

역치를 활용한 설탕 대체 감미료의 적용 및 감미도에 대한 식염의 효과

황철승 · 김용석¹ · 신동화^{2*}

롯데중앙연구소, ¹전북대학교 바이오식품 소재개발 및 산업화 연구 센터,

²전북대학교 응용생물공학부(식품공학 전공)

Alternative Sweetener of Sucrose by using Threshold Value and Effects of Salt Addition on the Sweetness

Cheol-Seung Hwang, Yong-Suk Kim¹, and Dong-Hwa Shin^{2*}

Lotte R&D Center, ¹Research Center for Industrial Development of BioFood Materials, Chonbuk National University,

²Faculty of Biotechnology (Food Science & Technology Major), Chonbuk National University

(Received December 14, 2005; Accepted February 10, 2006)

ABSTRACT – In this study the expression of the sweetness by using threshold value and effects of salt addition on the sweetness was carried out in model system. Threshold value was 0.4% in sucrose solution and was 0.75-0.80% in the mixture of sweeteners such as low glutinous starch syrup and reduced starch syrup with sucrose solution. The equation between mixture of sweeteners and relative sweetness (0-20 °Brix) on sucrose was induced. The sweetness of red bean paste prepared with low glutinous starch syrup and reduced starch syrup were estimated as 32.78-34.32 by using threshold value, and those lower than 55 of red bean paste prepared with sucrose alone. The synergistic effect of sweetness was observed when 0.05% salt in sugar solution (2.0%) and 0.2% salt in red bean paste were added, respectively. It showed that the addition of salt could be increase the degree of sweetness and decrease the quantity of sweeteners.

Key words: threshold value, salt addition, sweetness, sucrose, red bean paste

설탕은 식물계에 널리 분포되어 있으며, 자연식품의 감미를 나타내는 주요성분일 뿐만 아니라 옛날부터 벌꿀, 물엿 등과 함께 감미료로서 사용되어 왔다. 동양에서는 기원전 3세기경인 한(漢)나라 시대에 설탕 시럽이 이미 사용된 기록이 있으며, 설탕의 제조법, 즉 제당법은 당(唐)의 태종 시대에 이미 널리 사용되고 있었던 인도에서 배웠던 것으로 알려져 있다. 인도의 제당법은 페르시아, 이집트 등을 통해 유럽 각국으로 전파된 것으로 알려져 있으며¹⁾, 원래 설탕은 의약품, 양념, 장식재료, 방부제 기능으로 사용되었다²⁾.

미생물의 증식억제³⁾ 및 제품의 저장 수명 연장을 위해 통팔양금 등의 제품에 높은 당도를 부여하는 것이 필요하지만, 소비자들의 건강에 대한 관심이 커지면서 충치, 비만 등과 관계가 있는 제품 또는 단맛이 강한 제품에 대한 선호도가 낮아지고 이로 인해 소비가 줄어드는 경향을 나타내고 있다.

따라서 감미료로서 설탕대신 저감미 감미료를 사용하는 연구가 진행되고 있다. 초콜릿을 제조할 때 설탕 대신에 칼로리가 낮고 감미가 적은 폴리덱스트로스, 락티톨 등 각종 당

알코올류를 첨가한다고 알려져 있으며⁴⁾, sucralose와 tagatose 등과 같은 저열량과 저감미를 가진 감미료에 대한 연구가 많이 진행되고 있다⁵⁾. 또한 설탕용액에 소금을 첨가하여 설탕의 단맛에 미치는 영향에 대하여 연구하였다⁶⁻⁹⁾.

본 연구에서는 제품의 고형분 함량은 유지하여 미생물 증식억제 및 제품 수명 연장 효과를 가짐과 동시에 사람의 입으로 느끼는 단맛, 즉 감미를 낮출 수 있는 방법에 대하여 시험하였다. 당 혼합물의 감미를 느끼는 정미성분의 최저농도인 역치를 이용¹⁰⁾하여 설탕의 감미를 기준으로 한 상대감미도로 환산¹¹⁾하여 감미도를 계산하였고, model 식품으로서 통팔양금에서 식염 첨가에 의한 감미 상승효과에 대하여 연구하였기에 보고한다.

