

DEUTSCHE LEBENSMITTEL-RUNDSCHAU

Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft m. b. H., Stuttgart N, Birkenwaldstraße 44, Postfach 40

Sonderdruck aus Heft 12, Dezember 1961, Seite 321 bis 324

Mitteilung aus der Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung, Karlsruhe

Bestimmung des Süßungsgrades von Xylit

Von J. Gutschmidt und G. Ordynsky

Xylit, die aus D-Xylose durch Hydrierung gewonnene Penthydroxyverbindung $C_5H_{12}O_5$, ist — wie Sorbit — ein direkt resorbierbarer Zuckeralkohol und ist daher wie dieser als Süßungsmittel für Diabetiker geeignet. Seine Verwendung zum Süßen scheiterte bisher an dem durch die umständliche Herstellung geringer Mengen bedingten hohen Preis. Deshalb liegen auch keine Angaben über das Süßungsvermögen von Xylit vor. Neuerdings wird nun Xylit in größerer Menge auf eine wirtschaftlichere Weise gewonnen und soll als Süßungsmittel für Diabetiker vertrieben werden, so daß die genaue Kenntnis des Süßungsvermögens von Interesse ist. In der Bundesforschungsanstalt wurde daher der Süßungsgrad von reinem Xylit und einem Mischprodukt aus 70 % Xylit und 30 % 6wertigen Polyalkoholen ermittelt*).

Methodisches

Als Maß für das Süßungsvermögen der Stoffe wird der Süßungsgrad gewählt. Er ist nach der Definition von Paul¹⁾ das Süßungsvermögen des zu untersuchenden Stoffes pro Gewichtseinheit bezogen auf Saccharose mit dem Süßungsgrad 100 und gibt demnach an, wieviel g Saccharose in einem bestimmten Volumen Wasser gelöst werden müssen, damit dieses genau so süß schmeckt wie eine Lösung bestehend aus der gleichen Menge Wasser und 100 g des zu untersuchenden Stoffes.

An den vergleichenden Geschmacksprüfungen zur Bestimmung des Süßungsgrades nahm stets der gleiche Kreis von 20 Personen teil. Die Mitglieder dieser Prüfungsgruppe hatten bei einer Untersuchung des Geschmacksempfindens aller Mitarbeiter des Instituts ein ausgeprägtes Empfinden für süß und Süßegradunterschiede gezeigt und sich damit

als geeignet für diese Prüfung erwiesen. Für die Prüfung stand der Bewertungsraum des Instituts zur Verfügung, in dem jeweils 5 Personen gleichzeitig ungestört voneinander prüfen konnten. Das Prüfen einer Reihe von Proben durch die Prüfgruppe dauerte 1 bis 2 Stunden. Es wurde nur einmal täglich geprüft. Die Geschmacksprüfungen erstreckten sich über eine Zeit von 8 Wochen.

Vor Beginn einer Prüfung wurde für jeden der 20 Prüfer eine Serie halb gefüllter 100 cm³-Gläser bereitgestellt; es konnte also aus den Gläsern getrunken werden. Die neutrale Kennzeichnung der Gläser änderte sich von Serie zu Serie, so daß ein Austausch der Ergebnisse zwischen den einzelnen Prüfern nicht möglich war. Es war genug Lösung vorhanden, um jede mit jeder Probe in verschiedener Reihenfolge vergleichen zu können. Um eine Ermüdung zu vermeiden, wurden nie mehr als 4 Vergleichsproben und ein Standard oder dreimal hintereinander 3 Proben beurteilt. Bei jeder Vergleichsprüfung wurde nicht mehr als 20 bis 30 mal hintereinander probiert. Die Prüfzeit war nicht begrenzt.

Die Zuckerlösung wurde in üblicher Weise mit Leitungswasser angesetzt. Bei den Konzentrationsangaben handelt es sich stets um Gewichtsprozent (eine 10 %ige Lösung besteht z. B. aus 90 Gewichtsteilen Wasser und 10 Gewichtsteilen Zucker). Die Prüftemperatur der Lösungen betrug 18° C.

