

グリコアルカロイドによる食中毒の状況と その発生防止に向けた農林水産省の取組

農林水産省 消費・安全局 食品安全政策課
課長補佐

あおき まさのり
青木 政典

はじめに

動植物の中には体内に毒成分(天然毒素)を持つものが数多く知られている。天然毒素による食中毒は、細菌性及びウイルス性の食中毒と比べると件数、患者数はそれほど多くないが、症状が重篤化するものが多く、その発生を未然に防止することが大切である。

植物に含まれる天然毒素であって、国内で食中毒の発生が報告されているものの一つに、ばれいしょに含まれるグリコアルカロイドが挙げられる。

ばれいしょは、日本各地で栽培される最も重要な農作物の一つであるとともに、その栄養成分や利用可能な料理の豊富さから、日本人の食卓に欠かせない食材の一つであるが、近年、そのグリコアルカロイドを原因とする食中毒が毎年発生している。

本稿では、ばれいしょ中のグリコアルカロイドについて、その詳細や健康への悪影響について紹介するとともに、ばれいしょ中のグリコアルカロイドを原因とする食中毒の発生防止に向けた農林水産省の取組について紹介する。

1 ばれいしょに含まれるグリコアルカロイドについて

(1) 物理的・化学的性質

グリコアルカロイドは、グルコースやガラクトースなどの糖と、植物由来の窒素を含む塩基性物質であるアルカロイドがグリコシド結合した化学物質の総称である。ばれいしょに含まれる主要なグリコアルカロイドは、 α -ソラニンと α -チャコニンであり、両化合物でばれいしょ中のグリコアルカロイドの約95%を占めている。

α -ソラニンは、ばれいしょ中のアルカロイドであるソラニジンに、3個の糖(ガラクトース-グルコース-ラムノース)が結合したグリコアルカロイドであり、 α -チャコニンも、ソラニジンに3個の糖(グルコース-ラムノース-ラムノース)が結合したものである(表1)。

(2) ばれいしょに含まれるグリコアルカロイドの濃度

α -ソラニンや α -チャコニンをはじめとするばれいしょ中のグリコアルカロイドは、芽の濃度が最も高く、葉、茎、花、果実、根にも含まれている(表2)。また、光に当たるなどして緑色に変色した部分は、100 gあたり100 mg以上のグリコアルカロイドを含むとされている。なお、グリコアルカロイドのうち、特に α -ソラニン

表1 α -ソラニン及び α -チャコニンの概要

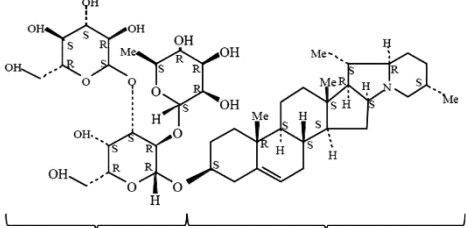
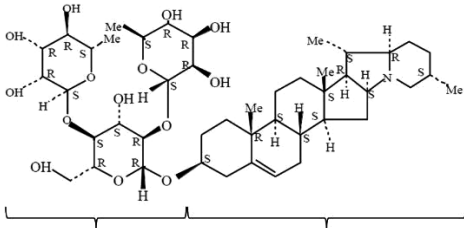
化合物名	α -ソラニン (α -solanine)	α -チャコニン (α -chaconine)
組成式	$C_{45}H_{73}NO_{15}$	$C_{45}H_{73}NO_{14}$
分子量	868.07	852.07
構造式	 三糖 (ガラクトース、グルコース、 ラムノース) アルカロイド (ソラニジン)	 三糖 (グルコース、ラムノース、 ラムノース) アルカロイド (ソラニジン)
CAS番号	20562-02-1	20562-03-2
水溶性	水に溶けにくい	-
分解点	262-263℃ (結晶から液晶に変化) 285℃ (著しく分解)	-

表2 ばれいしょの各部位におけるグリコアルカロイドの濃度

ばれいしょの部位	グリコアルカロイドの濃度 (mg/100 g Fresh Weight)
芽	200 ~ 730
葉	23 ~ 100
茎	2.3 ~ 3.3
花	215 ~ 500
果実	18 ~ 135
根	18 ~ 85
通常の塊茎 (全体)	4.3 ~ 9.7
表皮部分 (全体の2~3%)	30 ~ 60
皮部分 (全体の10~15%)	15 ~ 30
苦味のある塊茎	25 ~ 80

出典：JECFA Monographs. 764 Solanine and chaconineのTable 1と、Smith DB. *et al.* 1996. のTable 1と Cressey P & Thomson B. 2007.のTable 1を農林水産省で改変の上、転載

