

# 어린이 음료가 레진계 치면열구전색제의 화학적 분해에 미치는 영향

민희홍 · 김현진<sup>1</sup> · 이혜진<sup>2,†</sup>

대전보건대학교 치위생과, <sup>1</sup>경북대학교 치의학전문대학원 생체재료연구소, <sup>2</sup>호원대학교 치위생학과

## The Effect of Children's Beverages on Degradation of Dental Resin-Based Pit and Fissure Sealant

Hee-Hong Min, Hyun-Jin Kim<sup>1</sup>, and Hye-Jin Lee<sup>2,†</sup>

Department of Dental Hygiene, Daejeon Health Institute of Technology, Daejeon 34504,

<sup>1</sup>Institute for Biomaterials Research & Development, Kyungpook National University, Daegu 41566,

<sup>2</sup>Department of Dental Hygiene, Howon University, Gunsan 54058, Korea

The consumption of beverages among children is rising. The purpose of this study was to examine the effect of kid's drink on dental resin-based pit and fissure sealant. Pororo, I-kicker, Sunkist kids were included in the experimental groups, and Samdasu was included in the control group. A conventional dental sealant material (Clinpro™ Sealant®) was selected for this study. Resin specimens (8 mm in diameter and 1 mm in thickness) were prepared according to manufacturers' instructions and the initial roughness (Ra) was then measured. The pH of all the four groups was measured using a pH meter. The specimens were individually immersed in 5 ml of the experimental solutions and stored at 37°C for 72 hours. Following this, the surface roughness of the resin specimens was measured by SurfTest. The concentration of residual monomer released was determined by high performance liquid chromatography (HPLC). The surface morphology of the resin specimen was evaluated before and after storage by scanning electron microscopy (SEM). Data were statistically analyzed using Kruskal-Wallis and Duncan's test. The results showed that all the children's beverages examined in this study contained citric acid. The pH of I-kicker was the lowest ( $3.03 \pm 0.01$ ), followed by that of Sunkist kids ( $3.26 \pm 0.02$ ) and Pororo ( $3.47 \pm 0.02$ ). We observed an increase in the surface roughness of resin specimens after 72 h of immersion in all the beverages tested ( $p < 0.05$ ). There was matrix degradation after immersion, visualized on SEM image, in all the beverage groups. Bisphenol-A-glycidyl methacrylate was not detected after 72 hours, but triethylene glycol dimethacrylate levels were increased in all the beverages tested during the 72 hours by HPLC. These results suggest that intake of beverages containing acid can cause degradation of the resin-based pit and fissure sealants in children.

**Key Words:** Chromatography, Pit and fissure sealants, Triethylene glycol dimethacrylate

### 서론

구강 내 세균으로부터 생성된 산에 의한 치아 경조직 소실인 치아우식증은 어린이의 가장 흔한 구강질환 중 하나이며 영구치와 비교하였을 때 유치는 산에 대한 저항성이 낮

아 우식에 민감하므로 예방이 필요하다<sup>1)</sup>. 우식을 예방하기 위해 치과에서 많이 시행하는 예방적 시술 중 하나인 치면 열구전색은 치아맹출 후 가장 먼저 우식이 발생하는 교합면의 좁고 깊은 열구와 소와를 인위적으로 폐쇄해 줌으로써 교합면 우식을 예방하는 방법으로 2009년 건강보험 요양급

Received: October 23, 2018, Revised: November 26, 2018, Accepted: November 28, 2018

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: +82-63-670-7775, Fax: +82-63-670-7779, E-mail: qorrha12@daum.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3923-0447>

Copyright © 2018 by Journal 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.

여 항목에 포함되어 시술을 받는 어린이의 수가 증가하고 있다<sup>2)</sup>.