재료 및 방법

재료

감미 강하 실험을 위하여 가는 정백당((주)CJ, 서울), 저당 물엿(테트리오 450, (주)대상, 서울), 환원물엿(백광산업(주), 군산) 및 한주소금((주)한주, 울산)을 사용하였다. 통팔 양금

* Author to whom correspondence should be addressed.

은 (주)대두식품(군산, 전북)에서 생산되는 앙금(5 kg 파우치 제품)을 사용하였다.

감미원 수용액의 제조

설탕, 저당물엿 및 환원물엿이 혼합된 감미원의 수용액은 관능검사 하기 3시간 전에 제조되어, 사용되기 전까지 실온에서 보관한 후 사용하였다.

역치 측정

단맛의 역치 측정은 설탕 및 혼합 감미원 수용액을 연속 희석하여 관능요원 중 50% 이상의 인원이 단맛을 느끼는 최소 농도로 결정하였다.

식염 첨가 효과

설탕 0.4, 1, 2, 3, 10% 수용액에 식염을 각각 0.05, 0.10, 0.15, 0.20%씩 첨가하여 그 단맛의 강도에 대한 수용력 평가¹²⁾에서 식염을 첨가하지 않은 설탕 수용액과 비교(1점; 설탕 수용액보다 매우 약한 단맛, 5점; 설탕 수용액과 비슷한 단맛, 9점; 설탕 수용액보다 매우 강한 단맛)하여 실시하고, 이를 SAS 프로그램으로 통계처리를 하였다.

통팔앙금 적용시험

(주)대두식품에서 제공한 통팔앙금 제품(55 °Brix)에 식염을 각각 0, 0.1, 0.2, 0.3% 첨가하여 4 종류의 시료를 만들고, 이를 두 개씩 쌍을 지어 다중 2점 비교검사 방법¹³⁾으로 관능검사를 실시하였다.

관능검사

관능요원은 전북대학교 식품공학과 대학원생 및 대학생 15명으로 구성되었으며, 남자 7명, 여자 8명이고, 이들의 나이는 23세-29세(23세=4명, 24세=3명, 25세=2명, 27세=3명, 28세=2명, 29세=1명), 평균 나이는 25.33세이며, 5명의 흡연자와 10명의 흡연자로 구성되었다. 설탕 및 혼합 감미원 용액 시료 100 mL를 각각 불투명한 플라스틱 컵(120 mL 용

량)에 넣어 제공하였고, 각각의 감미원 수용액은 임의의 순서로 관능요원들에게 제공되었다. 관능요원들은 시료를 소량 맛본 후, 정제수로 입을 헹구도록 했고, 관능검사는 오전 1회(10시), 오후 2회(14시, 17시)에 걸쳐 3회 반복 실시하여 평균을 구하였다.

통계처리

관능검사로부터 얻어진 평가 점수를 SAS 통계처리 프로그램¹⁴⁾을 사용하여 analysis of variance(ANOVA) 및 χ^2 검정법으로 각 시료의 평균값에 대한 유의적 차이($P < 0.05$)를 검정하였다.

결과 및 고찰

역치 측정

순수 설탕 수용액과 설탕과 다른 감미원을 혼합한 시료에 대한 관능검사를 실시하여 각각의 역치를 측정된 결과는 Table 1과 같다. Table 1의 역치 측정은 총 15명의 패널을 대상으로 관능검사를 실시하여 50% 이상의 인원이 단맛을 느끼는 최저 희석 농도를 역치로 판단하였다. 그 결과 설탕 수용액의 역치는 0.40%였고, 설탕:저당물엿:환원물엿을 69:40:30, 62:40:40, 50:40:50의 비율로 혼합한 수용액의 역치는 각각 0.75, 0.80, 0.80%를 나타내었다. Amerine 등¹⁵⁾은 설탕 수용액의 역치가 실험 대상에 따라 0.08-2.56 g/mL로 다르게 나타났으며, 0.64-1.28 g/mL(0.64-1.28%)에서 가장 빈도가 높다고 보고하였다. 또한, Platting¹⁶⁾은 설탕 수용액의 역치가 0.017 mol/L(0.58%)이라고 보고하여 본 실험의 결과(0.40%)보다 다소 높게 나타났는데, 이는 본 실험에서 식품과 관련된 사람들을 대상으로 관능평가를 실시하였기 때문으로 추정된다.

