

Dem Zucker auf der Spur Untersuchung von Kohlenhydraten mit der Kapillarelektrophorese

Dr. Jana Boden, Dr. Beate Göttlicher, Dr. Ingo Haumann, Dipl.-Ing. (FH) Martina Krebs und Dr. Antje Mainka
ICA - Ingenieurgemeinschaft für Chemische Analytik

Am Beispiel der „Zucker“ in unserer Nahrung lässt sich eindrucksvoll erkennen, wie neue wissenschaftliche Erkenntnisse Auswirkungen auf unser tägliches Leben haben können. Vor nicht allzu langer Zeit wurden vor allem die in hochverarbeiteten Lebensmitteln enthaltenen Fette verdächtigt, die Hauptursache für die Zivilisationsbeschwerden wie Übergewicht und dessen Folgeerkrankungen zu sein. Mittlerweile erfolgte jedoch ein durch Forschungsergebnisse hervorgerufenes Umdenken, was dazu führte, dass die Zucker als die neuen Bösewichte deklariert wurden, wodurch der neue Trend „low carb“ entstand.

Zucker und seine süßen Verwandten begleiten uns seit wir denken können. Schon die Muttermilch hat einen süßlichen Geschmack und so verbinden die Menschen damit Genuss und Wohlbefinden. Doch es gibt verschiedene Zucker, der bekannteste ist die Saccharose, unser Haushaltszucker. Saccharose ist ein Disaccharid, das sich aus den Monosacchariden Glucose (Traubenzucker) und Fructose (Fruchtzucker) zusammensetzt. Gewonnen wird die Saccharose hauptsächlich aus Zuckerrüben. Glucose und Fructose kommen natürlicherweise auch in allen Obst- und Gemüsesorten in verschiedenen Anteilen vor. Die Süßkraft von Zuckern ist eine dimensionslose Größe, die sich an der Saccharose orientiert, deren Süßkraft auf 1 festgelegt ist (1). Glucose besitzt eine etwas geringere Süßkraft als Saccharose und Fructose eine höhere Süßkraft (siehe dazu auch die Tabelle). Im menschlichen Stoffwechsel führen alle genannten Zucker zu einem Anstieg des Blutzuckerspiegels sowie zu Karies.

Eine Möglichkeit beide Nachteile zu umgehen und trotzdem in den Genuss süßer Speisen zu kommen ist die Verwendung von Birkenzucker. Bei Xylitol handelt es sich um einen Zuckeralkohol, der nahezu die gleiche Süßkraft besitzt wie die Saccharose. Auch der Geschmack ist sehr ähnlich. Die anti-kariogene Wirkung von Xylitol wurde um 1970 entdeckt und erforscht (1).

Ein besonderes Augenmerk galt in letzter Zeit dem Fruchtzucker, welcher jahrzehntelang als diätisches Lebensmittel empfohlen wurde. Seit der erhöhte Fructosekonsum in Zusammenhang mit Leberverfettung, Gefäßschädigung und Harnsäurebildung gebracht wurde, darf Fructose nicht mehr „als für Diabetiker geeignet“ deklariert werden (2). Ursache dafür sind neuere Erkenntnisse zur Verstoffwechslung der verschiedenen Zuckerarten. Während Glucose direkt von den Zellen aufgenommen wird und ins Blut gelangt, ist die Aufnahme von Fructose über den Dünndarm an das Vorhandensein eines Transportproteins gebunden. Gibt es ein Überangebot an Fructose oder eine Störung des Proteins findet ein Abbau erst im Dickdarm statt, der dann mit den als unter „Reizdarmsyndrom“ bekannten Beschwerden einhergeht und bei vielen Menschen als Fructose-Unverträglichkeit diagnostizierbar ist (3). Die gleichen Symptome werden durch die heute häufig als Zuckerersatz eingesetzten Zuckeralkohole wie Sorbitol oder Xylitol hervorgerufen.



