

Telemetry를 이용한 기호성 음료의
구강내 pH 변화 및 회복속도측정

연세대학교 대학원

치 의 학 과

서 동 구

Telemetry를 이용한 기호성 음료의 구강내 pH 변화 및 회복속도측정

지도 김 백 일 교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2005년 8 월 일

연세대학교 대학원

치 의 학 과

서 동 구

서동구의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

연세대학교 대학원

2005년 8 월 일

감사의 글

이 논문을 완성하기 까지 시종 지도하여 주신 김백일 교수님께 진심으로 감사드리며, 많은 조언과 격려를 해주신 권호근 교수님과 바쁜 와중에도 오셔서 많은 조언을 해주신 최충호 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

또한 실험에 헌신적으로 도와준 김해선 조교, 그리고 정기호선생님과 예방치과교실원 여러분께 감사를 드립니다.

끝으로 오늘의 저를 있게 해주신 부모님 그리고 항상 사랑과 관심으로 격려해주시는 장인, 장모님과 이 기쁨을 나누고 싶으며, 사랑하는 나의 예담이 그리고 힘든 가운데서도 내가 이 논문에 전념할 수 있도록 헌신적인 사랑과 격려를 해 준 아내에게 이 논문을 드립니다.

2005년 7월

서 동 구

차 례

그림 차례	iii
표 차례	iv
국문 요약	v
I. 서론	1
II. 실험재료 및 방법	5
1. 실험재료	5
가. 피검자	5
나. 실험음료	5
다. 구강내 장치의 제작	5
2. 실험방법	7
3. 통계분석	8
III. 결과	9
1. 각 음료의 조성	9
2. 피검자의 자극성 타액량	9
3. Electrode간 음료의 pH 변화	9
4. 각 음료의 pH 변화	10
가. 콜라에 의한 pH 변화	10
나. 오렌지주스에 의한 pH 변화	11
다. 게토레이에 의한 pH 변화	12
라. 요구르트에 의한 pH 변화	14

다. 커피에 의한 pH 변화	15
5. 음료별 전체 피검자의 평균 pH 변화량	17
IV. 고찰	19
V. 결론	22
참고 문헌	24
영문 요약	28

그림 차례

Figure 1. Appliance with micro-electrode and artificial hydroxyapatite	6
Figure 2. pH change of cola	11
Figure 3. pH change of orange juice	12
Figure 4. pH change of gatorade.....	14
Figure 5. pH change of yoghurt	15
Figure 6. pH change of coffee	16
Figure 7. pH change in all drinks.....	18

표 차례

Table 1. Testing drinks in experiments	5
Table 2. Specifications of micro-eletrode(Beetrode) used in experiments..	7
Table 3. Compositions of drinks for experiments.....	9
Table 4. pH values of Orion and Beetrode electrode	10
Table 5. pH change in cola.....	10
Table 6. pH change in orange juice.....	11
Table 7. pH change in gatorade.....	13
Table 8. pH change in yoghurt.....	14
Table 9. pH change in coffee.....	16
Table 10. pH change in all drinks.....	17

국문요약

Telemetry를 이용한 기호성 음료의 구강내에서의 pH 변화 및 회복속도 측정

기호성 음료는 식품과는 달리 치아의 직접적 탈회와 치아우식을 유발시킬 수 있기 때문에 음료의 pH와 섭취 후의 구강내 pH 변화 그리고 pH 회복능력은 치아우식증의 발생과 예방에 중요한 의미를 가진다.

Telemetry Method는 4명의 피검자를 대상으로 장치에 micro-electrode를 삽입하여 구강에 장착하고 이를 이용하여 pH 변화를 연속적으로 측정한다. 본 연구에서는 이 방법을 이용하여 한국인이 자주 마시는 기호성 음료인 콜라, 게토레이, 오렌지주스, 요구르트, 커피 섭취시 구강내의 pH 변화 및 회복 속도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 콜라는 투입 직후 pH 4.69 까지 급격한 pH 하강을 보였으나 20초 후 pH 5.7을 회복하였다.
2. 오렌지주스는 투입 직후 pH 5.43 까지 급격한 pH 하강을 보였으나 20초 후 pH 5.7을 회복하였다.
3. 요구르트는 투입 직후 pH 4.69 까지 급격한 pH 하강을 보였고 30분경과 후에도 pH 5.7을 회복하지 못했다.
4. 게토레이는 투입 직후 pH 5.17 까지 급격한 pH 하강을 보였으며 5분 후 pH 5.7을 회복하였다.
5. 커피는 투입 직후 pH 7.41 까지 pH 상승을 보인 후 6.98까지 서서히 하강하였다.

