

Hohe Gehalte an Zitronensäure in Süßwaren und Getränken erhöhen das Risiko für Zahnschäden

Aktualisierte Stellungnahme* Nr. 006/2005 des BfR vom 9. Januar 2004

Neben Zucker enthalten einige Süßwaren und Getränke wie saure Drops, saure Weingummi-Produkte oder Eistee bzw. Cola mit Zitrone häufig auch einen hohen Anteil an Zitronensäure. Zitronensäure ist, mit Ausnahmen, als Zusatzstoff (E 330) für Lebensmittel zugelassen. Sie darf „quantum satis“ eingesetzt werden, d.h. in Mengen, wie sie bei guter Herstellungspraxis zu technologischen Zwecken nötig sind. Zitronensäure darf damit auch Süßwaren zugesetzt werden.

Nach einer Untersuchung von Wissenschaftlern der Universität Zürich sinkt beim Verzehr von Süßwaren mit hohem Zitronensäureanteil der pH-Wert des Speichels stark ab. Dies wiederum könne insbesondere bei Kindern, die häufig solche Süßwaren in großen Mengen verzehren, zu einer Herauslösung von Mineralstoffen aus dem Zahnschmelz und in der Folge zu schweren Zahnschäden führen. Gleiches sei auch beim häufigen Verzehr von Getränken mit hohem Zitronensäureanteil zu befürchten.

Das BfR hat das gesundheitliche Risiko von Süßwaren und Getränken mit hohen Zitronensäuregehalten bewertet. Das Institut stellt fest, dass die Ergebnisse der Untersuchung bestätigen, was bereits früher bekannt war: Der Verzehr von Lebensmitteln mit hohem Zitronensäuregehalt kann dazu führen, dass der Zahnschmelz angegriffen wird. Dabei ist es gleichgültig, ob die Zitronensäure natürlicher Bestandteil des Lebensmittels ist oder als Zusatzstoff zugesetzt wurde. Dieser Effekt tritt auch bei anderen natürlichen Fruchtsäuren und bei zugesetzten Säuren wie Phosphorsäure (in Cola-Getränken enthalten); Kohlensäure, Ascorbinsäure (Vitamin C) etc. auf. Das Risiko der Zahnschmelzerstörung vergrößert sich, wenn mit der Zitronensäure große Mengen von Zucker verzehrt werden.

Die vorliegenden Daten erlauben es nicht, für Süßwaren und Getränke einen Zitronensäuregehalt festzulegen, der den Zähnen nicht schadet.

Anlass

Süßigkeiten für Kinder, insbesondere Lutscher, weisen mitunter besonders hohe Zitronensäuregehalte auf. Das Zentrum für Zahnmedizin der Universität Zürich hat solche Süßwaren für Kinder untersucht und festgestellt, dass der pH-Wert des Speichels bei Verzehr dieser Süßwaren unter 4 absinkt. Somit sind nach Einschätzung der Schweizer Wissenschaftler diese Produkte "regelrechte Kinderzahn-Killer".

In den Medien wurde bemängelt, dass für die Verwendung von Zitronensäure in diesen Erzeugnissen keine Grenzwerte festgelegt sind. Ferner wurde die Auffassung vertreten, dass Zitronensäure auch in Getränken wie Eistee eine Gefahr für die Zähne der Kinder darstellen könne.

Ergebnis

Der Verzehr von Lebensmitteln, die hohe Gehalte an Zitronensäure als Zusatzstoff oder als natürlicher Bestandteil aufweisen, kann dazu führen, dass der Zahnschmelz angegriffen wird, wenn solche Lebensmittel häufig oder in großen Mengen ohne Nachspülen verzehrt werden. Das ist bekannt und wird durch die Untersuchungen des Zentrums für Zahnmedizin

der Universität Zürich erneut bestätigt. Die vorhandenen Daten erlauben nicht, einen "unschädlichen" Zitronensäuregehalt in Bezug auf die Zahngesundheit abzuleiten. Außerdem ist Zitronensäure nicht die einzige Säure, die Zahnschmelzerosionen verursachen kann.

