ後のポテトチップスでは、皮と芽を除去したジャガイモから更に83%のPGAが減少した（2-(5)の方法参照）。ポテトチップスのようなフライ製品では、水分が減少する為PGAの見かけ上の含有率が増えるという説（J. A. WOOLF, 1987）とフライ工程では減少するという説（小机と水野, 1989）があったが、今回の実験ではポテトチップス中のPGA含量は減少した。PGAは水に不溶で、280~285℃の温度で分解されるとされている（衛生試験法, 2000）。このため、ジャガイモからポテトチップスに加工される際のPGAは、油に溶け出したと考えられた。そこで油中のPGA含量の測定を試みたが、今回の迅速測定方法では油からのPGAの分離が出来ず、測定できなかった。一方、同じ油でジャガイモをフライし続けることにより油中のPGAが増加すれば、その油を含むポテトチップスのPGA含量が増加すると考えられたが、同じ油でポテトチップスを揚げ続けてもポテトチップスのPGA含量は増加しなかった。このことより180℃のフライ油中におけるPGAの分解が示唆された。

(2) ジャガイモ中のPGAの分布

2-(4)の方法に従い、ジャガイモの皮と芽を1%程度除去すると、全体の20%のPGA濃度が減少する。更に2%の皮と芽の除去により30%、5%の皮と芽の除去により全体の60%のPGAが減少している。しかしながら、5%以上の芽と皮の除去はPGAの減少にあまり影響しない。このことから、ジャガイモ全体の5%に過ぎない皮層部に60%のPGAが局在しており、残りの40%のPGAは、ジャガイモ全体の95%を占める髓部に均一に分布していると考えられる（図2参照）。

(3) ポテトチップスの苦味とPGA濃度との関係

一般的に苦味は油によってマスキングされるといわれるが、PGA濃度1mg/100gのポテトチップスと0.3mg/100gのコントロール品を2点識別法で評価すると、1mg/100gのポテトチップスの方が苦味を強く感じると答えた検査員は20人中17人あった（ $p < 0.01$ ）。更にPGA濃度3mg/100gのポテトチップスでは、コントロール品より苦味を強く感じていると答えた検査員は20人中19人、5mg/100gのポテトチップ