이러한 결과에서 볼 때 요구르트는 잠재적 치아탈회능력 및 치아우식유발능

력이 높은 것으로 사료되므로 소아나 어린이의 경우 잦은 섭취나 취침전 섭취에 대해 주의가 필요할 것으로 보인다.

핵심 되는 말 : **telemetry method**, 구강내 **pH**, 기호성 식품

Telemetry를 이용한 기호성 음료의 구강 내에서의 pH 변화 및 회복속도 측정

<지도교수 김백일>

연세대학교 대학원 치의학과

서 동 구

I. 서론

치아우식증이란 치질 중의 무기질이 탈회되고 유기질이 파괴되어 치아조직의 결손을 초래하는 질환으로 단순하게 하나의 증상으로 정의되는 질환이 아니라 미세구조적 수준에서 발생하는 광물질 초기소실부터 전체적 치질파괴까지 이르는 질환이다(Berkey 등, 1988). 이러한 치아우식증이 발생하는 과정에 작용하는 요인은 여러 가지이고, 이들을 숙주요인, 병원체요인, 환경요인과 시간요인 네가지로 구분할 수 있으며 우리가 매일의 일상생활에서 섭취하는 식품의 경우는 환경요인에 해당된다(김과 최, 1997).

치아우식증의 다양한 요인들에 대한 많은 연구들이 수행되었으며, 환경요인에 해당되는 식품의 경우도 치아 우식유발성 및 그 정도에 관한 연구가 이전부터 보고되어져 왔다(Wilson, 1979; Jensen, 1999; Grenby, 1990). 식품에 함유된 탄수화물 특히 당분은 구강내 세균의 대사원으로 치아우식증과 밀접한 관계가 있고 특히 구강내 *Streptococos mutans*(*S. mutans*)는 탄수화물을 발효하여 산을 생성하고 이로 인하여 pH가 5.7 이하가 되면 치아 법랑질의 탈회가 일어난다(Feagen 과 Gray, 1977). 이러한 *S. mutans*로 인한 식품의 발효 및 식품의 구강내 정체 때문에 설탕을 함유한 식품은 잠재적 탈회 능력을 가지고 있고

또한 우식을 유발할 수 있다(Biddy, 1951).

식품과는 별도로 음료에 의한 치아우식 유발성에 대해서도 보고되고 있다. Stafne (1947)는 천연 과일 주스와 같은 음료에 의한 치아 손상이 과일이 재배되어지는 곳에 한정되어 나타났고 보고했다. 하지만 가공기술의 발달과 생산력의 증대로 인하여 과일주스나 청량음료의 유통 및 소비가 증대 되어 기호성 음료에 의한 치아손상의 위험이 심각하게 대두되어 왔다. 일본의 경우 2차 세계대전 후 음식문화의 서구화와 기호성 음료 및 설탕의 사용 증가로 인하여 치아우식증 이환률이 급격하게 증가되었다(Miyazaki와 Morimoto, 1996; Yonemitsu와 Sutcliffe, 1992). 특히 치아우식증에 이환되기 쉬운 청소년기의 아동에서 주스나 콜라 등의 기호성 음료의 선호도가 높고 실제로 청량음료를 많이 섭취한 아동이 높은 치아우식증 발병률을 가진 것으로 보고되어졌다(Martinsson, 1972). 우리나라에서도 대표적인 기호성 음료인 과일주스, 콜라 그리고 유음료 등의 생산과 보급이 증가되어 소비되고 있으며 이로 인한 치아 유해성에 대한 의문이 제기되어 왔다. 해서 우리나라에서도 시판되는 기호성 음료에 대한 치아 탈회성 연구가 되어져 왔다(전과 최, 1988; 이와 최, 1989; 김과 김, 1988; 한과 이, 1989)

이러한 기호성음료는 크게 탄산음료, 이온음료, 과즙음료, 발효유, 유음료 등으로 나눌 수 있는데 유음료를 제외한 나머지에서는 음료자체가 치아 법랑질의 임계 pH인 5.7 이하의 산성도를 가지고 있으므로, 이러한 기호성 음료를 자주 섭취 하거나 취침 전에 섭취하면 매우 높은 치아우식 유발성을 보인다. 따라서 기호성 음료는 치아표면에 대하여 직접적인 탈회작용이 있으므로 이를 섭취한 후에 구강내 본래 pH로 되돌아가기까지의 시간은 상당히 중요하다(백역, 1998).

