

Organisch-chemisches Praktikum für das Lehramt (LA)

Torsten Lasse

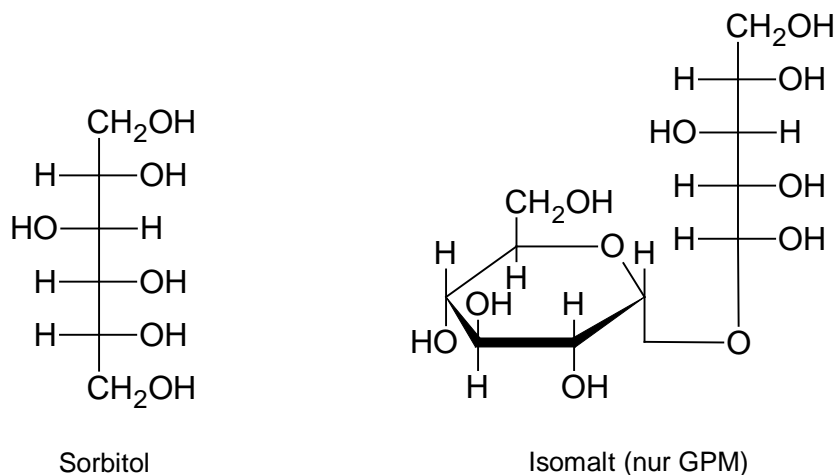
Leitung: Dr. P. Reiß

WS 2008/09

Assistent: Tobias Gerhardt

**Schulversuch (Gruppe 9/Assistentenversuch):
Herstellung von zahnschonenden Weichkaramellen**

Es wird eine Karamellisierung zur Herstellung eines Speisebonbons durchgeführt. Dabei werden an Stelle des üblicherweise verwendeten Haushaltszuckers Zuckerersatzstoffe verwendet – mit dem Ziel, ein zahnschonendes Endprodukt zu erhalten.

**Zeitbedarf**

Vorbereitung: 5 min

Durchführung: 30 min

Nachbereitung: 5 min

Chemikalien und eingesetzte Substanzen

Eingesetzte Stoffe	Summenformel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrenkennzeichnung*	Schuleinsatz
Isomalt**	$C_{12}H_{24}O_{11}$	250 g	-	-	-	- (unbedenklich)
Sorbit(ol)**	$C_6H_{14}O_6$	50 g	-	-	-	- (unbedenklich)
Sahne**	-	50 g	-	-	-	- (unbedenklich)
Butter**	-	etwa 80 g	-	-	-	- (unbedenklich)
Reinlecithin**	-	2 g	-	-	-	- (unbedenklich)

* = nach HessGiss 2006/07, ** = lebensmittelrein

Anmerkung: Isomalt, Sorbit und Reinlecithin wurden bezogen bei: <http://www.knack-punkt.de/>

Geräte und Materialien

Küchengeräte:

Küchenschüssel
Rührbesen
Kochtopf
Kochplatte
Backpapier
Backblech
Backofen
Küchenmesser
Esslöffel
Teller

Versuchsaufbau

~

Durchführung

Da die Weichkaramellen zum Verzehr vorgesehen wurden, mussten alle Arbeiten mit zum Verzehr geeigneten Inhaltsstoffen und unter lebensmittelreinen Bedingungen, in diesem Fall einer Küche, durchgeführt werden.

50 g Sorbit, 2 g Lecithinpulver sowie 50 g Sahne wurden in einer Küchenschüssel mit einem Rührbesen intensiv vermischt (s. Abb. 1).



Abb. 1: Einige Zutaten, Ansatz in der Küchenschüssel

Währenddessen wurden 250 g Isomalt im Kochtopf auf einer Kochplatte geschmolzen (Abb 2).



Abb. 2: Das Isomalt wurde im Kochtopf erhitzt

Nach dem Schmelzen des Isomaltes wurden das Gemisch aus Sorbit, Lecithin und Sahne zugegeben sowie 50 g Butter zugeführt. Nun wurde der Ansatz auf höchster Heizstufe der Kochplatte erhitzt und dabei ständig umgerührt.