관능검사는 결과 설탕의 비율이 낮아지고 상대적으로 저당물엿과 환원물엿의 비율이 높아지면 감미가 감소되어 역치가 높아지는 것을 보여주고 있다. 따라서 통팔앙금(55 °Brix) 등의 고당도 식품에 감미료로서 설탕대신 저당 혹은

Table 1. Comparison of threshold value between sucrose and mixtures of different sweeteners

Sucrose	Ratio of mixed sweeteners		Total weight	Conversion weight ¹⁾	Relative sweetness ²⁾	Threshold value(%)
	Low glutinous starch syrup	Reduced starch syrup				
100	0	0	100	100	100.00	0.40
69	40	30	139	118.7	85.40	0.75
62	40	40	142	118.8	83.66	0.80
50	40	50	140	113.9	81.36	0.80

¹⁾Weight of sucrose + [weight of low glutinous starch syrup × 0.71] + [weight of reduced starch syrup × 0.71]

²⁾Conversion weight/total weight × 100

환원물엿으로 대체하면 당도는 유지하면서 감미를 낮출 수 있을 것으로 판단된다.

역치를 활용한 감미도의 이론적 계산

설탕용액의 감미도에 대하여 관능 검사한 결과 0.4% 수용액에서 역치를 나타냈고, 설탕의 감미도를 100으로 기준하여 비교감미도가 10인 감미원의 역치가 4%가 될 것이라는 가정하에 설탕 기준의 상대감미도와 역치의 상관관계를 나타낸 결과는 Fig. 1과 같다. Fig. 1을 더 세분하여 설탕 기준(100) 비교감미도를 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100으로 구분하여 설탕 기준 비교감미도별 역치 상관관계를 나타내었다. 감미원 혼합액의 상대적 감미도 0-20 사이의 관계식은 $y = 0.00384x^2 - 1.3171x + 13.497$, $R^2 = 0.9736$ (단, x는 감미원의 상대적 감미도, y는 역치, R^2 는 상관계수)이며, 20-40 사이의 역치에 대한 관계식은 $y = 0.0016x^2 - 0.1464x + 4.245$, $R^2 = 0.999$, 40-60 사이의 관계식은 $y = 0.0003x^2 - 0.0496x + 2.45$, $R^2 = 0.9999$ 이며, 60-80 사이의 관계식은 $y = 0.0001x^2 - 0.0249x + 1.7322$, $R^2 = 1$, 80-100 사이의 관계식은 $y = 6 \times 10^{-5}x^2 - 0.015x + 1.3417$, $R^2 = 1$ 로 계산되었다(결과는 나타내지 않음). 설탕 기준 비교 감미도와 역치와의 관계는 반비례하는 경향을 보였고, 설탕 기준 비교감미도가 0-20의 경우에 상대 감미도가 낮을수록 역치가 매우 높아짐을 알 수 있었다.

감미원별 역치를 이용한 감미도 계산

Table 1에서 실제 고행량을 굴절당도계를 이용하여 측정 한 결과 설탕은 100%, 저당물엿과 환원물엿은 71%로 측정 되었다.

비교당도는 Table 1의 각주 2)의 방법으로 계산하여 얻었고, 각 용액을 제조한 후 당도를 측정하여 확인하였다. 역치는 Table 1에 나타낸 것처럼 관능검사 결과이며, 이 역치