이러한 음료의 탈회성을 평가하기 위해서는 치태의 **pH**를 치아우식유발의 실험변수로 사용하였다. 이는 **Stephen**에 의해 주장되어 졌는데(**Stephen, 1940**) 당질의 섭취에 의해 발효되는 경우 치태내 **pH**가 떨어진 후 치태가 점차적으로 중성화가 되어가는 소위 **Stephen curve**로 널리 알려져 있다. 이러한 치태의 **pH**를 측정하는데 있어서는 크게 3가지 방법이 있는데 **Micro-touch method, Scraping method, Telemetric method**가 있다. 첫번째 **microtouch method**는 **antimony**(**Stephen, 1944; Miller, 1943**) 혹은 **glass electrode**를 이용하여 치태표면에 직접적으로 갖다 대어 **pH**를 측정하는 방법이다. 이 방법은 **Stephen**에 의해서 1938년 처음 시도되었는데 간단하고 다양한 연령대나 치아 상태에 따라서 융통성 있게 사용될 수 있다. 하지만 과거의 **micro-electrode** 방법은 구강 내 접근이 가능한 곳만 사용할 수 있었고 측정시 치태의 완전성을 파괴하며 연속적으로 측정되는 것이 아니라 단속적으로 측정되며 타액과의 접촉면에 의해서 왜곡된다. 두번째는 **scraping method**로서 치태 표본을 채취하여 실험실에서 **pH**를 측정하는 방법이다. **Fosdick**등(1941)이 **Stephen**과는 다른 방법으로 치태 **pH**를 측정하였는데 그들의 목적은 치아에 있는 우식성 물질의 **pH**를 측정하는 것으로 작은 양의 **pH**를 측정할 수 있는 **microglass "one drop" electrode**를 만들어 사용하였다. 이 방법은 **touch electrode**와 마찬가지로 간단하고 유동적인 방법이다. 또다른 장점은 여러 연령층과 각각의 치아건강상태 및 다양한 치아우식증 경험에 대하여 큰 틀에서 사용될 수 있다는 것이다. 그러나 이 방법은 치태 채취 과정에 있어서 접근이 가능한 부위에서만 가능하기 때문에 치아우식증 유발이 적은 부위에 한정되게 되고 치태가 채취될 때 형태 변형이 되는 단점이 있다. 마지막으로 **micro-electrode**를 매식하여 사용하는 기술적으로 정교한 방법인 **telemetric method**가 있다. 이 **telemetric method**는 스위스의 **Graf** 와 **Mühlemann**(1965, 1966)에 의해서 개발된 방법이다. 이 방법은 실험시 피검자에게 상당한 부담이 된다는 단점이 있는 반면 일반적인 식품 섭취 방법에 의해 치아표면에서 가장 가까운 부위에서 **pH** 측정

이 가능할 뿐 아니라 식품이 타액 분비에 미치는 영향도 소견에 포함될 수 있다. 또한 plaque의 pH를 구강 내에서 연속적으로 측정이 가능한 방법이며 가장 정밀하게 측정할 수 있는 큰 장점이 있는 방법이다.

이러한 telemetric method를 이용하여 스위스의 toothfriendly 협회에서는 가공식품에 의한 치아우식유발성 및 치아부식유발성 평가 방법을 제시하였다. 먼저 치아우식유발성 평가방법은 설탕용액을 구강 내에 머금은 상태에서 pH 5.0 이하로 이행되는 4명의 피검자를 대상으로 pH telemetry를 이용하여 생체 내에서 plaque pH의 변화를 측정하여 식품섭취 후 30분 이내 pH 5.7이하로 떨어지지 않는 식품에 대하여 치아우식비유발성 식품으로 인정하였다. 치아부식유발성 평가는 산성물질을 용액으로 만들어(1g/15ml 증류수) pH를 측정하고 최소한 2명을 피검자를 대상으로 치간치태의 pH를 측정하여 pH 5.7 이하로 떨어지지 않아야 한다고 제시하고 있다. 최근에는 설탕을 대신하는 감미료인 Xylitol, Sorbitol, Maltitol, Isomalt 등에 대해서도 이러한 방법을 이용하여 치아우식유발 평가를 하고 있다(Kristen, 2000; Stosser등, 1990).

