

Pflanzen

Geeignete Kartoffelsorten vermindern Acrylamidbildung

Thomas Hebeisen, Nadine Guthapfel und Theodor Ballmer, Agroscope FAL Reckenholz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, CH-8046 Zürich

Werner Reust und Jean-Marie Torche, Agroscope RAC Changins, Eidgenössische Forschungsanstalt für Pflanzenbau, CH-1260 Nyon
Auskünfte: Thomas Hebeisen, E-Mail: thomas.hebeisen@fal.admin.ch, Fax +41 (0)1 377 72 01, Tel. +41 (0)1 377 74 50

Zusammenfassung

Die Acrylamidgehalte in Pommes Chips, hergestellt aus Knollen der Ernte 2002, betragen im Durchschnitt der acht Verarbeitungssorten 777 µg/kg. Die Durchschnittswerte in Pommes Chips aus Knollen der Ernte 2003 der selben Sorten waren um 31 % höher. Die Gehalte an reduzierenden Zuckern in den Knollen waren aufgrund der Trockenheit im Sommer 2003 bei allen Sorten tiefer als im Vorjahr. Sortenspezifische, jahres- und standortsbedingte Unterschiede waren sowohl beim Acrylamid- als auch beim Zuckergehalt vorhanden. Die erhöhten Acrylamidgehalte im zweiten Versuchsjahr konnten jedoch durch die Variation der reduzierenden Zucker nur ungenügend erklärt werden. Jahresspezifische Witterungseinflüsse könnten zu diesen aufgrund der geringen Zuckergehalte unerwarteten Ergebnissen geführt haben. Unterschiede in der Backfarbe der Pommes Chips eignen sich als Indikator für die Abschätzung des sortenspezifischen Acrylamidgehaltes von Pommes Chips.

Die Acrylamidbelastungen von Pommes frites und Rösti waren deutlich kleiner als diejenigen der Pommes Chips. Sehr tiefe Gehalte waren bei den Sorten Agria, Markies und Fontane zu beobachten.

Tiefe Gehalte an reduzierenden Zuckern sind die wichtigste Voraussetzung für eine verminderte Acrylamidbelastung von Kartoffelverarbeitungsprodukten wie Pommes Chips und Pommes frites sowie von Kartoffelgerichten wie Rösti.

Acrylamid steht im Verdacht gesundheitsschädigend zu sein (Madle *et al.* 2003). Es entsteht hauptsächlich durch die thermische Zersetzung der Aminosäure Asparagin unter Mitwirkung der reduzierenden Zucker Fruktose und Glukose ab einer Temperatur von 120 °C. Diese Zersetzung ist eine Nebenreaktion der Maillard-Reaktionen, die für die typische Bräunung sowie die Geruchs- und Geschmacksausprägung von Brat- und Röstprodukten verantwortlich sind. Je stärker die Austrocknung des Produktes, desto höher ist die Acrylamidbildung. Besonders hohe Belastungen mit Acrylamid wurden in stärkereichen und hochoverhitzten Lebensmitteln wie Pommes Chips und Pommes frites gefunden. Andere Lebensmittel wie zum Beispiel Kaffee, Kakao-pulver und Knäckebrot können ebenfalls beträchtliche Konzentrationen aufweisen. 2004 infor-

mierten Hebeisen *et al.* über den aktuellen Kenntnisstand der Acrylamidbildung, die Gehaltswerte in verschiedenen Lebensmitteln und über die humantoxikologische Beurteilung des möglicherweise krebsauslösenden Acrylamids.

Der vorliegende Beitrag befasst sich mit dem Acrylamidgehalt in Pommes Chips, Pommes frites und Rösti, hergestellt aus Knollen verschiedener Sorten. Folgende Fragen stehen im Zentrum:

■ Ist die Acrylamidbildung in Kartoffelprodukten und -gerichten sortenspezifisch? Können Sortenempfehlungen abgeleitet werden?

■ Wie beeinflussen die Gehalte an reduzierenden Zuckern und freien Aminosäuren als Vorläufersubstanzen den Acrylamidgehalt?

■ Eignet sich die Backfarbe von Pommes Chips als Indikator für den Acrylamidgehalt?

■ Wie beeinflusst die Stickstoffversorgung den Acrylamidgehalt in Pommes Chips?

Herkunft der Knollen

Aus den Sortenversuchen Reckenholz und Rütli (Zollkofen) 2002 und 2003 wurden mit Knollenmaterial (Kaliber 42,5 bis 70 mm) der Verarbeitungssorten Erntestolz, Saturna, Panda, Lady Rosetta, Lady Claire, Hermes, Markies und Agria standardisierte Pommes Chips hergestellt. Für standardisierte Pommes frites und Rösti wurden die Sorten Agria, Charlotte, Eba, Fontane, Innovator und Markies verwendet. Der Einfluss einer unterschiedlichen N-Versorgung von 80 und 120 kg N/ha auf den Acrylamidgehalt in Pommes Chips wurde mit den Sorten Lady Rosetta, Lady Claire und Fontane untersucht. Die Knollen stammten aus den N-Steigerungsversuchen von Agroscope RAC Changins und FAL Reckenholz, den Eidgenössischen Forschungsanstalten.

