

비영양감미료(Non-Nutritive Sweeteners)의 효과와 안전성

주달래

서울대학교병원 급식영양과

The Efficacy and Safety of Non-Nutritive Sweeteners

Dal Lae Ju

Department of Food Service and Nutrition Care, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

Abstract

High intake of added sugars increases the risk for obesity, type 2 diabetes, and cardiovascular disease. Non-nutritive sweeteners (NNS) are widely used in many beverages and food products to reduce calories and sugar content. NNS have higher intensity of sweetness per gram than caloric sweeteners such as sucrose, corn syrup, and fruit juice concentrates. NNS approved for use have been tested and determined to be safe at levels that are within acceptable daily intake by the Joint Food Agriculture Organization/World Health Organization Expert Committee on Food Additives. The eight items of sweeteners are regulated as food additives in Korea. Dietary intake of the sweeteners was suggested as safety level by the ministry of Food and Drug Safety in 2012. If substituted for caloric sweeteners without intake of additional calories from other food sources, NNS may help consumers limit carbohydrate and energy intake as a strategy to manage blood glucose and weight. Dietitians can provide guidance on the use of NNS that give the desired results in food preparation and use at the table.

Keywords: Acceptable daily intake, Diabetes mellitus, Non-nutritive sweeteners

서론

최근 국내에서는 요리 프로그램 전성시대라 할 만큼 요리

와 관련된 TV 프로그램들이 인기를 끌고 있고, 한 요리연구가는 설탕을 넣어 맛을 내는 요리법으로 주목을 받고 있다. '단맛'은 식욕 및 식품의 기호도를 좌우하는 매우 중요

Corresponding author: Dal Lae Ju

Department of Food Service and Nutrition Care, Seoul National University Hospital, 101 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul 03080, Korea, E-mail: jurea@snuh.org

Received: Nov. 16, 2015; Accepted: Nov. 25, 2015

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2015 Korean Diabetes Association

한 요인이기도 하지만, '설탕'으로 대표되는 '당류(sugars)'는 충치, 비만, 당뇨병, 심장병의 원인이 될 수 있어 최근 World Health Organization (WHO)은 당류 소비를 1일 50 g 미만으로 줄이도록 권고하고 있다[1]. '맛'과 '건강'을 놓고 갈등이 되는 부분이다. 특히 이러한 고민은 당뇨병이 있거나 체중 조절이 필요한 경우에는 현실적으로 큰 어려움이 된다. '단맛'은 느끼되, '당류'의 문제를 줄일 수 있는 방법으로 생각할 수 있는 것이 대체 감미료이다. 설탕 대체 감미료는 설탕보다 단맛이 강한 비영양감미료(non-nutritive sweeteners)와 단맛과 열량은 설탕보다 낮지만 이외의 생리적인 기능성을 갖고 있는 영양감미료의 두 부류로 크게 구분할 수 있다. 본고에서는 첨가당의 섭취를 줄이기 위해 사용하는 비영양감미료의 사용 현황과 건강 측면에서의 효용성에 대해 알아보고자 한다.

본론

1. 비영양감미료(non-nutritive sweeteners)란?

비영양감미료는 매우 적은 양으로도 단맛을 낼 수 있어 열량이 매우 낮은 감미료를 말하며 비열량감미료(noncaloric sweeteners) 또는 고감미감미료(intense sweeteners)라고도 불린다. 스테비아와 같이 천연식물에서 유래된 물질도 있지만 대부분은 합성된 것이라 인공감미료(artificial sweeteners)라고 불리기도 한다.

미국식품의약국에서 승인한 비영양감미료로는 사카린(saccharin), 아스파탐(aspartame), 아세설팜칼륨(acesulfame-K), 수크랄로스(sucralose), 네오탐(neotame), 스테비아(steviol glucosides), Luo han guo extract가 있다[2]. 이 중 Luo han guo extract와 스테비아는 천연식물 유래 물질이고, 나머지는 화학적 합성품이다. 네오탐은 일반적인 사용이 승인되어 있지만, 현재 상용용으로 사용되는 음료 및 식품에는 거의 함유되어 있지 않다[3]. 우리나라에서 식품첨가물로 사용이 허용된 감미료는 사카린나트륨, 아스파탐, 아세설팜칼륨, 수크랄로스, 스테비올

배당체, 효소처리스테비아, 에리스리톨, 감초추출물이 있다. 식품첨가물은 현행 식품첨가물공전에서 사용 대상식품과 사용량을 규제하고 있으며, 식품 표시제도에서는 소비자들의 알 권리를 강화하고 국제적인 표시기준에 맞추기 위해서 감미료의 사용량에 관계없이 반드시 원재료나 성분 표시를 하도록 되어 있다.