치면열구전색에 사용되는 레진계열 수복재료는 단량체(monomer)인 유기기질과 무기성분인 충전제로 구성되는데, bisphenol-A-glycidyl methacrylate (bis-GMA), urethane dimethacrylate, triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA) 등의 유기기질은 구성물을 혼합할 수 있게 해주고 충전제와 중합된 후에 단단한 구조를 형성하여 높은 기계적 물성을 나타내므로 중요하다<sup>3,4)</sup>. 광중합형 치면열구전색제는 광중합 시 완전 중합에 이르기 어렵고 그로 인한 미반응 유기성분들이 용출될 가능성이 있으며 유리된 유기성분은 인체에 유해한 작용을 미칠 수 있다<sup>5,6)</sup>.

그 중 bis-GMA와 TEGDMA의 유해성에 대해 많은 연구가 이루어지고 있다. 치면열구전색제의 bis-GMA는 타액에 의해 비스페놀 A가 누출될 수 있으며 미국 6세 아동의 93%의 소변에서 비스페놀 A가 검출되었다<sup>7)</sup>. 이러한 비스페놀 A는 인체에 흡수되면 에스트로겐 호르몬과 유사한 효과를 나타내게 되어 인체에 유해한 영향을 미칠 수 있으며, 미국 국립독극물프로그램(National Toxicology Program)과 인간과 생식에 대한 위험성 평가센터(Center for the Evaluation of Risks to Human Reproduction)에서 태아, 유아, 아동에 발생독성을 유발할 수 있어 암 유발 가능성에 대해 5등급 중 3등급 ‘다소 우려(some concern)’로 분류되었다<sup>3)</sup>. TEGDMA 또한 타액 내 존재하는 에스테르 가수분해효소에 의해 쉽게 분해될 수 있고 다양한 세포 구조와 상호작용할 수 있어 높은 독성을 나타내는 물질로 분류되며, 지방조직에 축적될 수 있고 알레르기를 유발한다<sup>8)</sup>. 이러한 유기기질이 구강 내에서 유리되어 흡수되는 경우 인체 내 영향을 미칠 수 있으며 특히 치면열구전색의 주 대상이 성장기의 아동인 것을 감안할 때 에스트로겐 호르몬과 유사한 효과를 낼 수 있는 비스페놀 A는 다른 연령보다 더욱 주의가 필요할 것으로 생각된다.

이러한 레진 계열 수복재료는 구강 내의 환경변화에 크게 영향을 받으며 특히 pH가 낮은 산성식품이나 음료는 레진 수복물의 내구성과 수명에 영향을 주는 중요한 요인이다<sup>9)</sup>. 산성음료가 레진 수복물에 미치는 영향에 대해 많은 연구가 이루어졌으며 커피, 차, 오렌지 주스, 콜라, 탄산수, 산성음료 및 음식 등이 수복재료의 분해과정을 촉진시키고 수명을 단축시킨다고 보고되었다<sup>10-12)</sup>.

무색소, 무탄산, 무보존료, 홍삼, 유산균 등을 첨가한 건강 한 음료로 광고되고 있는 어린이 음료는 자녀에 대한 부모의 관심과 기업의 투자 증가로 인해 2017년 기준 약 800억 규모로 매년 10% 가량 지속적으로 시장 성장세를 보이고

있다<sup>13)</sup>. 이러한 어린이 음료는 대부분 구연산을 함유하고 있어 pH가 낮아 수복물의 유기기질 용출에 영향요인으로 작용하리라 생각되나 이에 대한 연구가 미비한 실정이다. 따라서 어린이 음료가 레진 계열 치면열구전색제에 미치는 영향을 평가하고자 한다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

본 실험에서는 레진계 수복재료의 기본 구성성분인 bis-GMA, TEGDMA 등이 포함되어 있는 치면열구전색제로 Clinpro™ Sealant® (3M ESPE, Inc., St. Paul, MN, USA)를 사용하였다(Table 1). 음료는 시장 점유율이 높은 3사의 어린이 음료(뽕로로 [Paldo, Seoul, Korea], 아이키커 [Cheongkwang, Daejeon, Korea], 썬키스트 키즈 [Haitai, Seoul, Korea])를 선정하고<sup>14)</sup> 음성 대조군으로 생수인 삼다수(Jeju Province Development Co., Jeju, Korea)를 선정하였으며, 모든 실험군은 유통기간이 1년 이상 남은 것을 사용하였다.