Backversuche

Alle Knollen wurden bei 8 bis 9 °C im Herbst bei einer relativen Luftfeuchtigkeit um 90 % in Kisten eingelagert. Die Backversuche wurden in Kleinfritteusen (20 Liter) mit High-Oleic Sonnenblumenöl durchgeführt. Pro Backprobe wurden 10 bis 12 Knollen geschält. 350 g Pommes Chips-Rohstoff (Scheibendicke 1,2 mm) wurden bei 170 °C während etwa drei Minuten frittiert

bis keine Luftblasenbildung mehr zu erkennen war. 250 g Pommes frites-Stäbchen (Querschnitt 8 mal 8 mm) wurden bei 150 °C während vier Minuten vorfrittiert. Nach einer zweitägigen Kühllagerung bei 5 °C wurden sie bei 170 °C während drei Minuten ausfrittiert. Zusätzlich wurde der Acrylamidgehalt in vier nur vorfrittierten Proben untersucht. Die Öltemperatur wurde während dem Frittiervorgang konstant auf die produktspezifische Solltemperatur reguliert.

Die Röstis wurden im ersten Jahr mit Rechauds und Gusspfannen und im zweiten Jahr mit einem grossflächigen Bräter hergestellt. Pro Sorte wurden 800 g ungeschälte Knollen während 40 Minuten gekocht; während der Nacht abgekühlt und davon 500 g beziehungsweise 300 g geschält und geraffelt. Zum Braten wurde Erdnussöl zugesetzt. Die Rösti wurde bei hoher bis mittlerer Hitze (180 °C) pro Seite jeweils zehn Minuten gebraten. Acrylamidgehalte in der Kruste und im Innenteil der Rösti wurden an jeweils vier Mustern pro Backtermin bestimmt.

Die reduzierenden Zucker sowie die Aminosäuren Asparagin und Glutamin (nur Ernte 2002) wurden in Mustern von acht bis 15 rohen Knollen bestimmt. Die Knollen wurden zu Pommes frites-Stäbchen zerkleinert und bei etwa -25 °C bis zur Analyse durch die Laboratorien Veritas und UFAG eingefroren.

Acrylamid wurde mittels Flüssigchromatographie mit Tandem-Massen-Spektrometrie (LC-MS/MS) bestimmt. Die Beurteilung der Backfarbe erfolgte durch visuellen Vergleich mit den Wageninger Farbtafeln.

Acrylamidgehalt in Pommes Chips

Im Durchschnitt von acht Verarbeitungssorten betrug der

Acrylamidgehalt in den Pommes Chips aus der Ernte 2002 777 µg/kg (Abb. 1). Die relative Standardabweichung betrug 22 % des Mittelwertes. Es bestanden sortenbedingte Unterschiede (Irrtumswahrscheinlichkeit $p = 0,05$); die Herkunft der Knollen und der unterschiedliche Backtermin beeinflussten die Acrylamidgehalte nur tendenziell. Pommes Chips von Lady Claire, Panda und Markies enthielten die tiefsten Acrylamidgehalte (Abb. 1).

Der mittlere Acrylamidgehalt in Pommes Chips aus der Ernte 2003 betrug 1017 µg/kg bei einer relativen Standardabweichung von 26 %. Die Acrylamidbelastung war damit 31 % höher als bei der Ernte 2002. Die Acrylamidgehalte wurden neben der Sorte im Jahr 2003 auch durch die Herkunft und den Backtermin signifikant beeinflusst. Pommes Chips der Sorten Panda, Markies, Hermes und Lady Claire wiesen die geringsten Acrylamidgehalte auf (Abb. 1). Pommes Chips der Sorte Panda enthielten zum Beispiel 34 % weniger Acrylamid als diejenigen der Sorte Saturna. Die Sortenunterschiede waren bedeutender als die Herkunft der Knollen und der unterschiedliche Backtermin. Haase *et al.* (2003) zeigten, dass neben der Sorteneignung auch der Anbauort einen Einfluss auf die Acrylamidbildung in Pommes Chips ausübte. Pommes Chips der Sorte Panda wiesen ebenfalls geringere Acrylamidgehalte auf als diejenigen der Sorte Saturna. In den Bestimmungen des Acrylamidbildungspotenzials durch Amrein *et al.* (2004) schnitt die Sorte Panda ebenfalls in beiden Jahren am besten ab. Pommes Chips der Speisekartoffelsorten Bintje und Charlotte waren im Vergleich mit den Verarbeitungssorten mit 1504 µg/kg beziehungsweise 1658 µg Acrylamid pro Kilogramm deutlich stärker belastet.

