

Acrylamid

Vorkommen

Mit einer neuen Analyseverfahren haben schwedische Wissenschaftler unterschiedliche und zum Teil hohe Mengen von Acrylamid in Lebensmitteln nachgewiesen. So waren zehn Proben Kartoffelchips mit 330 bis 2300 Mikrogramm pro Kilo belastet. In weiteren 15 Proben verschiedener Zerealien schwankten die Werte von „nicht messbar“ bis zu über 1400 Mikrogramm pro Kilo. Die Schweden entdeckten diese Werte durch Zufall, nachdem sie das Blut von Arbeitern untersucht hatten, die beruflich hohen Acrylwerten ausgesetzt werden. In diesem Zusammenhang war auch eine „unbelastete“ Kontrollgruppe inspiziert worden. Als sich aber auch in deren Blut überraschend hohe Werte zeigten, wurde auch nach diesen Ursachen geforscht.

Acrylamid ist als erbgutschädigend und krebserregend eingestuft. Die bisherigen Untersuchungsergebnisse deuten darauf hin, dass es im Herstellungs- bzw. Zubereitungsprozess bei der Erhitzung stärkehaltiger Lebensmittel gebildet wird. So waren alle in Schweden untersuchte Lebensmittel, die Acrylamid enthielten, stärkehaltig und gebraten, gebacken oder frittiert. In gekochten Lebensmitteln wurden dagegen keine Acrylamide gefunden.

Acrylamid ist als Monomer ein „Baustein“ für Kunststoffe. Der Stoff wurde 1949 erstmals synthetisiert und seit den 50er Jahren vor allem zur Herstellung von Polyacrylamid verwendet. Es kann deshalb in Lebensmittelverpackungen enthalten sein. Nach der Bedarfsgegenständeverordnung darf die Migration von Acrylamid in Lebensmitteln (bei einer Nachweisgrenze der Analyseverfahren von 0,01 mg/kg) nicht nachweisbar sein, um den Verbraucher vor möglichen Risiken durch den Übergang von Acrylamid aus der Verpackung ins Lebensmittel zu schützen. Acrylamid kann aber auch bei starker Erhitzung von kohlenhydratreichen Lebensmitteln, vor allem Kartoffeln und Getreide, entstehen. Der Stoff wird beim Backen, Rösten und Braten als Nebenprodukt der sogenannten Bräunungsreaktion gebildet.

Ein besonderes Problem im Hinblick auf die Bildung von Acrylamid ist die Tatsache, dass auch im privaten Haushalt beim Frittieren, Braten, Rösten oder Backen Acrylamid in kritischen Mengen entstehen kann.

Die Daten zur Belastung von Lebensmitteln des deutschen Marktes mit Acrylamid, die die Bundesanstalt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BLV) vorstellte, unterstreichen, dass Pommes frites und Chips zu den am höchsten belasteten Produktgruppen gehören. Aber auch in vorgegärteten Frühstückszerealien, Gebäck und anderen Knabberartikeln sowie weiteren stärkehaltigen und unter hohen Temperaturen hergestellten Lebensmitteln konnten zum Teil deutliche Mengen nachgewiesen werden.

Die Werte schwanken zum Teil erheblich zwischen den Chargen und zwischen Produkten verschiedener Hersteller. Untersuchungen von Obst, Gemüse und Fleisch verliefen bisher negativ. Um die Acrylamidwerte sukzessive zu senken, hat das BVL gemeinsam mit den Bundesländern eine Minimierungsstrategie auf der Basis sogenannter „Signalwerte“ vereinbart.

Verschiedene Untersuchungen (z.B. von Ökotest, Lebensmittelüberwachungsbehörden u.a.) haben gezeigt, dass vor allem Produkte aus Kartoffeln, die mit Fett zubereitet werden, am stärksten belastet sind wie Chips, Kartoffelröstis und Pommes frites. Aber auch in Knäckebrot, Butterkeksen und Kaffee fanden sich zum Teil hohe Werte. Die Hersteller selber geben selten freiwillig Auskunft, wie eine Umfrage der Verbraucherzentrale zeigte.