や α -チャコニンは、ばれいしょに苦みを与える。

国内で市販されているばれいしょ5品種(各5点：いずれも芽は見られない)中の α -ソラニンや α -チャコニンの濃度を調べたところ、5品種全てにおいて、皮層部(約1 mmの厚さでむいた皮)に高い濃度

で含まれ、髄質部(ずいしつぶ：皮層部を除いた部分)にはほとんど含まれていないことが報告されている⁶⁾(表3)。

なお、ばれいしょだけでなく、同じナス科の植物であるツルナス(*Solanum dulcamara*)、イヌホオズキ(*S. nigrum*)、タマサンゴ(*S. pseudocapsicum*)等もソ

表3 ばれいしょ中の α -ソラニン及び α -チャコニンの濃度

品種名	調査部位	α -ソラニンの濃度 (mg/100 g FW.)	α -チャコニンの濃度 (mg/100 g FW)
メイクイン	皮層部	26 ~ 32	50 ~ 69
	髓質部	0.3 ~ 1.2	0.3 ~ 1.5
男爵	皮層部	19 ~ 24	31 ~ 37
	髓質部	0.6 ~ 3.1	0.5 ~ 2.4
ワセシロ	皮層部	4.3 ~ 6.3	8.5 ~ 11
	髓質部	<0.2	<0.2
ジャガキッズレッド90	皮層部	14 ~ 20	15 ~ 21
	髓質部	<0.2	<0.2
ジャガキッズパープル90	皮層部	8.4 ~ 13	13 ~ 16
	髓質部	<0.2 ~ 0.2	<0.2

出典：新藤哲也ほか，2004. のTable 1を農林水産省で改変の上、転載

ラニン、チャコニンを含むことが知られている。

(3) 加熱調理がばれいしょ中の α -ソラニン、 α -チャコニンに及ぼす影響

ばれいしょの加熱調理の方法や温度条件が、ばれいしょ中の α -ソラニンや α -チャコニンの分解や低減に及ぼす影響については、高木らが以下の様に報告するとともに、 α -ソラニンや α -チャコニンは170℃前後で分解を始めると考えられるとしている⁷⁾。

- ① ばれいしょ（メイクインの皮をむいて0.5～1 cm角に細断したもの。以下本項で同じ。）を沸騰水中で15分間茹でても、 α -ソラニンや α -チャコニンの濃度の有意な低減はみられなかった。
- ② α -ソラニンや α -チャコニンの1 mg/mL標準溶液を沸騰水中で150分間煮沸しても、濃度の有意な低減はみられなかった。
- ③ ばれいしょを170℃で5分間揚げた場合には、バラツキが大きく、 α -ソラニンや α -チャコニンの濃度の有意な低減

はみられなかったが、 α -ソラニンや α -チャコニンの標準品を170℃のオープンで15分間加熱した場合には、濃度が有意に低下した。

- ④ ばれいしょを210℃で10分間揚げた場合には、 α -ソラニンや α -チャコニンの濃度が有意に低下した。

2 α -ソラニンや α -チャコニンによる健康への悪影響

(1) 疫学調査及び動物試験結果

ヒトがばれいしょ中の α -ソラニンや α -チャコニンを摂取することで現れる症状としては、吐き気や下痢、おう吐、腹痛、頭痛、めまいなどが挙げられる。症状が重い場合、眠気、無気力、錯乱、衰弱などの神経症状や視覚障害がみられ、場合によっては、死亡することもある。症状は、摂取の数分後から数日後に現れることが知られている。動物試験でも、上記の食中毒の症状があらわれ、各種の動物について、LD₅₀（半数致死量）が報告されている。

ばれいしょの摂食を原因とする食中毒の

表4 ばれいしょによるヒトの中毒の事例

患者	患者数 (人)	ばれいしょの調理等 に関する情報	摂取量 (g/人)	ばれいしょ中の グリコアルカロ イド濃度 (mg/100 g FW)	体重 1 kg当たりの グリコアルカロ イド摂取量 (推計) (mg/kg bw)	最終的な 容体
兵士	56	皮むき後調理済	1000～1500	24	3.4～5.1	回復
大人 子供 (5歳)	60 1	ジャガイモということ 以外不明	500? 200?	41	3.4 4.5	回復 死亡
大人	4	皮つきの ベイクドポテト	150～450	50	1.2～3.2	食べた量が 少ない方から 回復
児童 大人	61	ベイクドポテト	200	49	2.5	回復