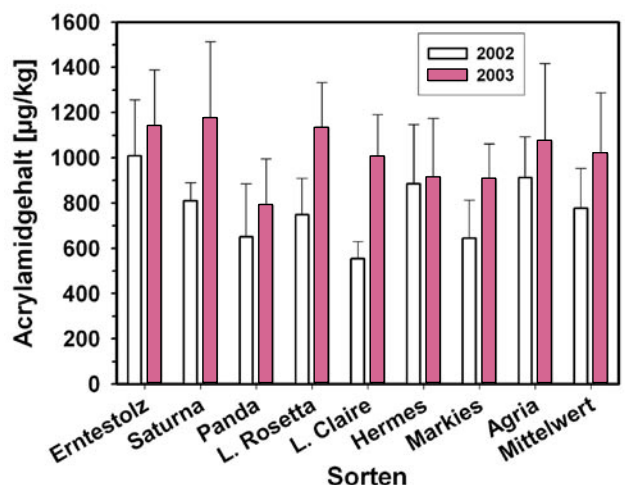
Einfluss der Trockenheit

Die lang andauernde, ausgeprägte Trockenheit 2003 beeinflusste die Ertragsbildung der Kartoffeln sehr stark. Da die Versuchsfelder nicht bewässert wurden, resultierten im Durchschnitt des untersuchten Sortenspektrums und der beiden Herkünfte um 26 % tiefere Roherträge als 2002. Vor allem die Pommes Chips der frühreifen Sorten Lady Rosetta und Lady Claire, aber auch der später abreifenden Sorten wie Agria, Markies und Panda wiesen bereits im November im Vergleich zum Vorjahr hohe Acrylamidgehalte auf. Im April resultierten bei diesen später abreifenden Sorten günstigere Acrylamidgehalte als im November. Dies könnte durch die ungewöhnlichen Abreifebedingungen, durch extrem hohe Knollentemperaturen in den Dämmen, aber auch durch Auskeimen und Kettenbildung wie bei der Sorte Agria verursacht worden sein. Die frühreifenden Sorten zeigten gegen Ende der Einlagerung starken Knollenschwund. Die Sorte Hermes, deren Rohstoffqualität gegenüber Witterungsextrema sehr robust ist, zeigte in beiden Jahren vergleichbare Acrylamidgehalte (Abb. 1).

Kommerzielle Pommes Chips

Becalski *et al.* (2003) ermittelten in Pommes Chips von sechs

Abb. 1. Mittlere Acrylamidgehalte ± Standardabweichungen in Pommes Chips von verschiedenen Verarbeitungsorten, Knollen aus Reckenholz und Rütli 2002 und 2003. Backversuche wurden an zwei Terminen mit jeweils zwei Stichproben pro Sorte durchgeführt; Öltemperatur 170 °C mit einer Frittierzeit von drei Minuten.



verschiedenen Herstellern einen Acrylamidgehalt von 730 µg/kg (Medianwert). Die Firma Zweifel Pomy Chips berichtete über tiefere Acrylamidgehalte in Pommes Chips aus der Ernte 2003 als im 2002 (persönliche Mitteilung E. Wullschleger). Mögliche Gründe liegen unter anderem in einer viel breiteren Auswahlmöglichkeit beim Rohstoff sowie in einer aufgrund von Lagerungseignung und Backqualität optimierten Sortenreihenfolge in der Verarbeitungskampagne. Sorgfältige Annahmekontrollen, korrekte Einhaltung der Lagerungsbedingungen, Absenkung der Öltemperaturen am Ende des Frittierens und eine leichte Anhebung des Restwassergehaltes im Endprodukt führten zur gewünschten Verminderung der Acrylamidbildung. Aus der Ernte 2003 stand aber auch ein deutlich grösseres Angebot an günstigem Rohstoff zur Verfügung. Die Anbaufläche von Lady Claire verdreifachte sich zum Beispiel im Vergleich zu 2002.

Unsere Acrylamidwerte widerspiegeln Praxiswerte gut und sind teilweise tiefer. Trotzdem sind in Pommes Chips ziemlich hohe Acrylamidmengen enthalten. Mit der Verwendung der Sorten Lady Claire, Markies und Panda stehen jedoch mehrere geeignete Sorten zur Verfügung, mit denen sich beträchtliche Verminderungen in der Acrylamidbelastung erzielen lassen. Die neu in die Liste der empfohlenen Kartoffelsorten eingetragene Sorte Marlen ist aufgrund der bisherigen Untersuchungen ebenfalls als geeignet einzustufen. Optimierungen im Verarbeitungsprozess wie die Auslaugung der reduzierenden Zucker, Zusätze von Zitronensäure oder des Enzyms Asparaginase führen zu einer Verminderung der Acrylamidgehalte. Als Nebeneffekt können sie jedoch eine Abnahme der Endproduktqualität bewirken.