Weiterhin trägt Rauchen erheblich zu einer Belastung mit Acrylamid bei. Es wird geschätzt, dass Raucher täglich mit 0,5 bis 2 Mikrogramm Acrylamid pro Kilogramm Körpergewicht zusätzlich belastet werden.

Vollrohrzucker

Nach umfangreichen Analysen steht bei einigen Produkten auch der Vollrohrzucker eines bestimmten Herstellers als Ursache für erhöhte Acrylamidwerte fest. Diese bewegen sich zwischen 1.200 und 2.800 µg/kg. Alle Produkte, die mit diesem Vollrohrzucker gesüßt werden, enthalten in Abhängigkeit vom Zuckergehalt unterschiedliche Acrylamidwerte.

Kosmetika

Kosmetika, die Polyacrylamid enthalten, können als Verunreinigungen auch Spuren des Monomers Acrylamid aufweisen. Zusätzlich zum Polyacrylamid gibt es offenbar weitere Acrylamid-haltige Rohstoffe. Nach entsprechenden Recherchen teilte das Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg mit, dass Restgehalte an Acrylamid auch dann vorhanden sein können, wenn der Rohstoff Polyquaternium-7 in Produkten verwendet wurde. Polyquaternium-7 ist ein polymeres quaternäres Ammoniumsalz aus Dimethyldiallylammoniumchlorid. Der Rohstoff wird für Haarstyling-Produkte in Konzentrationen von bis zu 2% verwendet. Polyquaternium-7 könnte damit neben Polyacrylamid eine weitere Quelle für Acrylamid in kosmetischen Mitteln sein.

Während der Restgehalt an Acrylamid in Polyacrylamid bereits rechtlichen Regelungen unterliegt, existiert eine solche Begrenzung für Acrylamid in anderen Rohstoffen, wie Polyquaternium-7, bislang nicht. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) empfiehlt, bei der nächsten Änderung der Kosmetik-Richtlinie, Grenzwerte auch für die Restgehalte an Acrylamid in anderen Rohstoffen als Polyacrylamid festzusetzen.

Der Restgehalt für Acrylamid in Polyacrylamid darf bei Körperpflegemitteln, die auf der Haut verbleiben, 0,1 mg/kg nicht überschreiten. Bei sonstigen kosmetischen Mitteln ist er auf 0,5 mg/kg beschränkt (Anhang III, Nr. 66 der Kosmetik-Richtlinie 76/768/EWG, aufgrund der 26. Richtlinie 2002/34/EG der Kommission vom 15. April 2002 zur Anpassung der Anhänge II, III und VII der Richtlinie 76/768/EWG des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über kosmetische Mittel an den technischen Fortschritt, veröffentlicht im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 102/19).

Für die Festlegung von Höchstmengen benötigt das BfR von den Herstellern Informationen darüber, welche anderen Rohstoffe Acrylamid enthalten können und in welchen Mengen es enthalten ist. Zusätzlich werden Angaben über die Verwendung dieser Rohstoffe (Art der Produkte, Gehalte in den Produkten) benötigt.

Quelle: Stellungnahme des BfR vom 24.03.2003

Entstehung

Viele offene Fragen gibt es im Hinblick auf die Entstehung von Acrylamid. Der Stoff entsteht bei der Herstellung von stärkehaltigen Lebensmitteln. Auch das Vorhandensein eines stickstoffhaltigen Reaktionspartners muss gewährleistet sein. Temperatur, Erhitzungsdauer, Trockenheitsgrad, die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe und bei Kartoffeln auch der Sorte und Lagerbedingungen scheinen dabei neben weiteren möglichen Faktoren eine Rolle zu spielen.

