

Diss. ETH Nr. 16311

Systematic Studies on Process Optimization to Minimize Acrylamide Contents in Food

A dissertation submitted to the

SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by

Thomas M. Amrein

Dipl. Lm.-Ing. ETH
born September 18, 1975
citizen of Zug (ZG) and Willisau Land (LU)

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. R. Amadò, examiner
Prof. Dr. F. Escher, co-examiner
Prof. Dr. P. Schieberle, co-examiner

Zurich 2005

Summary

Acrylamide is formed in the Maillard reaction from free asparagine and reducing sugars. It is found in numerous heated food products at concentrations sometimes exceeding 1000 µg/kg. Due to its neurotoxic and carcinogenic properties acrylamide presents a potential health hazard and its content in foods should be as low as reasonably achievable. The critical factors for acrylamide formation have to be identified in the different food products to reduce the dietary exposure. The aim of this thesis was to find ways to decrease the acrylamide content in heated potatoes, bakery products, and roasted almonds.

Two studies on the composition and acrylamide formation of Swiss potatoes showed that the content of reducing sugars in the raw potatoes determined the acrylamide formation. Neither the content of free asparagine nor the farming system influenced the acrylamide formation. Significant differences regarding reducing sugars and acrylamide were detected between different cultivars. However, the effect of the extreme climate in the summer of 2003 was even larger. The selection of cultivars with low content of reducing sugars and an appropriate storage are thus prerequisites to reduce the acrylamide content of fried potato products.

Gingerbread, crackers, and a semi-finished biscuit were investigated as bakery products. The baking agent NH_4HCO_3 , reducing sugars, and the amount of free asparagine were found to be the key factors for acrylamide formation. Acrylamide formation in bakery was more complex than in potatoes and no general way for mitigation is at hand. The most feasible approaches are the use of NaHCO_3 instead of NH_4HCO_3 , the replacement of reducing sugars by sucrose, minimization of free asparagine, and avoiding enhanced browning. The application of an asparaginase to hydrolyze the free asparagine in dough may present an elegant solution in the future when this enzyme becomes available at low costs.

Among the different almond products, roasted almonds contained most acrylamide. The critical factors for acrylamide formation were the concentration of free asparagine in the raw almonds, and the roasting temperature. The amount of acrylamide in roasted almonds can be decreased by selecting cultivars with low content of free asparagine, by lowering roasting temperatures, and by omitting dark roastings. Acrylamide was not stable in roasted almonds during storage at room temperature.

Zusammenfassung

Acrylamid wird in der Maillard Reaktion aus freiem Asparagin und reduzierenden Zuckern gebildet. Es kommt in zahlreichen erhitzten Lebensmitteln vor, wobei die Konzentrationen manchmal 1000 µg/kg übersteigen können. Wegen seiner neurotoxischen und kanzerogenen Eigenschaften stellt Acrylamid eine mögliche Gesundheitsgefährdung dar, und die Gehalte in Lebensmitteln sollten soweit gesenkt werden, wie dies vernünftigerweise möglich ist. Das Ziel dieser Dissertation war es, Wege zur Senkung des Acrylamidgehaltes für Kartoffeln, Backwaren und geröstete Mandeln zu finden.

Zwei Studien über die Zusammensetzung und Acrylamidbildung von Schweizer Kartoffeln zeigten, dass der Gehalt an reduzierenden Zuckern in den rohen Kartoffeln die Bildung von Acrylamid festlegte. Weder der Gehalt an freiem Asparagin noch die Art der landwirtschaftlichen Produktionsweise hatten einen Einfluss. Signifikante Unterschiede wurden zwischen verschiedenen Sorten bezüglich reduzierenden Zuckern und Acrylamid gefunden. Extreme klimatische Bedingungen wie jene im Sommer 2003 hatten allerdings einen noch stärkeren Effekt. Die Wahl von Sorten mit einem tiefen Gehalt an reduzierenden Zuckern und eine zweckmässige Lagerung stellen daher eine Voraussetzung dar, um den Acrylamidgehalt von frittierten Kartoffelprodukten zu senken.

Als Backwaren wurden Lebkuchen, Cracker und ein Biscuit-Halbfabrikat untersucht. Das Backtriebmittel NH_4HCO_3 , die reduzierenden Zucker und die Menge an freiem Asparagin stellten sich als Schlüsselfaktoren für die Bildung von Acrylamid heraus. Die Acrylamidbildung war in Backwaren komplexer als in Kartoffeln und es ergab sich kein allgemeiner Lösungsansatz. Die am meisten Erfolg versprechenden Massnahmen sind die Verwendung von NaHCO_3 anstatt NH_4HCO_3 , der Ersatz von reduzierenden Zuckern durch Saccharose, die Minimierung von freiem Asparagin, und das Vermeiden von allzu starker Bräunung. Die Anwendung einer Asparaginase, welche freies Asparagin im Teig zu hydrolysieren vermag, könnte in der Zukunft eine elegante Lösung darstellen, wenn dieses Enzym zu tiefen Preisen angeboten werden kann.

Unter den verschiedenen Mandelprodukten enthielten geröstete Mandeln am meisten Acrylamid. Die kritischen Faktoren für die Acrylamidbildung waren die Konzentration von freiem Asparagin in den rohen Mandeln und die Rösttemperatur. Der Acrylamidgehalt von gerösteten Mandeln kann gesenkt werden, indem Sorten mit tiefem Gehalt an freiem Asparagin gewählt werden, durch eine Absenkung der Rösttemperatur, sowie durch Vermeiden von zu dunklen Röstgraden. Acrylamid war in gerösteten Mandeln während der Lagerung bei Raumtemperatur nicht stabil.