Der Einsatz des Enzyms Asparaginase ist derzeit zu teuer und lebensmittelrechtlich nicht zugelassen. Der geeigneten Rohstoffauswahl wird also auch zukünftig die grösste Bedeutung beizumessen sein.

Pommes frites sind deutlich weniger belastet

Im Durchschnitt von sechs Verarbeitungssorten und der beiden Versuchsjahre betrug der Acrylamidgehalt in Pommes frites 239 µg/kg (Abb. 2). Es konnte kein Einfluss des Anbaujahres oder des Backtermins festgestellt werden. Die mittlere Acrylamidbelastung in den Pommes frites aus Knollen des Standorts Reckenholz war jedoch um 79 % höher als jene aus Knollen des Standorts Rütli (Abb. 2). Es ergaben sich auch signifikante Sortenunterschiede. Pommes frites der Sorten Eba enthielten mit 458 µg/kg am meisten Acrylamid (Abb. 2). Eba reagierte auf hohe Bodentemperaturen mit vorzeitigem Auskeimen der Knollen. Dies führte zu erhöhten Gehalten an reduzierenden Zuckern und verschlechterte die Backqualität drastisch. Im Hitzesommer 2003 mussten deshalb grosse Mengen der Überschussverwertung zugeführt werden.

Die Pommes frites der Sorten Markies, Agria und Fontane zeigten deutlich geringere Acrylamidbelastungen. Im Durchschnitt der beiden Jahre lagen ihre Acrylamidgehalte unter 165 µg/kg. Die fest kochende Charlotte wies ebenfalls niedrige Gehalte auf. Ihre Pommes frites sollten auch bei haushaltsmässiger Herstellung günstige Acrylamidgehalte aufweisen. Die neu eingeführte Sorte Innovator zeigte in ihren Pommes frites tendenziell höhere Acrylamidgehalte (314 µg/kg). Im Verarbeitungsbetrieb werden die reduzierenden Zucker allerdings mit Wasserdampf extrahiert.

Daher sind ebenfalls günstigere Acrylamidwerte zu erwarten, wenn ihre industriell vorfrittierten Halbfabrikate bei Öltemperaturen nicht über 170 °C ausfrittiert werden. Der grösste Teil der Pommes frites wird in der Praxis nach einer kurzen Lagerungsperiode hergestellt und anschliessend tiefgefroren, während wir die Knollen bis zur Verarbeitung im April eingelagert hatten. Dies bewirkt im Normalfall eine Zunahme der reduzierenden Zucker und damit auch höhere Acrylamidgehalte. Nur vorfrittierte Pommes frites wiesen einen Acrylamidgehalt von weniger als 50 µg/kg auf.

Insgesamt waren die Acrylamidgehalte in Pommes frites deutlich tiefer als in Pommes Chips, da der Austrocknungsgrad von Pommes frites mit einem Restwassergehalt von gut 30 % gegenüber demjenigen der Pommes Chips mit 1 bis 1,5 % viel tiefer ist. Keller (1988) zeigte zudem, dass sich das Innere der Pommes frites nicht über 100 °C erhitzt. Im Vergleich zu unseren Ergebnissen berichteten Becalski *et al.* (2003) über einen deutlich höheren Acrylamidgehalt von 615 µg/kg in Pommes frites von sechs Herstellern. Gutsche *et al.* (2002) ermittelten aus 13 kommerziellen Pommes frites-Halbfabrikaten einen Mittelwert von 432 µg Acrylamid/kg. Grob *et al.* (2003) zeigten, dass mit optimierten Herstellungsverfahren Acrylamidwerte von 100 µg/kg erreicht werden können.

Mit den Sorten Markies, Agria und Fontane stehen den Produzenten ertragsstarke Sorten zur Verfügung, die auch bezüglich Acrylamidverminderung in Pommes frites für unsere Verarbeitungsbetriebe als geeignet zu betrachten sind. Die rasche Ablösung von Eba ist nicht nur aus der Sicht der Acrylamid-Problematik wünschenswert, son-

dem drängt sich auch aufgrund der erhöhten Empfindlichkeit ihrer Knollen gegenüber Witterungsextrema auf.

