



2023年5月号

食品のリスク管理検討会と食品スーパーマーケット 身近な食品に含む危害物質を考える⑯

文責：山口 廣治（一般社団法人全国スーパーマーケット協会 客員研究員）

今月は、月刊セルフ・サービス 2021年12月号で紹介しました「アクリルアミド（AA）」について、農林水産省との調査（AA低減試験）を含めて、再度、取り上げます。

【経緯】

当協会が委員として参加しています「農林水産省消費・安全局主催のリスク管理検討会」で討議されてきました食品にまつわる危害物質の中から、食品安全政策課リスク管理チームと当協会の会員食品スーパーマーケットと、2021年1月25日に初回のアクリルアミド（AA）に関する事前の意見交換会を開催しました。

その後、惣菜を試料とした低減試験に関する事前の予備試験、本試験を経て、2023年1月26日と27日にAA低減試験結果に関する意見交換会を開催しましたので、本稿はその試験結果について解説します。（一部抜粋・加工）

すべての食品事業者は消費者の健康の保護を目的として、食品の安全性の確保と品質の向上に日々、努力することが求められます。そのために、常に更新される国内外の有害物質の現状と情報管理は重要です。

『アクリルアミド』についてのおさらい

2002年、デンプン（炭水化物）を多く含むイモ類を高温で加熱することで化学物質のアクリルアミド（AA）が生成されることがスウェーデン食品安全庁とストックホルム大学の研究により明らかになりました。

具体的には、高濃度にAAが含まれている食品としてフライドポテトを突き止め、そこから炭水化物を多く含む食材を焼いたり、炒めたり、揚げたりして製造した食品にAAが含まれていると世界に向けて発表しています。

その後、世界各国で研究が進み、高温で加熱調理することでアミノ酸の一種と還元糖の反応によりAAへ変化することが判明。遺伝毒性や発がん性が懸念されるだけでなく、日本では劇物に指定されています。

【劇物に指定】

日本では劇物に指定され、主な用途はポリアクリルアミドの原料として、紙力増強剤（紙強度を高める）、繊維

加工（シワを出来にくくする）、沈殿物凝集剤（粒子を凝集し沈殿させる）、土壌改良剤（団粒化、浸透性や保水性、空気の通過性を改良）、接着剤（ガラス繊維等の接着剤原料）、塗料（アクリル系塗料の原料）等に利用されています。

【健康への影響】

国際がん研究機関（IARC）による発がん性分類（参考1）では、AAは2A（人に対しておそらく発がん性がある）に分類されています。

健康への影響について、食品に含まれるAAの影響は発がん性の有無を含め解明されていません。ただし、動物実験では高用量のAAを投与した場合に発がん性が報告されていることから、人に対しても発がん性を有する可能性が考えられています。このことから、炭水化物を多く含む食材を高温で加熱した際に生成される微量のAAが人に対して発がん性を示すかどうかについて、調査研究が進められています。

（参考1）国際がん研究機関（IARC）による発がん性分類について2017'からの抜粋

グループ2A (81種類) ※	ヒトに対しておそらく発がん性がある。 (Probably carcinogenic to humans) 例) アクリルアミド、亜硝酸塩等 ヒトへの発がん性については限られた証拠しかないが、実験動物の発がんについては十分な証拠がある場合
--------------------	---

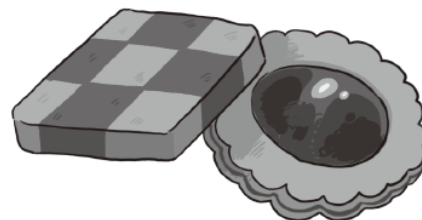
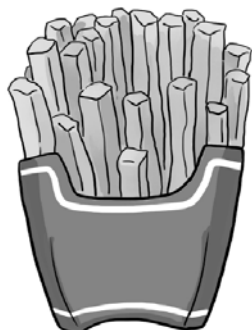
（補足）IARCによる発がん性の分類は、人に対する発がん性があるかどうかの「証拠の強さ」を示すもので、物質の発がん性の強さや暴露量に基づくリスクの大きさを示すものではない。