Beobachtung (und weitere Durchführung)

Die Masse verfärbte sich nach etwa 2-minütigem Kochen durch die einsetzende Karamellisierung braun (s. Abb. 3).



Abb. 3: Fortgeschrittene Karamellisierung

Der nun flüssige, angenehm süßlich duftende Ansatz wurde nun auf einem mit der restlichen Butter eingefetteten Backpapier auf ein Backblech gegeben (s. Abb. 4).



Abb. 4: Die Masse wurde flach in einer Form verteilt

Nach etwa 15 Minuten war die Masse so weit erhärtet, dass sie mit einem Küchenmesser in mundgerechte Stücke geschnitten werden konnte (s. Abb. 5). Die Weichkaramellen hatten einen angenehmen Karamellgeschmack. Die Verwendung von Zuckerersatzstoffen konnte ich nicht geschmacklich identifizieren.

Nach zusätzlicher Wartezeit von etwa einer Stunde zeigte sich jedoch, dass die anfänglich weichen Karamellen sehr hart geworden waren, was einen angenehmen Konsum erschwerte.



Abb. 5: Guten Appetit!

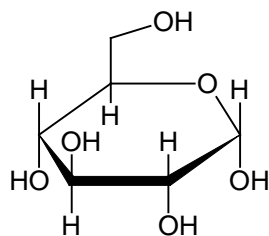
Entsorgung

Die hergestellten Weichkaramellen konnten verzehrt werden. Anfallende Reste wurden dem herkömmlichen Küchenabfall zugeführt.

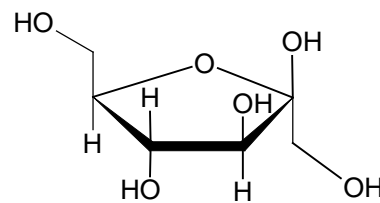
Fachliche Analyse

Der handelsübliche Haushaltszucker besteht aus Saccharose. Dieser kann z.B. aus Zuckerrohr oder Zuckerrüben gewonnen werden.

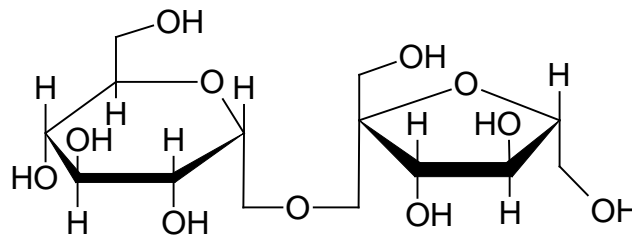
Die Saccharose ist ein Disaccharid und besteht als Dimer aus je einem Molekül α -D-Glucose (in Pyranoseform) und β -D-Fructose (in Furanoseform), welche über eine α -1,2-glycosidische Bindung miteinander verbunden sind. Diese bildet sich als Kondensationsreaktion über die OH-Gruppen der anomeren C-Atome der beteiligten Zucker. Die Auflösung dieser Bindung führt zu einem Glucose/Fructose-Gemisch, dem so genannten Invertzucker.



α -D-Glucopyranose



β -D-Fructofuranose



Saccharose

Als Alternative zu haushaltsüblichen Zuckern kommen sowohl Süßungsmittel als auch Zuckeraustauschstoffe in Frage.

Süßstoffe besitzen eine meist wesentlich höhere Süßkraft als Saccharose und haben nahezu keinen Kalorienwert. Bei der Süßkraft wird das geschmackliche Empfinden der Süße zu einem Süßungsmittel in Beziehung gesetzt. Der Saccharose wurde der Bezugswert 1 zugeteilt.

Süßstoffe werden u.a. Arznei- und Lebensmitteln zugesetzt, um einen süßen Geschmack zu erzeugen. Durch diätetische Maßnahmen sowie einem allgemeinen Trend zum Verzicht auf Zucker ist die Verwendung derartiger Stoffe in den letzten Jahren sehr stark angestiegen.