그동안 국내에서는 김(1988), 전(1988), 이(1989), 한(1989) 등이 음료에 대한 pH 측정 및 법랑질의 탈회 연구를 해왔고 소비자 평가원에서 음료의 안전성에 대한 실태조사를 해왔다. 하지만 단순히 음료의 pH 및 touch electrode 방법으로 구강내 pH를 측정하였으며 아직까지 국내에서는 telemetry 방법을 이용하여 음료나 식품에 대한 연속적 pH 변화 측정을 시행한 적이 없었다.

따라서 본 연구는 아직까지 국내에서는 수행된 적이 없는 toothfriendly 협회에서 제시한 telemetric method를 이용해서 기호성 음료의 시간에 따른 구강내 pH 변화와 회복속도를 측정함으로써 기호성 음료에 의한 치아 탈회 및 치아우식 유발 위험성을 살펴보고자 하였다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험재료

가. 피검자

연세대학교에 재학중인 학생 중 연령층이 20대인 지원자를 받아 구강검사를 시행해서 현재 진행중인 치아우식증이 없고 glucose 용액을 머금은 상태에서 pH가 5.0 이하로 이행되는 4명의 학생을 연구 피검자로 선정하였으며, 실험동의서를 받은 후 실험을 시행하였다. 피검자는 모두 여성이었으며 평균연령은 23.2세였다.

나. 실험음료

기호성음료는 크게 탄산음료, 이온음료, 과즙음료, 발효유, 유음료 등 각 음료군에서 소비가 많이 되는 음료 중 무작위로 선정하였으며, 각 음료군 별로 사용된 제품은 다음과 같다.

Table 1. Testing drinks in experiments

분류	상품명	제조회사
Carbonated drink	coca-cola	Coca-cola korea bottling company
Isotonic drink	gatorade(lemon)	Lotte Chilsung Beverage Company
Fruit drink	orange juice	Lotte Chilsung Beverage Company
Fermented drink	yoghurt	Seoul milk
Sugared coffee	nescafe(regular)	Coca-cola korea bottling company

다. 구강내 장치의 제작

피검자를 대상으로 상·하악 인상을 채득 후 석고를 부어 구강모형을 만들어 0.7mm wire로 장치의 구강 내 유지를 위한 C clasp를 만들고 아크릴 레진을 이용하여 하악 5번-7번을 대상으로 장치를 만들었다. (Fig. 1)