1) 아스파탐(aspartame)

아스파탐은 천연식품과 생체 중에 흔히 존재하는 필수아미노산인 페닐알라닌과 아스파르트산으로부터 합성한 아미노산계 감미료이다. 체내에서 일반 단백질과 같이 분해, 소화 흡수되어 1 g당 4 kcal의 열량을 내지만, 설탕에 비해 약 160~220배 높은 단맛을 가지고 있어 실제 사용량이 미미하기 때문에 혈당 및 체중 증가 효과는 거의 없다[2]. 또한 열에 약해서 가열 시 단맛이 감소하기 때문에 음식 조리가 완료된 후에 첨가하는 것이 바람직하다. 섭취 후 체내 대사 중 분해되어 페닐알라닌이 생성되기 때문에 유전병의 일종인 페닐알라닌뇨증(phenylketonuria, PKU) 환자의 경우에는 아스파탐의 섭취를 주의해야 한다[2]. 아스파탐을 첨가 사용한 제품에는 '페닐알라닌 함유'라는 내용의 표시하도록 규정하고 있기 때문에 PKU 환자는 표시사항을 꼭 확인하는 습관을 지녀야 한다.

청정원의 그린스위트(Chungjungone, Seoul, Korea)는 유당 95.91%, 시클로텍스트린 2.5%, 아스파탐 1%, 아세설팜칼륨 0.44%가 함유되어 있는 제품이고, CJ제일제당의 백설 화인스위트(CJ CheilJedang Corp, Seoul, Korea)는 유당, 아스파탐, D-말티톨 등이 함유되어 있다. 두 제품 모두 1 g 당 4 kcal를 내지만 단맛은 설탕의 5배이기 때문에 1/5의 사용량으로 설탕과 유사한 단맛을 낼 수 있다.

2) 아세설팜칼륨(acesulfame-K)

아세설팜칼륨은 열량을 내지 않으며 설탕보다 단맛이 200배 정도 된다. 열에 매우 안정해서 제빵 시에도 사용이 가능하며 95%가 소변으로 배설되기 때문에 열량 또는 칼륨 섭취에 영향을 주지 않는다. 다른 고감도 감미료와 잘 병용

된다[2].

3) 수크랄로스(sucralose)

수크랄로스는 설탕을 원료로 하여 제조되어 설탕과 유사한 단맛을 나타내고 용해성과 안정성이 좋은 감미료이다. 수크랄로스는 칼로리가 없으며, 설탕보다 600배 정도의 단맛을 낸다. 아세살팜칼륨처럼 인체 내에서 대사되지 않고 배설되며, 열에 안정하여 조리나 제빵 시 이용 가능하다[2].

4) 사카린나트륨(saccharin sodium)

사카린나트륨의 경우 설탕의 약 300배의 단맛을 나타내며, 인체에서 대사되지 않고 열에 안정하다[2]. 1977년에 쥐 실험 결과 사카린이 방광암과의 관련성이 보고되어 전 세계적으로 안전성 논란이 대두된 바 있으나 현재까지 사카린의 투여가 사람에게 방광암 발생을 증가시킨다는 증거를 찾지 못하였다. 국제식품첨가물전문가위원회(Joint Food Agriculture Organization/World Health Organization, JECFA)는 총 6차에 걸쳐 사카린의 안전성 문제를 검토하였으며, 쥐의 2세대 식이 연구에서 독성학적 효과를 유발하지 않는 양에 100의 안전계수를 적용하여 1일 섭취허용량을 5 mg/kg · bw/day 으로 설정하였다[4].

사카린나트륨으로 만든 뉴슈가, 신화당 등은 동네 슈퍼에서 쉽게 구입할 수 있으며, 옥수수를 삶거나 빵튀기 만들 때 많이 사용되며, 시판되는 단무지나 김치류, 어묵 등을 만들 때 많이 사용되는 감미료이다. 사카린은 비교적 최근에 개발된 다른 고감미 감미료에 비하여 오랫동안 사용되었고 가격이 저렴하다는 장점이 있다.