Es wurde beobachtet, dass vor allem in Produkten, bei denen durch die Temperaturbelastung der Wassergehalt weitestgehend reduziert worden ist, besonders hohe Acrylamidgehalte entstehen können. Sobald der Einfluss dieser Faktoren abgesichert ist, können hieraus technologische Änderungen der Herstellungsprozesse industriell gefertigter Produkte abgeleitet werden.

Acrylamid entsteht also beim Frittieren, Backen, Braten, Rösten und Grillen stärkehaltiger Lebensmittel. Es bildet sich, wenn Zucker und Aminosäuren, vor allem das in Kartoffeln und Getreide in größeren Mengen enthaltene Asparagin, bei über 120°C miteinander reagieren.

Am Beispiel des Brotbackens konnte aufgezeigt werden, wie sich technologische Prozesse durch ihre Zeit-Temperatur-Profile unterscheiden können und beim Brot zu ganz unterschiedlicher Oberflächenbeschaffenheit und Relation zwischen Kruste und Krume führen. Hinzu kommen andere Faktoren, wie z.B. Fettgehalt und pH-Wert. Wenn in der Krume keine Temperaturen über 100°C erreicht werden, ist die Wahrscheinlichkeit der Bildung von Acrylamid möglicherweise sehr gering. Die Kruste dagegen kann über einen längeren Zeitraum Temperaturen über 180°C erreichen, wodurch die theoretische Möglichkeit der Acrylamidbildung durchaus gegeben ist.

Manche Knäckebrötchenarten enthalten an der Oberfläche eine Ölsaart. Diese könnten ebenfalls Reaktanten für die Bildung von Acrylamid liefern. In Deutschland sind Brote mit Ölsaaten in der Krume sehr beliebt, gelegentlich

kommen sie auch auf der Kruste vor. Es wird vermutet, dass es nur an der Oberfläche und bei kleinen Wassergehalten zur Bildung von Acrylamid kommen könnte.

Vollrohrzucker

Nach wissenschaftlichen Erkenntnissen entsteht Acrylamid in Vollrohrzucker bei der Reaktion von Glucose oder Fructose mit der Aminosäure Asparagin. Begünstigt wird die Reaktion, wenn wenig Wasser auf der Oberfläche des Lebensmittels vorhanden ist und Temperaturen über 120°C herrschen.

Die ersten Aufkonzentrierungsschritte für Vollrohrzucker laufen unter Vakuum bei einer Temperatur unter 100°C ab. Der letzte Schritt konnte bisher wegen der schwierigen Kristallisation nur traditionell in offenen Kesseln gemacht werden. Die traditionelle Herstellung dieses Rohrzuckers erfüllt alle Bedingungen für die Entstehung von Acrylamid:

- geringer Wassergehalt
- Temperaturen von ca. 120°C
- Asparagin, Glucose und Fructose sind vorhanden.

Wirkungscharakter

Toxikologen versuchten abzuschätzen, welche gesundheitlichen Gefahren den Verbrauchern drohen bzw. welchen gesundheitlichen Belastungen sie in der Vergangenheit ausgesetzt waren. In Tierversuchen traten bei der Verabreichung hoher Dosen des Stoffes Nerven- und Organschäden sowie Krebstumoren auf. Darüber hinaus zeigten sich Genschäden und Beeinträchtigungen der Fortpflanzungsfähigkeit. Ein Schwellenwert für diese Wirkung ist jedoch nicht bekannt, d.h., dass theoretisch jede Dosis eine solche Wirkung hervorrufen kann. Das Risiko wächst, je mehr Acrylamid aufgenommen wird.

