

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 年 11 月

農林水産省

This page intentionally left blank.

目次

序章	1
1. はじめに	2
2. 目的	3
3. 適用範囲	3
3.1. 対象食品	3
3.2. 対象	3
4. 本指針の構成及び性格	4
4.1. 本指針の構成	4
4.2. 本指針の性格	4
5. 低減対策を検討する上での留意点	5
5.1. 他の危害要因の発生防止	5
5.2. 食品の栄養特性・官能特性の維持	5
5.3. 関連法規の遵守	6
5.4. 関係者の理解の促進	6
5.5. 取引先への協力依頼	7
6. 食品中のアクリルアミドの分析とその結果の活用	7
6.1. 製品中のアクリルアミド濃度の把握	7
6.2. 候補となる低減対策の有効性の検証と対策の決定	7
6.3. 実施した低減対策の効果の検証	8
7. 管理項目の明確化	8
8. 継続的な情報収集と技術開発	8
第1章 アクリルアミドの低減対策	9
1. ばれいしょの加工食品、調理食品	10
1.1. 原料ばれいしょの調達	10
1.1.1. 基本的な考え方	10
1.1.2. 留意事項	10
1.1.3. 低減対策の具体例	11
1.1.3.1. 生鮮ばれいしょの調達	11
1.1.3.2. 生鮮ばれいしょの貯蔵、保管	11
1.1.3.3. 乾燥ばれいしょ、冷凍ばれいしょ、ばれいしょ粉の調達	12
1.2. ばれいしょ加工品の企画、設計及び開発	13
1.2.1. 基本的な考え方	13
1.2.2. 留意事項	13
1.2.3. 低減対策の具体例	13

1.2.3.1. 原料組成、配合比率の検討	13
1.2.3.2. ばれいしょ及び生地形状の検討	14
1.2.3.3. 乾燥、下揚げ条件の検討	15
1.2.3.4. 加熱条件の検討	15
1.3. ばれいしょ加工品の製造、加工又は調理	17
1.3.1. 基本的な考え方	17
1.3.2. 留意事項	17
1.3.3. 低減対策の具体例	17
1.3.3.1. 原料ばれいしょの受入、調整	17
1.3.3.2. 原料ばれいしょの選別、特定部位の除去	18
1.3.3.3. ばれいしょ及び生地の成型	18
1.3.3.4. 成型ばれいしょの洗浄、ブランチング	18
1.3.3.5. pH 調整	19
1.3.3.6. 乾燥	19
1.3.3.7. 加熱	20
1.3.3.8. 余熱の管理	21
1.3.3.9. 不良品の選別	21
1.4. 調理方法に関する情報提供	21
1.5. 製品のアクリルアミド濃度の把握	22
1.6. ばれいしょ加工品における取組検討項目	23
2. 穀類の加工食品、調理食品	25
2.1. 原料穀類の調達	25
2.1.1. 基本的な考え方	25
2.1.2. 留意事項	25
2.1.3. 低減対策の具体例	26
2.1.3.1. 穀類・穀粉の調達	26
2.2. 穀類加工品の企画、設計及び開発	27
2.2.1. 基本的な考え方	27
2.2.2. 留意事項	27
2.2.3. 低減対策の具体例	27
2.2.3.1. 原料組成、配合比率の検討	27
2.2.3.2. 生地の発酵、成型、乾燥条件の検討	29
2.2.3.3. 加熱条件の検討	30
2.3. 穀類加工品の製造、加工又は調理	32
2.3.1. 基本的な考え方	32
2.3.2. 留意事項	32