【生成メカニズムと製造・調理による影響】

AAができる主な原因は、食品原材料に含まれるアミノ酸の一種であるアスパラギンと果糖（フルクトース）、ブドウ糖（グルコース）、麦芽糖（マルトース）等を含む還元糖が、揚げる、焼く、焙るなどの調理中の120℃以上の加熱環境により、アミノカルボニル反応（メイラード反応）＝化学反応を起こし、その過程でAAが生成、さらに低水分、高温、高 pH の条件下で反応が促進すると考えられています。

これまで、AAを多く含む食品はジャガイモ類を原料としたポテトチップス、フライドポテトなどの油揚げしたスナック菓子、小麦を原料としたビスケットなどの焼き菓子等です。また、コーヒー豆、ほうじ茶葉、麦茶（煎り麦）のように、高温で焙煎した食品にもAAが多く含まれていることが報告されています。

さらにAAは、商業的に製造されたこれらの加工食品だけでなく、家庭やレストラン等で調理された食品からも検出されています。その他、もやし、アスパラガス、かぼちゃなどの野菜類やリンゴなどの果実類をオーブンで加熱したものからも検出されています。



©m i z u h o.デザインオフィス

（国外の動向）

コーデックス委員会は、食品（馬鈴薯加工品、穀類加工品）中のAA低減のための実施規範を採択しました（2009）。FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議（JECFA）は、AAは遺伝毒性発がん性があり、食品を通じて

長期間にわたって摂取することでヒトの健康に悪影響が生じる懸念があるため、食品中の AA を低減するための努力を継続すべきと勧告しました（2010）。欧州委員会は、乳幼児用食品について基準値の設定を検討中です。

（国内の動向）

食品安全委員会は、日本人における食事由来の AA 摂取による発がん影響について、公衆衛生上の観点から懸念がないとは言えないと評価しました（2016）。また、現在、食品に含まれている AA について、食品衛生法等に基づく基準値等は設けられていません。また、海外でも食品に含まれている AA の規制を行っている国、地域はごく限られています。

【国内の調査から】

食品安全委員会の評価（2016年4月）から日本人の食品からのアクリルアミドの摂取量

0.158–0.261 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/日から、食品グループ別の摂取割合（寄与率）は、高温調理した野菜（炒めもやし、フライドポテト、炒めたまねぎ、炒めれんこん、炒めキャベツ等。56%）、飲料（コーヒー、緑茶・ウーロン茶、麦茶等。17%）、菓子類・糖類（*ポテトスナック、小麦系菓子類、米菓类等。16%）、穀類（パン类等。5.3%）及びその他の食品（ルウ等。6.2%）と推定されています。

*ポテトスナック（ポテトチップスと成形ポテトスナックの合計。AA濃度が低減した H25 のデータを使用）の寄与率は 7%程度

【食品の含有実態調査（農林水産省）】

国内外の調査で AA が多く含まれる加工食品や、日本人の摂取量が多い加工食品を対象にした AA の含有実態を調査しています（参考 2）。食品中の AA 濃度は食品の原材料の成分と製造方法によって影響を受けるため、同じ種類の食品でも AA 濃度は異なります。「食品中のアクリルアミドを低減するための指針」を作成し、食品関連事業者の AA 低減に向けた取組を支援してきました。

【国内のリスク管理の成果（農林水産省）】

幅広い加工食品について調査した結果、「焼く」「揚げる」などの加工調理を行った市販食品や家庭での調理品に含まれること、「煮る」「蒸す」などの水を利用した調理ではほとんどできないことが判明しています。そこで、今後は食品事業者や研究機関と連携し、AA低減技術の効果を検討します。また、食品事業者の AA 低減に向けた取組を支援するため、「食品中のアクリルアミドを低減するための指針」を作成（2013）、普及しています。さらに、食品から摂る AA の量をより減らすために消費者が家庭でできることを取りまとめたパンフレットを作成（2015）、配布しています。

【今後の課題】

食品を通じた消費者の AA 摂取量を低減するため、馬鈴薯加工品や穀類加工品について、食品事業者による低減対策の効果を検証するための含有実態を調査し、適宜指針を更新。それ以外の食品における食品事業者と連携した低減技術の開発、指針を作成します。さらに、消費者への情報提供を充実します。

（委員からの意見）

国は食品事業者と研究機関と連携し、AA 低減技術の効果を共同で試験を行っていただきたいと思います。また、フライヤーやスチームコンベクションでの調理加工と AA の生成量については消費者も知りたい情報であると思いますので、至急検討していただきたいと思います。

