

食品中のアクリルアミド

はじめに

2002年4月、環境汚染問題でアクリルアミドを調査していたスウェーデンにおいて食品を分析したところ、炭水化物を多く含む食品からアクリルアミドが検出され、特にポテトチップスからは数 ppm もの高濃度含有が認められたことが発表されました。神経毒性があり、発がん性物質とされる有害化学物質が広範囲の加熱加工食品から検出されるというこの報告は、全世界に衝撃をもたらしました。アクリルアミドは、加熱加工された様々な食品に含まれるため、我が国をはじめとして世界各国において、その生成機構、リスク評価、低減策が調査研究され、また、モニタリング調査（経年的実態調査）も実施されています。これらの調査研究結果は様々なところから公表されていますが、農林水産省のホームページ（http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/acryl_amide/index.html）には食品中のアクリルアミドに関する情報を独自の調査結果とともに、基礎編、詳細編と分けて詳しく解説しています。

ここでは、これらの情報を簡潔に取りまとめてご紹介するとともに、分析方法についてもご紹介いたします。

アクリルアミドとは

アクリルアミドは、工業用途として水処理剤、化粧品をはじめとして幅広く使用されるポリアクリルアミドの原料として古くから製造されている化学物質です。構造式を図-1に示しました。分子量は小さく（71.08）、常温では無臭の白色結晶（融点 84.5℃）で、水に極めて溶けやすい性質を持っています。室温では比較的安定ですが、熔融すると激しく重合します。

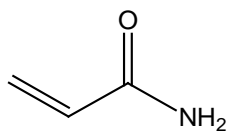


図-1 アクリルアミド

食品中のアクリルアミドの生成について

食品に含まれるアミノ酸の一種であるアスパラギンとフラクトース（果糖）やグルコース（ブドウ糖）などの還元糖を 120℃以上で加熱調理すると、メイラード反応を起こし、アクリルアミドが生成するといわれています。炭水化物をあまり含まない肉や魚は高温で加熱調理を行っても生成量は多くありません。メイラード反応により褐変物質が生成されるため、同じ食品では褐色の濃いものがアクリルアミド含有量が多いと考えられます。アクリルアミドの生成は、温度、加熱時間、水分、pHなどに影響され、食品中の濃度は同じ食品でもかなりバラツキがあります。また、メイラード反応以外の反応からもアクリルアミドが生成する可能性があり、現在も完全に解明されていないため、世界中で調査研究が行われています。

アクリルアミドが含まれている食品

食品中のアクリルアミド含有量の一例を表-1 に示しました。じゃがいもを原料としたポテトチップス、フライドポテト、焙煎した食品であるコーヒー豆、ほうじ茶葉、煎り麦、穀類を原料とした焼き菓子、黒糖などに含まれています。また、野菜を高温で加熱調理（炒める、揚げる）したのものについても含まれますが、生のものや茹でたものからは検出されません。基本的に炭水化物を含む食品を原料として用い、120℃以上の高温で加工・調理された食品全てにアクリルアミドが存在すると考えることができます。

ただし、表-1のデータは2002年以降の報告値を2006年の時点で取りまとめたものであり、現在では、次項で示すアクリルアミド低減策の成果として、表-1に示されている値よりも低くなっている可能性があります。

表-1 食品中のアクリルアミド含有量*

食品群	食品	アクリルアミド濃度 (µg/kg)	
		最小値	最大値
じゃがいも加工品	ポテトチップス	117	3770
	フライドポテト	59	5200
	ポテトフリッター	42	2779
	じゃがいも（生）	<10	<50
穀類加工品	コーンスナック	120	220
	ケーキ・パイ類	18	3324
	パン類	<20	130
	トースト	<10	1430
	朝食用シリアル（乳幼児用を除く）	11	1057
	クリスピーブレッド	<30	2838
	糖尿病患者用ケーキ・ビスケット類	20	3044
	ポップコーン	57	300
米	チャーハン	<3	67
	米菓	17	500
果物、野菜類	缶詰詰め黒オリーブ	123	1925
	プルーンジュース	53	267
	揚げた野菜（天ぷらを含む）	34	34
飲料	コーヒー豆（焙煎）	45	975
	代用コーヒー	116	5399
	インスタントコーヒー	195	4948
	ほうじ茶、ウーロン茶	<9	567
	煎り大麦（麦茶用）	140	578
	ビール	<6	<30
乳幼児用食品	乳幼児用ビスケット・ラスク	<20	910
	缶詰詰めベビーフード	<10	121

*：農林水産省ホームページより抜粋引用

アクリルアミドの低減

生成を抑制するために、原料中の前駆物質(還元糖, アスパラギン)の濃度管理が行われます。生のじゃがいもは、気温が 20℃以上になると発芽・腐敗しやすくなるため、これらの防止を目的として冷蔵保存されることがあります。しかし、6℃以下で保存するとデンプンが分解されて還元糖が増加することから、前駆物質の増加により、加熱加工食品中のアクリルアミド生成量の増加につながります。じゃがいもを原料とする加工食品について、原料じゃがいもの保管条件や加熱前の処理、加熱温度、加熱時間などを管理しアクリルアミドの生成を抑制する研究、あるいは酵素アスパラギナーゼを用いたアスパラギンの低減法も検討されています。

海外では、コーデックス委員会から 2009 年に食品中のアクリルアミド低減に関する実施規範 (Code of Practice) が採択され、低減に向けての取り組みが進められています。日本では 2013 年に食品関連事業者に向けて「食品中のアクリルアミドを低減するための指針¹⁾」を公表しています。一方、低減による食品固有の風味の低下(香ばしさがなくなるなど)との兼ね合いが苦慮されるところです。

