

에너지 음료가 법랑질 부식에 미치는 영향

오한나 · 이혜진^{1†}

원광보건대학교 치위생과, ¹호원대학교 치위생학과

The Effect of Energy Drink on Enamel Erosion

Han-Na Oh and Hye-Jin Lee^{1†}

Department of Dental Hygiene, Wonkwang Health Science University, Iksan 54538,

¹Department of Dental Hygiene, Howon University, Gunsan 54058, Korea

Recently, energy drink consumption is rising. The purpose of this study was to examine the effect of energy drink on enamel erosion by measuring pH and titratable acidity in energy drink on the market. pH and titratable acidity in drink were measured by selecting 3 kinds of energy drinks with high sales volume among energy drinks on the domestic market. To evaluate the erosion level of normal enamel, the erosion level was measured by using a surface micro-hardness after soaking it in drink for 1 minute, for 3 minutes, for 5 minutes, for 10 minutes, and for 30 minutes while using 10 pieces of bovine specimens per each group. All the energy drinks were containing citric acid. As for pH in drinks, pH of Burn intense was the lowest with 2.51 ± 0.01 . Hotsix stood at 3.16 ± 0.01 . Redbull stood at 3.37 ± 0.00 . In pH 5.5, the titratable acidity of Burn intense was 3.59 ml, Redbull was 3.43 ml, Hotsix was 1.92 ml. All the energy drinks were reduced the surface micro-hardness according to a rise in time of immersion. Following the 30-minute treatment in drinks, the surface micro-hardness value was indicated to be the lowest in Redbull with 119.72 ± 15.16 VHN. It was shown to be in order of Hotsix 208.75 ± 10.99 and Burn intense 210.47 ± 8.01 . Hotsix and Burn intense had no statistically significant difference ($p > 0.05$). Accordingly, all the energy drinks, which were used in the experiment, caused the tooth enamel erosion. Among them, Redbull led to the largest enamel erosion. Thus, energy drink containing citric acid and low pH can cause the enamel erosion. However, it is thought to be necessarily progressed by considering factors of influencing etching a little more diversely by additionally analyzing intraoral factors, acid kinds, and even the content in calcium, phosphate and fluoride.

Key Words: Energy drinks, Dental erosion, Microhardness

서론

최근 세계적으로 음료시장에서 에너지음료의 소비가 증가하고 있으며, 국내에서도 최근 5년간 음료시장에서 성장률이 가장 높은 품목으로 2010년부터 에너지음료가 시장에 나타나면서 전통적인 음료시장의 강자인 청량음료와 과일 음료를 제치고 가장 빠르게 성장 중이다.

현재 국내 에너지음료의 시장 규모는 1,000억 원대로 성장하였으며, 특히 청소년과 20~30대 남성층에서 인기가 높다¹⁾.

에너지음료란 교감신경계를 자극하는 각성물질 또는 몸의 기운을 활성화하는 성분인 카페인, 과라나, 타우린, 인삼, 비타민 등을 함유하고 있어 집중력을 높여준다고 광고되고 있는 기능성음료의 새로운 형태를 말한다²⁾. 넓은 범위에서 보면 스포츠음료, 건강기능성음료와 함께 기능성음료로 분류되긴 하지만 많은 에너지음료들은 식이보충제와 함께 설탕과 다른 식이보충제를 첨가한 고농도의 카페인을 함유하므로 청량음료나 스포츠음료와는 다르다^{3,4)}.

청소년과 대학생의 에너지음료의 섭취 이유로는 졸음을 떨치기 위해서, 갈증해소를 위해서, 친구들이 마시니까, 건

Received: June 19, 2015, Revised: July 15, 2015, Accepted: July 16, 2015

ISSN 1598-4478 (Print) / ISSN 2233-7679 (Online)

†Correspondence to: Hye-Jin Lee

Department of Dental Hygiene, Howon University, 64 Howondae 3-gil, Impi-myeon, Gunsan 54058, Korea
Tel: +82-63-450-7775, Fax: +82-63-450-7770, E-mail: hjlee@howon.ac.kr

Copyright © 2015 by the Korean Society of Dental Hygiene Science

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

강을 위해서, 스트레스 해소를 위해서, 호기심으로, 습관적으로, 술과 혼합하여 마시기 위해서 등등 다양한 이유로 음용하였으며 이중 졸음을 떨치기 위해서 마시는 경우가 가장 많은 것으로 조사되었다^{5,6)}.