出典：JECFA Monographs, 764. の Table 3を農林水産省で改変の上、転載

データから、ヒトで、 α -ソラニンなどのグリコアルカロイドを体重 1 kg 当たり 1 mg (1 mg/kg bw、体重 50 kg の場合 50 mg) 摂取すると上記の様な食中毒の症状があらわれる可能性があり、3～6 mg/kg bw (体重 50 kg の場合 150～300 mg) 摂取すると死亡する可能性があると考えられている(表4)。

(2) FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議 (JECFA) でのリスク評価

ソラニンの様な食品中の天然毒素に関する国際的なリスク評価機関である JECFA は、1992年の第39回会合でソラニンやチャコニンについてリスク評価を実施した。評価結果の概要は以下のとおりである。

- ① グリコアルカロイドを含む植物の長期間の食経験があるにもかかわらず、現在入手可能なヒトでの疫学データや実験動物での試験データから、安全な摂取量レベルを決定することはできなかった。
- ② ばれいしょは大勢の人が毎日のように頻繁に食べている(食経験あり)。このことは一般的なグリコアルカロイド濃度

(2～10 mg/100 g) の塊茎について適切に栽培・収穫・流通・調理されていれば、摂取しても健康上の懸念にならないことを示していると考えられた。

- ③ ばれいしょを安全に食べ続けていくために、ばれいしょの新品種開発や栽培・収穫・貯蔵・加工の関係者、そして消費者は、ばれいしょ中のグリコアルカロイド濃度が、場合によっては、健康に悪影響を及ぼすおそれのあるレベルまで不注意に増加してしまうことを知る必要がある。

3 ばれいしょ中のグリコアルカロイドを原因とする食中毒

(1) 食中毒の発生状況

近年、ばれいしょ中のグリコアルカロイドを原因とする食中毒が、主に学校の調理実習などで毎年発生している(表5)。

(学校での食中毒事例1)

平成25年6月11日、大阪府内の小学校で、調理実習においてばれいしょを喫食した24名のうち4名に腹痛、下痢、吐き気等の症

表5 過去5年間のばれいしょ中のグリコアルカロイドを原因とする食中毒の発生件数

年	発生件数（件）	摂食者総数（人）	患者総数（人）
平成28年	2	254	32
平成27年	2	63	41
平成26年	3	223	106
平成25年	3	38	9
平成24年	3	62	28

出典：厚生労働省「食中毒統計」をもとに農林水産省で集計

状が出た。残品から100 gあたり平均約50 mgのソラニン類が検出された⁸⁾。

（学校での食中毒事例2）

平成27年1月22日、奈良県内の小学校で、校内で栽培・収穫したばれいしょを調理・喫食した51名のうち31名に吐き気、腹痛等の症状が出た。残品から100 gあたり19-39 mgのソラニン類が検出された⁹⁾。

登田・畝山は、厚生労働省の食中毒統計等をもとに、①平成元年から平成27年の間に、ばれいしょを原因とする食中毒が計30件発生し、総患者数718名であったこと、②その半数が7月に発生し、原因施設は「学校」が90%（27件）を占めていること、③不適切な栽培・保管方法や皮部分を除かずに喫食したことが食中毒の要因となっている事例が多いことを報告している¹⁰⁾。

（2）グリコアルカロイドを原因とする食中毒の発生防止に向けた農林水産省の取組

上述のとおり、国内で発生したばれいしょ中のグリコアルカロイドを原因とする食中毒事例では、ばれいしょの栽培から収穫、保管及び調理に至るいずれか又は複数の段階において、食中毒を防止するために必要な取扱いがなされていなかったことが報告されている。このため、食中毒防止の観点からは、消費者にばれいしょの取扱い

方法を情報提供することが非常に重要である。

このため、農林水産省では、ばれいしょ中のグリコアルカロイドに関するウェブサイトにおいて¹¹⁾、消費者に向けて、上述したグリコアルカロイドに関する情報に加えて、グリコアルカロイドによる食中毒を防ぐために、ばれいしょを取り扱う各場面での注意事項を情報発信している。

＜購入の段階＞

- ・ 芽が出ていたり緑色になったところがあるばれいしょは買わない。
- ・ ばれいしょは、暗くて涼しい場所に保管する

＜調理の段階＞

- ・ 芽や緑色の部分は、皮を厚めにむき、芽や緑色の部分だけでなく、そのまわりも含めて広めに取り除く。
- ・ ばれいしょは皮をむいて食べる。
- ・ 未熟な小型のばれいしょを多量に食べるのは避ける。特に皮ごと食べるのは避ける。
- ・ ばれいしょを茹でてもグリコアルカロイドは分解しないので含まれる量は減らない。
- ・ ばれいしょを170℃以上で揚げると、ソラニンやチャコニンが分解し含まれる量が減る可能性がある。しかし、油で揚