Begründung

Zitronensäure ist in der Natur weit verbreitet. Sie kommt sowohl in Pflanzen als auch in Tieren und dementsprechend natürlicherweise in vielen Lebensmitteln vor (Angaben aus Souci-Fachmann-Kraut, 6. Auflage, 2000):

Lebensmittel	Gehalt an Zitronensäure in mg pro 100 g essbarer Anteil
Zitrone	4680
Passionsfrucht	3250
Johannisbeere	1774
Himbeere	1720
Grapefruit	1296
Orange	1040
Kiwi	995
Erdbeere	750
Ananas	630
Kartoffel	520
Tomate	328
Paprika	260
Pfirsich	240
Grünkohl	220
Broccoli	210
Kuhmilch	210
Kohlrabi	155
Birne	140
Radieschen	100
Erbsen	85
Frauenmilch	85
Weißkohl	73
Apfel	29
Grüne Bohnen	15

In der Regel enthalten die Lebensmittel neben der natürlich vorkommenden Zitronensäure auch andere natürlich vorkommende Fruchtsäuren.

Angaben zur Zitronensäure-Produktion und zu Verwendungsmengen finden sich in der Entscheidung der Kommission in einem Zitronensäure-Kartellverfahren vom 5. Dezember 2001 (CEC, 2001):

Zitronensäure wurde ursprünglich durch Extraktion aus dem Saft von Zitronen gewonnen. Heutzutage wird sie großtechnisch vor allem mit Hilfe von Gärungsprozessen erzeugt, bei denen als Ausgangsmaterial Traubenzucker oder Zuckerrübenmelasse und als Gärorganismus der Schimmelpilz *Aspergillus niger* verwendet werden. Bei der Fermentation entsteht flüssige Zitronensäure, die anschließend gereinigt, konzentriert und kristallisiert wird. Je nach Feuchtigkeitsgehalt wird zwischen mehreren Sorten unterschieden. In Lebensmitteln werden

hauptsächlich kristallwasserhaltige Zitronensäure (Zitronensäure-Monohydrat) mit rund 8% und kristallwasserfreie Zitronensäure mit rund 0,5 % Feuchtigkeitsanteil verwendet.

Die Einsatzmöglichkeiten von Zitronensäure sind sehr unterschiedlich. Zitronensäure und Zitratre werden vorwiegend zur Herstellung von Lebensmitteln, aber auch für Wasch- und Reinigungsmittel, Arzneimittel und Kosmetika sowie für industrietechnische und andere Zwecke verwendet. Der Verband der europäischen Zitronensäurehersteller schätzte das Volumen des Zitronensäuremarktes im Jahr 1996 auf weltweit 785 000 t und in Europa auf 303.000 t. Rund 60 % des Zitronensäureverbrauchs in der gesamten EG (in Volumen gemessen) entfiel 1994 auf das Marktsegment Lebensmittel.

Die größten Abnehmer sind die Hersteller alkoholfreier Getränke. Zitronensäure deckt volumemäßig beinahe drei Viertel des gesamten EG-Verbrauchs an Säuerungsmitteln ab, zu denen auch Äpfel- und Fumarsäure zählen. Sie ist vor allem aufgrund ihrer guten Löslichkeit das in diesem Bereich am meisten nachgefragte Produkt. Während der 90er Jahre führte das starke Wachstum des westeuropäischen Erfrischungsgetränkemarktes zu einem höheren Zitronensäureverbrauch. Bei der Herstellung fester Lebensmittel findet Zitronensäure z.B. in Konfitüren, Gelees und Gelatine-Süßspeisen sowie in Frucht- und Gemüsekonserven Anwendung. Sie hilft auch, den Geschmack von Eiskrem, Tortenfüllungen und Fruchtkrems zu verbessern. Weitere Einsatzmöglichkeiten bestehen in der Fleischindustrie und im Bäckereigewerbe (bei der Mehlverarbeitung und als Backzusatz) (CEC, 2001).