마시는 방법으로는 청소년들은 에너지음료의 빠른 체내 흡수를 돕기 위하여 스포츠음료를 혼합하여 섭취하는 경우가 많았으며, 대학생과 직장인 사이에서는 알콜과 에너지음료를 섞어 마시는 소비문화가 확산되고 있다²⁾.

고농도의 당, 유기산, 낮은 pH 등을 함유하고 있는 에너지음료의 소비 증가는 치아우식증뿐만 아니라 치아부식증을 유발한다. 치아부식증은 세균에 의해 생성된 산으로 인해 경조직이 손실되는 치아우식증과는 달리 세균의 관여 없이 화학작용에 의해 일어나는 비가역적 경조직 손실이다⁷⁾. 치아부식증의 원인은 구토 등에 의해 발생하는 위산의 역류와 관련된 내인성 요인⁸⁾과 산성음료 또는 산성음식섭취, pH가 낮은 구강양치액이나 약물 등의 복용으로 인한 외인성 요인이 있다⁹⁾. 이중 산성음료로 인한 치아부식증이 꾸준히 증가하여 치아경조직 손실의 문제가 발생되고 있으며¹⁰⁾, 특히 소비자자들이 즐겨 마시는 탄산음료, 과일주스, 이온음료, 발효유, 와인, 맥주, 숙취해소음료 등으로 인한 부식유발이 보고되고 있다¹¹⁻¹⁵⁾. 보건복지부에서 시행한 음료 안전성 실태조사에서는 시판되고 있는 음료 중 90.5%가 pH 5.5 이하를 나타내었으며, 평균 pH가 3.5 이하인 음료들도 40여종에 달해 이로 인한 치아 손상우려를 보고하였다¹⁶⁾.

따라서 소비량이 급증하고 있는 에너지음료가 치아에 미치는 영향에 관한 연구가 필요한 상황이다. 현재 에너지음료 내에 함유된 고 카페인에 대한 연구는 많이 보고되고 있으나^{17,18)} 구강 내 미치는 영향에 대한 연구는 미미한 실정으므로 본 연구에서는 국내 시판 중인 에너지음료 중 판매량이 높은 순위 제품 몇 가지를 선정하여 pH를 조사하고, 적정산도와 법랑질 표면경도를 측정하여 에너지음료가 치아 법랑질 부식에 미치는 영향을 알아보려고 한다.

연구대상 및 방법

1. 실험음료

국내 시판 중인 에너지음료 중에서 판매량이 높은 3종을 선정하여²⁾ 음료의 pH와 적정산도를 측정하였고 생수를 음성대조군으로 사용하였다(Table 1).

2. 음료의 성분분석

1) pH 측정

동일한 온도조건하에서 pH를 측정하고자 음료를 6시간 동안 실온에 방치 후 비커에 50 ml를 분주하였다. pH meter (920A pH Meter; Thermo Orion, Beverly, MA, USA)는 측정치를 보정한 다음 각 군의 pH를 측정하였다. 같은 방법으로 3회씩 측정하여 평균값을 산출하였다.

2) 적정산도 측정

pH meter는 측정치를 보정하고 6시간 동안 실온에 방치한 음료의 pH를 측정하였다. 그 후 50 ml의 음료에 1 M NaOH를 0.5 ml씩 첨가하여 전자 교반기로 균일하게 혼합한 후 안정화된 pH의 값을 측정하였으며 음료의 pH가 5.5와 7.0으로 변하는 NaOH 양을 측정하였다. 같은 방법으로 3회씩 측정하여 평균값을 산출하였다.

3. 시편제작

1) 정상시편제작

건전한 법랑질 표면을 가진 소의 영구 절치로부터 직경 5 mm의 원통형 드릴을 사용하여 시편을 취득하고 자가 중합형 acrylic resin을 이용하여 아크릴 봉에 포매한 후 #60, #240, #600번 연마지와 산화감마알루미나를 사용하여 연마하였다.