(%)는 당도를 고려하지 않은 값이므로 혼합액의 감미도를 기준점(설탕액)과 비교하기 위해서는 설탕기준 역치 환산치로 보정하여야 하며, 보정한 결과는 Table 2와 같다. Table 2에서 서와 같이 당도 보정은 설탕 기준 비교감미도가 100일 때 역치 0.4%를 기준점으로 하여 Table 1의 역치와 혼합액의 비교당도를 이용하여 계산하였다. 설탕 기준 비교감미도가 100일 때 역치 0.4%, 설탕 기준 비교감미도 10일 때 역치 4%이므로 최종 계산 수치를 40으로 하여 설탕으로의 환산에 이용하였고, 이에 따라 최종 55 °Brix 제품에 설탕 환산 수치를 적용시켜 감미도를 계산한 결과, 저당물엿과 환원물엿을 넣은 앙금의 감미도는 기존에 설탕으로 제조된 제품의 감미도 55보다 낮은 32.78-34.32의 값을 나타내어 기존 통 팔앙금 제품의 당도를 낮추지 않으면서 감미도가 낮은 제품을 개발할 수 있을 것으로 판단되었다.

식염 첨가 시험

Pangborn⁷⁾은 설탕과 식염의 역치 수준에서 식염은 단맛을

Table 2. Calculation of sweetness with conversion of threshold value by sucrose sweetness

Conversion of threshold value ¹⁾	Conversion to sucrose ²⁾	Saccharinity of product (°Brix)	Sweetness ³⁾
0.40	100.0	55	55
0.64	62.4	55	34.32
0.67	59.6	55	32.78
0.65	61.6	55	33.88

¹⁾ See Table 1.

Conversion of threshold value = [relative sweetness × threshold value]/100.

²⁾ 40/conversion of threshold value.

[40 = sweetness of sucrose (100) × threshold value (0.4)].

³⁾ Saccharinity of product × conversion to sucrose / 100.

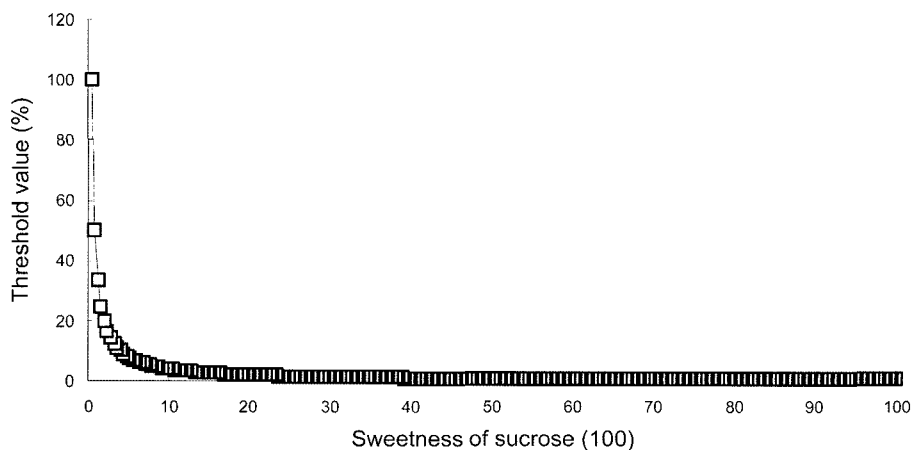


Fig. 1. Correlation between relative sweetness of sucrose (100) and threshold value.

상승시키는 반면 설탕은 짠맛을 약간 감소시킨다고 하였다. Table 3의 결과에서 보는 바와 같이 식염이 감미를 상승시킨다는 사실은 일반적으로 알려져 있으며, 식염의 농도와 설탕의 농도에 따라 달라지는 것으로 나타났다. 관능검사 결과 설탕 수용액의 역치인 0.4%에 식염 0.05% 첨가하면 감미가 감소되었는데, 이는 0.4% 설탕 수용액이 역치 수준이었기 때문에 짠맛으로 인한 음폐효과 때문인 것으로 추정된다. 2% 이상의 설탕 수용액에 식염 0.05%를 첨가했을 때 감미가 상승되는 것으로 나타났고, 식염 0.1% 첨가시에는 3% 설탕 수용액에서만 감미가 상승하였고, 그 이하의 농도에서는 감미가 감소하였으며, 10% 설탕 수용액에서 감미가 감소되는 경향은 설탕의 농도가 너무 진해서 강한 단맛이 식염 첨가로 상승되지 않고 오히려 짠맛을 느끼게 되는 역효과를 가져온 것으로 추정되었다. Kamen 등⁸⁾은 식염이 0.5% 설탕 수용액의 감미를 증가시킨다고 보고하였으나 Table 3의 결과를 종합해 볼 때, 설탕의 감미는 설탕과 식염의 각각의 농도에 따라 다르며 2-10% 설탕 수용액의 경우에는 식염 0.05% 첨가가 감미 상승효과가 있는 것으로 나타났다. 식염 0.15% 이상 첨가했을 때 시험한 설탕 수용액의 농도에서 감미를 저하시키는 것으로 나타났다.