Eistee enthält laut Firmenangaben etwa 250 mg Zitronensäure/100 ml und 8 g Zucker/100 ml.

Die Ergebnisse der Untersuchungen des Zentrums für Zahnmedizin der Universität Zürich liegen dem BfR nicht vor. Dass ein Verzehr von Lebensmitteln, die hohe Gehalte an Zitronensäure aufweisen, dazu führen kann, dass der Zahnschmelz angegriffen wird, ist aber bekannt und wurde bereits 1973 bei der Bewertung des Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) berücksichtigt: "Ingestion of citric acid frequently or in large doses may cause erosion of the teeth and local irritation, apparently because of the low pH: the effects also occur with lemon juice which contains about 7% of citric acid and has a pH of less than three". Das Ergebnis der Bewertung lautete damals "Estimate of acceptable daily intake for men: Not limited" (WHO, 1974).

Zahnschmelzerosionen, d.h. Demineralisationen des Zahnschmelzes, entstehen durch chemisches Herauslösen von Mineralstoffen aus dem Zahnschmelz. Verantwortlich dafür sind mit der Nahrung zugeführte Säuren und durch Fermentation von Zuckern in der Mundhöhle entstehende Säuren. Die ersteren greifen den Zahnschmelz direkt nach dem Essen oder Trinken an, die letzteren mit einer gewissen Zeitverzögerung, die für ihre Entstehung aus dem Zuckerabbau durch Mundhöhlen/Zahnplaque-Bakterien erforderlich ist. Dem erosiven Effekt können Mineralstoffe aus dem Speichel (Calcium, Phosphor, Fluorid) aber auch Mineralstoffe in den Lebensmitteln entgegen wirken, wenn erstens der pH-Wert in der Mundhöhlenflüssigkeit bald wieder in den neutralen Bereich ansteigt, d.h. wenn Pausen der Zufuhr eingelegt werden, und zweitens, wenn der Mineralstoffgehalt von Speichel/Mundhöhlenflüssigkeit hoch genug ist.

Zu den Säuren, die den Zahnschmelz direkt angreifen können, gehören alle natürlichen Fruchtsäuren aber auch zugesetzte Säuren wie Zitronensäure, Phosphorsäure, Kohlensäure und Ascorbinsäure (Vitamin C).

Zahnschmelzerosionen werden daher z.B. in erhöhtem Maße bei Personen gesehen, die sich überwiegend von rohen Lebensmitteln ernähren und dabei Zitrusfrüchte bevorzugen (Ganss et al., 1999). Zahnschmelzerosionen machen den Zahn anfälliger für mechanische Substanzverluste, auch durch Zähneputzen, und können den Weg für kariöse Prozesse bahnen. Fruchtsäfte scheinen erosiver zu sein als ganze Früchte (Grenby et al., 1990; Miller, 1950). Gleiches gilt für Soft-Drinks (einschließlich "Sportler"-Getränke) und in Essig eingelegte Mixed Pickles (Järvinen et al., 1991; Linkosalo und Markkanen, 1985; Millward et al., 1994; Stabholz et al., 1983; Thomas, 1957). Die Härte des Zahnschmelz nimmt innerhalb einer Stunde nach dem Genuss von Cola-Getränken ab, aber dieser Effekt kann durch den Speichel, das Trinken von Milch oder den Verzehr von Käse kompensiert werden (Gedalia et al., 1991a; 1991b).

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) stuft in ihrem Bericht "Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases" (2003) einen Zusammenhang zwischen dem Trinken von Soft-Drinks und Fruchtsäften und dem Auftreten von Zahnschmelzerosionen als "wahrscheinlich" ein, während der Zusammenhang zwischen der Menge und der Häufigkeit des Verzehrs von freien Zuckern und dem Auftreten von Karies als "überzeugend" eingestuft wird.

Aus der dem BfR zur Verfügung stehenden Literatur lassen sich keine Dosis-Wirkungsbeziehungen für das erosive Potential von Zitronensäurelösungen ableiten, da in den meisten getesteten Getränken außer Zitronensäure auch andere Säuren vorhanden sind.