2.3.3. 低減対策の具体例	32
2.3.3.1. 原料穀類の受入.....	32
2.3.3.2. 原料穀類の調製	33
2.3.3.3. 生地が発酵、成型、乾燥	33
2.3.3.4. 加熱	33
2.3.3.5. 余熱の管理.....	34
2.3.3.6. 不良品の選別	34
2.4. 調理方法に関する情報提供	34
2.5. 製品のアクリルアミド濃度の把握.....	34
2.6. 穀類加工品における取組検討項目	36
第2章 基礎情報及び技術解説	37
1. 基礎情報	38
1.1. アクリルアミドについて	38
1.2. アクリルアミドの食品からの発見の経緯	38
1.3. 食品中のアクリルアミドの生成機序	39
1.4. アクリルアミドの毒性.....	41
1.5. 食品中のアクリルアミドによる健康リスク	45
1.6. 各国のアクリルアミドの低減のための取組.....	46
1.7. 食品中のアクリルアミドの分析.....	49
2. 原料農産物の調達段階での検討事項	50
2.1. 調達	50
2.2. 貯蔵、保管	52
2.3. 前駆体濃度の把握	53
2.4. 前駆体濃度の調整	54
3. 食品の企画、設計及び開発段階での検討事項.....	55
3.1. 原料組成、配合比率の検討①	55
3.2. 原料組成、配合比率の検討②	57
3.3. 原料組成、配合比率の検討③	58
3.4. 原料組成、配合比率の検討④	59
3.5. 食品の形状の検討	62
4. 食品の製造、加工又は調理段階での検討事項.....	63
4.1. 原料農産物の選別、特定部位の除去.....	63
4.2. 洗浄、ブランチング	64
4.3. pH 調整.....	65
4.4. 発酵	66
4.5. 加熱①	67

4.6. 加熱②	68
4.7. 加熱③	69
4.8. 余熱の管理	70
4.9. 不良品の選別	71
4.10. 調理方法に関する情報提供	72
5. 実用化が期待される低減技術	73
5.1. 生産段階	73
5.2. 加工段階	74
引用文献	76
第3章 用語解説	81
1. アミノ・カルボニル反応に関連した用語	82
1.1. アミノ・カルボニル反応	82
1.2. 前駆体	82
1.2.1. アスパラギン	82
1.2.2. 還元糖	82
1.2.3. カルボニル化合物	82
1.2.4. シッフ塩基	83
2. 国際機関に関連した用語	83
2.1. FAO/WHO 合同食品添加物専門家会合（JECFA）	83
2.2. コーデックス委員会（Codex 委員会）	84
2.3. 国際がん研究機関（IARC）	84
3. 食品汚染物質に関連した用語	85
3.1. 食品汚染物質	85
3.1.1. クロロプロパノール類	85
3.1.2. 多環芳香族炭化水素（PAH）	85
3.1.3. フラン	86
4. 毒性評価に関連した用語	86
4.1. 遺伝毒性	86
4.1.1. 染色体異常誘発性	86
4.1.2. 変異原性	86
4.1.3. DNA	86
4.1.4. 染色体	86
4.2. 生殖毒性	86
4.3. 発達毒性	87
4.4. NOAEL	87
4.5. NOEL	87

4.6. 遺伝子多型.....	87
4.7. 疫学調査	87
4.7.1. 食物頻度アンケート.....	87
5. 品質管理に関連した用語	88
5.1. アグトロ値	88
5.1.1. L*値.....	88
5.1.2. a*値	88
5.2. リコンディショニング	88
5.2.1. 低温糖化.....	88
5.3. キュアリング処理.....	88
6. その他の用語	89
6.1. 異性化液糖.....	89
6.2. グルタチオン抱合体	89
6.2.1. グルタミン酸.....	89
6.2.2. システイン	90
6.2.3. グリシン.....	90
6.2.4. メルカプツール酸	90
6.2.5. スルホキシド.....	90
6.3. 毒物及び劇物取締法	91

This page intentionally left blank.

序章

1. はじめに

人間は、食品に好ましい味、香り、色、食感を加えるとともに、栄養素の消化吸収を良くするために、加熱による加工・調理を行ってきた。加熱は、食品の保存性や安全性を高めるためにも重要である。しかし、近年の研究結果から、食品の加工中や調理中の加熱が原因となって、意図していなかった化学物質が生成し、食品に含まれることが分かってきた。アクリルアミド (acrylamide) は、それらの化学物質の一つで、その主な生成要因は、食品に含まれるアミノ酸の一種である遊離アスパラギン（以下単に「アスパラギン」という。）と還元糖（ぶどう糖や果糖など）の化学反応であることが明らかとなった。

食品に含まれるアクリルアミドが明らかに原因であると特定された健康被害はこれまで報告されていない。しかし、国際的なリスク評価機関は、食品を通じて長期間にわたってアクリルアミドを取り続けることによって健康への悪影響が生じる懸念があると結論し、食品のアクリルアミド濃度を低くするための適切な努力を継続すべきであると勧告した。このことは、アクリルアミドによる消費者の健康被害の発生を未然に防ぐには、食品のアクリルアミド濃度をできるだけ低くし、食品由来の摂取量（以下「暴露量」という。）を減らすことが重要であることを示している。