2) 표면미세경도 측정

연마된 시편은 표면경도계(Fm-7; Future-tech Corp, Tokyo, Japan)를 이용하여 표면미세경도(Vickers hardness number, VHN)를 측정하였으며, 시편의 상, 하, 좌, 우 4부위를 200 gm 하중을 10초 동안 주어 측정하였다. 법랑질 표면경도가 280~320 VHN 범위를 갖는 시편 40개를 선정하여 각 군당 10개씩 4군으로 배정하였다.

4. 음료처리

음료는 시편을 침지하기 직전에 개봉하였고 동일한 pH를 유지하는 것을 사용하기 위해 사용 직전 pH를 바로 측정하

Table 1. Energy Drinks Used in the Experiment

Group	Brand name	Manufacturer
Energy drinks	Redbull	Redbull GmbH, Austria
	Hotsix	Lottechilsung, Korea
	Burn intense	Coca-Cola, Korea
Control	Samdasu	Jeju Special Self-Governing Province Development, Korea

여 사용하였다. 각 음료는 120 ml씩 동일 용기에 분주하여 사용하였고 시편은 각 1분, 3분, 5분, 10분, 15분, 30분 음료에 노출시켜 법랑질 부식을 유발하였다¹⁹⁾.

5. 표면미세경도 측정

음료에 침지하여 1분, 3분, 5분, 10분, 15분, 30분 경과된 때 회수한 시편을 증류수로 1분간 세척 후 표면미세경도계를 사용하여 처리 전 표면경도를 측정하였던 부위와 인접한 4부위에서 표면경도를 측정하였다.

6. 자료 분석

법랑질표면미세경도의 시간별 비교는 repeated measures ANOVA를 사용하였으며, 사후검정으로 Tukey의 다중비교를 사용하였다. 통계적 유의수준은 0.01로 설정하였다. 통계분석은 PASW Statistics ver. 18.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA) 통계프로그램을 이용하여 수행하였다.

3.01±0.44로 번인텐스에서 2.51±0.01로 가장 낮았고 레드불에서 3.37±0.00으로 가장 높았다. 적정산도의 평균인 pH 5.5에서는 2.98 ml로 번인텐스에서 가장 높았고 핫식스에서 가장 낮았다(Table 2).

2. 음료 처리 후 법랑질경도 변화

정상법랑질 시편의 음료침지 전 표면경도는 284.3~284.6 VHN으로 군간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 시간의 변화에 따라 VHN값은 유의하게 변화하였고 이러한 변화는 에너지음료에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있었다 (p<0.01).

모든 에너지음료가 침지시간이 증가함에 따라 표면경도가 감소하였다. 음료 처리 전과 30분 처리 후 표면경도값은 레드불에서 119.72±15.16 VHN으로 가장 낮은 정도값을 보였고, 핫식스 번인텐스 순으로 나타났으며, 핫식스와 번인텐스는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>0.05; Table 3).

결 과

1. 음료의 산성도와 적정산도

대조군을 제외한 모든 음료에 구연산이 첨가되어 있었으며, 에너지음료의 산성도는 2.51~3.37이었다. 평균 pH는

Table 2. The pH and Titratable Acidity of Energy Drinks

Brand name	pH	Titratable acidity (ml)	Added acid
		pH 5.5	
Redbull	3.37±0.00	3.43±0.05	Citric
Hotsix	3.16±0.01	1.92±0.09	Citric
Burn intense	2.51±0.01	3.59±0.08	Citric
Samdasu (control)	7.74±0.00	-	-

Values are presented as mean±standard deviation.

고 찰

생활양식의 변화로 산성음식과 음료의 전체 양 그리고 소비유형과 빈도 또한 변화되었고²⁰⁾, 최근 음료시장의 경향은 청소년과 대학생들 사이에서 피로회복과 집중력 향상을 위해 에너지음료의 섭취비율이 증가하고 있는 추세이다. 에너지음료는 고카페인 함유로 인해 다량 섭취하였을 때 오심, 구토, 손떨림, 수면장애 등의 여러 가지 부작용을 나타내고 지속적으로 과잉 섭취할 경우 카페인 중독으로 이어질 수도 있다는 위험성이 지속적으로 보고되고 있다^{21,22)}. 이와 더불어 탄산음료, 스포츠음료, 에너지음료, 차와 같은 음료는 2.0에서 4.9 범위의 pH를 가지고 있어 치아부식을 유발한다²³⁾. 에너지음료는 특히 치아의 탈회와 많이 일어난다고 보고된 탄산음료보다 더 많은 탈회를 일으키고 있음이 보고