### 2. 연구방법

#### 1) 어린이 음료의 pH 측정

동일한 온도조건에서 pH를 측정하기 위해 어린이 음료를 6시간 동안 실온에 방치하였다. 그 후 pH meter (Seven Compact pH/ion S220; Mettler Toledo, Columbus, OH, USA)의 측정치를 보정하고 공기 중에 노출되지 않은 새 제품을 개봉하여 각 군의 pH를 측정하였고, 동일한 방법으로 5회씩 반복 측정하여 평균과 표준 편차를 산출하였다.

#### 2) 시편 제작

동일한 조건의 시편을 제작하기 위해 직경 8 mm, 두께 1 mm의 원형의 polytetrafluoroethylene 몰드를 제작하였다.

Table 1. Materials Tested in the Experiment

Brand name	Manufacturer	Composition	wt%
Clinpro™ Sealant®	3M ESPE, Inc., St. Paul, MN, USA	Bis-GMA	40~50
		TEGDMA	40~50
		Silane treated silica	5~10
		EDMAB	<0.5

Bis-GMA: bisphenol A glycidyl methacrylate, TEGDMA: triethylene glycol dimethacrylate, EDMAB: ethyl 4-(dimethylamino) benzoate.

유리 슬라이드 위에 mylar strip을 고정하고 치면열구전색제를 충전하였다. 몰드 위 mylar strip과 유리 슬라이드를 차례로 위치시키고 약간의 압력을 가한 후 광조사기(Bluephase<sup>®</sup> 20i; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)를 이용하여 광중합을 하였다. 몰드에서 분리된 시편의 과잉 전색제는 800번 사포를 이용하여 연마하여 각 군당 12개씩 배분하였다.

### 3) 시편 침지

음료는 실험 직전 개봉하여 멸균된 15 ml conical tube에 음료를 5 ml씩 분주한 후 각 용기의 뚜껑 부분을 para-film을 이용하여 완전히 밀봉을 시킨 다음, 3, 6, 12, 24, 48, 72시간 동안 37°C 배양기에서 보관하였다. 12시간마다 새로운 음료로 교체하였다.

### 4) 표면 거칠기 변화 측정

실험음료에 침지 전 시편의 초기 거칠기 값을 측정 후 각 음료에 침지된 시편을 시간 별로 회수하여 1분간 증류수로 세척하고, 표면 거칠기 측정장치(Surfest SV-400; Mitutoyo, Gawasaki, Japan)를 사용하여 표면 거칠기 값(Ra)을 측정하였다. 모든 시편은 상, 하, 좌, 우, 4부위에서 측정 후 평균과 표준편차를 산출하였다.

### 5) 주사전자현미경을 이용한 시편의 표면 관찰

시편에 남아 있는 수분을 제거하기 위해 건조시킨 후 진공상태에서 1분씩 3회 백금 피복된 시편을 주사전자현미경(scanning electron microscopy, JSM-6700F; Jeol, Tokyo, Japan) 내에 위치시킨 후 40,000배의 배율로 표면을 관찰하였다.

### 6) 고성능 액체 크로마토그래피를 이용한 유출 단량체의 분석

표준 단량체는 레진계 치면열구전색제의 bis-GMA (Sigma Co., Cream Ridge, NJ, USA), TEGDMA (Sigma Co.)를 사용하였다. 침지용액과 표준 단량체의 피크를 비교 분석하

여 각 실험군별로 시편에서 용출되어 나온 단량체를 확인하였다. 각 침지용액은 필터링 후 10 µl씩 고성능 액체 크로마토그래피(high performance liquid chromatography [HPLC], LC-20AD; Shimadzu Co., Kyoto, Japan) 장치에 부착된 컬럼에 투입되었다. 이동상은 60% acetonitrile (Sigma Co.)과 40% distilled water (Sigma Co.)를 조합한 용매를 사용하였고, 자외선 검출기를 사용하여 220 nm의 파장에서 분석하였다.