Rösti ist wenig mit Acrylamid belastet

Im Durchschnitt der sechs Sorten betrug der Acrylamidgehalt in Rösti 164 µg/kg. Die Gehalte waren in den Röstis aus den Knollen der Ernte 2003 um 22 % höher als im Vorjahr. Es wurden ebenfalls signifikante Herkunfts- und Sortenunterschiede festgestellt. So bildete sich im Durchschnitt in den Röstis mit Herkunft Reckenholz 55 % mehr Acrylamid als in den Röstis aus den Knollen mit Herkunft Rütli. Gemittelt über beide Jahre enthielten die Röstis der Sorte Fontane 92 % weniger Acrylamid als diejenigen der Sorte Innovator. Ebenfalls aufgefallen sind hohe Gehaltswerte bei den Sorten Eba und Bintje im 2003, die auf hitzebedingte Kettenbildung zurückzuführen sind. Interessanterweise fiel die Sorte Fontane wie bei den Pommes frites mit einer geringen Acrylamidbelastung auf. Die Acrylamidbelastung war in der Kruste viermal höher als im Inneren. Daher sollte zu stark gebräunte Kruste nicht verzehrt werden.

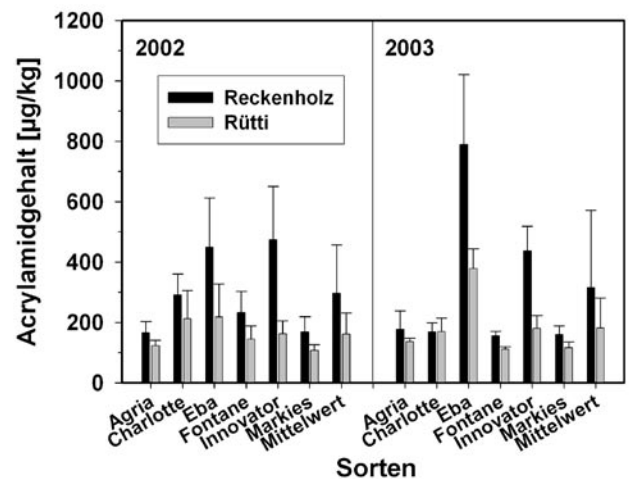
Insgesamt sind die Röstis der verschiedenen Sorten deutlich weniger mit Acrylamid belastet als vermutet. Die Acrylamidgehalte waren niedriger als in Pommes Chips und Pommes frites. Geeignete Sorten für die Herstellung von wenig mit Acrylamid belasteten Pommes frites bieten auch günstige Voraussetzungen für die Herstellung des Nebenproduktes Rösti.

Vorläufersubstanzen reduzierende Zucker

Im Durchschnitt der acht Verarbeitungssorten enthielten die Knollen aus der Ernte 2003 48 % weniger reduzierende Zucker als im Vorjahr (Abb. 3). Der Anteil

der Glukose betrug im Durchschnitt der Sorten und der beiden Jahre etwas mehr als 60 % der reduzierenden Zucker. Putz und Lindauer (1994) zeigten, dass eine trockene Jahreswitterung zu tieferen Gehalten an reduzierenden Zuckern führt als niederschlagsreiche und oft auch kalte Witterungsbedingungen bei der Knollenabreife. Die ausgeprägte Trockenheit 2003 und die eher nasskalte Witterung 2002 könnten diesen Jahresunterschied bewirkt haben. Knollen der Herkunft Reckenholz wiesen gemittelt über beide Jahre um 34 % höhere Gehalte an reduzierenden Zuckern auf als die Knollen der Herkunft Rütli. In zahlreichen Untersuchungen wurde gezeigt, dass standortspezifische Bedingungen wie Bodenart und Wasserversorgung, aber auch anbautechnische Faktoren die Abreife der Knollen und damit deren Gehalte an reduzierenden Zuckern beeinflussen (zum Beispiel Putz, 1984 und 2004). In der Regel ist der Einfluss des Standortes geringer als derjenige der Jahreswitterung. Beide Einflussfaktoren sind durch die Produzenten aber nur geringfügig beeinflussbar. Die Knollen der Sorten Panda, Lady Claire und Markies enthielten in beiden Jahren die tiefsten Zuckergehalte. Die Knollen der Sorte Panda zum Beispiel wiesen gemittelt über beide Jahre und Standorte 56 % respektive 37 % geringere Gehalte an reduzierenden Zuckern auf als die Knollen von Erntestolz und Saturna. Diese Unterschiede unterstreichen die Bedeutung der Sortenwahl sehr eindrücklich. Ihr Einfluss ist grösser als derjenige der Jahreswitterung und des Standortes.