Die Untersuchung der einzelnen Zuckerspezies stellt für die Analytik eine echte Herausforderung dar. Die so unscheinbar wirkenden Moleküle widersetzen sich den in HPLC und IC üblicherweise verwendeten Standardmethoden, da die Detektierbarkeit und die Polarität nicht zum traditionellen Analytenschema dieser Methoden passen. Erst durch die Verwendung spezieller Säulen und Detektionsarten wie zum Beispiel IR, gepulster Amperometrie und Lichtstreuungsdetektor (ELSD, engl. Evaporative Light Scattering Detector) gelingt die Erfassung der Kohlenhydrate. Alternativ gibt es auch die Möglichkeit der Derivatisierung mittels reduktiver Aminierung, wodurch die Kohlenhydrate

Tabelle: Beispiele Vorkommen der Zucker in Lebensmitteln

Zuckerstoff	Stoffklasse	Andere Bezeichnungen	Beispiele für natürliches Vorkommen in abnehmender Menge	Süßkraft
Xylitol	Zuckeralkohol	Xylit, Xucker, Birkenzucker, E967	Blumenkohl, Pflaumen, Erdbeeren, Himbeeren	1
Sorbitol	Zuckeralkohol	Sorbit, E420	Vogelbeeren, Birnen, Pflaumen	0.5
Saccharose	Disaccharid aus Glucose und Fructose	Zucker, Rohrzucker, Haushaltszucker, Kristallzucker	> 10% in Banane, Honigmelone, Mango und Litschi	1
Glucose	Monosaccharid	Traubenzucker, Dextrose	In allen Obstsorten, > 7% in Weintrauben, Süß- und Sauerkirschen, Litschi und Kiwi	0.5 – 0.7
Fructose	Monosaccharid	Fruchtzucker	In allen Obstsorten, > 6% in Weintrauben, Birnen, Kirschen u. Äpfeln	1.5 - 1.75

dann mit den üblichen UV-VIS Detektoren sehr empfindlich gemessen werden können. Diese Probenderivatisierung kann sowohl für HPLC- als auch Kapillarelektrophorese-Methoden mit UV-VIS- oder Fluoreszenz-Detektion verwendet werden, ist allerdings mit sehr hohem zeitlichen Aufwand und der Verwendung sehr giftiger Chemikalien verbunden. Mit der Kapillarelektrophorese (CE) ist die Untersuchung von Kohlenhydraten ohne Derivatisierung und Spezialdetektoren möglich, indem man sich die indirekte UV-Detektion bei hohen pH-Werten oder die Komplexbildung mit Boraten zu Nutze macht. Zwar weisen beide Verfahren keine guten Nachweisstärken auf, da jedoch gerade die Kohlenhydrate in vielen Proben in sehr hohen Konzentrationen vorliegen, sind diese Methoden durchaus in der Praxis anwendbar.

Eine relativ neue und interessante Alternative ist die Trennung mit der CE bei hohen pH-Werten um pH 12,5 (4). Nach Optimierung der Trennbedingungen erhält man eine anionische Trennung verschiedenster Kohlenhydrate wie Abbildung 1 des Standards mit 200 mg/l zeigt. Dabei können sowohl Mono- und Disaccharide als auch Zuckeralkohole mit direkter UV-Detektion simultan erfasst werden.

Abbildung 2 zeigt die Screeningabbildungen der Auftrennung von Xylitol, Saccharose, Glucose und Fructose. Aufgrund der guten Matrixverträglichkeit der CE ist meist keine weitere Probenvorbereitung nötig. Die Bestimmung der Zucker in verschiedenen Lebensmitteln konnte so sehr unkompliziert in kurzer Zeit durchgeführt werden. Die Abbildungen zeigen Zitrone, Leberwurst und Himbeeren. Sowohl die Standard- als auch die Probenlösungen wurden mit direkter UV-Detektion und ohne vorherige Derivatisierung vermessen.

Natürlicherweise findet man die „Hauptzucker“ in Obst und Säften und selbst sehr saure Zitronen sind eigentlich auch zucker-süß! Als überraschend bei den Untersuchungen und der zugehörigen Lektüre (5) wurde aber vor allem die scheinbare Allgegenwärtigkeit der unterschiedlichen Zucker auch in vielen herzhaften Lebensmitteln, wie Brot, Wurst, Sojaprodukten, Chips, Konserven, Salatsauce etc. empfunden. Der Empfehlung der WHO, den täglichen Kalorienbedarf mit nur 10 % Kohlenhydraten abzudecken, ist da manchmal schwer Folge zu leisten, zumal die Nährwertkennzeichnung bislang eine freiwillige Angabe ist und erst nach der Lebensmittelinformationsverordnung ab dem