Das erosive Potential von Getränken ist u.a. abhängig vom pH und der titrierbaren Azidität (angegeben in Mol Hydroxid-Ionen pro Liter, die benötigt werden, um den pH-Wert des Getränkes auf 7.0 einzustellen) (Lussi et al., 1995). Die Effekte am Zahn können z.B. durch Messung des pH-Wertes in der Zahnplaque im zeitlichen Verlauf, durch Messung der Härteveränderung der Zahnoberfläche und durch Messung der Menge der aus dem Zahn herausgelösten Mineralstoffe abgeschätzt werden. Veränderungen der Oberflächenhärte des Zahnes werden dabei durch den Phosphat- und Fluoridgehalt des Getränkes beeinflusst (geringerer Effekt bei höheren Konzentrationen). Lussi et al. (1995) haben verschiedene Getränke in Bezug auf ihr "Säuerungspotential" untersucht:

Getränk	pH-Wert	titrierbare Azidität (ml 1N NaOH bis pH 7.0)
Apfelsaft	3.44	4.10
Schweppes (Soft drink)	2.47	4.43
Orangina (Soft drink)	3.20	3.50
Grapefruit (Soft drink)	3.14	3.53
Rivella blue (Soft drink)	3.75	2.30
Sinalco (Soft drink)	2.91	2.83
Fanta orange	2.86	4.18
Sprite (Soft drink)	2.79	2.82
Veltliner (Rotwein)	3.40	3.83
Orangensaft	3.77	5.95
Isostar orange (Sportlergetränk)	3.58	1.57
Fendant (Weißwein)	3.80	3.10
Carlsberg Bier	4.43	2.00

Wie sich aus *in-vitro*-Versuchen an menschlichem Zahnschmelz zeigt, hängt das erosive Potential von Getränken jedoch nicht nur vom pH-Wert und der titrierbaren Acidität ab. In Bezug auf die Verminderung der Schmelzoberflächenhärte wurde *in-vitro* der größte Effekt

durch Apfelsaft erzeugt, gefolgt von Schweppes, Orangina (spezielle Schweizer Orangenlimonade) und Grapefruit-Soft Drink, der geringste durch Weißwein und Isostar Orange (Lussi et al., 1995). *In-vivo* würden diese Effekte durch die Pufferkapazität und die Flussrate des Speichels beeinflusst werden.

Ähnliche Untersuchungen liegen für Kräuter- und Fruchtsaftgetränke vor. In dieser Untersuchung werden zwar die Zutaten der Getränke angegeben, nicht aber deren Menge (Phelan und Rees, 2003):

	Zutaten	pH	Titrierbare Azidität
Instant Tea (Zitrone) (Pulver)	Dextrose, Teeextrakt, Zitronensäure , Maltodextrin, Natriumzitat, Aroma, Vitamin C	3.78	3.11
Kamillentee (Beutel)	Kamille, Apfelaroma, Apfelstücke, Zimt	7.08	nicht messbar
Ice Tea (Zitrone) (trinkfertig)	Wasser, Zucker, Glukosesirup, Zitronensäure , Teeextrakt, Zitronensaft, Natriumacetat, Vitamin C , Aroma	3.26	6.03
Orangensaft*	-	3.73	2.14
Schwarze Johannisbeere (Beutel)	Hibiskus, Hagebutten, Orangenschale, Apfelstücke, Brombeerblätter, schwarze Johannisbeeren-Aroma, Süßholzwurzel, Citronensäure , schwarze Johannisbeeren	3.15	2.35
Himbeere, Preiselbeere, Holunderblüte (Beutel)	Hibiskus, Hagebutten, Apfelstücke, Holunderblüten, Preiselbeeraroma, Süßholzwurzel, Himbeeraroma, Preiselbeerstücke, Himbeerstücke	3.15	2.34

* natürlicher Zitronensäuregehalt 1,11 g/100 ml (Souci-Fachmann-Kraut, 2000)

Zahnschmelzpräparationen, die bei 37° C für eine Stunde in diesen Getränken inkubiert wurden, zeigten in der Studie von Phelan und Rees (2003) den größten Substanzverlust mit Schwarzem Johannisbeer-Tee, gefolgt von Eistee, Himbeer-Preiselbeer-Holunderblüten-Tee, Lift-Instant-Tee und Orangensaft. Kein Substanzverlust trat mit Kamillentee auf. Der Effekt von Himbeer-Preiselbeer-Holunderblüten-Tee (ohne Zitronensäure- oder Ascorbinsäurezusatz) war quantitativ nicht viel geringer als der von Eistee und in beiden Fällen deutlich größer als der von Orangensaft.