### 3. 통계분석

각 시편에 대해 침지시간과 침지된 음료에 따른 표면 거칠기의 차이를 비교하기 위해 Kruskal-Wallis을 사용하였으며, 사후검정으로 Duncan's test를 사용하였다. 통계적 유의성 판정을 위한 유의수준은 0.05로 설정하였다. 통계분석은 IBM SPSS Statistics, ver. 21.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA) 프로그램을 이용하여 수행하였다.

## 결 과

### 1. 음료의 pH 측정 결과

어린이 음료의 산성도는 3.03~3.47이었다. 평균 pH는 3.25±0.17로, '아이키커'에서 3.03±0.01로 가장 낮았고 '뽀로로'에서 3.47±0.02로 가장 높았다. 모든 어린이 음료에 구연산이 함유되어 있었다(Table 2).

Table 3. ΔR Values for Each Experimental Time

Group	N	0 h	72 h	R (after-before)*
Samdasu	12	0.09±0.02	0.09±0.02	0.00±0.02 <sup>a</sup>
Pororo	12	0.09±0.02	0.15±0.02	0.05±0.03 <sup>b</sup>
I-kicker	12	0.09±0.02	0.15±0.02	0.05±0.03 <sup>b</sup>
Sunkist kids	12	0.09±0.02	0.16±0.02	0.06±0.03 <sup>b</sup>

Values are presented as mean±standard deviation.

<sup>a,b</sup>Different letters show statistical difference between the groups tested (p < 0.05).

See Table 2 for information on each product.

Table 2. The pH of Kids Drinks

Solution	Brand name	Manufacturer	pH	Acid
Control	Samdasu	Jeju Province Development co.	7.70±0.03	-
Kids drink	Pororo	Paldo	3.47±0.02	Citric acid
	I-kicker	Cheongkwanjang	3.03±0.01	Citric acid
	Sunkist kids	Haitai	3.26±0.02	Citric acid

Values are presented as mean±standard deviation.

## 2. 침지용액과 시간경과에 따른 표면 거칠기의 변화

침지용액에 처리 후 시간 경과에 따른 표면 거칠기는 대조군인 삼다수에서는 차이가 없었다. 반면, 어린이 음료에서는 72시간 이후 모든 음료에서 음료 처리 전과 비교하여 거칠기가 유의한 차이가 있음이 관찰되었다(Table 3).

## 3. 주사전자현미경을 통한 레진 시편의 표면 변화 관찰 결과

음료 처리 전과 후 레진 시편 표면을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였다. 음료 처리 전의 레진 시편과 비교하여 삼다수에 72시간 침지되었던 시편은 변화가 없었다. 하지만 어린이 음료에 침지된 모든 시편에서 레진 기질이 탈락되는 등의 표면 손상을 보여 주었다(Fig. 1).

## 4. HPLC를 통한 용출 단량체 분석

이 실험에서 사용된 레진계 치면열구전색제를 구성하는 표준 단량체는 bis-GMA와 TEGDMA이다. 각 표준 단량체의 HPLC에서의 분리시간은 bis-GMA 12.7분, TEGDMA 6.2분으로 레진 시편을 각 실험음료에 침지시킨 후 유출되어 나온 단량체들을 그래프의 peak 면적을 적분하여 비교 분석하였다.

침지시간에 따라 레진 단량체들의 누적 유출량을 비교한 결과(Fig. 2), 모든 실험음료에서 bis-GMA는 유출되어 나오지 않았고, 삼다수에서는 TEGDMA 또한 유출되지 않았다. 반면에 어린이 음료 중에서는 아이키커에서 가장 많은 양의 TEGDMA가 유출되었고, 뽀로로, 썬키스트 키즈 순으로 유출량의 평균값이 작아지는 것을 확인하였다. 모든 어린이 음료에서 침지시간이 증가함에 따라 유출량 또한 증가하는 경향을 보였다.