Zuckeraustauschstoffe werden häufig wie Saccharose eingesetzt. Die Süßkraft unterscheidet sich nicht deutlich von der der Saccharose. Zudem zählen sie zu den nutritiven Stoffen, d.h. sie besitzen einen (physiologischen) Brennwert.

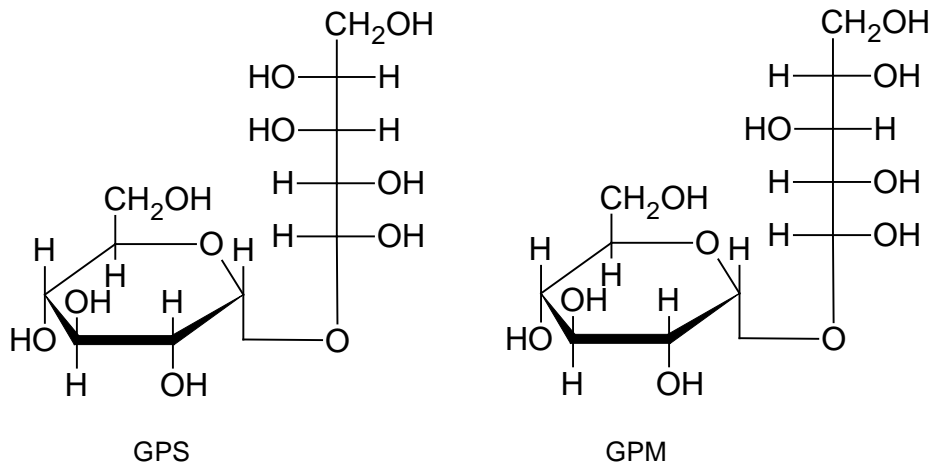
Der Vorteil scheint neben der von Insulin unabhängigen Metabolisierung und der damit verbundenen Eignung für Diabetiker eine verminderte kariogene (also letztlich zahnschonende) Wirkungsweise zu sein – teilweise ist die Wirkung sogar anti-kariogen (Xylit).

In Deutschland sind die Zuckeraustauschstoffe Isomalt, Sorbit (Sorbitol), Maltose, Mannit sowie Xylit gesetzlich zugelassen.

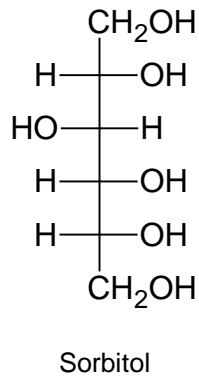
Isomalt hat einen süßlichen Geschmack, der etwa die halbe Süßkraft von normalem Haushaltszucker aufweist. Es liegt ebenfalls als weißes, absolut geruchloses Pulver vor. Aufgrund des geringen Kalorienwertes und der leicht verringerten Süßkraft im Vergleich zur Saccharose wird Isomalt 1:1 als Zuckeraustauschstoff eingesetzt und in Süßwaren immer beliebter. Der arttypische Geschmack diverser Lebensmittel soll durch Isomalt verstärkt werden. Zudem besitzt es die bereits genannten nicht-kariogenen Eigenschaften und ist für Diabetiker geeignet. Da es für den Menschen schwer verdaulich ist, regt es die Darmtätigkeit an und kann so schließlich – bei übermäßigem Verzehr – laxierend wirken.

Durch seine geringen hygroskopischen Eigenschaften eignet es sich sehr gut zur Herstellung von Süßwaren – auch Karamellen.

Isomalt wird biochemisch aus Saccharose hergestellt. In einem ersten Schritt wird die Saccharose durch zugesetzte Enzyme in die Palatinose (6-O- α -Isomaltulose) umgelagert. Durch eine Hydrierung erfolgt die Überführung zu Isomalt. Daraus entsteht ein Gemisch, welches etwa 1:1 aus 1-O- α -D-Glucopyranosyl-D-sorbit (GPS, Isomaltit) und 1-O- α -D-Glucopyranosyl-D-mannit-dihydrat (GPM) besteht. Dieses wird als Isomalt bezeichnet.