위 결과를 종합해보면 설탕 수용액에 식염을 첨가하여 관능적으로 감미가 상승한 경우는 2, 3 및 10% 설탕 수용액에 식염을 0.05%씩 첨가한 경우와 3% 설탕 수용액에 식염 0.1%를 첨가한 경우이다. 그러나 3% 설탕 수용액에 식염 0.05%를 첨가한 경우만 통계적 유의성을 나타내었다. 따라서 설탕 수용액에 식염을 첨가하여 감미를 상승시키는 것은 설탕의 농도와 식염 첨가량 사이에 상호관계가 있음을 알 수 있었다.

통팔앙금 적용 시험

통팔앙금에 식염을 농도별로 첨가하여 관능검사를 한 결과 Table 4와 같이 모두 통계적인 유의성을 나타내지는 않았다. 그러나 식염 0.2%를 첨가한 시료가 0, 0.1 및 0.3% 첨가시보다 방향차이검사¹³⁾에서 감미를 더 강하게 느끼는 것으로 나타났다. 따라서 통팔앙금에 식염을 첨가할 경우 0.2% 농도의 식염을 첨가하면 설탕의 함량을 높이지 않으면서 저당물엿 및 환원물엿의 사용에 의한 감미도 저하를 일부 보

Table 3. Sensory evaluation on sweetness of sucrose solution added with salt

Concentration of salt (%)	Concentration of sucrose solution (%)				
	0.4	1.0	2.0	3.0	10.0
Control (0)	5.00 ^{1)a}	5.00 ^a	5.00 ^a	5.00 ^b	5.00 ^a
0.05	4.74 ^a	4.84 ^a	5.72 ^a	6.00 ^a	5.43 ^a
0.10	4.31 ^a	4.44 ^a	4.68 ^a	5.43 ^{ab}	4.57 ^a
0.15	3.09 ^b	4.20 ^b	3.64 ^b	4.50 ^b	4.57 ^a
0.20	2.13 ^c	3.16 ^c	2.52 ^c	3.00 ^c	4.39 ^a

¹⁾Score of control (no salt) is 5. (1; very lower sweetness than sucrose solution, 5; the same sweetness as sucrose solution, 9; very higher sweetness than sucrose solution)

^{a-c}Means with the same letter in each column are not significantly different ($P < 0.01$).

Table 4. Frequent analysis of sweetness in small red bean paste added with salt at various concentrations

Concentration of salt (%)	Percentage of response of panel in strong sweetness (%)
0.0	47.06 ^a
0.1	52.94 ^a
0.0	42.11 ^a
0.2	57.89 ^a
0.0	47.06 ^a
0.3	52.94 ^a
0.1	35.29 ^a
0.2	64.71 ^a
0.1	52.94 ^a
0.3	47.06 ^a
0.2	58.82 ^a
0.3	41.18 ^a

^{a-c}Means with the same letter in each column are not significantly different ($P < 0.01$).

완할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 산업자원부 지정, 전라북도 지원 지역협력연구센터인 전북대학교 바이오식품 소재 개발 및 산업화 연구센터의 연구비 지원에 의해 연구되었음.