In der Ernte 2002 waren die sehr hohen Gehalte bei den Sorten Erntestolz, Lady Rosetta, Saturna und Hermes auffällig (Abb. 3). Der Hagelschlag im Reckenholz anfangs Juli



bewirkte möglicherweise bei diesen Sorten einen Wiederaustritt des Blattapparates, der in der Konsequenz zu einer verzögerten Abreife der Knollen und damit zu höheren Gehalten an reduzierenden Zuckern führte. Die niederschlagsreiche und eher kühle Witterung im Herbst 2002 könnte die Abreife zusätzlich verzögert haben. Bei einigen Sorten wurden im April tiefere Zuckergehalte als im Dezember gemessen. Dies würde auf eine Veratmung oder eine Umwandlung der reduzierenden Zucker während der Lagerung hinweisen. Putz und Lindauer (1994) haben dieses Phänomen bei der Sorte Saturna in mehrjährigen Versuchen beobachtet und mit der Einlagerung von unreifen Knollen begründet. Normalerweise steigen die Gehalte an reduzierenden Zuckern jedoch während der Lagerungsdauer an (Putz 2004). Bei der frühreifen Sorte Lady Rosetta resultierten kurz nach der Einlagerung deutlich tiefere Zuckergehalte als im April. Ihre Frühreife bewirkte im Dezember niedrige, aber nach längerer Lagerung höhere Gehalte an reduzierenden Zuckern. Aussagen über die Zuckergehalte werden durch beträchtliche Schwankungen zwischen den Einzelknollen stark erschwert. Dies zeigten Untersuchungen von Putz (1984) und auch Amrein *et al.* (2003). Diese Streuungen

Abb. 2. Mittlere Acrylamidgehalte ± Standardabweichungen in Pommes frites von verschiedenen Verarbeitungsorten 2002 und 2003; Knollen aus Reckenholz und Rütli. Backversuche wurden an zwei Terminen mit jeweils zwei Stichproben pro Sorte durchgeführt. Pommes frites wurden bei 150 °C während vier Minuten vorfrittiert, zwei Tage bei 5 °C zwischengelagert und dann während drei Minuten bei 170 °C ausfrittiert.

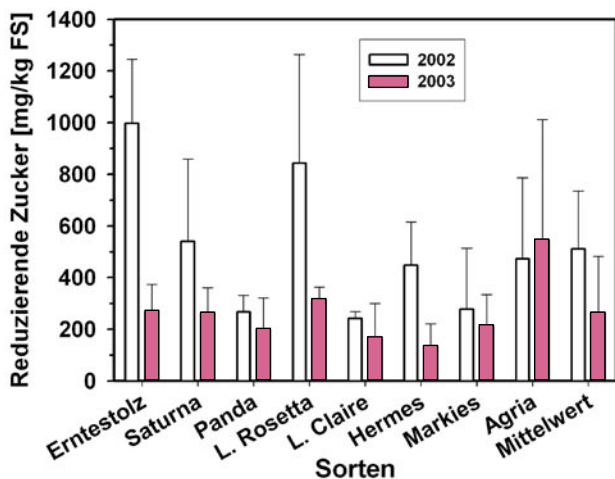
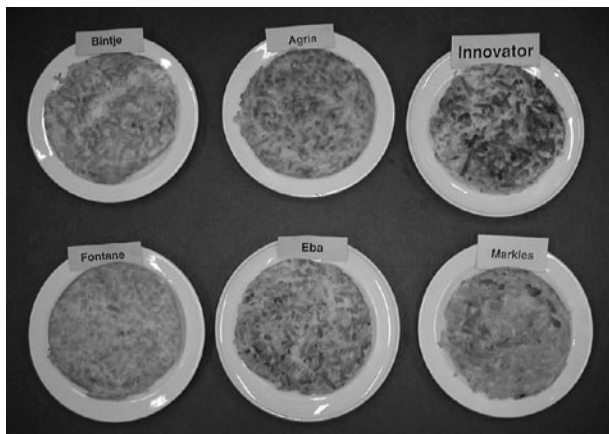


Abb. 3. Mittlere Gehalte \pm Standardabweichungen an reduzierenden Zuckern in Knollen von verschiedenen Verarbeitungsorten, Knollen aus Reckenholz und Rütli 2002 und 2003. Bestimmungen an zwei Terminen mit jeweils 10 bis 15 Knollen pro Muster.

sind wachstumsbedingt, da die Knollen einer Pflanze ihre Entwicklung zu unterschiedlichen Zeitpunkten beginnen.

Insgesamt konnten die von Putz und Lindauer (1994) angegebenen Richtwerte für reduzierende Zucker für Pommes Chips-Rohstoff von 150 mg/kg Frischsubstanz von den Sorten Panda, Lady Claire und Markies beinahe erreicht werden. Dies unterstreicht die hohen Qualitätsanforderungen, welche nur von sehr wenigen Sorten unter verschiedensten jahresklimatischen-, Standorts- und Anbaubedingungen sicher erfüllt werden können. Die in den letzten Jahren in der Schweiz eingeführten Sorten wie Lady Claire und Markies weisen geringere Schwankungsbereiche auf und tragen daher zu einer deutlichen Verbesserung der Rohstoffqualität bei.