Bei den Vorprüfungen wurde festgestellt, daß der Süßungsgrad von Xylit sich in Abhängigkeit von der Konzentration der Lösung ändert. Es wurde daher nicht nur der Süßungsgrad in dem für die Angabe üblichen Konzentrationsbereich von 10 % ermittelt, sondern daneben wurden vergleichende Untersuchungen mit Xylitlösungen im Bereich von 1, 5, 7,5 und 20 % durchgeführt. Bei den Vorprüfungen zeigte sich weiter, daß Xylitlösungen mit einer Konzentration von 1 % und auch noch von 5 % einen ganz leichten, bitteren Bei- und Nachgeschmack besitzen. Um den Prüfer bei der vergleichenden Bewertung der mit Xylit und Saccharose gesüßten Lösungen durch den abweichenden Geschmack der Xylitlösung nicht zu beeinflussen, wurde allen 1 bis 10 %igen Proben zur Überdeckung der ab-

*) Das für die Bestimmung des Süßungsgrades erforderliche Xylit und Mischprodukt aus Xylit und 6wertigen Alkoholen wurde von der Firma Deutsche UDIC GmbH., Mannheim-Rheinau, aus ihrer eigenen Produktion zur Verfügung gestellt.

weichenden Geschmacksrichtung 0,05 % Zitronensäure zugesetzt. Die Prüfung erfolgte nach der Reihenvergleichsmethode und anschließend nach der Dreiecksmethode. Bei der ersteren Methode wird die Süßigkeit einer Xylitlösung bestimmter Konzentration mit derjenigen einer Reihe von Saccharoselösungen gleichmäßig abgestufter Konzentration verglichen und in diese eingestuft²⁾. Die Reihe der Saccharose-Vergleichslösungen wurde in einer Vorprüfung so gewählt, daß die süßeste Probe deutlich süßer und die am wenigsten süße Probe deutlich weniger süß war als die Probe, deren Süßigkeit bestimmt werden sollte. Wenn auf diese Weise durch ein- oder mehrmalige Prüfung der Konzentrationsbereich gefunden worden war, mit dem die Süßigkeit der Xylitprobe am besten übereinstimmte, wurde nach der Häufigkeitsverteilung der Urteile der wahrscheinlichste Wert als repräsentative Konzentration ermittelt.

Unter Verwendung der Dreiecksmethode wurde überprüft, ob die Übereinstimmung der ermittelten repräsentativen Konzentrationen der Saccharoselösungen mit der betreffenden Xylitlösung in den einzelnen Konzentrationsbereichen als gesichert angesehen werden kann. Hierbei wurden dem Prüfer für jeden Test vorgelegt bzw. vorgelegt:

1. zwei identische Proben Saccharoselösung der repräsentativen Konzentration,
2. die der Saccharoselösung nach der Reihenvergleichsprüfung entsprechende Xylitlösung und
3. ein Beurteilungsformular mit folgenden Fragen:
„Zwei der vor Ihnen stehenden drei Proben sind miteinander identisch; ist ein Geschmacksunterschied zwischen diesen und der dritten Probe festzustellen?

Wenn ja, welche Probe ist die im Geschmack abweichende?

Ist diese Probe im Vergleich zu den identischen süßer oder weniger süß?

Die Antworten lassen sich wie folgt aufteilen:

1. kein Geschmacksunterschied gefunden
 - a) alle drei Proben als gleich süß empfunden
 - b) Unterschied zwischen den beiden identischen Proben festgestellt (Fehlurteil)
2. Geschmack der dritten Probe als abweichend beurteilt (treffendes Urteil)
 - a) Probe als süßer empfunden
 - b) Probe als weniger süß empfunden.

Die Dreiecksmethode ist besonders gut geeignet, die geschmackliche Übereinstimmung von zwei verschiedenen Proben zu überprüfen³⁾.

Ergebnisse der Untersuchung des Süßungsgrades

1. Reihenvergleichsprüfung

Nach einer Vorprüfung wurden für die Hauptprüfung nach der Reihenvergleichsmethode Saccharoselösungen mit der in Tab. 1 angegebenen Konzentration zur Einstufung der verschieden starken Xylitlösungen verwendet. Saccharoselösungen gleicher Konzentration wurden für die Bestimmung des Süßungsgrades des Xylitmischprodukts gewählt. In Tabelle 1 sind die Gleichheitszonen, in die die Gleichheitsurteile am häufigsten fallen, und die repräsentative Konzentration der Gleichheitszonen, der Süßungsgrad, angegeben. Die Werte wurden in gleicher Weise wie nachstehend für die 1 %ige Xylitlösung bestimmt.