Wie das Gift beim Menschen wirkt, haben Forscher bislang nur beobachten können, wenn die synthetisch produzierte Chemikalie am Arbeitsplatz etwa bei der Kunststoff- oder Klebstoffherstellung in größeren Mengen eingeatmet wurde. Dauerhafte Sensibilitäts- und Bewegungsstörungen waren die Folge, ein Krankheitsbild, das die Mediziner „aufsteigende Neuropathie“ nennen. In einer Studie an Arbeitern, die über längere Zeit gegenüber Acrylamid exponiert waren, konnte kein kausaler Zusammenhang zwischen der Acrylamidbelastung und Krebserkrankung nachgewiesen werden. Die Aussagekraft dieser Studie reicht aber aufgrund der niedrigen Probandenzahlen nicht aus, um einen geringen Anstieg der Krebshäufigkeit durch die Belastung mit Acrylamid feststellen zu können.

Vor diesem Hintergrund bat das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) das BgVV bereits im Mai 200x, zu einem ersten Expertengespräch einzuladen, das den Auftakt für umfangreiche Arbeiten im Bereich der Analytik und Toxikologie bildete.

Acrylamid kann über die Nahrung, über die Haut oder die Atmung in den Körper gelangen. Es wird schnell aufgenommen, im ganzen Körper verteilt und verstoffwechselt. Sowohl Acrylamid als auch die Stoffwechselprodukte können die Plazenta passieren und in die Muttermilch übergehen.