げたばれいしょを喫食し食中毒になった事例がある。

また、学校を中心に、自ら育てたばれいしょを喫食し食中毒になった事例が見られることから、特に、栽培・収穫する際の注意点について、家庭菜園等における栽培シーズンに合わせ、SNS（ソーシャルネットワークサービス）を活用して次のような情報を発信している（図1）。

＜ばれいしょを栽培している人向け＞

- ・ ばれいしょの根茎が地面から外に出ないように、きちんと土寄せする。
- ・ ばれいしょが大きく育つよう芽かきをする。
- ・ 十分に熟して大きくなったばれいしょを収穫する。

【ジャガイモを育てている方へ(収穫編)】
 家庭菜園や学校で育てているジャガイモ。そろそろ収穫できる畑も多いのでは。今回はジャガイモを安全に食べるための収穫時のポイントをご紹介します。

ジャガイモの芽や皮（特に光が当たって緑色になった部分）には、ソラニンなどの天然毒素が多く含まれています。特に未熟な小さなものは、大きなものに比べてこの毒素を多く含みます。また、ジャガイモに傷がつくとこの毒素の量が増えます。

そこで、

- ・ 十分に大きくなったジャガイモを収穫しましょう。
- ・ ジャガイモを傷つけないように取り扱いましょう。
- ・ 収穫後に表面を乾燥させる際、長時間太陽の光に当てないようにしましょう。

また、収穫したジャガイモは涼しくて暗い場所で保存し、食べる時は芽を完全に取り除き、緑色の部分は皮を厚めにむきましましょう。小さなものは皮ごと食べるのは避け、食べ過ぎに注意しましょう！

詳しくはこちら
 知識があればこわくない！天然毒素
<http://www.maff.go.jp/j/syoun/seisaku/foodpoisoning/naturaltoxin.html>
 食品中のソラニンやチャコニンに関する情報
<http://www.maff.go.jp/j/syoun/seisaku/solanine/>

色の変わっていないジャガイモ



緑色に変わったジャガイモ



芽が出てきたジャガイモ





図1. SNSを活用した消費者向け情報発信の例（平成29年6月28日付けFacebook投稿記事）

- ・ ばれいしょを傷つけないように扱う。
- ・ 収穫したばれいしょを乾かすために、長時間太陽の光に当てない。
- ・ 収穫したばれいしょは、暗くて涼しい場所に保管する。
- ・ 収穫したばれいしょは早めに消費する。

おわりに

残念ながら、平成29年も、ばれいしょ中のグリコアルカロイドを原因とする食中毒の発生が報告されており、引き続き、その発生防止に向けた取組を進めていくことが必要である。農林水産省は今後とも様々な機会・手段を活用して、グリコアルカロイドを原因とする食中毒の防止に向けた情報の提供、発信に努めてまいりたい。

読者の皆様におかれても、本稿の内容も参考に、ばれいしょの取扱い方法について、ご家族をはじめ周りの方にお伝え頂ければ幸いである。

参考文献

- 1) JECFA Monographs. 764 (WHO Food Additives Series 30)
- 2) The Merck Index. 14th edition. 2006.
- 3) National Toxicology Program, α -Chaconine and α -Solanine, Review of Toxicological Literature.
- 4) Smith DB, Roddick JG, Jones JL. 1996. Potato glycoalkaloids: Some unanswered questions. Trends in Food Science and Technology; 7 : 126-131.
- 5) Cressey P & Thomson B. 2007.

-
- Scoping risk from natural toxins in New Zealand crop plants. ESR Client Report FW07009.
- 6) 新藤哲也ほか. 2004. ジャガイモ中の α -ソラニン, α -チャコニンの含有量および貯蔵中の経時変化. 食衛誌, vol.45, No.5, 277-282
- 7) 高木加代子ほか. 1990. ジャガイモ中の α -チャコニン及び α -ソラニンの加熱調理による影響. 食衛誌, vol.31, No.1, 67-73
- 8) 大阪府報道発表資料 (平成25年 6 月13 日)
- 9) 奈良県報道発表資料 (平成27年 1 月26 日)
- 10) 登田美桜・畝山智香子. 2016. 第112 回日本食品衛生学会学術講演会講演要旨集 165
- 11) 農林水産省 食品中のソラニンやチャコニンに関する詳細情報
<http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/solanine/syousai/index.html#no2>
農林水産省 食品中のソラニンやチャコニンに関する情報
<http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/solanine/index.html>