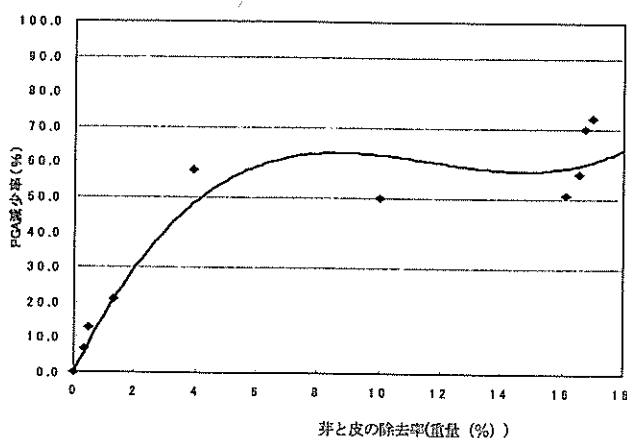


図2 ジャガイモの芽及び皮の除去率とPGA減少率との関係
PGA：ポテトグリコアルカロイド

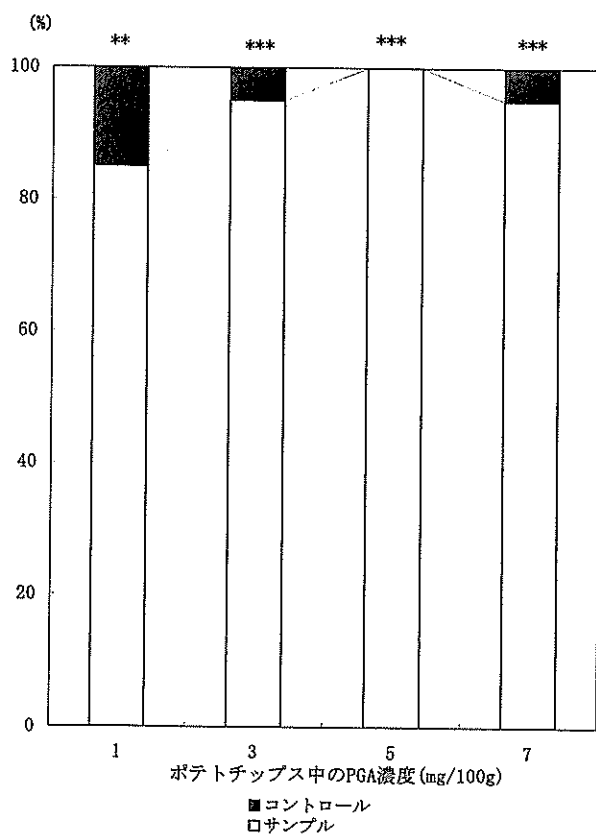


図3 苦味の比較

コントロールとサンプルを試食し、苦味・収斂味でどちらが強く感じるかを2点識別法で評価した検査員の割合
n = 20, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$
PGA：ポテトグリコアルカロイド

スでは、コントロール品より苦味を強く感じていると答えた検査員は20人中20人、7mg/100gのポテトチップスでは、コントロール品よりも苦味を強く感じていると答えた検査員は20人中19人であった ($p <$

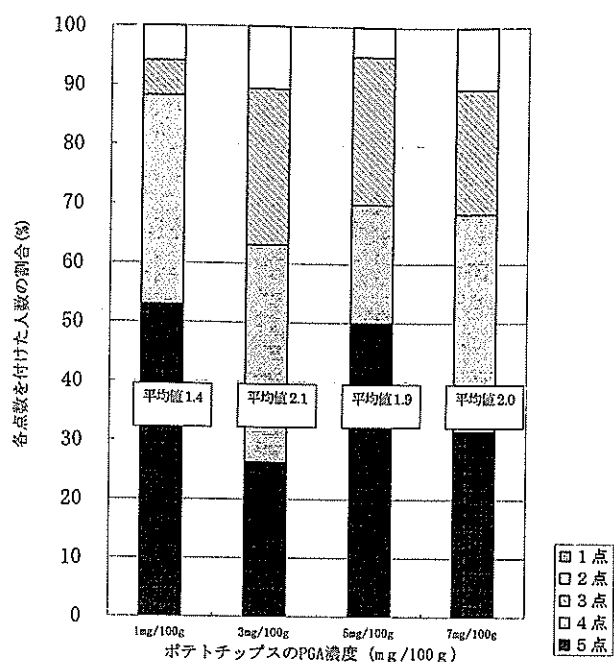


図4 苦味の程度の評価

n = 20

1点：苦味を僅かに感じる 2点：苦味をやや感じる
3点：苦味を感じる 4点：苦味をやや強く感じる
5点：苦味をかなり感じる

PGA：ポテトグリコアルカロイド

0.001, 図3).

また、苦味の程度の評価では、コントロール品と比較してPGA濃度1mg/100gのポテトチップスは、評点1の「苦味を僅かに感じる」、評点2の「苦味をやや感じる」という評価が全体の90%であり、平均値は1.4点であった。PGA濃度3mg/100gのポテトチップスでは、評点3の「苦く感じる」、評点4の「苦味をやや強く感じる」という評価が全体の30%で、平均点は2.1点あった。さらにPGA濃度5mg/100gの平均点は1.9点、7mg/100gの平均点は2.0点であった(図4)。

記述法で抽出されたポテトチップスの味についての「表現」をまとめると(表1)、1mg/100gの試料では、「苦味」や「こげ味」を感じる人が20名中13名が多かった。PGA濃度が増加するに従って、「苦味」の他に「収斂味」や「渋味」を感じる人が多く、「こげ味」と答えた人は減少した。

従って、ポテトチップスの苦味はPGAによって引き起こされるが、PGAの濃度の増加によって官能的に苦味の強さは増すものではなく、苦味の質が変化してくると思われる。今後、ポテトチップス中には