## 고찰

건강에 대한 관심의 증가로 무색소, 무탄산, 무보존료 등 유해한 성분은 줄이고 홍삼, 유산균 등 특화 성분을 첨가한 어린이 음료가 개발되고 판매량이 지속적으로 증가하고 있다<sup>13)</sup>. 제품으로 판매되는 대부분의 음료는 변질과 미생물의 번식을 억제하기 위한 물질로 산을 첨가하고 있으며 본 실험에 사용된 어린이 음료 모두 구연산이 함유되어 있었다. 이러한 구연산은 레진 계열 수복체에 존재하는 이온을 킬레이트화 시키고, 용액 내 용해성의 복합체를 형성할 수 있는 카복실산으로 무기충전체에 손상을 줄 수 있다<sup>15)</sup>. 본 연구결과에서도 음료 침지 전 후 삼다수에서는 거칠기의 변화가 없었으나 구연산이 함유되어 있는 어린이 음료에서는 모든

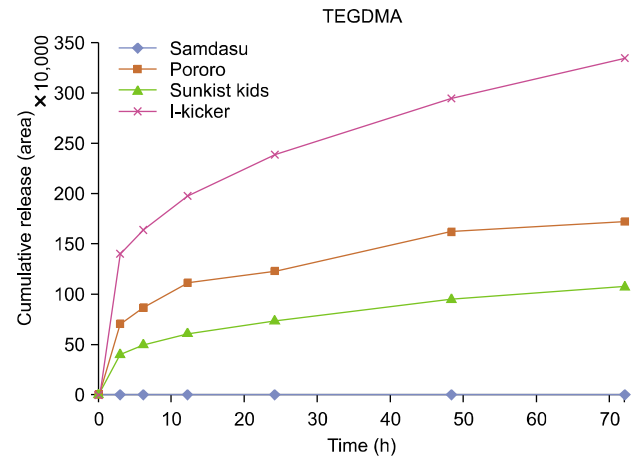


Fig. 2. Release profile of the specimens in experimental solution during 72 hours in vitro. TEGDMA: triethylene glycol dimethacrylate. See Table 2 for information on each product.

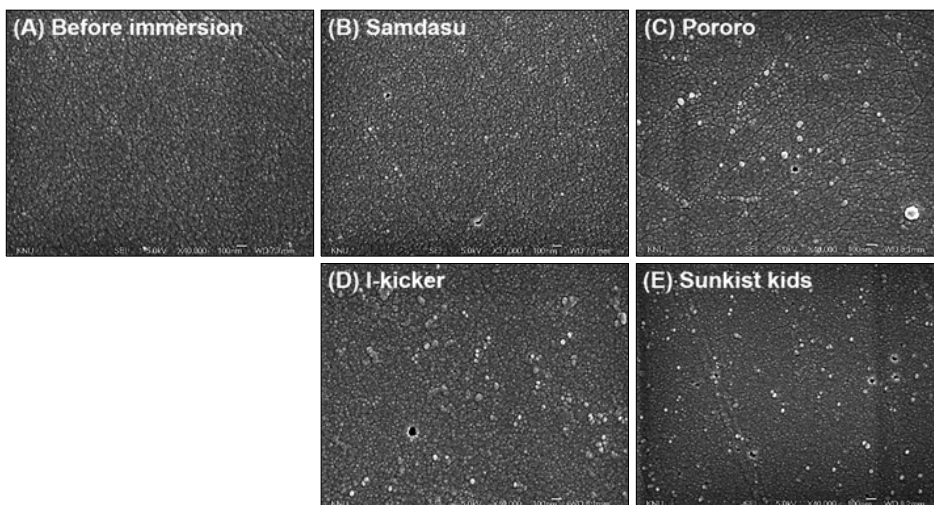


Fig. 1. Scanning electron microscopy images of the specimens surface. (A) Before immersion. (B~E) Immersed in the storage solution for 72 hours (40,000×). See Table 2 for information on each product.

군에서 침지 후 전색제 표면의 거칠기가 증가하였고 주사전자현미경으로 관찰한 결과도 거칠기의 결과와 동일하게 어린이 음료에서 레진 기질의 탈락이 관찰되어 구연산이 함유된 어린이 음료가 치면열구전색제의 화학적 열화에 영향을 미치는 것을 확인하였다.