5) 스테비아(steviol glycosides)

스테비올배당체는 다년생 초본인 스테비아(*Stevia rebaudiana Bertoni*) 잎에서 추출, 정제되어 얻어지는 성분으로 미국식품의약국의 안전한 식품(Generally Recognized As Safe)으로 분류되었으나, 날 잎 등 정제되지 않은 것은 식이보충제로만 허용되고 있다[2]. 스테비올배당체는 열에 강한 고감미의 천연감미료로 우리나라에서는 체

중 조절용 조제식품에 많이 사용되고 있다. 효소처리스테비아(enzymetically modified stevia)는 스테비올 배당체의 쓴맛, 떼은 맛, 그리고 뒷맛이 산뜻하지 못한 단점을 당전이효소를 이용하여 감미질과 감미도를 향상시킨 것이다. 2011년 품목제조 보고 분석에 따르면 효소처리스테비아가 소스류, 어묵, 절임류, 기타가공품, 김치 등 가장 많은 품목(1,007개)에 사용되고 있었다[4].

2. 비영양감미료는 안전한가?

식품첨가물의 안전성은 우리나라뿐만 아니라 국제적으로도 평가되고 있으며, 현재 국내에서 지정된 식품첨가물은 국제기관 JECFA의 과학적 평가를 바탕으로 안전성이 확인된 품목들이다. 1일 섭취허용량(acceptable daily intake, ADI)은 식품첨가물을 안전하게 사용하기 위한 지표가 되는 것으로 인간이 어떤 식품첨가물을 일생 동안 매일 섭취해도 어떤 영향도 받지 않는 1일 섭취량을 말한다. 식품첨가물의 사용기준은 안전성 평가를 통해 설정된 1일 섭취허용량(Table 1) [5]을 초과하지 않도록 사용 가능한 식품의 종류, 사용량, 사용방법 등을 제한하도록 관리되고 있다.

식품의약품안전처에서는 2005년부터 식품첨가물에 대한 섭취 안전성 평가를 하고 있고, 감미료에 대해서는 2008년도와 2012년도에 가공식품에 함유된 감미료 함량을 조사하였고, 이를 국민건강영양조사 결과와 연계하여 1일 섭취량을 산출하였다(Table 1) [4]. 2012년 조사결과 감미료를 섭취한 사람들의 추정 섭취량은 1일 섭취허용량과 비교 시 2.28% (아스파탐)~50.86% (스테비올배당체)를 섭취하는 것으로 평가되었다. 스테비올배당체의 경우 감미료 섭취자의 평균함량이 2008년 18.6%에서 2012년 50.86%로 큰 폭으로 증가하였고 수크랄로스는 8.6%에서 9.48%로 약간 증가하였고, 다른 감미료의 경우는 2008년에 비해서 2012년에 감소한 것으로 나타났다[4].

현재까지 식품첨가물로 사용되는 감미료의 섭취 수준은 JECFA에서 정하는 ADI보다 낮은 수준이지만, 1인 가구 증가로 가공식품과 시판김치의 이용이 증가되고 있고, 건강

Table 1. Non-nutritive sweeteners approved by the ministry of Food and Drug Safety in Korea

Sweetener	Times sweeter than sucrose ^a	ADI ^b (mg/kg; body weight)	EDI ^c (% of ADI)	EDI ^d (% of ADI)
Aspartame	160~220	0~40	0.19	2.28
Acesulfame-K	200	0~15	0.11	2.40
Sucralose	600	0~15	0.63	9.48
Saccharin	300	0~5	1.30	5.53
Stevia	250	0~4	4.47	50.86

ADI, acceptable daily intake; EDI, estimated daily intake.

^a Revised from the article of Fitch and Keim (J Acad Nutr Diet 2012;112:739-58) [2].

^b ADI indicates acceptable daily intake. Revised from the website of WHO (<http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/search.aspx?fc=66>) [5].

^c EDI indicates estimated daily intake as the mean of total populations. Revised from the report of Choi et al. (Korea Health Industry Development Institute) [4].

^d EDI indicates estimated daily intake as the mean of the persons consumed. Revised from the report of Choi et al. (Korea Health Industry Development Institute) [4].

추구를 위해 저열량 제품이나 체중 조절용 보충식품 이용이 증가되고 있음을 고려하면 상위섭취자의 경우 ADI를 초과할 가능성도 염두에 두어야 할 것이다. 또한 감미료 병용 섭취 시 안전성에 대한 영향 평가가 부족하기 때문에 이에 대한 모니터링이 필요할 것이다.