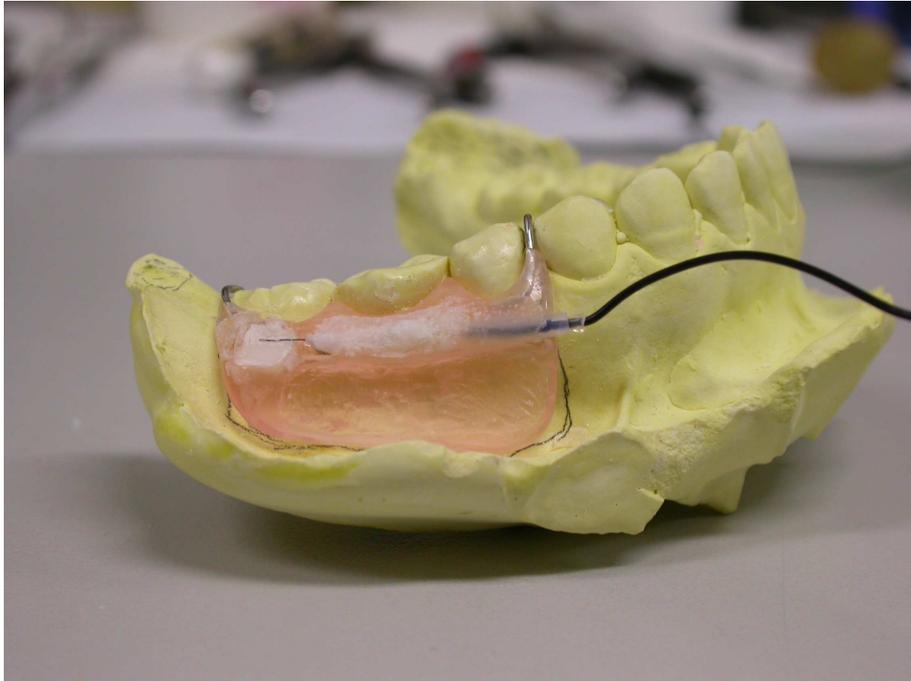


Figure 1. Appliance with micro-electrode and artificial hydroxyapatite

하루 동안 장치를 장착해 보고 불편한 곳이 있는지 확인해서, 불편한 곳이 없으면 장치에 인공 hydroxyapatite(HA, 펜타ックス株式會社, APP-100)가 위치될 window를 형성하고 electrode(Table 2)가 들어갈 수 있는 홈을 형성하였다. 인공 HA를 3×3mm로 만든 후 장치에 형성된 window에 만들어 놓은 인공 HA를 위치시키고 변연부위를 아크릴 레진으로 처리하여 장치에서 분리되지 못하도록 하였다. 인공 HA 부위에 micro-electrode tip을 위치시키고 형성해 놓은 홈에 electrode 전선 부위를 위치시킨 뒤 아크릴 레진으로 덮어 매몰시켰다. 구강 밖으로 나오게 될 전선 부분을 돌돌 말아 여유 공간에서 고무인상재로 덮고 완성된 장치를 하루 동안 물속에 보관해서 유해한 레진 성분이 모두

용출되도록 하였다.

Table 2. Specifications of micro-electrode(Beetrode) used in experiments

Tip Diameter	100μm (0.1mm)
Tip Length	2mm(approx.).except 5mm(approx.)on MEPH5
Response Time	1sec(90%) typical
pH Range	0-14
Slope	Nernstian
Resistance	100kΩ (max)
Selectivity	no significant, interference by k⁺,Na⁺,Ca⁺⁺ in 0.1 to 1M solutions. Cannot be used in blood or highly reducing or oxidizing solutions

2. 실험방법

Micro-electrode 위에 치태가 침착될 수 있도록 완성된 장치를 피검자에게 3일간 장착하도록 하였다. 이때 장치는 음식물 섭취시나 양치시, 취침시에만 구강내에서 제거하도록 하였고, 그 이외 시간에는 계속 장치를 장착하고 있도록 하였다. 치태가 얇게 전 electrode의 면을 덮고 있는 것이 확인 되면 실험을 시작하였다.

피검자를 자리에 앉히고 장치를 장착하고 pH 측정기와 측정값을 읽어내는 컴퓨터를 연결한 후 피펫을 이용하여 시료 1ml를 구강 내 장치의 electrode tip 부위에 뿌려준 후 30분 동안 pH 변화를 관찰하였다.

30분 후에는 피검자의 원래 구강내 pH로 회복시키기 위하여 파라핀 왁스를 씹게 하였다. 피검자가 원래 구강내 pH로 회복되면 위의 방법을 반복하여 각

시험음료를 측정하였다.

3. 통계분석

본 연구에 사용되어진 통계분석방법은 각 음료별로 시간에 따른 pH 값의 차이가 존재하는지를 보기 위해서 **Repeated one-way ANOVA**를 이용하여 분석하였으며, 다중비교를 위해 **duncan test**를 실시하였다. 모든 분석에는 **SAS 8.1** 통계팩키지 (**SAS Institute Inc., Cary, U.S.A**)를 이용하였다.

Ⅲ. 결과

1. 각 기호성음료의 조성

본 실험에서 사용된 기호성 음료의 종류와 세부적 조성은 다음과 같다(Table 3).

Table 3. Compositions of drinks for experiments

Drink	Compositions
coca-cola	liquefied fructose, carbonic acid gas, caramel color, phosphoric acid, spicy
orange juice	concentrated orange juice, liquefied fructose, calcium, orange fragranc, citric acid, Vitamine C
gatorade	liquefied fructose, liquefied fructose, citric acid, DL-malic acid, tri-natrium citrate
yoghurt	skim milk, skim milk powder, whey powder,
coffee	liquefied fructose, liquefied fructose, liquefied fructose concentrated coffee powder, sugar, whole milk powder, skim milk powder, sodium hydrogen carbonate

2. 피검자의 자극성 타액분비량

모든 피검자들에게 5분간 파라핀 왁스를 씹게 한 후 자극성 타액을 측정하였으며 평균 자극성 타액분비량은 1.26 ml/min이었다.