국문요약

Model system을 이용하여 설탕 수용액의 감미 역치를 구한 결과 0.4%였고, 저당물엿 및 환원물엿 등 감미원 혼합액의 감미 역치는 0.75-0.80%로 측정되었다. 각각의 감미 역치를 설탕에 대한 상대적 감미도로 환산 보정한 결과

0.64-0.67%였고, 이 역치를 설탕에 대한 감미로 환산하여 감미도를 산출하였다. 감미원 혼합액의 설탕에 대한 상대적 감미도 0-20 사이의 관계식은 $y = 0.0038x^2 - 1.3171x + 13.497$, $R^2=0.9736$ (단, x =감미원의 상대적 감미도, y =역치, R =상관계수)로 계산되었다. 감미원별 역치를 이용하여 감미도를 계산한 결과 저당물엿과 환원물엿을 넣은 통팔앙금의 감미도는 설탕으로 제조된 것의 55 °Brix보다 낮은 32.78-34.32의 값을 나타내었다. 설탕과 식염의 감미에 대한 상승효과를 조사한 결과 0.4%와 1% 설탕 수용액에 대해서는 감미의 상승효과가 나타나지 않았고, 2% 이상의 설탕 수용액에서는 식염을 0.05% 첨가했을 때 감미의 상승효과가 가장 높은 것으로 나타났다. 통팔앙금에 식염을 0.2% 첨가했을 때 유의성은 없었으나 다른 시료에 비해 감미가 상승하는 것으로 나타났다.

참고문헌

- Kim, D.H.: Food Chemistry. Tamgudang, Seoul, Korea, pp. 232-242 (1994).
- Chung HB, Mintz S. Sweetness and power: The place of sugar in modern history. *J. History*, **147**: 389-399 (1995).
- Song, T.B., Kim, Y.H., Shin, J.H., Kee, Y.K., Cha, K.J., Hwang, J.H., Yu, J.H.: Effects of types and sweetness intensity of low calorie sweeteners on growth and lactic acid producing *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. *Korean J. Dairy Sci.* **17**: 230-236 (1995).
- Choi, D.S., Go, H.Y.: Functional Foods and Health. Academy Pub. Seoul, Korea, p. 66 (2002).
- Roh, H.J., Kim, S.Y., Kim, S.S., Oh, D.K., Han, K.Y., Noh, B.S.: Physicochemical properties of a low calorie sweetener, tagatose. *Korean J. Food Sci. Technol.* **31**: 24-29 (1999).
- Barisas, L., Rosett, T.R., Gao, Y., Schmidt, S.J., Klein, B.P.: Enhanced sweetness in sweetener-NaCl-gum systems *J. Food Sci.* **60**: 523-527 (1995).
- Pangborn, R.M.: Taste interrelationships III. Supra-threshold solutions of sucrose and sodium chloride. *J. Food Sci.* **27**: 495-499 (1962).
- Kamen, J.M., Pilgrim, F.J., Gutman, N.J., Kroll, B.J.: Interactions of supra-threshold taste stimuli. *J. Exptl. Psychol.* **62**: 348-356 (1961).
- Kim, W.J., Chung, N.Y.: Organoleptic sweetness of aspartame as affected by temperature, pH, salt and quinine. *Korean J. Food Sci. Technol.* **28**: 162-168 (1996).
- Kwon, Y.J., Kwon, J.H., Park, K.H., Park, Y.K., Yang, H.C.: Food Chemistry. Youngji-Munhwasa, Seoul, Korea, p. 364 (1998).
- Lee, C.H., Souane, M., Lee, H.D., Kim, S.Y.: Studies on the functional properties of sugar derivative sweeteners. *Korean J. Diet. Cult.* **13**: 431-436 (1997).
- Kim, H.S., Lee, H.J.: Acceptability on the sweetness of stevioside as a natural sweetener. *Korean J. Food Sci. Technol.* **11**: 56-62 (1979).
- Kim, K.O., Kim, S.S., Sung, N.K., Lee, Y.C.: Methods of Sensory Evaluation and Its Application. Shin Kwang Pub. Seoul, Korea, pp. 115-120 (1993).
- SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis System Institute, Cary, NC, USA (1996).
- Amerine, M.A., Pangborn, R.M., Roessler, E.R.: Principles of Sensory Evaluation of Food. Academic Press, New York, USA. pp. 109 (1965).
- Plating, K.H.: The Sense of Taste. pp. 1-22. In: Sensory Analysis of Foods. Piggott JR (ed). Elsevier Applied Science Pub. Ltd, Essex, UK (1984).