Tabelle 1

Konzentrationsabstufung und Ergebnisse der Reihenvergleichsprüfung in den verschiedenen Konzentrationsbereichen

Konzentration der Xylitlösungen %	Konzentration der Saccharoselösungen in %			
	beim Reihenvergleich		Geschmacksgleichheit	
	Bereich	Abstufung	Gleichheitszone	repräsent. Wert
1	0,80—0,90	0,02	0,84—0,87	0,86
5	4,0—4,8	0,2	4,4—4,6	4,5
7,5	7,0—7,4	0,2	7,0—7,2	7,0
10	9,5—10,3	0,2	9,9—10,1	10,0
20	21—24	1,0	22—23	23

Bei der zweimaligen Vergleichsprüfung wurde die Süßigkeit der 1 %igen Xylitlösung wie folgt beurteilt:

		Konzentration d. Saccharoselösung in %						Urteile insgesamt
		0,80	0,82	0,84	0,86	0,88	0,90	
Anzahl der Urteile	weniger süß	0	0	5	8	22	36	71
	süßer	38	38	25	2	0	0	103
	gleich süß	2	2	10	30	18	4	62
	insgesamt	40	40	40	40	40	40	6 × 40

Damit ergeben sich nach Pauli²⁾ die oberen und unteren Geschmacksschwellen, S_0 bzw. S_u :

$$S_0 = \frac{1}{2} (D_0 + D_{0+i}) - \frac{\sum St \cdot i}{n}$$

$$S_u = \frac{1}{2} (D_u + D_{u-i}) + \frac{\sum Sch \cdot i}{n}$$

D_0 und D_u Endwerte der Vergleichsreize

$\sum St$ Anzahl der Urteile süßer

$\sum Sch$ Anzahl der Urteile weniger süß

i Reizstufe

n Zahl der Urteile pro Vergleichsreiz

$$S_0 = \frac{1}{2} (0,90 + 0,92) - \frac{71 \cdot 0,02}{40} = 0,873 \% \sim 0,87$$

$$S_u = \frac{1}{2} (0,80 + 0,78) + \frac{103 \cdot 0,02}{40} = 0,841 \% \sim 0,84$$

Der repräsentative Wert für die Übereinstimmung der Konzentration ist

$$K_R = S_u + \frac{\sum (Gl_r + \frac{Gl_m}{2}) \cdot i}{n}$$

$\sum Gl_r$ Anzahl der Urteile gleich süß rechts vom Gipfelpunkt

$\sum Gl_m$ Anzahl der Urteile am Gipfelpunkt

$$K_R = 0,841 - \frac{37 \cdot 0,02}{40} = 0,86$$

2. Kontrolle nach der Dreiecksmethode.

Die bei der Dreiecksprüfung auf dem Beurteilungsformular von den einzelnen Prüfern gegebenen Antworten sind für die verschiedenen Konzentrationen der Xylitlösungen in Tabelle 2 zusammengefaßt.

Tabelle 2

Ergebnisse der Vergleichsprüfungen von Xylit- und Saccharoselösung in verschiedenen Konzentrationsbereichen nach der Dreieckmethode

Konzentration der Lösungen in ‰		Zahl der Prüfer	Zahl der keine Unterschiede erkennenden Prüfer	Zahl der Unterschiede erkennenden Prüfer			Zahl der treffenden Urteile für die Sicherung eines Unterschiedes	
Xylit	Saccharose			davon beurteilten		insgesamt	5 ‰-Basis	95 ‰-Basis
				Xylit als weniger süß	Xylit als süßer			
1,0	0,86	20	10	5	5	10	11	7
5,0	4,5	12	6	3	3	6	8	5
7,5	7,0	12	6	4	2	6	8	5
10,0	10,0	19	9	5	5	10	11	7
10,0*)	10,0	19	13	5	1	6	11	7
20,0	23,0	12	10	1	1	2	8	5
Prüfungen insgesamt:		114	61	—	—	53	45	—

*) gesüßtes Apfelmus

Für die statistische Auswertung der Ergebnisse von Prüfungen nach der Dreieckmethode wurden von Roessler und Mitarb.⁴⁾ Werte für eine verschieden große Anzahl von abgegebenen Urteilen berechnet, die angeben, wieviel treffende Urteile zu erwarten sind, wenn ein gesicherter Unterschied auf der 5 ‰-Basis, d. h. im vorliegenden Fall bei einer Wahrscheinlichkeit der Übereinstimmung der Xylitprobe und der Saccharoseproben in höchstens 5 ‰ aller Fälle ($P = 0,05$) besteht. Außerdem wurde berechnet, wieviel treffende Urteile zu erwarten sind, wenn die Wahrscheinlichkeit der Übereinstimmung in mindestens 95 ‰ aller Fälle ($P = 0,95$) gegeben ist. (Zahlenwerte bei $P = 0,05$ und $0,95$ für die Anzahl der in den Prüfungen insgesamt abgegebenen Urteile siehe Tab. 2).