3. Electrode간 음료의 pH 변화

실험에 사용될 micro-electrode인 beetrode의 정확성을 평가하기 위하여 기존의 다른 pH 측정에 널리 사용되어왔던 orion사의 pH electrode와 비교 측정하였다(Table 4).

Table 4. pH values of Orion and Beetrode electrode

Drink	Orion	Beetrode
cola	2.47	2.50
orange juice	3.87	6.85
gatorade	3.05	3.21
yoghurt	3.64	3.60
coffee	6.59	7.12

4. 각 음료의 pH 변화

가. 콜라에 의한 pH 변화

콜라를 시료로 투입한 직후 급격한 pH 하강을 보였으며 피검자 D에서 pH 4.35로 최저치를 보이며 초기 20초 안에 빠른 pH 회복을 보였다. 그 후에 서서히 pH가 회복되어지는 것을 확인할 수 있었다(Table 5, Figure 2).

Table 5. pH change in cola

Time	Subject A	Subject B	Subject C	Subject D	Mean	SD
0	7.15	7.62	6.83	6.34	6.98	0.54
5sec	4.37	5.42	4.61	4.35	4.69	0.50
10sec	5.32	6.12	5.47	4.26	5.29	0.77
15sec	5.61	6.42	5.69	4.52	5.56	0.78
20sec	5.75	6.61	5.77	4.73	5.71	0.77
25sec	5.82	6.68	5.82	4.85	5.79	0.74
30sec	5.87	6.72	5.85	4.94	5.84	0.73
40sec	5.47	6.85	5.89	5.07	5.82	0.76
50sec	5.67	6.91	5.91	5.14	5.91	0.74
60sec	5.71	6.94	5.93	5.21	5.95	0.73
80sec	5.73	6.98	5.97	5.28	5.99	0.72
100sec	5.67	7.00	5.99	5.37	6.01	0.71
120sec	5.77	7.01	6.01	5.46	6.06	0.67
5min	5.83	6.96	6.06	5.55	6.10	0.61
10min	5.93	6.83	6.08	5.41	6.06	0.59
15min	6.16	6.77	6.08	5.46	6.12	0.53
20min	6.17	6.68	6.09	5.37	6.08	0.54

25min	6.19	6.75	6.11	5.30	6.09	0.60
30min	6.18	6.71	6.16	5.26	6.08	0.60

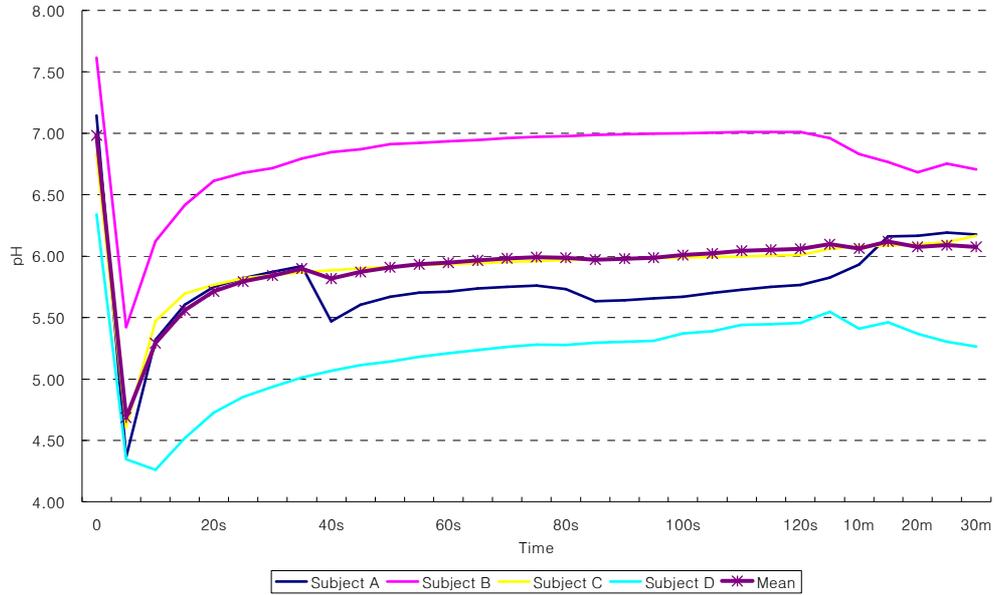


Figure 2. pH change in cola

나. 오렌지주스에 의한 pH 변화

오렌지주스를 시료로 투입한 직후 급격한 pH 하강을 보였다. 피검자 A와 B에서는 임계 pH인 5.7이하로 내려가지 않았고 피검자 D에서 pH 4.83의 최저치를 보였다. 피검자 A와 B에서는 10분 후 임계 pH 이상으로 회복되어졌다 (Table 6, Figure 3).