表1 苦いと感じたポテトチップスに対する味の表現

ポテトチップス PGA濃度 (mg/100g)	味の表現						
	苦味	こげ味	収斂味	渋味	口に残る	青臭い	エグ味
1	8	5	1	0	0	0	0
3	10	1	3	3	0	1	0
5	7	2	3	4	1	1	1
7	7	1	5	7	3	2	1

n=20 単位:人
PGA:ポテトグリコアルカロイド

PGA 以外の苦味物質が含まれる可能性が考えられることから、ジャガイモ中のフェノール類等の苦味への関与を課題としたい。

4. 要 約

PGA はジャガイモの皮や芽及び皮層部に偏在しており、皮や芽を除去することでジャガイモ中の PGA の 60% が減少する。その後 180℃ のフライ工程により、更に PGA 含量は 90% 減少することが確認された。また、官能検査によって低濃度 PGA のポテトチップスで苦味が感じられたことから PGA は苦味物質として認められたが、その苦味の強さは PGA 濃度に依存的ではなかった。このことから PGA だけがポテトチップスの苦味物質ではないことが示唆された。

引用文献

- Woolfe, J. A. (1987) *The Potato in The Human Diet*, pp.180-181 and pp.197
- Kap-Rang, Lee, Nobuyuki, Kozukue, Jae-Sook, Han, Joon-Hong, Park, Eun-young, Chang, Eun-Jung, Baek Jong-Sun, Chang, and, Mendel, Friedman (2004) Glycoalkaloids and Metabolites Inhibit the Growth of Human Colon (HT29) and Liver (HepG2) Cancer Cells, *J. Agric Food Chem*, 52, pp.2832-2839
- Hellenas, K. E., C. Branzell, H. Johnsson, and P. Slanina (1995) High levels of glycoalkaloids in the established Swedish potato variety Magnum Bonum, *J. Sci. Food Agric*, 23, pp.520-523

Koichi Saito, Masakazu Horie, Yuji Hosino and Norihide Nose (1990) High-performance liquid chromatographic determination of glycoalkaloids in potato products, *Journal of Chromatograph*, 508, pp.141-147

Takanori, Nakamura, Chieko, Komori, Yun-yun, Lee, Fumio, Hashimoto, Shoji, Yahara, Toshihiro, No-hara, and, Akio Ejima (1996) Cytotoxic Activities of Solanum, Steroids, Glycosides, *Bio. Pharm. Bull.*, 19 (4), pp.564-566

Toshihiro Nobara, Shoji Yahara and Junei Kinjo (1998) Bioactive Glycosides from Solanaceous and Leguminous Plant, *Natural Product Sciences*, 4 (4), pp.230-214

浅野正博, 後藤直子, 一色賢司 (1996) ジャガイモ中のグリコアルカロイドの簡易迅速分析, 日本食品科学工学会誌, 43 (5), pp.593-597

小机信行, 水野進 (1986) 高速液体クロマトグラフィーによるメークイーンジャガイモの α -チャコニン及び α -ソラニンの測定方法, 日本食品工業学会誌, 33 (4), pp.232-237

小机信行, 水野進 (1989) バレイショのグリコアルカロイドに関する研究 (第4報) 発芽バレイショの部位別ならびに貯蔵バレイショのグリコアルカロイド含量の変化, 園学雑, 58 (1), pp.231-235

小机信行 (1992) バレイショの加工製品と調理操作によるグリコアルカロイド含量の変動, 農産物流通技術研究会報, 150, pp.62-64

小机信行, 土田廣信, 水野進 (1993) 光照射ならびに照射時間の差異がバレイショ皮層部のクロロフィル及びグリコアルカロイド含量に及ぼす影響, 園学雑, 62 (3), pp.669-673

西野輔翼編著 (2003) 『がん抑制の食品辞典』, 法研, 東京, pp.38-41

松井久仁子, 赤木浩一, 西田敢司, 川口理恵, 豊福洋一 (2001) 未熟なバレイショによる小学生のグリコアルカロイド中毒とその発症量及び予防対策について, 食品衛生研究, Vol. 54 (4), pp.99-107

日本薬学会編 (2000) 衛生試験法・注解, pp.246-247