また、食品に含まれる化学物質によって何らかの健康被害が生じたり、健康被害が生じなくてもその化学物質が含まれること自体が社会問題となったりした場合には、消費者の信頼を失ったり、関連産業に大きな影響を与えたりする可能性がある。

消費者の健康保護に加え、このような観点からも、食品関連事業者は、原料の調達から最終製品の製造・販売に至るまでの工程の必要な段階において、食品の安全性向上のための対策を適切に講じる必要がある。このことは、食品中のアクリルアミド低減対策にもあてはまる。

そこで、農林水産省は、消費者の健康保護のために食品関連事業者が自主的に行う食品中のアクリルアミド低減の取組を支援するため、アクリルアミドに関してこれまで収集した情報や調査研究で得られた知見を整理し、食品関連事業者向けに食品中のアクリルアミド低減対策の指針としてまとめたので、食品関連事業者の皆様におかれては参考にしていただきたい。

本指針の内容は、今後、新しい科学的知見が得られた場合や、より有効な低減技術が開発された場合は、順次、更新する。

2. 目的

本指針は、食品関連事業者が、それぞれの食品の製造、加工又は調理の工程においてアクリルアミドの低減対策を自主的に実行することによって、アクリルアミド濃度を低減することを目的とする。

3. 適用範囲

3.1. 対象食品

アミノ酸の一種であるアスパラギンと還元糖（ぶどう糖や果糖など）を含み、主に、焼く、揚げる、煎るなど 120℃以上で加熱した食品を対象とする。

国内で流通する食品を対象とした農林水産省の実態調査では、様々な加工食品や調理食品にアクリルアミドが含まれていることが確認されている¹。本指針は、それらの調査結果などから、アクリルアミドを含む又は含む可能性のある加工食品及び調理食品（主に、焼く、揚げる、煎るなど 120℃以上で加熱したもの）を対象とする。

なお、消費者自身が調理し、摂取する食品にも、アクリルアミドを含む又は含む可能性があるものがあるが、それらについては本指針の対象外とする。

3.2. 対象

本指針は、アクリルアミドを含む又は含む可能性のある食品の製造、加工又は調理に関係する食品関連事業者（以下「事業者」という。）を対象とする。

ただし、食べる時に加熱が必要な食品の場合、表示などによって調理方法を情報提供する必要があることから、上記の事業者に加え、表示責任者である輸入者や販売者も対象に含む。

¹ 食品の安全性に関するサーベイランス・モニタリングの結果【有害化学物質】（農林水産省）
http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk_analysis/survei/result.html

4. 本指針の構成及び性格

4.1. 本指針の構成

本指針は、「第1章 アクリルアミドの低減対策」、「第2章 基礎情報及び技術解説」及び「第3章 用語解説」からなる。

第1章には、アクリルアミド低減対策に関する知見が多く存在し、事業者による自主的な低減対策が行われているばれいしょ又は穀類²を主原料とする加工食品及び調理食品について、アクリルアミド低減のために、事業者が、「原料の調達」、「製品の企画、設計及び開発」及び「製品の製造、加工又は調理」の各段階で検討することを推奨する事項を工程順に記載した。また、ばれいしょと穀類の項目の最後に、それぞれ取組検討項目の一覧を付した。ばれいしょと穀類以外の食品については、知見が明らかになり次第、低減対策の情報を追加する。

第2章には、食品中のアクリルアミドに関する基礎的な情報と、事業者がアクリルアミドの低減対策を行う際に参考となる、「原料の調達」、「製品の企画、設計及び開発」及び「製品の製造、加工又は調理」の各段階で適用が期待されるアクリルアミド低減技術についての解説（その実施例や根拠となる科学的なデータ、留意点など）を記載した。

4.2. 本指針の性格

本指針は、事業者に対して、対象製品の「原料の調達」、「企画、設計及び開発」及び「製造、加工又は調理」の各段階において、最終製品のアクリルアミド濃度を低く抑える対策及びその対策を実施する際の留意点を提供するものである。

また、設備、人員、予算などの状況は事業者ごとに異なるため、本指針で提供する対策を参考に、その実行可能性や低減効果などを考慮して、各事業者が、適切な対策を選択し、食品中のアクリルアミドの低減に自主的に取り組むことを支援するものである。