Abb. 4. Röstis von verschiedenen Kartoffelsorten. (Foto: Theodor Ballmer, Agroscope FAL Reckenholz)



Freie Aminosäuren Asparagin und Glutamin

Im Durchschnitt der acht Verarbeitungsorten enthielten die Knollen aus der Ernte 2002 pro Kilogramm Frischsubstanz 2287 Milligramm Asparagin beziehungsweise 1571 Milligramm Glutamin. Die Standardabweichung des Mittelwertes betrug für beide Parameter 25 %. Bei den Asparagingehalten konnten weder sortenspezifische noch Unterschiede bedingt durch Herkunft- oder Lagerungsdauer gefunden werden. Dies bestätigt die Ergebnisse von Amrein *et al.* (2004). Bei den Glutamingehalten konnten Sortenunterschiede ermittelt werden. So enthielten die Knollen von Lady Rosetta deutlich tiefere Gehalte als alle anderen Sorten, während in den Knollen von Lady Claire relativ hohe Glutamingehalte enthalten waren. Olsson *et al.* (2004) zeigten, dass Asparagin- und Glutamingehalte durch die Faktoren Anbaujahr, Sorte und deren Wechselwirkung beeinflusst werden. Im Gegensatz zu den reduzierenden Zuckern übten weder unterschiedliche Lagerungstemperaturen noch die Lagerungsdauer (Amrein *et al.* 2004) einen Einfluss auf die Aminosäuregehalte aus.

Mehr Zucker bewirkt Acrylamidzunahme

In beiden Jahren bestanden signifikant positive Beziehungen zwischen den reduzierenden Zuckern in den Knollen und dem Acrylamidgehalt in Pommes Chips. Veränderungen in den Gehalten an reduzierenden Zuckern erklärten in den Erntejahren 2002 und 2003 54 % beziehungsweise 48 % der Variation im Acrylamidgehalt. Es bestand kein Zusammenhang zwischen den Saccharosegehalten in den Knollen und dem Acrylamidgehalt. Ebenso konnte im 2002 kein Zusammenhang zwischen den Gehalten an Asparagin und Glutamin und Acrylamid festgestellt werden.

Amrein *et al.* (2003) zeigten, dass zwischen verschiedenen Knollen eine beträchtliche Variation in den Gehalten an reduzierenden Zuckern besteht, die sich auch in deutlich unterschiedlichen Acrylamidbildungspotenzialen auswirkten. Demgegenüber konnten sie ebenfalls keine Beziehung zwischen den Gehalten an freien Aminosäuren und dem sortentypischen Acrylamidbildungspotenzial nachweisen.

Die Backfarbe korrelierte in beiden Jahren stark negativ mit dem Acrylamidgehalt. Veränderungen in der Backfarbe erklärten in beiden Jahren mehr als 70 % der Variation im Acrylamidgehalt der Pommes Chips. Posten mit ungenügender Backfarbe können daher bei der Annahmekontrolle zurückgewiesen werden. Zu dunkle Pommes Chips können mit optischen Sensoren nach dem Frittieren ausgeschieden werden. Dies trägt wesentlich zu einer Verminderung der Acrylamidbelastung bei Pommes Chips bei.

In Pommes Chips aus unterschiedlich mit Stickstoff versorgten Knollen konnte kein Einfluss der N-Versorgung auf den sortentypischen Acrylamidgehalt nachgewiesen werden. Dies deutet daraufhin, dass die freien Aminosäuren, die als Zwischenspeicher für Stickstoff im Stoffwechsel eine sehr wichtige Funktion ausüben, immer in genügender Menge in den Knollen vorhanden sind. Unter der Voraussetzung, dass eine erhöhte N-Versorgung nicht zu einer verzögerten Abreife führt, sollten weder die reduzierenden Zucker noch die freien Aminosäuren ungünstig beeinflusst werden.

Die schwächeren korrelativen Beziehungen zwischen reduzierenden Zuckern und Acrylamidgehalt im Vergleich zu

den Arbeiten von Amrein *et al.* (2003 und 2004) könnten durch unabhängige Stichproben für die Zuckeranalysen und backtechnischen Untersuchungen bedingt sein. Tiefe Gehalte an reduzierenden Zuckern sind die wichtigste Grundvoraussetzung für eine verminderte Acrylamidbildung in Kartoffelverarbeitungsprodukten und -gerichten. Der stark variierende Zuckergehalt der Einzelknollen erschwert gezielte Massnahmen zur Senkung der Gehalte.