【惣菜中のアクリルアミド低減に向けた事業者連携調査から（一部抜粋・加工）】

食品中の AA は、還元糖及びアスパラギンを含む食品を焼く、揚げるなど 120℃以上に加熱されると生成される。食品安全委員会は、合理的に達成可能な範囲で、できる限り食品中の AA 濃度の低減に努める必要があると結論した。そこで、これまでの農林水産省の実態調査の結果から AA 濃度が比較的高いことが確認された、または AA の検出率が高かった惣菜のうち、消費者の購入頻度が高いとされるコロッケ及びかき揚げを対象とし、これらの惣菜中の AA 低減に向けた加工・調理方法の検証のための調査を実施した。

（AA 低減試験の概要）

1、AA 低減試験の実施事業者について

AA 低減試験を実施するに当たり、（一社）全国スーパーマーケット協会会員と（一社）日本惣菜協会会員がそれぞれ試料を試作し、製造条件を記録、冷凍した試料をリスク管理チームが指示した分析機関に送付。また、一部の試料やその原材料について、官能評価・芯温・Brix を測定し記録した。

2、試料の分析とその機関について

惣菜中の AA 濃度を把握するための事前の予備調査として、現状、店舗および自社工場内で調理・製造販売している対象商品:コロッケ、かき揚げ製品の AA 実態の分析と、低減技術の検証を行う本調査として、低減化のための処理を施した対象商品:コロッケ、かき揚げ製品の AA 実態分析を農林水産省が一般競争入札により選定した二検査機関が試料中の AA 濃度を測定した。また、本調査においては、一部の試料について測色数値を測定。事前の予備分析および本分析は分析法（LC-MS/MS 法）を用いた。

3、試験結果の解析について

実施事業者が調理・製造した試料（コロッケ、かき揚げ）を分析した指定分析機関からの報告を基に、測定結果や官能評価結果等を食品安全政策課リスク管理チームが解析した。

4、AA 低減試験の調査結果から

1) AA の実態を図るための予備調査

コロッケの試料は 4 社 7 製品、また、かき揚げの試料は 4 社 9 製品について、AA 濃度を測定した。原材料や調理工程の情報及び AA 濃度については供試した事業者との事前の意見交換から、本調査で低減技術の検証を行う項目と製品の組み合わせを選定した。

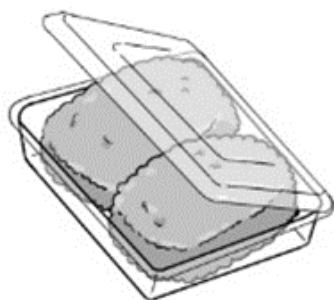
2) 予備調査を踏まえ、AA 低減のための本調査

コロッケは、検証した 3 項目（AA 低減のための処理）の全てが、AA 低減に有効な技術である可能性が示唆された。一方、かき揚げについては、AA 低減に有効な技術である可能性が示唆されたのは、検証した 3 つの項目のうち 1 つのみであったが、今回の協力供試事業者のかき揚げ製品では通常の製品中の AA 濃度が元々低かった（20~50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 程度）ことから、さらなる低減が難しかった可能性がある。

【コロッケの AA 低減試験】

(1) コロッケの加熱条件と揚げ色、および AA 濃度の関係について

一般的に、加熱時間が長いほど、食品中の AA 濃度は高くなる。そこで、加熱時間の異なるコロッケを試作し、加熱時間が AA 濃度に及ぼす影響を検証した。また、プリフライ（加熱未了状態）後に仕上げ油調を行う製品の場合、プリフライ後の冷凍の有無が仕上げ油調後の AA 濃度にどのような影響を及ぼすか検証した。さらに、食品の種類によっては、加熱後の食品の着色度や明度と AA 濃度との間に正の相関が認められるものがあり、焼き色や揚げ色が AA 濃度の目安となる場合がある。そのため、揚げ色と AA 濃度との間に相関関係があるのかも検証した。



©m i z u h o.デザインオフィス

(調査結果と考察)