Table 3. Comparisons of Surface Microhardness according to Immersion Time of Beverages on Enamel (unit: VHN)

Time (min)	Beverage*			
	Redbull ^a	Hotsix ^b	Burn intense ^b	Samdasu ^c
0	284.57±10.72	284.33±12.59	284.38±10.55	284.61±9.63
1	206.78±26.29	273.66±7.76	269.05±7.64	284.61±9.63
3	181.79±23.84	265.10±7.00	258.56±8.39	284.96±9.58
5	159.33±18.26	257.49±10.34	249.10±10.09	284.44±9.762
10	142.14±15.14	239.44±7.62	237.32±9.00	283.98±10.42
15	128.58±6.58	226.23±6.18	219.59±5.80	284.49±9.40
30	119.72±15.16	208.75±10.99	210.47±8.01	284.89±9.39

Values are presented as mean±standard deviation.

^{a-c}The same letter indicates no significant difference by Tukey.

*Statistically significant by repeated measured ANOVA at the 0.05 level.

되었다²⁴⁾.

기존에 탄산음료와 스포츠음료 등이 치아부식에 미치는 영향에 대한 연구는 많이 보고되고 있으나 최근 소비가 증가하고, 주로 청소년과 대학생 등에서 많이 섭취하고 있는 에너지음료가 치아부식에 미치는 영향에 대한 연구는 많지 않아 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각되어 본 연구를 진행하였다.

본 연구에서 범랑질의 부식 정도를 측정할 표면미세경도는 음료의 섭취 시 한번 섭취할 때마다 구강 내 잔류하는 시간이 1분 미만이므로 최소 단위를 1분으로 하였고, 음료 섭취 후 약 30분 동안 치태 내 pH가 5.7 미만의 상태를 유지한다는 연구 결과를 바탕으로 최대 노출 시간을 30분으로 설정하였다²⁵⁾.

연구 결과 에너지음료의 pH는 2.51~3.37이었으며, 번인텐스, 핫식스, 레드불 순으로 높게 나타나 Jeong²⁶⁾ 등의 연구와 동일한 결과를 보였다. 평균 pH는 3.01로 치아부식증을 유발하는 pH인 4.4보다 낮아 세 가지 에너지음료 모두 범랑질 부식을 유발하였다. 그러나 pH와 부식정도 사이에 비례관계를 설명하기에는 시편의 부식 정도의 차이가 일정하지 않았다. 이는 어린이 음료수의 pH와 표면경도를 측정하여 치아 부식 정도를 평가한 Shin과 Kim¹⁹⁾의 결과와 유사하였다.

본 연구에서 적정산도는 pH 5.5 도달에 필요한 NaOH의 양으로 측정하였다. 번인텐스의 pH는 2.51, 적정산도는 3.59 ml, 핫식스의 pH는 3.16, 적정산도는 1.92 ml, 레드불의 pH는 3.37, 적정산도는 3.43 ml로 Hong²⁷⁾의 연구와 Kim 등²⁸⁾의 연구 결과와 동일하게 나타나 pH와 적정산도는 크게 상관관계가 없는 것으로 확인되었다. pH와 적정산도가 범랑질 부식에 영향을 미치는 요인이기는 하나 그 이외에도 범랑질 부식을 유발하는 요인인 산의 종류와 함량, 칼슘, 인, 불소의 농도가 영향을 미쳤을 것으로 생각되어 추후 연구에서는 각 음료 내의 무기성분 분석이 추가적으로 시행되어야 하리라 생각된다.

모든 에너지음료가 침지시간이 증가함에 따라 표면경도가 감소하였으며, 음료 처리 전과 30분 처리 후 표면 경도 값이 레드불에서 119.72±15.16 VHN으로 가장 낮은 경도 값을 보여 Hong²⁷⁾의 연구 결과와 일치하였다. 에너지음료내의 유기산을 측정할 Kang²⁹⁾의 연구에서 레드불, 핫식스, 번인텐스의 유기산의 함량이 각각 11.93 g/L, 5.29 g/L, 7.32 g/L로 레드불에서 가장 높고 여러 유기산 중 구연산의 함량이 높다고 보고한 Kang²⁹⁾의 연구 결과를 바탕으로 레드불에 함유된 구연산이 칼슘 킬레이션 작용을 하여 범랑질 표면 부식을 가장 많이 유발한 것으로 생각된다.