3. 비영양감미료는 건강에 어떠한 이점이 있는가?

1) 당질과 에너지 섭취 감소 효과가 있는가?

칼로리가 있는 감미료 대신 비영양감미료를 사용하면 전반적인 칼로리와 당질 섭취를 줄이는 데 도움이 된다. 하지만, 이후 에너지 섭취가 일부 증가될 수 있음이 보고되었다. 이러한 보상 효과는 비영양감미료가 함유된 음료보다는 비영양감미료가 함유된 식품을 섭취하였을 때 더 큰 것으로 알려져 있다[3]. 식욕과 음식 섭취의 보상 효과에 대한 가능한 메커니즘으로는 칼로리가 있는 감미료에 비해 비영양감미료가 열량밀도가 낮고 삼투압이 낮아 위배출속도에 영향을 주거나, 포만감에 영향을 주는 소화 흡수와 관련된 요인에 영향을 줄 수 있을 가능성 등이 있다. 또한 단맛으로 인한 음식 맛의 증가로 섭취량이 늘어날 수도 있고, 단맛에 익

숙해져 있을 경우 비영양감미료를 이용하지 못하는 상황에서 당질의 섭취량이 많아질 수 있다는 점이 문제가 될 수 있다[6].

2) 고감미 감미료의 사용은 제2형 당뇨병을 예방하는가?

17개의 코호트 연구를 메타분석(38,253 cases/10,126,754 person years)한 연구에 따르면 가당 음료수 한 serving당 제2형 당뇨병 발생 위험이 지방과다정도를 보정한 후 13% (95% confidence interval 6% to 21%, I^2 for heterogeneity = 79%) 증가한 것으로 보고되었다. 비영양감미료가 가미된 음료수의 경우는 제2형 당뇨병의 발생 위험을 8% (98% confidence interval 2% to 15%, I^2 for heterogeneity = 64%) 증가시킨다는 보고가 있었지만, 연구자들은 publication bias와 residual confounding이 존재하며, 제2형 당뇨병의 예방을 위해 가당 음료 대신 비영양감미료가 함유된 음료 섭취는 건강한 대안이 될 수 없다고 하였다[7].

3) 비영양감미료의 사용은 당뇨병에 도움이 되는가?

미국당뇨병학회[8]와 캐나다당뇨병학회[9]에서는 비영양

감미료를 ADI 범위 내에서 섭취한다면 당뇨병 환자에게 안전하다고 권고하고 있다. 미국심장학회와 미국당뇨병학회는 비영양감미료의 사용이 실제로 체중이나 심장관련 질환의 위험요소들을 감소시키지는 못하는 것으로 판단하였으나 칼로리가 있는 감미료 대신 비영양감미료를 사용하면 전반적인 칼로리와 당질 섭취를 줄이는 데에 도움이 될 수 있는 것으로 보고 있다[3,10].

4. 당뇨병 환자들의 감미료 사용 시 주의사항

단맛을 즐기면서 열량이 많지 않고 혈당을 올리지는 않는 방법으로는 설탕 대체 합성감미료를 이용해볼 수 있다. 국내에서 구입할 수 있는 테이블용 설탕 대체 감미료는 널리 알려진 그린스위트와 화인스위트가 있다. 새콤달콤한 생체 요리에 설탕 대신 사용하거나 커피나 홍차, 생강차, 인삼차, 레몬차 등에 단맛을 원할 때 사용 가능하다. 두 제품 모두 아스파탐이 함유되어 있어 PKU 환자는 사용 시 주의하여야 하며, 고온 가열 조리 시 단맛이 약해질 수 있으므로 요리 마지막 단계가 넣는 것이 좋다.

체중이 60 kg인 경우 아스파탐의 1일 최대 섭취 허용량은 2,400 mg인데($40 \text{ mg/kg} \cdot \text{bw/day} \times 60 \text{ kg} = 2,400 \text{ mg}$) 합성감미료를 1일 몇십 개 포씩 이용하지 않는 한 이 범위를 넘지는 않는다. 다만, 단맛에 너무 익숙해져 있을 경우 합성 감미료를 이용하지 못하는 상황(예: 외식 등)에서 당질의 섭취량이 많아질 수 있다는 점이 문제가 될 수 있다.