Rahim 등<sup>16)</sup>은 낮은 pH에서 미반응 단량체 및 무기 충전제의 용해도가 더 높다고 하였고, Kim 등<sup>11)</sup>은 pH가 4.46인 트레비(Lottechilsung Beverage Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 5.38인 페리에(Nestle Waters France, Vélizy-Villacoublay, France)보다 더 높은 거칠기가 관찰되어 pH가 낮을수록 거칠기가 더 높다고 보고하였다. 하지만 본 연구에서는 대조군인 삼다수와 어린이 음료 사이에 유의한 거칠기의 차이는 있었으나 pH가 3.03~3.47인 실험에 사용된 어린이 음료 사이에서는 pH에 따른 실험군 간의 거칠기의 차이는 관찰되지 않았고, 주사전자현미경의 관찰에서도 거칠기의 결과와 동일하게 삼다수에서는 대조군과 큰 차이가 없었으나 어린이 음료는 모든 군에서 레진 기질의 유사하게 탈락된 양상을 관찰되었다. 이는 실험에 사용된 어린이 음료의 pH가 약 0.4 정도의 차이로 차이가 크지 않고 화학적 용해에 음료의 pH와 음료의 완충능이나 음료 내 이온 등 다양한 요인이 영향을 주었을 것으로 생각된다.

치면열구전색제를 구성하는 단량체의 에스테르기는 pH가 낮은 산성용액에 지속적으로 노출되었을 시 재료 내 수분 흡수를 가속화시켜 기질을 분해하거나 표면 구조의 손상을 가져올 수 있다<sup>17)</sup>. 이렇게 유리된 단량체의 치은 섬유모세포와 치수섬유모세포에 대한 독성작용 등 인체 내 독성작용에 대한 임상적 증상들이 보고되었다<sup>6,18)</sup>. Bis-GMA를 구성하는 비스페놀 A는 내분비교란물질로 인체에 흡수될 경우 에스트로젠과 유사한 효과를 내어 유해한 영향을 미칠 수 있다고 보고되었다<sup>19)</sup>. Olea 등<sup>20)</sup>은 비스페놀 A는 estrogenicity를 가지는 성분으로 전립선 손상이나 불임, 암 발생률을 높일 수 있어 치면열구전색제의 사용을 재평가해야 한다고 하였다. 그리고 TEGDMA는 세포의 다양한 구조물과 상호작용할 수 있어 높은 독성을 나타내며 피부 가려움, 홍반, 기관지 수축 등이 보고되었다<sup>6,8)</sup>. 본 실험에서는 72시간 동안 음료에 침지하여 관찰한 결과 bis-GMA의 용출은 관찰되지 않았으나 모든 어린이 음료에서 TEGDMA의 용출량이 시간이 지날수록 증가하는 것을 관찰하였다. 이는 치면열구전색제로부터 용리되는 비스페놀 A의 양이 적다는 Arenholt-Bindslev 등<sup>21)</sup>의 결과와 일치한다. Sheela 등<sup>22)</sup>은 TEGDMA는 bis-GMA보다 생체 적합성이 떨어지고 중합시간이 길며 중합 부피수축이 크다고 보고하였다. 본 논문에서도 TEGDMA는 용출되었으나 bis-GMA는 용

출되지 않아 TEGDMA가 bis-GMA보다 쉽게 유리됨을 확인하였으며 TEGDMA로 인한 인체 내 영향이 더 클 것으로 생각되며 TEGDMA의 사용량을 줄이거나 대체할 다른 물질의 개발이 필요할 것으로 생각되었다.

용기의 구조상 마개가 push-pull cap으로 되어 있는 어린이 음료는 음료를 마시는 것이 아니라 빨아 마시게 되어 음료의 음용 시간이 길어질 수 있다. 이로 인해 레진 계열의 수복재와 음료의 접촉시간이 길어질 수 있어 치면열구전색제의 열화와 단량체의 유리를 촉진할 수 있으며 이렇게 유리된 단량체는 성장 중인 어린이에게 더 큰 영향을 미칠 수 있으므로 어린이 음료를 빈번히 음용하는 것은 주의가 필요할 것으로 보인다.