이처럼 에너지음료는 다양한 요인들로 인하여 치아부식

을 유발한다. 따라서 치아부식을 예방하기 위해서는 pH가 낮은 에너지음료를 빨대를 이용하게 해서 가급적 치아에 닿지 않게 바로 섭취하는 것이 중요하며, 그냥 마시게 될 경우에는 연구 결과에서처럼 시간이 지날수록 지속적인 부식이 진행되기 때문에 구강 내 잔류 시간이 짧도록 빨리 마시고, 음료를 마신 후에는 입안을 물로 헹구는 방법 또는 불소용액을 이용하여 양치하는 방법 등이 에너지음료 섭취로부터 치아부식을 예방할 수 있는 방법이라 하겠다. 또한 이러한 내용들을 음료를 섭취하는 주 대상인 청소년, 대학생들에게 교육하는 것이 필요하다.

연구의 제한점으로는 범랑질 부식의 정도를 평가하는 표면미세경도 값은 시편 제작시 포매 과정 후 불가피한 표면 연마로 인하여 연마과정 중에 범랑질 표면층이 제거되어 산에 노출됨에 있어 좀 더 취약했으리라 생각된다. 따라서 동일한 조건으로 실제 치아에서 일어나는 부식보다 조금 더 과장된 결과가 나왔을 것으로 생각된다. 또한 구강 내 상태를 재현하지 않아 치아부식에 영향을 미치는 구강 내 요인인 구강 내 온도, 타액 완충능, 타액 분비율 등을 고려하지 않고 단순 침지하여 음료의 pH와 적정산도로만 부식 정도를 평가하였다. 추후 연구에서는 pH cycling을 통하여 구강 내 상태와 유사하게 재현하고 산의 종류 및 칼슘, 인, 불소 등의 함량 등도 분석하여 좀 더 부식에 영향을 미치는 요인들을 다양하게 고려하여 진행해야 할 것으로 생각된다.

요 약

시편 중인 에너지음료의 범랑질 부식능을 알아보기 위하여 판매량이 높은 3종의 에너지음료와 대조군으로 생수를 선정하였다. 각 음료의 pH와 적정산도를 측정하고, 우치시편을 제작하여 음료에 각각 1, 3, 5, 10, 15, 30분을 침지한 후 나타나는 양상을 표면미세경도계를 이용하여 측정할 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다. 대조군을 제외한 모든 음료에 구연산이 첨가되어 있었다. 에너지음료의 평균 pH는 3.01±0.44로 번인텐스에서 2.51±0.01로 가장 낮았다. 적정산도의 평균은 pH 5.5에서 2.98 ml로 번인텐스에서 3.59 ml로 가장 높았다. 모든 에너지음료가 침지시간이 증가함에 따라 표면경도가 감소하였으며 음료 30분 처리 후 표면 경도값은 레드불에서 119.72±15.16 VHN으로 가장 낮은 경도값을 보였고, 핫식스 208.75±10.99, 번인텐스 210.47±8.01 순이었다. 실험에 사용된 모든 에너지음료는 치아 범랑질에 부식을 유발하였으며, 음료처리 전과 후에 레드불이 가장 낮은 범랑질 표면 경도 값을 보여 실험에 사용한 에너지음료 중 가장 많은 범랑질 부식을 유발하였다. 이로써 구

연산을 함유하고, pH가 낮은 에너지 음료의 섭취는 치아표면경도를 감소시켜 부식을 유발하는 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 원광보건대학교 교내연구비 지원에 의해서 수행됨.