Literatur

- Amrein T.M., Bachmann S. *et al.*, 2003. Potential of acrylamide formation, sugars, and free asparagine in potatoes: a comparison of cultivars and farming systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**, 5556-5560.
- Amrein T.M., Schönbacher B. *et al.*, 2004. Potential for Acrylamide Formation in Potatoes: Data from the 2003 Harvest. *European Food Research and Technology* **219**, 572-8.
- Becalski A., Benjamin P.Y., Lewis D. and Seaman S.W., 2003. Acrylamide in foods: occurrence, sources and modelling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**, 802-8.
- Grob K., Biedermann M. *et al.*, 2003. French fries with less than 100 µg/kg Acrylamide. A collaboration between cooks and analysts. *European Food Research Technology* **217**, 185-94.
- Gutsche B., Weisshaar R. und Buhler J., 2002. Acrylamid in Lebensmitteln – Ergebnisse aus der amtlichen Lebensmittelüberwachung Baden Württembergs. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau* **98**, 437-43.
- Haase N.U., Matthäus B. und Vosmann K., 2003. Minimierungsansätze zur Acrylamid-Bildung in pflanzlichen Lebensmitteln – aufgezeigt am Beispiel von Kartoffelchips. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau* **99**, 87-90.
- Keller Ch., 1998. Frittieren in der Lebensmittelverarbeitung. Untersuchungen am Beispiel der Herstellung von Pommes frites. Dissertation Nr. 8674 der ETH Zürich, 189 S.
- Madle S., Broschinski L. *et al.*, 2003. Zur aktuellen Risikobewertung von Acrylamid in Lebensmitteln. *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* **46**, 405-15.
- Olsson K., Svensson R. and Roslund C.A., 2004. Tuber components affecting acrylamid formation and colour in fried potato: variation by variety, year, storage temperature and storage time. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **84**, 447-58.
- Putz B., 1984. Über die Streuung der Zuckergehalte zwischen Einzelpflanzen und Einzelknollen bei der Kartoffel. *Kali-Briefe* **17**, 173-85.
- Putz B. und Lindauer M.G., 1994. Die reduzierenden Zucker in der Kartoffel als massgeblicher Qualitätsparameter für die Verarbeitung. *Agribiological Research* **47**, 335-44.
- Putz B., 2004. Reduzierende Zucker in Kartoffeln. *Kartoffelbau* **55** (5), 188-92.

RÉSUMÉ

Des variétés de pommes de terre appropriées permettent de diminuer la formation d'acrylamide

L'acrylamide formée lors de la friture et rôtissage des produits à base de pommes de terre a été examinée sur les récoltes 2002 et 2003. Les teneurs varient selon les produits fabriqués, les variétés et les sites de production. Les pommes chips de la récolte 2002 ont une teneur moyenne en acrylamide de 777 µg/kg tandis que celles de la récolte 2003 présentent des taux de 31 % supérieurs. La teneur en sucres réducteurs était en revanche inférieure en 2003, en raison d'une saison fortement déficitaire en eau. Les taux élevés en acrylamide en seconde année expérimentale sont attribués aux conditions de croissance extrêmes dues à une récolte de matière première hétérogène. Les teneurs plus élevées en acrylamide n'ont par conséquent pas été aussi étroitement corrélées avec les sucres réducteurs qu'en première année.

Les taux d'acrylamide dans les pommes frites et les rôtis sont généralement nettement inférieurs à ceux des pommes chips. De très faibles taux ont été observés dans les frites et rôtis des variétés Agria, Markies et Fontane.

Les sucres réducteurs sont les principaux précurseurs de l'acrylamide des produits transformés. Pour diminuer l'exposition des consommateurs, il est indispensable de sélectionner des variétés adaptées.

SUMMARY

Adequate varieties diminish acrylamide formation

Variety specific acrylamide contents were examined in potato crisps, French fries and hash browns. Tubers from several ware and processing varieties, originated from two locations and two harvest seasons 2002 and 2003, were stored at 8 °C. Standardized processing tests were performed at two times early and late within the storage period respectively. Acrylamide contents were highest in crisps and much lower in French fries and hash browns. The average acrylamide content in crisps of eight processing varieties was 777 µg/kg in harvest 2002 and 31 % higher in harvest 2003 respectively. Reducing sugar contents in tubers were lower in 2003 due to very dry and hot growing conditions. Both parameters were significantly influenced by variety, year and location. Higher acrylamide values in crisps were explained by extreme growing conditions in 2003 that resulted in very inhomogeneous raw material. The correlations between reducing sugars and acrylamide were therefore less pronounced, whereas variation in fry colour explained more than 70 % of the acrylamide variation in crisps. Lowest acrylamide contents were determined in crisps of the varieties Panda, Lady Claire and Markies. The varieties Agria, Markies and Fontane convinced with low acrylamide contents in French fries and hash browns. Excellent raw material is a prerequisite for a lower acrylamide formation during frying and roasting. Therefore adapted varieties may substantially contribute to minimize consumer's exposition to acrylamide.

Key words: Acrylamide, crisps, French fries, potato varieties