본 연구를 통해 레진계 치면열구전색제는 pH가 낮은 어린이 음료에서 레진 단량체의 지속적인 용출과 표면 거칠기의 증가가 관찰되었다. 타액 내 효소의 작용, 타액 내 무기질 등 타액의 역할과 구강 내 온도와 pH의 변화, 음식물의 무기이온, 구강 내 미생물 등 구강 내 다양한 환경이 레진계 치면열구전색제의 화학적 열화에 영향을 미칠 것이거나 본 연구에서는 고려하지 못하였다. 따라서 향후 연구에서는 다양한 구강 내 환경을 재현하고, 기계적, 화학적 분해 외에도 유기물질로 인한 생물학적 영향에 대한 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 요 약

시판 중인 어린이 음료가 레진계 치면열구전색제에 미치는 물리 화학적 영향을 알아보기 위해 판매량이 높은 3종의 어린이 음료와 대조군으로 생수를 선정하였다. 제조사의 지시에 따라 레진 시편을 제작하여 시편의 초기 거칠기 값(Ra)를 측정하였고, 각 음료의 pH를 측정 후, 레진 시편을 각각의 음료에 침지시켜 37°C 배양기에서 72시간 보관하였다. 72시간 후 레진 시편의 표면 거칠기를 측정하였고 시편 표면의 형태변화 관찰을 위해 주사전자현미경으로 관찰하였다. 레진 시편에서 용출된 단량체의 종류 및 용출량은 HPLC를 이용하여 비교 분석하였다. 생수를 제외한 모든 실험음료에 구연산이 첨가되어 있었고 어린이 음료의 평균 pH는 3.25±0.17로 ‘아이키커’에서 3.03±0.01로 가장 낮았고 ‘뽀로로’에서 3.47±0.02로 가장 높았다. 어린이 음료에 침지 후 시간 경과에 따른 표면 거칠기가 증가하였고 레진 시편의 표면에 기질의 탈락을 관찰하였다. 모든 실험음료에서 bis-GMA는 용출되지 않았으나 생수를 제외한 어린이 음료에서는 TEGDMA가 용출되었다. 이상의 결과 어린이 음료는 치면열구전색제의 열화와 단량체의 유리를 촉진할

수 있으며 유리된 단량체는 성장 중인 어린이에게 더 큰 영향을 미칠 수 있으므로 어린이 음료를 빈번히 음용하는 것은 주의가 필요하다.

### 감사의 글

이 논문은 2018년 호원대학교 교내학술연구비의 지원을 받았음.