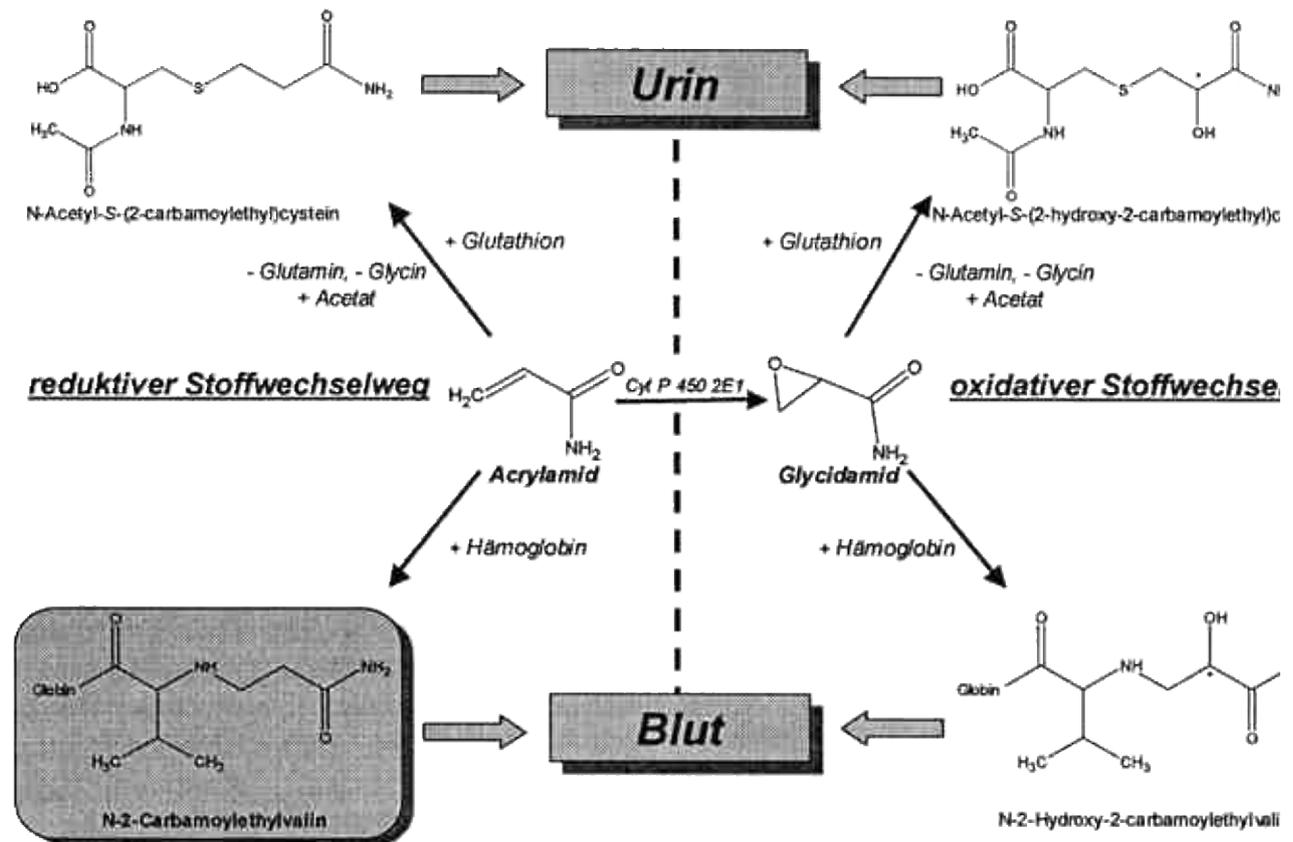


Abb. 1: Vereinfachtes Metabolismusschema von Acrylamid mit möglichen Reaktionen im Körper. Quelle: Umweltmed Forsch Prax 7 (6) 2002, S. 333

Risikobewertung

Erfahrungen über die gesundheitsschädlichen Wirkungen von Acrylamid liegen aus dem Bereich des Arbeitsschutzes vor. So kann die Substanz bei Kontakt Augen und Haut reizen und die Haut für andere Stoffe sensibilisieren. In Mengen, die der Verbraucher über Lebensmittel bei weitem nicht aufnimmt, kann Acrylamid auch Nervenschäden verursachen.

Andere Wirkungen, die für den Verbraucher größere Bedeutung haben, sind nur im Tierversuch nachgewiesen. Dort hat sich u.a. gezeigt, dass Acrylamid das Erbgut verändern und Krebs erzeugen kann. Im Tierversuch zeigte die Substanz nur dann eine schädliche Wirkung auf die Frucht, wenn Acrylamid in so hohen Mengen (Milligramm-Bereich) verabreicht wurde, dass sie die Muttertiere gesundheitlich deutlich beeinträchtigte. Totgeburten, Fehlgeburten oder Fehlbildungen bei den Nachkommen wurden in Tierversuchen (bei Ratten und Mäusen) nicht beobachtet. Die vom Menschen über die Nahrung aufgenommenen Mengen an Acrylamid sind so niedrig, dass sie nach wissenschaftlicher Einschätzung weder die Entwicklung der Neugeborenen beeinträchtigen noch das Risiko für Fehlgeburten erhöhen.

Internationale Gremien haben Acrylamid als wahrscheinlich krebserregend für den Menschen eingestuft. Diese Beurteilung beruht auf den Ergebnissen aus Tierversuchen. Verlässliche Untersuchungen am Menschen liegen nicht vor. Es ist aber davon auszugehen, dass Acrylamid auch beim Menschen Krebs erzeugen kann. Allerdings lassen sich keine Aussagen über die tatsächliche Größe des Risikos machen, sondern nach heutigem Kenntnisstand wird es als ernstzunehmendes gesundheitliches Risiko eingestuft.

Wie viel Acrylamid der Mensch über Lebensmittel aufnimmt, hängt von den Ernährungsgewohnheiten des Einzelnen ab und variiert deshalb innerhalb der Bevölkerung stark. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) schätzt, dass der durchschnittliche Bundesbürger durch den Verzehr von Lebensmitteln, die viel Acrylamid enthalten, täglich ungefähr 0,5 Mikrogramm Acrylamid je Kilogramm Körpergewicht aufnimmt. Dieser groben Abschätzung liegen Daten aus der Nationalen Verzehrstudie zugrunde und Daten über Acrylamidgehalte von Lebensmitteln, die das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) zur Verfügung gestellt hat.