Auch Säuglings- und Kleinkindergetränke auf pflanzlicher Basis weisen teilweise pH-Werte unterhalb von 5 auf bzw. eine titrierbare Azidität von über 1.00 auf, insbesondere wenn sie Himbeeren und Johannisbeeren enthalten. Bis auf zuckerlosen Kräutertee und glucosehaltiges Fenchelgetränk führten alle getesteten Getränke zu pH-Werten unterhalb von 5.5 in der Zahnplaque von 10 Personen zwischen 16 und 35 Jahren und unterschieden sich darin nicht von einer 10%igen Saccharoselösung, auch was die Dauer von pH-Werten unterhalb von 6.0 in der Zahnplaque betrifft (71% bis 93% der Zeit mit 10% Saccharose gegenüber 0 und 3% mit zuckerlosem Kräutertee und Milch) (Duggal et al., 1996).

Sowohl der demineralisierende Effekt von sauren Getränken mit hoher titrierbarer Azidität als auch der pH-Wert-reduzierende Effekt derartiger Getränke können nicht unabhängig vom

Kohlenhydratgehalt bzw. von der Art der enthaltenen Kohlenhydrate gesehen werden. Ein hoher Gehalt an durch Plaque-Bakterien fermentierbaren Kohlenhydraten sowie an der Zahnoberfläche haftenden Kohlenhydraten und wiederholtes Trinken von derartigen Getränken in kurzen Zeitabständen führen jeweils zu niedrigen pH-Werten in der Zahnplaque und ebnen den Weg für nicht mehr durch Speichel reparierbare kariöse Läsionen. Gehalte an organischen Säuren (Zitronensäure und Äpfelsäure) von 1% in Süßigkeiten führen unter Umständen zwar zu einer Wachstumshemmung von Mundhöhlenbakterien (Grenby und Saldanha, 1988), es ist aber nicht abzuschätzen, ob und inwieweit dieser wünschenswerte Effekt von organischen Säuren deren unerwünschte demineralisierende Eigenschaften auf den Zahnschmelz überwiegt. In Gegenwart von Saccharose war der demineralisierende Effekt sowohl von Äpfelsäure (0.25%) als auch von Zitronensäure (0.25%), gemessen durch die *in-vitro* aus menschlichem Zahnschmelz herausgelösten Mengen an Calcium und Phosphor, jeweils nicht signifikant größer als in Gegenwart von Lycasin® (hydrogenierter Glukosesirup mit geringer Fermentierbarkeit; Maltit-Sirup; E 965). Wenn die Zahnschmelzpräparationen zusätzlich mit menschlichen Mundhöhlenbakterien inkubiert wurden, war der pH-Abfall mit saccharosehaltigen Süßigkeiten signifikant größer als mit Lycasin®-haltigen Süßigkeiten und größer, wenn der Äpfelsäure- und Zitronensäuregehalt von 0.25 auf 1% angehoben wurde. Der niedrigste pH-Wert wurde gemessen, wenn Zitronen- und Äpfelsäure mit Natriumbicarbonat kombiniert wurden.

Die in dieser *in-vitro*-Studie verwendeten Zitronensäure- (und Äpfelsäure-)gehalte von 0.25% in Süßigkeiten entsprechen den Zitronensäuregehalten im Eistee eines Herstellers (250 mg/100 ml). Allerdings kann wegen der sehr unterschiedlichen Einwirkungszeit von Süßigkeiten und Getränken nicht auf einen vergleichbaren Effekt geschlossen werden.