Bei (D-)Sorbit (Sorbitol) handelt es sich um einen 6-wertigen Zuckeralkohol.



Durch intramolekulare Wasserabspaltung (2 Mol) kann leicht eine Cyclisierung in Etherform stattfinden.

Sorbitol besitzt ebenfalls etwa die Hälfte der Süßkraft von Saccharose und besitzt die gleichen Vorteile gegenüber Saccharose wie auch Isomalt. Es wird ebenfalls vielfach in Süßwaren verarbeitet – wirkt jedoch ebenfalls bei übermäßigem Verzehr abführend. Zusätzlich ist jedoch die nicht-kariogene Wirkung durch einen anerkannten Test nachgewiesen worden, sodass sorbitolhaltige Lebensmittel (bei entsprechendem Verzicht auf andere, zahnschädigende Zucker) ein besonderes Prädikat erhalten können (das „Zahnmännchen“ unter aufgespanntem Regenschirm).

Sorbit findet sich als natürlicher Zucker in vielen Pflanzen, vorrangig den Ebereschen (*Sorbus aucuparia*, Name!) sowie dem Weißdorn (*Crataegus*).

Die industrielle Herstellung wird realisiert durch katalytische Hydrierung von Saccharose, Stärke sowie Glucose.

In der menschlichen Leber wird Sorbit durch ein Enzym zu D-Fructose bzw. D-Glucose umgebaut und ist damit dem weiteren Stoffwechsel zugänglich. Ein Angriff seitens der Bakterienflora im Mundraum erfolgt jedoch nicht bzw. kaum, sodass kaum Abbauprodukte in Form von Säuren entstehen, die wiederum die Entstehung von Karies begünstigen würden (Angriff des Zahnschmelzes).

Bei der hier durchgeführten Karamellisierung mit den verwendeten Zuckern entsteht durch das starke Erhitzen der verwendeten Zucker eine gelbliche bis bräunliche Masse mit den charakteristischen Aromen des Röstens. Die hier zugrunde liegende Oxidation des Zuckers findet beim Kochen vielfältige Anwendungen, da das Endprodukt, das Karamell, einen angenehmen, typischen Geschmack (und Geruch) aufweist. Die Reaktion ist jedoch abhängig von der verwendeten Zuckerart. So tritt die Karamellisierung von Saccharose erst bei etwa 160 °C auf, bei Fructose bereits bei etwa 110 °C.

Der Reaktionsmechanismus der zugrunde liegenden Zuckeroxidation ist nicht aufgeklärt; die Klärung wird vermutlich dadurch erschwert, dass bei dem Vorgang eine Vielzahl von (Neben-)Produkten auftritt.

Das Ergebnis in diesem Versuch waren Karamellen, die im Laufe von einiger Zeit härter wurden. Obwohl geschmacklich sehr reizvoll, wurden sie dadurch weniger angenehm zu verzehren. Nach meinem Geschmacksempfinden konnte kein Unterschied zu herkömmlichen Zuckerkaramellen festgestellt werden. Obgleich sich die verwendeten Inhaltsstoffe, wie beschrieben, zahnschonend in Form nicht-kariogener Auswirkungen darstellen, kann das Schonen der Zähne aufgrund der Härte der Bonbons in Frage gestellt werden.

Methodisch-didaktische Analyse

Die Herstellung von Karamellbonbons kennt vermutlich fast jedes Kind. Der Bezug zum Chemieunterricht kann hierbei im Rahmen der Behandlung der Kohlenhydrate z.B. in der 11. Jahrgangsstufe (Grund- und Leistungskurs) erfolgen, im speziellen Falle der Zuckerersatzstoffe. Hierbei gewinnt der Versuch Bedeutung als typischer Show-Versuch – bzw. des Edutainments. So kann man sich die Durchführung sehr gut zur Auflockerung des Unterrichtes nach vorangegangener längerer Theoriephase oder anspruchsvolleren Versuchen vorstellen. Eine

Durchführung etwa während einer Klassenfahrt ist ebenfalls denkbar, da auf Laborgeräte verzichtet werden kann – der Versuch wird ausschließlich in einer Küche (mit Küchengeräten) durchgeführt – und das Endprodukt ist nicht nur essbar, sondern schmeckt auch noch gut!