### References

1. Griffin SO, Oong E, Kohn W, et al.: The effectiveness of sealants in managing caries lesions. *J Dent Res* 87: 169-174, 2008. <https://doi.org/10.1177/154405910808700211>
2. Choi JS, Ma DS, Jung SH, Cho EP, Park DY: Changes in the amount of pit and fissure sealants supplied in Korea after inclusion in the National Health Insurance coverage. *J Korean Acad Oral Health* 39: 69-77, 2015. <https://doi.org/10.11149/jkaoh.2015.39.1.69>
3. Bucher JR: Bisphenol A: where to now? *Environ Health Perspect* 117: A96-97, 2009. <https://doi.org/10.1289/ehp.12492>
4. McCabe JF: Resin-modified glass-ionomers. *Biomater* 19: 521-527, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(98\)00132-X](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(98)00132-X)
5. Hamid A, Hume WR: A study of component release from resin pit and fissure sealants in vitro. *Dent Mater* 13: 98-102, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(97\)80018-8](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(97)80018-8)
6. Geurtsen W, Spahl W, Leyhausen G: Variability of cytotoxicity and leaching of substances from for light-curing pot and fissure sealants. *J Biomed Mater Res* 44: 73-77, 1999. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4636\(199901\)44:1<73::AID-JBM8>3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4636(199901)44:1<73::AID-JBM8>3.0.CO;2-O)
7. Tillett T: Bisphenol A, chapter 2: new data shed light on exposure, potential bioaccumulation. *Environ Health Perspect* 117: A210, 2009. <https://doi.org/10.1289/ehp.117-a210b>
8. Geurtsen W, Leyhausen G: Chemical-biological interactions of the resin monomer triethyleneglycol-dimethacrylate (TEGDMA). *J Dent Res* 80: 2046-2050, 2001. <https://doi.org/10.1177/00220345010800120401>
9. Han L, Okamoto A, Fukushima M, Okiji T: Evaluation of flowable resin composite surfaces eroded by acidic and alcoholic drinks. *Dent Mater J* 27: 455-465, 2008. <https://doi.org/10.4012/dmj.27.455>
10. Yanikoğlu N, Duymuş ZY, Yılmaz B: Effects of different solutions on the surface hardness of composite resin materials. *Dent Mater J* 28: 344-351, 2009. <https://doi.org/10.4012/dmj.28.344>
11. Kim HJ, Shin HE, Min HH: Influence of carbonated water on degradation of dental resin-based pit and fissure sealant. *Korean J Dent Mater* 44: 281-289, 2017. <https://doi.org/10.14815/kjdm.2017.44.3.281>
12. Ilday, N, Bayindir YZ, Erdem V: Effect of three different acidic beverages on surface characteristics of composite resin restorative materials. *Mater Res Innov* 14: 385-391, 2010. <https://doi.org/10.1179/143307510X12820854748917>
13. Min KJ: [Cheiljedang enters 80 billion kid's beverage market]. *Joseilbo*. 2018 May 29; Industry section: <http://www.joseilbo.com/news/htmls/2018/05/20180529353977.html>
14. Dong HJ. [The reason why Lottechilsung Beverage enter the kid's beverage market behindhand]. *DailyKorea*. 2015 May 29; Industry, Construction section: <http://daily.hankooki.com/lpage/economy/201505/dh20150529081259138090.htm>
15. McKenzie MA, Linden RWA, Nicholson JW: The physical properties of conventional and resin-modified glass-ionomer dental cements stored in saliva, proprietary acidic beverages, saline and water. *Biomater* 24: 4063-4069, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(03\)00282-5](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(03)00282-5)
16. Rahim TNAT, Mohamad D, Md Akil H, Ab Rahman I: Water sorption characteristics of restorative dental composites immersed in acidic drinks. *Dent Mater* 28: 63-70, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.03.011>
17. Geurtsen W: Substances released from dental resin composites and glass ionomer cements. *Eur J Oral Sci* 106: 687-95, 1998. <https://doi.org/10.1046/j.0909-8836.1998.eos10602ii04.x>
18. Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW Jr: Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent* 19: 26-32, 1994.
19. Terasaka S, Inoue A, Tanji M, Kiyama R: Expression profiling of estrogen-responsive genes in breast cancer cells treated with alkylphenols, chlorinated phenols, parabens, or bis- and benzoylphenols for evaluation of estrogenic activity. *Toxicol Lett* 163: 130-141, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2005.10.005>
20. Olea N, Pulgar R, Pérez P, et al: Estrogenicity of resin-based

- composites and sealants used in dentistry. *Environ Health Perspect* 104: 298-305, 1996.  
<https://doi.org/10.1289/ehp.96104298>
21. Arenholt-Bindslev D, Breinholt V, Preiss A, Schmalz G: Time-related bisphenol-A content and estrogenic activity in saliva samples collected in relation to placement of fissure sealants. *Clin Oral Investig* 3: 120-125, 1999.  
<https://doi.org/10.1007/s007840050089>
22. Sheela MS, Tamare Selvy K, Kalliyana Krishnan V, Pal SN: Studies on the synthesis of a methacrylate-based dental restorative resin. *J Appl Polym Sci* 42: 561-573, 1991.  
<https://doi.org/10.1002/app.1991.070420301>