- ① 揚げ時間と AA 濃度の間に非常に強い正の相関が認められ、ある製品では揚げ時間を通常より 50 秒 (33%) 又は 25 秒 (17%) 短くした場合、また異なる製品では通常より 20 秒 (12%) 短くした場合、AA 濃度が有意に低減した。
- ② 二度揚げする製品について、プリフライ後に冷凍し、再油調した試料中の AA 濃度は、プリフライ後に冷凍せずに再油調したものよりも高い傾向がみられた。
- ③ L*a*b*表色系では、AA 濃度と相関のある指標は認められなかった。

L*a*b*表色系とは

:国際照明委員会 (CIE) が 1976 年に規格化した表色系。L*値は明るさを示し、物質の色が明るいとき数値が高く暗いと小さい。a*、b*の値は色あいを示し、a*が正であれば赤方向、負であれば緑方向を示し、b*が正であれば黄方向、負であれば青方向を示す。どちらも絶対値が大きくなるにつれて鮮やかな色に、0 に近づくとくすんだ色を示す。

- ④ 品質や HACCP に基づく加熱条件（芯温 75°C/1 分以上）の管理に留意しつつ、揚げ時間を短くすることで、AA 濃度を低減できる可能性がある。

(2) コロッケに使用するパン粉の種類が AA 濃度に及ぼす影響について

パン粉は、コロッケの衣として油調される工程で AA が生成するが、パン粉製造の焼成工程で生成した AA 含有量やパン粉の水分含量等は使用するパン粉によって異なると考えられ、パン粉の種類がコロッケ製品中の AA 濃度に影響を及ぼす可能性がある。そこで、パン全体を粉碎したパン粉を使用した通常製品に加えて、パンの耳部分を除去したパン粉（クラムを主としたパン粉）、パンの耳部分のみを使用したパン粉（クラストを主としたパン粉）を用いたコロッケを試作し、これらのパン粉の種類が AA 濃度に及ぼす影響を検証した。

(調査結果と考察)

- ① クラムを主としたパン粉を用いた試料中の AA 濃度は、クラム・クラストを区別せずにパン全体を粉碎した通常の製品との間に差は見られなかった。
- ② クラストを主としたパン粉を用いた試料の中には、AA 濃度が通常の製品よりも約5倍高いものがあったが、反復間のばらつきが大きかった。
- ③ パン粉の種類がコロッケ中の AA 濃度に影響する可能性が示唆された。

(3) バッター液の pH が AA 濃度に及ぼす影響

一般的に、pH が低いほどアミノカルボニル反応が抑制されるため、食品を低 pH に調整すると加熱による AA 生成を抑制できる場合がある。そこで、有機酸（当試験ではグルコン酸を使用）を添加し、通常よりも pH を低下させたバター液を用いたコロッケを試作、バター液の pH が AA 濃度に及ぼす影響を検証した。また、それらの試料について官能評価（香り、酸味、うま味、甘味、総合評価）を実施し、有機酸添加が製品の風味に与える影響についても検証した。

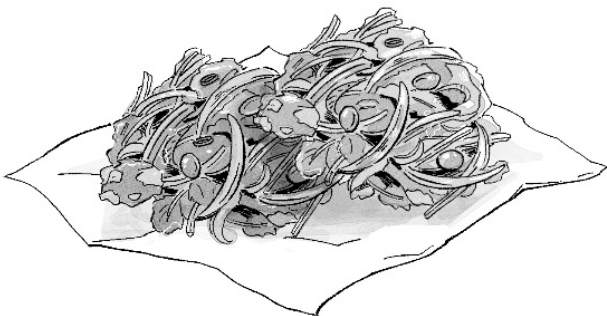
(調査結果と考察)

- ① バッター液に有機酸を添加した試料中の AA 濃度は、通常の製品の半分程度であった。
- ② 官能評価では、香りの項目を除いて有機酸を添加した試料と通常の製品の間に差異がみられたものの、大きな風味の低下はみられなかった。
- ③ 風味への影響に留意しつつ、有機酸等の添加によりバター液の pH を低下させることで、AA 濃度を低減できる可能性がある。