Die Acrylamidbelastung von Kindern und Jugendlichen könnte 2- bis 3-fach höher sein als beim Erwachsenen, da Kinder bezogen auf ihr Körpergewicht, deutlich mehr als Erwachsene essen, hängt jedoch auch hier stark von den individuellen Verzehrsgewohnheiten ab. Im ungünstigsten Fall, wenn große Mengen mit Acrylamid hochbelasteter Lebensmittel verzehrt werden, könnten täglich einige Mikrogramm Acrylamid pro Kilogramm Körpergewicht aufgenommen werden.

Die Aufnahmeabschätzung des BfR stimmt mit entsprechenden Angaben aus anderen mitteleuropäischen Ländern überein. Alle Abschätzungen weisen aber große Unsicherheiten auf: Auch über relativ gering belastete Lebensmittel könnte zum Beispiel viel Acrylamid aufgenommen werden, wenn von diesen Lebensmitteln viel verzehrt wird. Da die Abschätzung auf dem Verzehr von industriell hergestellten Produkten basiert, bleibt außerdem die Aufnahme von Acrylamid aus Lebensmitteln unberücksichtigt, die in privaten Haushalten zubereitet wurden. Auch hier bestätigt sich eine Grundweisheit der Ernährungslehre, dass eine gesunde Ernährung niemals einseitig sein darf. Es soll stets eine gemischte, vielfältig ausgerichtete Kost aufgenommen werden, um alle Nährstoffe zu erhalten und sich vor der Überzufuhr einzelner Schadstoffe durch einseitige Ernährung zu schützen.

Für Acrylamid wurde kein Grenzwert festgesetzt. Für Stoffe, die wie Acrylamid das Potential haben, gleichzeitig Krebs auszulösen und das Erbgut zu schädigen, werden Höchstmengen grundsätzlich nicht festgesetzt, weil man davon ausgehen muss, dass jede Menge ein gesundheitliches Risiko darstellt. Ein gesundheitlich basierter Grenzwert, bei dessen Unterschreitung das Risiko für den Verbraucher ausgeschlossen werden kann, lässt sich deshalb auch nicht festsetzen.

Gemäß dem Kieler Toxikologen Dr. Kruse sollte die Aufnahme von Acrylamid so niedrig wie möglich gehalten werden. Seiner Ansicht nach besteht jedoch für den Verbraucher die berechtigte Hoffnung, dass zu Acrylamid ein

Gegenspieler in der Nahrung existiert, der in der Lage ist, Acrylamid für den Körper unschädlich zu machen. Nach seiner Auffassung sollten die genauen Zusammenhänge so schnell wie möglich umfassend erforscht werden. Solange keine gesicherten Erkenntnisse vorliegen, dürfe auf keinen Fall eine Entwarnung gegeben werden.

Zur Belastung des Menschen mit Acrylamid durch andere Quellen als Lebensmittel und Rauchen liegen keine verlässlichen Daten vor. In einem Risikobewertungsbericht der Europäischen Union, dem ältere Daten zugrunde lagen, wurde die durchschnittliche tägliche Aufnahme aus anderen Quellen als Lebensmitteln auf ungefähr 1 Mikrogramm pro Kilogramm Körpergewicht und Tag ($\mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$) geschätzt. Als bedeutende Quelle wurden in dem Bericht kosmetische Mittel genannt. In den letzten Jahren wurden aber auf europäischer Ebene Regelungen getroffen, die den Restacrylamidgehalt deutlich beschränken, sodass die Belastung des Verbrauchers mit Acrylamid aus kosmetischen Mitteln heute als unerheblich angesehen werden dürfte.

Das Bundesinstitut für Risikobewertung schätzt die durchschnittliche tägliche Acrylamidbelastung von Verbrauchern durch andere Quellen als Lebensmittel und Tabakwaren auf unter $0,1 \mu\text{g}/\text{kg KG}$. Darin enthalten ist die durchschnittliche tägliche Aufnahmemenge von Acrylamid über das Trinkwasser, die bei rund $0,0036 \mu\text{g}/\text{kg KG}$ liegt.