アクリルアミドの毒性

アクリルアミドは、人が大量のアクリルアミドを摂取、吸引または接触した場合に、神経障害を起こすことが確認されていることから、日本では「毒物及び劇物取締法」で劇物に指定され、「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」(PRTR 法)の第一種指定化学物質に指定されています。また、国際がん研究機関 (IARC: International Agency for Research on Cancer) により、動物実験データから遺伝毒性発がん物質のグループ 2A(人に対しておそらく発がん性があるもの)に分類されています。経口摂取により腸管から大部分吸収され、全身に分布し、母乳や胎児へ移行することも観察されています。アクリルアミドは肝臓で解毒され、尿中へ排泄されます。アクリルアミドの一部は生体内で反応性の高いグリシドアミドに代謝され、この物質がヘモグロビンや DNA と反応して付加体を形成することが知られ毒性の主体と考えられています。

ただし、食品中に含まれるアクリルアミドを摂取した際の影響については、現時点でもまだ解明されてはいません。食品中のアクリルアミド摂取によるリスクは、長期間摂取することによってもたらされる可能性があると考えられ、現在も世界中で調査研究が進められています。

アクリルアミドの分析法

アクリルアミド分析法は、ガスクロマトグラフ-質量分析法^{2)~5)}(GC-MS 法)、または液体クロマトグラフ-タンデム質量分析法^{2),4)}(LC-MS/MS 法)のいずれかが用いられます。LC-MS/MS 法ではアクリルアミドを直接測定し、GC-MS 法では測定前に誘導体化を必要とします。

GC-MS 法の誘導体化には、キサントヒドロール誘導体化法⁵⁾、臭素化法³⁾があります。キサントヒドロール誘導体化法は固相抽出後、メタノールで溶出し、キサントヒドロールを加え、塩酸酸性下で反応させます(図-2)。また、臭素化法は固相抽出後、酸性下で臭化カリウム、臭素酸カリウムを加えて反応させます(図-3)。キサントヒドロール誘導体化法、臭素化法いずれも反応後、酢酸エチルで抽出し、GC-MS に注入して測定を行います。

LC-MS/MS 法では誘導体化せずに測定を行います。そのため GC-MS 法より操作が短くなりますが、分子量が小さく水溶性が高いため、分析カラムへの保持が弱くなり、分析対象の食品によ

っては妨害を受けやすい欠点があります。

GC-MS 法と LC-MS/MS 法ともに、回収率補正のために重水素もしくは ^{13}C で標識したアクリルアミドを内標準物質として使用しています。

現在、国際的に統一された分析法は定まっていますが、弊財団では、キサントヒドロール誘導体化 GC-MS 法で試験を受託しております。

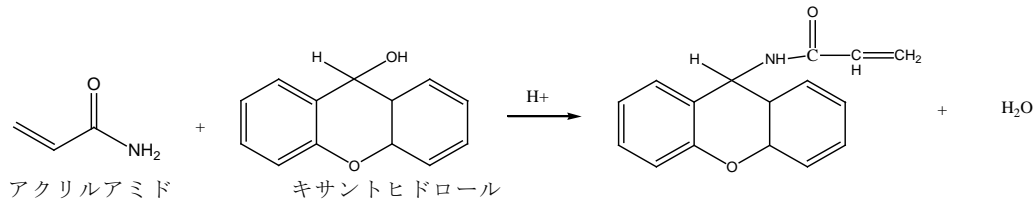


図-2 キサントヒドロール誘導体化法

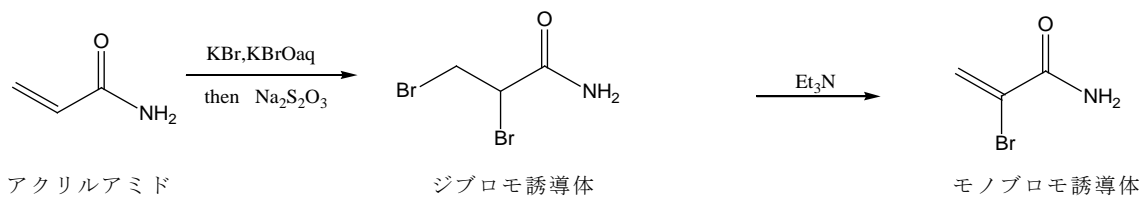


図-3 臭素化法

おわりに

アクリルアミドは多くの加熱食品に含まれていますが、食品に関しては日本を含む世界の国々で基準値が設定されていません。アクリルアミドのような食品加工中に非意図的に生成する有害化学物質については、規制や管理は難しく、リスク低減と食品固有のおいしさや香り劣化との間のリスク-ベネフィット関係を十分考慮する必要があります。

参考文献

- 1) 農林水産省「食品中のアクリルアミドを低減するための指針 第1版 (2013)」
http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/acryl_amide/a_gl/pdf/131127_acrylamide_full.pdf
- 2) Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S., Tornqvist, M., Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *J. Agric. Food Chem.*, **50**, 4998-5006 (2002)
- 3) Nemoto, S., Takatsuki, S., Sasaki, K., Maitani, T., Determination of acrylamide in foods by GC/MS using ^{13}C -labeled acrylamide as an internal standard. *J. Food Hyg. Soc. Japan*, **43**, 371-376 (2002)
- 4) 吉田 充, 小野 裕嗣, 亀山 眞由美, 忠田 吉弘, 箭田 浩士, 小林 秀誉, 石坂 眞澄, 日本で市販されている加工食品中のアクリルアミドの分析, *日本食品科学工学会誌*, **49**, 822-825 (2002)
- 5) Yamazaki, K., Isagawa, S., Kibune, N., Urushiyama, T., A method for the determination of acrylamide in a broad variety of processed foods by GC-MS using xanthohydrolyl derivation. *Food Addit. Contam.*, **29**, 705-715 (2012)