Bei der Beurteilung, ob die Proben in der Süßigkeit gleich sind oder voneinander abweichen, muß nicht nur die Gesamtzahl der Unterschiede erkennenden und nicht erkennenden Prüfer, sondern bei den ersteren auch berücksichtigt werden, ob die Xylitlösung als süßer oder als weniger süß beurteilt wurde. Unter der strengen Voraussetzung, daß man stets nur entweder die Probenart als abweichend ansieht, die in den meisten Fällen als süßer oder diejenige, die in den meisten Fällen als weniger süß beurteilt wurde, sprechen nach den Versuchsergebnissen bei einer Konzentration der Xylitlösung von 1 ‰ 5 der 20, von 5 ‰ 3 der 12, von 7,5 ‰ 4 der 12, von 10 ‰ sowohl bei der Lösung als auch beim Apfelmus 5 der 19 und von 20 ‰ 1 der 12 Urteile für einen Unterschied. Dieser Anteil der Gesamturteile ist gering genug, um eine Gleichheit im Süßungsgrad der einzelnen Proben auf der 5 ‰-Basis zu sichern; die Proben stimmen also in mehr als 95 ‰ aller Fälle miteinander überein, d. h. die Xylit- und die Saccharoselösungen waren mit hoher Wahrscheinlichkeit gleich süß.

Damit ergibt sich für Xylit- und Saccharoselösungen gleichen Süßungsgrades im Bereich von 1 bis 20 bzw. 0,8 bis 23 ‰ die in Bild 1 dargestellte Beziehung.

Wird der Süßungsgrad von Saccharose — wie üblich — gleich 100 gesetzt, so hat nach dem Ergebnis der Untersuchung Xylit den in Tabelle 3 aufgeführten Süßungsgrad bei den einzelnen geprüften Konzentra-

tionen. Die Abhängigkeit des Süßungsgrades von der Konzentration der Xylitlösung ist in Bild 1 dargestellt.

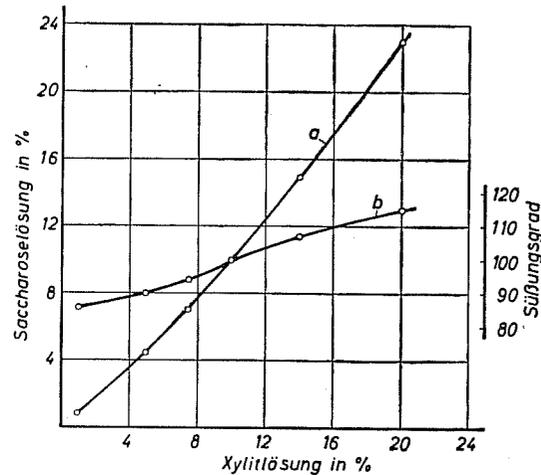


Bild 1: Süßungsgrad von Xylit und Beziehung zwischen Xylit- und Saccharoselösung gleichen Süßungsgrades im Konzentrationsbereich von 1 bis 20 ‰.

- a) Saccharoselösung gleichen Süßungsgrades
- b) Süßungsgrad von Xylit (Saccharose = 100)

Bei der Untersuchung des Süßungsvermögens des Mischproduktes aus 70 ‰ Xylit und 30 ‰ 6wertigen Polyalkoholen wurden die mit 1-, 5- und 10 ‰igen Lösungen dieses Produktes in etwa übereinstimmenden Saccharoselösungen von einem kleinen Kreis von Prüfern ausgewählt. Die anschließende Vergleichsprüfung nach der Dreieckmethode wurde, wie bei der Untersuchung des Xylits, von 18 bis 22 Prüfern durchgeführt.