本指針の第1章は、ばれいしょ又は穀類を主原料とする加工食品及び調理食品の事業者を対象としているが、その他の食品にも低減対策を応用できる可能性があるため、ばれいしょ又は穀類を主原料とする加工食品及び調理食品以外の食品の事業者にも低減対策の情報を提供するものである。

なお、本指針では、食品やアクリルアミドについて予備知識がない方にも具体的な情報を提供するという観点から、必要に応じて具体例を記載した。指針中の各例は、国が特定の食品に対する使用の効果を保証したり、他のものの使用を制限したり、対象範囲を限定するものではない。

² 本指針では、小麦、コメ、トウモロコシなどのイネ科の種子及びソバの種子を穀類とする。

5. 低減対策を検討する上での留意点

5.1. 他の危害要因の発生防止

事業者は、アクリルアミドの低減対策によって、最終製品の食品全体としての安全性が低下することがないように留意する。

食品の加熱時間と加熱温度を変更すると、殺菌の効果や水分含有率に影響し、その結果、食中毒の原因となる有害微生物やカビの発生に起因する健康リスクにも影響を及ぼす可能性がある。

また、食品の製造、加工又は調理の工程や原料を変更すると、食品の加熱により生成するその他の化学物質、例えば多環芳香族炭化水素（polycyclic aromatic hydrocarbons）、フラン（furan）、クロロプロパノール類（chloropropanols）などの濃度に影響を及ぼす可能性がある。

そのため、事業者は、アクリルアミドの低減対策をそれ単独で検討するのではなく、すでに実施している食品安全に関するマネジメントシステムの中で検討する必要がある。

5.2. 食品の栄養特性・官能特性の維持

事業者は、アクリルアミドの低減対策によって、最終製品の栄養特性・官能特性が大きく損なわれることがないように留意する。

食品中のアクリルアミドの生成には、多くの場合、加熱食品の特徴的な色や風味、香りの形成に寄与するアミノ・カルボニル反応が深く関与している。例えば、加熱温度を低くしたり、加熱時間を短くしたりすると、食品中のアクリルアミドの生成は抑えられるが、食品の着色や風味、香りは弱くなる。

また、ブランチング（湯通し、下茹で）をすると、アクリルアミドの前駆体となる還元糖の濃度が低くなるが、過度に行うと、水溶性のビタミン類などの栄養成分が失われる。

したがって、事業者は、消費者が食品に期待する栄養特性や官能特性を保ちつつ、アクリルアミドを低減する対策を検討する必要がある。

5.3. 関連法規の遵守

事業者は、アクリルアミドの低減対策を検討、実施する際、国内外の関連法規を遵守する。

食品のアクリルアミド濃度の低減を目的として、食品添加物を食品の製造、加工又は調理に使用する際や、農薬などの資材を原料農産物の貯蔵に使用する際は、食品衛生法や農薬取締法などの関連する国内法規を遵守する。食品を輸出する場合は、輸出先国の基準値やガイドラインを満たしているかどうか、当該食品に使用する食品添加物やその他の資材の利用が認められているかどうかを確認する。

また、アクリルアミドの低減技術の中には、特許権が認められた発明や出願中の発明があることから、当該特許発明を使用する場合は、特許権者の許諾の必要性を確認する。

5.4. 関係者の理解の促進

事業者は、食品中のアクリルアミドの生成条件などを正しく理解し、低減対策に取り組むとともに、関係者の理解も促進する。

食品中のアクリルアミドは、主として、120℃以上の温度で原料農産物に天然に含まれているアスパラギンと還元糖が加熱されることによって化学反応し、意図せず生成する。

加熱していない農産物やアスパラギン及び還元糖そのものには、アクリルアミドは含まれていない。アスパラギンや還元糖は、それぞれを単独で加熱してもアクリルアミドは生成しない。また、加熱工程の後に調味や栄養強化を目的にそれらを添加しても、新たにアクリルアミドは生成しない。ただし、高温加熱中や高温加熱直後の食品にアスパラギンや還元糖を添加すると、より多くのアクリルアミドが生成する可能性がある。