Natürlich ist für eine sinnvolle Eingliederung in den Unterricht ein Basiswissen der Schüler im Bereich der Kohlenhydrate notwendig, zumal eine Vertiefung im Bereich der Zuckerersatzstoffe angestrebt werden kann.

Der Versuch ist nachvollziehbarerweise keineswegs wichtig für einen effektiven Chemieunterricht, hat aber eine Berechtigung als sinnvolle Alternative herkömmlicher Versuche und erhöht damit das Versuchsspektrum des Chemielehrers.

Durch das essbare Endprodukt dürfte bei den Schüler der Versuch Interesse wecken, zumal eine Durchführung (auch ohne Zuckerersatzstoffe) zu Hause für jeden Schüler aufgrund der verwendeten Geräte und Substanzen möglich sein sollte.

Der Aufwand ist relativ gering – die Vorbereitung und Nachbereitung dauert jeweils etwa 5 Minuten, die Durchführung etwa 30 Minuten, sodass eine Durchführung im Rahmen einer Einzelstunde denkbar ist. Fachliche Hintergrundinformationen zum Versuch können durchaus während der Wartezeiten thematisiert werden.

Die Durchführung selbst erwies sich zwar als unproblematisch, jedoch war es aufwändig, die benötigten Zutaten Sorbit und Isomalt zu bekommen (im Gegensatz zu den anderen Zutaten). In (lebensmittel)reiner Form können diese Produkte wohl nur über spezielle Händler (in diesem Fall einem Internetversandhaus, s.o.) erstanden werden.

Die Weichkaramellen wurden zudem nach etwa einer Stunde knochenhart. Sie schmeckten zwar immer noch gut, konnten aber (bei zahnschonendem Verzehr) nicht mehr zerbissen, sondern mussten gelutscht werden. Somit kann der in der Versuchsvorschrift erwähnte zahnschonende Charakter (der sich natürlich primär auf die Verwendung des Zuckerersatzstoffes bezog) der Karamellen durchaus angezweifelt werden. Für weitere Durchführungen ist somit eine Variation in der Menge der verwendeten Inhaltsstoffe anzuraten, um den weichen Charakter der Karamellen zu erhalten.

Bei der Karamellisierung sollte ständig gerührt werden, da sonst die die gesamte Karamellmasse zum ‚Anbrennen‘ neigt.

Literatur

Mortimer CE: Chemie; 4. Auflage 1983, 1. Nachdruck 1986, Georg Thieme Verlag, Stuttgart

Peter K , Vollhardt C, Schore NE: Organische Chemie, 4. Auflage, 1. korrigierter Nachdruck 2007, Wiley-VCH, Weinheim

Idee aus:

Deifel A: „Saccharose – ein Rohstoff für nichtkariogene und brennwertverminderte Süßungsmittel“, in: Praxis der Naturwissenschaften, 5/44, S. 9 ff., 1995

Weitere Quellen:

Hessisches Gefahrstoffinformationssystem Schule; <http://www.hessgiss.de/>; Version 2006/07

Hessischer Lehrplan Chemie G8; unter <http://www.kultusministerium.hessen.de/>; Zugriff am 17.12.08

<http://www.gym1.at/chemie/fachbe/2004/muenzer/6.pdf>; Zugriff am 10.03.09

<http://www.lingoz.com/de/dictionary/Karamellisierung>; Zugriff am 10.03.09

<http://www.lebensmittellexikon.de/s0001120.php>; Zugriff am 10.03.09