최근 '건강한 단맛'을 추구하는 추세에 힘입어 저열량 영양감미료 제품들도 출시되고 있다. 화인스위트 플러스(CJ CheilJedang Corp)는 영양감미료 중 타가토스와 난소화성 말토덱스트린을 사용하여 당지수가 낮은 저열량감미료(1.5 kcal/g) 제품이며, 백설 타가토스(CJ CheilJedang Corp)는 유당과 타가토스를 이용한 저열량감미료(1.5 kcal/g), 알룰로스는 건포도나 무화과, 밀 등에 존재하는 당 성분인 알룰로스(0~0.2 kcal/g) 성분을 사용한 과당 대체 감미료 등이 있다. 이러한 대체 감미료의 사용을 통해 단맛은 유지하면서 열량 및 당질 섭취를 줄이는 효과를 얻기 위해서는 추

가적인 열량 섭취가 없도록 하는 것이 중요하다.

결론

충치 예방, 체중 조절, 혈당 조절 등 전반적인 건강 유지를 위해 당류의 섭취가 전체 열량의 10%를 초과하지 않도록 권장하고 있다. 당류의 섭취를 줄이기 위해 열량 감미료를 대체하여 비영양감미료를 사용하는 것이 체중이나 심장관련 질환의 위험요소들을 감소시키는데에 대한 명확한 증거는 아직 없다. 하지만 비영양감미료는 1일 섭취허용량 범위 내에서 섭취한다면 안전하고, 열량감미료를 대체하여 사용하면서 추가적인 열량 섭취를 하지 않는다면 칼로리와 당질 섭취를 줄이는 데에 도움이 될 수 있다. 열량과 당류를 줄이는 것뿐만 아니라 포화지방과 트랜스지방 함량이 적으면서도 다른 영양소가 풍부한 음식을 먹는 것이 더 건강하다는 점을 기억해야 할 것이다.

REFERENCES

1. World Health Organization (WHO). WHO calls on countries to reduce sugars intake among adults and children. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/sugar-guideline/en/> (updated 2015 Nov).
2. Fitch C, Keim KS; Academy of Nutrition and Dietetics. Position of the academy of nutrition and dietetics: use of nutritive and nonnutritive sweeteners. J Acad Nutr Diet 2012;112:739-58.
3. Gardner C, Wylie-Rosett J, Gidding SS, Steffen LM, Johnson RK, Reader D, Lichtenstein AH; American Heart Association Nutrition Committee of the Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism, Council on Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology, Council on Cardiovascular Disease in the Young; American Diabetes Association. Nonnutritive sweeteners:

- current use and health perspectives: a scientific statement from the American Heart Association and the American Diabetes Association. *Diabetes Care* 2012;35:1798-808.
4. Choi SH, Kim US, Suh HJ, Kim JW. Safety re-evaluation of food additives-about 24 items contain sweeteners. Cheongju: Korea Health Industry Development Institute; 2012. p108-13, p273-4.
5. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Available from: <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/search.aspx?fc=66> (updated 2015 Nov).
6. Mattes RD, Popkin BM. Nonnutritive sweetener consumption in humans: effects on appetite and food intake and their putative mechanisms. *Am J Clin Nutr* 2009;89:1-14.
7. Imamura F, O'Connor L, Ye Z, Mursu J, Hayashino Y, Bhupathiraju SN, Forouhi NG. Consumption of sugar sweetened beverages, artificially sweetened beverages, and fruit juice and incidence of type 2 diabetes: systematic review, meta-analysis, and estimation of population attributable fraction. *BMJ* 2015;351:h3576.
8. Evert AB, Boucher JL, Cypress M, Dunbar SA, Franz MJ, Mayer-Davis EJ, Neumiller JJ, Nwankwo R, Verdi CL, Urbanski P, Yancy WS Jr. Nutrition therapy recommendations for the management of adults with diabetes. *Diabetes Care* 2014;37 Suppl 1:S120-43.
9. Canadian Diabetes Association Clinical Practice Guidelines Expert Committee, Dworatzek PD, Arcudi K, Gougeon R, Husein N, Sievenpiper JL, Williams SL. Nutrition therapy. *Can J Diabetes* 2013;37 Suppl 1:S45-55.
10. Wiebe N, Padwal R, Field C, Marks S, Jacobs R, Tonelli M. A systematic review on the effect of sweeteners on glycemic response and clinically relevant outcomes. *BMC Med* 2011;9:123.