原料の種類によっては、製造後の時間の経過とともにアクリルアミド濃度が減少することから、同じ原料ロットでもアクリルアミド濃度を特定することが困難な場合がある。

アクリルアミドは加熱した様々な種類の食品に含まれているが、これまで、食品に含まれるアクリルアミドが明らかに原因であると特定された健康被害は報告されていない。また、アクリルアミドを気にして加熱した食品を食べるのをやめると、栄養バランスが崩れる可能性がある。健康の維持、増進には、バランスのとれた食生活を送ることが重要である。

事業者は、このような食品のアクリルアミド濃度や生成条件、食生活の留意点を正しく理解した上で低減対策に取り組むとともに、消費者、取引先など関係者に理

解してもらえよう努める。

5.5. 取引先への協力依頼

事業者は、本指針で提供する対策を参考に、その実行可能性や低減効果などを考慮して、適切な対策を選択することになる（「4.2. 本指針の性格」参照）。農産物中の前駆体濃度は気象条件、品種、産地により大きく異なる場合があり、農産物の一次加工品に含まれるアクリルアミド濃度が大きく異なり、濃度の特定が困難な場合がある。このため、事業者が、低減対策の一つとして原料調達段階での低減対策を検討する場合は、取り扱う原料の特性と取引先の対応可能性について十分考慮する必要がある。

6. 食品中のアクリルアミドの分析とその結果の活用

事業者は、食品中のアクリルアミドの低減対策を検討するにあたり、食品のアクリルアミド濃度を測定し、そのデータを次の各項目の検討に活用する。

6.1. 製品中のアクリルアミド濃度の把握

食品のアクリルアミド濃度は、同じ品目であっても、各製品の製造者や製造法、原料の配合によって大きく異なる場合がある。また、同じ製品であっても、原料農産物の品種、産地、生産年、生産者、貯蔵条件などによる品質の違いやわずかな加工条件の違いによって大きく変動する場合がある。

このため、事業者はまず各製品のアクリルアミド濃度を測定する。

6.2. 候補となる低減対策の有効性の検証と対策の決定

候補となる低減対策の適用可能性と有効性を検証するため、試作品を製造して、アクリルアミド濃度を測定したり、その製品の褐変度を確認したりする。

事業者は、初めに、本指針を参考にどの低減技術が適用しうるか候補を絞った上で、実験的に予備試験（ラボテスト）を行い、効果を予備的に確認した後、有効性が認められた低減対策については、必要があれば実際の製造工程と同等の機能を持った設備で小規模の試作試験（パイロットテスト）を行い、効果を確認する。

事業者は、これらの検証の結果をもとに、商品特性に及ぼす影響、費用対効果を考慮し、もっとも適切な低減対策を自ら決定する。その後、実際の生産ラインで製造試験（ラインテスト）を行って、風味や生産条件を確認し、必要な修正、変更を加えた上で、本生産を行う。

6.3. 実施した低減対策の効果の検証

事業者は、低減対策を導入・変更した時、原料を変更した時、製造工程を変更した時などには、製品のアクリルアミド濃度を測定し、対策が有効に機能しているか検証する。

7. 管理項目の明確化

事業者は、アクリルアミドの低減対策を既存の品質管理マニュアル、衛生管理マニュアル、作業マニュアルなどに組み込む。

食品の安全性を高め、高品質で均質な製品を安定して製造するために、対策の手順や方法を明確化し、従業員が確実に実施できるよう体制を整備する。明確化した内容は、6.3.の検証結果と併せて定期的に見直しを行う。

8. 継続的な情報収集と技術開発

事業者は、継続的にアクリルアミドに関する情報収集や技術開発を行い、食品の安全性のさらなる向上のために知見を更新・蓄積するよう努力する。また、関連業界内でアクリルアミドに関連する技術情報を共有する。

世界各国の政府、大学、食品関連企業などが、食品中のアクリルアミドの低減技術の開発や実態調査を進めている。そこで、事業者は継続的にそれらの情報を収集し、国内外の最新の食品の濃度と自社製品の濃度を比較して、適切な水準を維持しているか確認する。

また、事業者が自ら実施した技術開発の成果として新しい科学的な知見が得られた場合は、科学雑誌・業界誌における論文や技術情報としての発表、特許公開による情報公開を検討する。

なお、現時点では、食品の種類によっては、実行可能な、又は、有効な低減技術がない場合もあり得る。その場合にも情報収集、技術開発は継続し、将来的に対策が実行可能となった場合には速やかに実施する。