Ein Grenzwert, unterhalb dessen zitronensäurehaltige Süßwaren und Getränke hinsichtlich der Zahngesundheit unschädlich sind, kann daher aus wissenschaftlicher Sicht nicht abgeleitet werden. Besonders bei säurehaltigen Süßwaren und Getränken (pH < 5,5), die von Kleinkindern und Kindern häufig oder regelmäßig verzehrt werden, sind Kennzeichnungsregelungen zu prüfen. Verzehrsmengen der betreffenden Lebensmittelgruppen für Kleinkinder und Kinder sind im BfR nicht im einzelnen bekannt. Auf die Rechtsprechung zur Gesundheitsschädlichkeit und Kennzeichnung von zuckerhaltigen Kindertees wird hingewiesen.

Literatur

CEC (2001) Entscheidung der Kommission vom 5. Dezember 2001 in einem Verfahren nach Artikel 81 EG-Vertrag und Artikel 53 EWR-Abkommen (Sache COMP/E-1/36.604 —Zitronensäure) (Bekannt gegeben unter Aktenzeichen K(2001)3923) (2002/742/EG). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 239/18 vom 6.9.2002, http://europa.eu.int/eur-lex/pri/de/oj/dat/2002/l_239/l_23920020906de00180065.pdf

Duggal MS, Toumba KJ, Pollard MA, Tahmassebi JF (1996) The acidogenic potential of herbal baby drinks. Br Dent J 180: 98-103

Ganss C, Schlechtriemen M, Klinek J (1999) Dental erosions in subjects living on a raw food diet. Caries Res 33: 74-80

Gedalia I, Dakuar A, Shapira L, Lewinstein I, Goultschin J, Rahamim E (1991a) Enamel softening with Coca-Cola and rehardening with milk or saliva. Am J Dent 4: 120-122

Gedalia I, Ionat-Bendat D, Ben-Mosheh S, Shapira L (1991b) Tooth enamel softening with a cola type drink and rehardening with hard cheese or stimulated saliva in situ. *J Oral Rehabil* 18: 501-506

Grenby TH, Mistry M, Desai T (1990) Potential dental effects of infants fruit drinks studied in vitro. *Br J Nutr* 64: 273-283

Grenby TH, Saldanha MG (1988) Comparison of Lycasin® versus saccharose sweets in demineralization studies of human enamel and hydroxylapatite. *Caries Res* 22: 269-275

Järvinen VK, Rytomaa II, Heinonen OP (1991) Risk factors in dental erosion. *J Dent Res* 70: 942-947

Linkosalo E, Markkanen H (1985) Dental erosions in relation to lactovegetarian diet. *Scand J Dent Res* 93: 436-441

Lussi A, Jaeggi T, Jaeggi-Schärer S (1995) Prediction of the erosive potential of some beverages. *Caries Res* 29: 349-354

Miller CD (1950) Erosion of molar teeth by acid beverages. *J Nutr* 41: 63-71

Millward A (1994) The distribution and severity of tooth wear and the relationship between erosion and dietary constituents in a group of children. *Int J Pediatr Dent* 4: 151-157

Phelan J, Rees J (2003) The erosive potential of some herbal teas. *J Dent* 31: 241-246

Souci-Fachmann-Kraut (2000) *Die Zusammensetzung der Lebensmittel. Nährwert-Tabellen*. 6. Auflage. Medpharm Scientific Publishers, Stuttgart

Stabholz A (1983) Tooth enamel dissolution from erosion or etching and subsequent caries development. *J Pedod* 7: 100-108

Thomas AE (1957) Further observations on the influence of citrus fruit juices on human teeth. *N Y State Dent J* 23: 424-430

WHO (1974) Toxicological evaluation of some food additives including anticaking agents, antimicrobials, antioxidants, emulsifiers and thickening agents. World Health Organization, Genf. WHO Food Additives Series, No. 5, 170-172 <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v05je24.htm>

WHO (2003) Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. WHO Technical Report Series Nr. 916, Genf