References

- Retrieved April 6, 2015, from [http://www.acrofan.com/ko-kr/consumer/news/20121127/00000012#\(2012, November 27\)](http://www.acrofan.com/ko-kr/consumer/news/20121127/00000012#(2012, November 27)).
- Korea Consumer Agency: Survey on safety of energy drink. The Consumer Safety Center, Eumseong, 2013.
- Clauson KA, Shields KM, McQueen CE, Persad N: Safety issues associated with commercially available energy drinks. *J Am Pharm Assoc* 43: 55-63, 2008.
- McGraw MM: Are energy drinks safe? *Nursing* 43: 68, 2013.
- Ko JS: Survey on energy drink intake of middle school students and recognition of the risk of high caffeine intake. Unpublished master's thesis, Kyung Hee University, Seoul, 2013.
- Yoo HS: A survey on the university students' recognition of energy drink. Unpublished master's thesis, Sookmyung Women's University, Seoul, 2013.
- Imfeld T: Dental erosion. Definition, classification and links. *Eur J Oral Sci* 48: 529-539, 1998.
- Scheutzel P: Etiology of dental erosion intrinsic factors. *Eur J Oral Sci* 104: 178-190, 1996.
- Zero DT: Etiology of dental erosion-extrinsic factor. *Eur J Oral Sci* 104: 162-177, 1996.
- Ibrahim NK, Iftikhar R: Energy drinks: getting wings but at what health cost? *Pak J Med Sci* 30: 1415-1419, 2014.
- Birkhed D: Sugar content, acidity and effect on plaque pH of fruit juices, fruit drinks, carbonated beverages and sport drinks. *Caries Res* 18: 120-127, 1984.
- Shim JH, Jeong TS, Kim S: A study on the enamel erosion by fermented milks. *J Korean Acad Pediatr Dent* 31: 555-561, 2004.
- Park JH: A comparison study on the effects of commercial drinks on bovine enamel. *J Dent Hyg Sci* 9: 557-561, 2009.
- Shim JS, Song AH: A pH measurement study on commercial alcoholic drinks. *J Dent Hyg Sci* 12: 696-701, 2012.
- Lee HJ, Hong SJ, Choi CH: Erosive effect of hangover-curing beverages on enamel surface. *J Korean Acad Oral Health* 37: 119-125, 2013.
- Ministry of Health and Welfare. Beverages safety survey. Ministry of Health and Welfare, Seoul, pp.16-17, 2000.
- Seifert SM, Schaechter JL, Hershorin ER, et al.: Health effects of energy drinks on children, adolescents, and young adults. *Pediatrics* 127: 511-528, 2011.
- Temple JL: Caffeine use in children: what we know, what we have left to learn, and why we should worry. *Neurosci Bio-behav Rev* 33: 793-806, 2009.
- Shin YH, Kim YJ: Study on enamel erosion of the primary teeth caused by children beverage. *J Korean Acad Pediatr Dent* 36: 227-234, 2009.
- Lee CY, Kim S, Jung TS: A study on the enamel erosion caused by orange juices. *J Korean Pediatr Dent* 31: 617-623, 2004.
- Wolk BJ, Ganetsky M, Babu KM: Toxicity of energy drinks. *Curr Opin Pediatr* 24: 243-251, 2012.
- Pennington N, Johnson M, Delaney E, et al.: Energy drinks: a new health hazard for adolescents. *J Sch Nurs* 26: 352-359, 2010.
- Retrieved April 6, 2015, from [http://scijournaler.org/index.php?option=com_content&view=article&id=207:can-sports-drinks-lead-to-the-erosion-of-tooth-enamel&catid=8:chemistry&Itemid=30\(2012, March 8\)](http://scijournaler.org/index.php?option=com_content&view=article&id=207:can-sports-drinks-lead-to-the-erosion-of-tooth-enamel&catid=8:chemistry&Itemid=30(2012, March 8)).
- Kim MK, Jeon JH, Park HJ, et al.: Effect of energy drinks on the dental enamel erosion and mouse. *Korean J Biotechnol Bioeng* 29: 112-117, 2014.
- Kim GS: An experimental study on the effects of soft drinks on plaque pH. Unpublished master's thesis, Seoul University, Seoul, 1993.
- Jeong MJ, Jeong SJ, Son JH, et al.: A study on the enamel erosion caused by energy drinks *J Dent Hyg Sci* 14: 597-609, 2014.
- Hong JB: Effects of pH and titratable acidity on the erosive potential of energy drinks. Unpublished master's thesis, Seoul University, Seoul, 2014.
- Kim EJ, Lee HJ, Lee EJ, et al.: Effects of pH and titratable acidity on the erosive potential of acidic drinks. *J Korean Acad Oral Health* 36: 13-19, 2012.
- Kang JO: Analysis of cariogenic organic acids and sugars in energy drinks. Unpublished doctor's thesis, Kyung Hee University, Seoul, 2014.