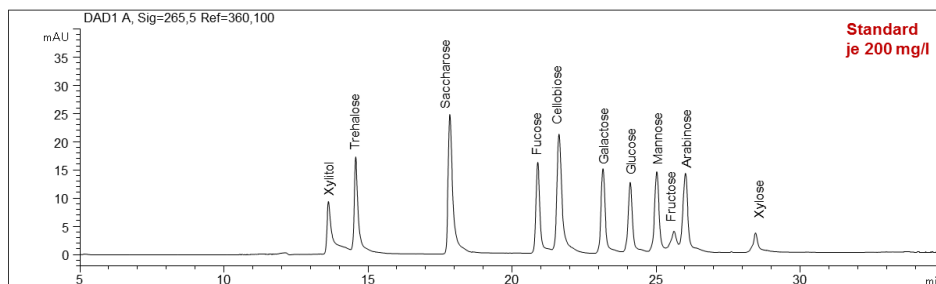


Abb. 1: Standard mit 200 mg/l – anionische Trennung verschiedener Kohlenhydrate

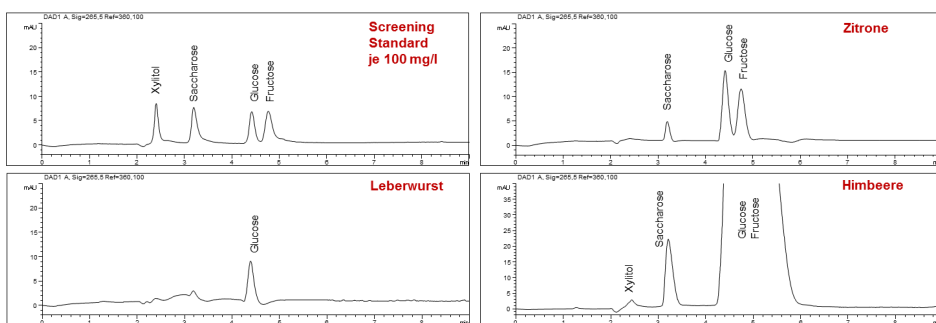


Abb. 2: Schnelles Screening von Lebensmitteln

13. Dezember 2016 für nahezu alle fertig verpackten Lebensmittel zur Pflichtangabe wird (6). Verpflichtend ist die Nährwert-Kennzeichnung der sogenannten „Big 7“ bereits jetzt für bestimmte Lebensmittelgruppen, wie z.B. diätische Lebensmittel, Säuglingsnahrung und Nahrungsergänzungsmittel. Die Vorgaben für die Nährwert-Kennzeichnung sind in der Lebensmittelinformationsverordnung gesetzlich festgelegt (7). Eine Nährwertinformation in der „Big 7“ ist die Angabe des Zuckers. Laut der Lebensmittelverordnung ist jedoch unter der Angabe „Zucker“ die Summe anzugeben, obwohl verschiedene Zuckerarten (z.B. Fructose, Glucose, Maltose) enthalten sein könnten. Eine genaue Aufschlüsselung der verschiedenen Zuckerarten im Produkt ist dabei sehr selten.

Ist in der Nährwert-Kennzeichnung Zucker angegeben, laut der Zutatenliste wurde aber kein Zucker zugesetzt, handelt es sich dabei um von Natur aus enthaltenen Zucker oder während des Produktionsprozesses entstandenen Zucker.

Eine bewusste Diät zum Beispiel bei Vorliegen einer Fructose-Intoleranz oder zur Vermeidung einer Fettleber ist also schwierig und wird auch mit Inkrafttreten der neuen Verordnung nicht einfacher. Aber ein erster Schritt ist immer erst einmal die Erkenntnis, dass etwas geändert werden muss.

Übrigens Die „Big Seven“ sind:

- Energiegehalt
- Fett
- Gesättigte Fettsäuren
- Kohlenhydrate
- Eiweiß
- Zucker
- Salz

Literatur

- (1) Wikipedia, Zugriff am 18.02.2015
- (2) § 12 der *Verordnung über diätetische Lebensmittel*, 01.10.2010.
- (3) Thilo Scheip, *Fructose-Intoleranz*, TRIAS Verlag in MVS
- (4) S. Rovio, J.Yli-Kauhalouma and H.Siren, *Determination of neutral carbohydrates by CZE with direct UV detection*, *Electrophoresis* 28 (2007) 3129 – 3135
- (5) Kurt Mosetter, Thorsten Probst, Wolfgang A. Simon und Anna Cavellius, *Zucker – Der heimliche Killer, Gräfe und Unzer Verlag GmbH München*
- (6) *Lebensmittel und Veterinärwesen - Stadt Hamburg*, Zugriff am 10.03.2015
- (7) *EUR-Lex*, Zugriff am 10.03.2015

Sind Sie auf den Geschmack gekommen?

Wir beraten Sie gerne rund um das Thema Kapillarelektrophorese!

Tel.: 06103 80 44 090 • Mail: ica@ica-analytik.de • Internet: www.ica-analytik.de