【かき揚げの AA 低減試験】

(1) かき揚げの加熱条件と AA 濃度の関係

食品中の AA 濃度と加熱条件には密接な関係がある。そこで、通常プリフライ後に冷凍状態で出荷され、消費者への提供時に仕上げ油調を行う二度揚げタイプの製品について、一度の油調で最終製品化した試料を試作し、一度揚げと二度揚げとの間で AA 濃度が異なるか検証した。また、ポテトチップスの製造工程では、油調直後に急冷し粗熱をとることで、余熱による AA 生成を抑制できることが知られている。そこで、油調直後に急冷を行ったかき揚げと、油調後に室温で放冷したかき揚げを試作し、AA 濃度を比較した。



©m i z u h o.デザインオフィス

(調査結果と考察)

- ① 一度の油調で最終製品化させた試料中の AA 濃度は、通常製品（二度揚げで最終化した製品）と有意な差は見られなかった。ただし、一度揚げの試料は二度揚げの試料と比較し、AA 濃度のばらつきが大きかった。
- ② 急冷処理を行った試料と行わなかった試料中の AA 濃度比較では有意差はなかった。
- ③ 油調回数の低減や油調後の急冷処理による AA 濃度への影響は見られなかった。

(2) 原材料の浸漬処理が AA 濃度に及ぼす影響

野菜類やイモ類を原料とする場合、加熱前にカットした原料を水にさらしたり流水で洗ったりすると、原料の表面の AA 前駆体が流出し、AA の生成量を減らすことができる。

そこで、褐変防止のため原材料のさつまいもを L-アスコルビン酸溶液に浸す処理を行っている製品や、焦げ防止のために原材料の玉ねぎを水に浸す処理を行っている製品について、浸漬処理を行わないかき揚げを試作し、浸漬処理が AA 濃度に及ぼす影響を検証した。

(調査結果と考察)

- ① さつまいもの L-アスコルビン酸溶液浸漬処理を行わなかった試料中の AA 濃度は、通常の製品と同等であった。
- ② 玉ねぎの浸漬処理を行わなかった試料中の AA 濃度は通常の製品よりも有意に高く、約 3.4 倍であった。
- ③ 原材料を水に浸す処理は、かき揚げの褐変や焦げ防止に加えて、AA 低減技術としても有効な可能性がある。

(3) バッター液の pH が AA 濃度に及ぼす影響

一般的に、pH が低いほどアミノカルボニル反応が抑制されるため、食品の pH が低くなるように調整すると加熱による AA 生成を抑制することができる可能性がある。そこで、有機酸（グルコン酸）を添加し pH を下げたバター液を用いたかき揚げを試作し、バター液の pH が AA 濃度に及ぼす影響を検証した。また、官能評価（香り、酸味、うま味、甘味、総合評価）を実施し、有機酸添加が製品の風味に与える影響についても検証した。

(調査結果と考察)

- ① バッター液に有機酸を添加し pH を低下させた試料は通常製品と比較して AA 濃度に差は見られなかった。
- ② 有機酸を添加した試料の官能評価はいずれの項目においても通常製品との間に差異があり、風味の低下が見られた。
- ③ 今回検証した条件（かき揚げの種類、有機酸の種類）では、バター液の pH 低下による AA 濃度の低減への有効性は示唆されなかった。

5、調査のまとめ

本調査では、コロッケ及びかき揚げについて、油調後の最終製品における AA 低減に向けた加工・調理方法の検証を実施した。

コロッケについては、油調（加熱）時間の短縮及びバター液 pH の低下により最終製品の AA 濃度が低下する傾向が見られた。また、二度揚げ前の冷凍やクラストのみのパン粉を使用することにより、冷凍処理をしないものやクラムを含むパン粉を使用したものより AA が増加する傾向が見られた。

これらのことから、加熱時間やプリフライから最終油調までの保管温度、バター液やパン粉などの衣の原料を変更することにより、コロッケの AA 濃度を低減できることが示唆された。

かき揚げにおいては、原材料となる野菜の浸漬処理を行わない場合、最終製品中の AA 濃度が高くなる傾向が示された。また、今回の協力事業者の製品はもともと AA 濃度が低く、加熱時間の短縮による低減効果を見ることは困難であったが、AA 濃度が高い製品があればコロッケと同様に加熱（油調）時間の短縮により低減できる可能性はあると考えられた。

つづく

(参考文献) 農林水産省消費・安全局食品安全政策課リスク管理チーム、厚生労働省生活衛生・食品安全部監視安全課、内閣府食品安全委員会、イラスト：m i z u h o.デザインオフィス（イラストは転載禁止）