Es ergab sich, daß der Süßungsgrad des Mischproduktes praktisch gleich dem des Xylits ist. Ein auf der 5 ‰-Basis gesicherter Unterschied bei einer Vergleichsprüfung von 10 ‰igen Lösungen nach der Dreieckmethode wurde nicht gefunden, wohl aber sprach die Häufigkeit, mit der die Xylitlösung von den die Unterschiede erkennenden Prüfern als weniger süß empfunden wurde, für einen etwas geringeren Süßungsgrad bei dieser Konzentration. Ein geringfügiger Unterschied in der Süßigkeit einer 10 ‰igen Lösung von reinem Xylit und dem Xylit-Mischprodukt wurde

außerdem festgestellt. Die etwas geringeren Werte für den Süßungsgrad des Xylit-Mischproduktes bei den einzelnen Konzentrationen sind in Tabelle 3 mit aufgeführt.

Tabelle 3

Süßungsgrad von Xylit und einem Mischprodukt aus 70 % Xylit und 30 % 6wertigen Polyalkoholen im Konzentrationsbereich von 1 bis 20 %

Konzentrationsbereich in %	Süßungsgrad		
	Xylit	Xylit-Mischprodukt	Saccharose
1	86	83—84	100
5	90	86—87	100
10	100	98—99	100
20	115	—	100

Geschmacksunterschiede allgemein

Schon bei den Vorprüfungen zeigte es sich, daß die Xylitlösungen, gleich ob sie mit reinem Xylit oder mit dem Mischprodukt aus 70 % Xylit und 30 % Polyalkoholen hergestellt worden waren, bei Konzentrationen bis etwa 10 % geschmacklich von den zum Vergleich verwendeten Saccharoselösungen gleichen Süßungsgrades unterschieden werden konnten. Die Xylitlösungen hatten hier nach den Urteilen der meisten Prüfer einen ganz leichten bitteren Bei- und Nachgeschmack, der aber meist nur beim Vergleich mit Saccharoselösungen wahrnehmbar war. Obgleich zur Überdeckung des charakteristischen Geschmacks den Xylitlösungen 0,05 % Zitronensäure zugegeben wurde, erkannten die Prüfer bei den insgesamt durchgeführten 114 Dreieckprüfungen mit reinem Xylit in 53 Fällen (s. Tab. 2) und bei den 61 Prüfungen mit dem Xylit-Mischprodukt

in 33 Fällen die Xylitlösung, so daß nach *Roessler* und *Mitarb.*⁴⁾ der Geschmacksunterschied zwischen den Proben auf der 5 %-Basis gesichert ist. Bei einer Konzentration der Xylitlösung von 23 % und bei Xylit-gesüßtem Apfelmus konnten die Proben von den mit Saccharose gesüßten Vergleichsproben nicht unterschieden werden.

Zusammenfassung

Die Bestimmung des Süßungsgrades von Xylit und eines Mischproduktes aus 70 % Xylit und 30 % 6wertigen Polyalkoholen im Vergleich zum Süßungsgrad von Saccharose, der gleich 100 gesetzt wurde, ergab:

1. Bei der normalerweise für die Prüfung des Süßungsgrades von Stoffen verwendeten Konzentration der Lösungen von 10 % haben Xylit und Saccharose den gleichen Süßungsgrad von 100. Der Süßungsgrad des Mischproduktes liegt bei 98 bis 99, so daß auch dieses praktisch den gleichen Süßungsgrad wie Saccharose hat.
2. Sowohl bei Xylit als auch beim Xylit-Mischprodukt steigt der Süßungsgrad mit zunehmender Konzentration stärker an als bei Saccharose, so daß ihr Süßungsgrad bei Konzentrationen unter 10 % geringer und bei Konzentrationen über 10 % höher als der von Saccharose ist (siehe Tab. 3 und Bild 1).
3. Bei Konzentrationen unter etwa 10 % lassen sich Lösungen mit Xylit und Xylit-Mischprodukt in schwacher Konzentration von Saccharoselösungen gleichen Süßungsgrades geschmacklich unterscheiden. Im Konzentrationsbereich von 20 % und bei einem mit 10 % Xylit gesüßten Apfelmus wurde kein Unterschied im Geschmack gefunden.

LITERATUR:

- 1) *Paul, Th.*: s. Handbuch der Lebensmittelchemie Bd. 5, S. 381, Springer Verlag, Berlin 1938
- 2) *Pauli, R.*: Über die Messung der Süßkraft von künstlichen Süßstoffen. *Biochem. Z.* 125, S. 97 (1921)
- 3) *Jellinek, G. u. H. D. Cremer*: Methoden der Geruchs- und Geschmacksprüfung. *DLR* 55, 251, 275 (1959)
- 4) *Roessler, E. B., J. Warren u. J. F. Guymon*: Significance in triangular taste tests, *Food Res.* 13, 503 (1948)