Prophylaxe

Zwischenzeitlich hat das BgVV zusammen mit Untersuchungseinrichtungen der Bundesländer und privaten Labors Analysenmethoden entwickelt, die eine sichere Bestimmung der Acrylamidgehalte ermöglichen. Ein Qualitätssicherungstest hat gute erste Resultate erbracht und zeigte, dass eine Reihe angewandter Methoden verlässliche Ergebnisse bringen. Der Proficiency-Test sollte im September 2002 abgeschlossen werden. Es ist zu erwarten, dass dann ausreichend analytische Kapazitäten zur Verfügung stehen, um repräsentative Untersuchungen für den deutschen Markt durchzuführen.

Die endgültige Lösung des Acrylamid-Problems im industriellen Bereich wird noch einige Zeit in Anspruch nehmen. Jedoch gibt es bereits erfolgversprechende Ansätze, um die Gehalte in Lebensmitteln allmählich zu senken. Ein besonderes Problem im Hinblick auf die Bildung von Acrylamid stellt der private Haushalt dar, da auch hier die risikoreiche Substanz beim Frittieren, Braten, Rösten oder Backen in kritischen Mengen entstehen kann. Die Bedeutung der einzelnen Entstehungsfaktoren muss vorrangig abgeklärt werden, um dem Verbraucher die Möglichkeit an die Hand zu geben, in der eigenen Küche hohe Acrylamidgehalte zu vermeiden. Die Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft gibt folgende Empfehlungen hierfür ab:

- Frittieren: Die Temperatur sollte 175°C nicht überschreiten. Thermometer/Thermostate regelmäßig überprüfen.
- Nur Frittieröle ohne Entschäumer Silikon (E900) verwenden (siehe Zutatenliste).
- Pommes frites und Toast sollten nur goldgelb geröstet werden.
- Große Portionen (mindestens 100 g pro Liter Fett) zubereiten.
- Frittierte Krokette, Geflügel- und Fleischerzeugnisse enthalten nur wenig Acrylamid.
- Frische Kartoffeln dürfen nicht angekeimt sein und müssen reichlich gewässert werden.
- In der Pfanne mit Margarine (mind. 80% Fett) statt Öl braten.
- Im Backofen besteht die größere Gefahr. Backpapier mindert die Acrylamidbildung.

Darüber hinaus gibt es noch folgende Empfehlungen:

- Scharfes Anbraten von Kartoffel- und Getreideprodukten und eine zu starke Bräunung vermeiden.
- Bratkartoffeln besser aus gekochten Kartoffeln zubereiten. Rohe Kartoffeln etwa eine Stunde wässern.
- Die Temperatur beim Backen mit Umluft sollte 180°C, beim Backen ohne Umluft 200°C nicht überschreiten.
- Pommes, Blechkartoffeln, Plätzchen, Brot, Pizza und Kuchen nicht zu stark bräunen.
- Dicke Pommes bevorzugen und gleichmäßig auf dem Backblech verteilen.
- Alternativen zu den belasteten Lebensmitteln sind: Pfannkuchen, Bratlinge und Gratins, Kartoffeln dünsten oder kochen, zum Knabbern eignen sich ungeröstete Nüsse oder Obststücke.

Das Risiko der Acrylamidbildung bei der Vollrohrzucker-Herstellung soll von den Herstellern stark belasteter Marken durch ein geändertes Produktionsverfahren minimiert werden. Da die bisherige Herstellung ein traditionelles Herstellungsverfahren ist, das in geringer Abwandlung weltweit eingesetzt wird, kann kurzfristig nicht auf andere Quellen ausgewichen werden.

Literatur

Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (2002)

Bundesinstitut für Risikobewertung (2002 / 2003)