Table 6. pH change in orange juice

Time	Subject A	Subject B	Subject C	Subject D	Mean	SD
0	7.70	7.52	6.33	6.44	6.99	0.71
5sec	5.93	6.05	4.93	4.83	5.43	0.64
10sec	6.16	6.11	4.93	4.86	5.51	0.71
15sec	6.25	6.18	4.98	5.00	5.60	0.71

20sec	6.37	6.29	5.02	5.14	5.70	0.72
25sec	6.35	6.36	5.07	5.21	5.75	0.70
30sec	6.31	6.40	5.09	5.24	5.76	0.69
40sec	6.35	6.46	5.15	5.26	5.81	0.70
50sec	6.32	6.50	5.20	5.32	5.84	0.67
60sec	6.39	6.50	5.24	5.32	5.86	0.67
80sec	6.40	6.59	5.30	5.40	5.92	0.67
100sec	6.45	6.63	5.34	5.44	5.96	0.67
120sec	6.53	6.63	5.39	5.50	6.01	0.66
5min	6.87	6.82	5.57	5.68	6.23	0.70
10min	6.95	6.84	5.73	5.79	6.33	0.66
15min	7.22	6.87	5.80	5.82	6.42	0.73
20min	7.30	6.89	5.86	5.86	6.48	0.73
25min	7.39	6.94	5.91	5.88	6.53	0.76
30min	7.48	6.95	5.93	5.89	6.56	0.78

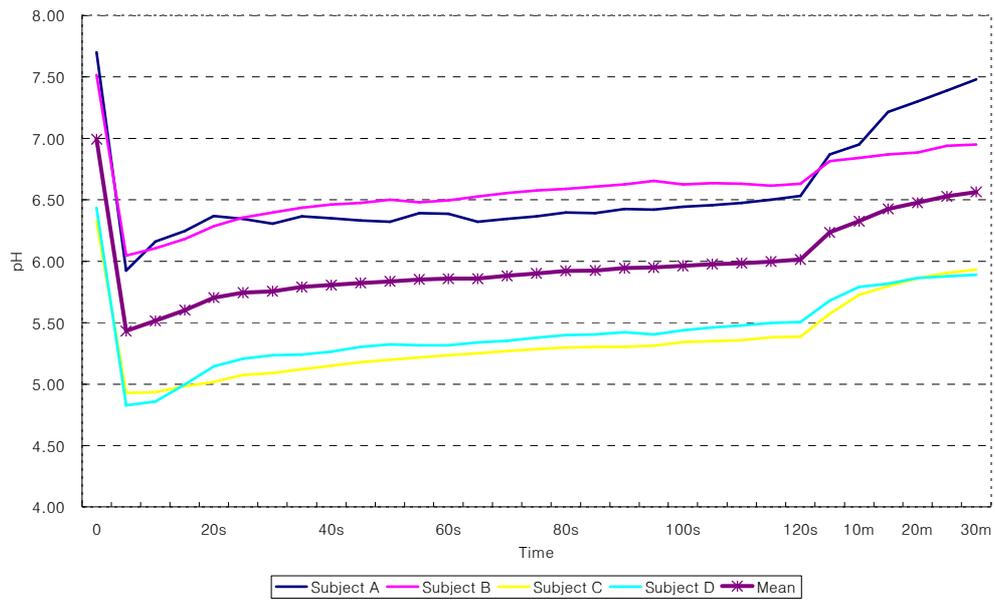


Figure 3. pH change in orange juice

다. 게토레이에 의한 pH 변화

게토레이를 시료로 투입한 직후 급격한 pH 하강을 보이며 피검자 D에서 pH 4.64로 최저치를 보였다. 피검자 B와 C에서는 30초 안에서 임계 pH 이상을 보였으나 피검자 A와 D에서는 20분 이상이 지나서야 임계 pH 이상을 회복하였다. 초기에는 빠른 pH 회복을 보였으나 그 후에는 아주 완만한 회복되었다(Table 7, Figure 4).

Table 7. pH change in gatorade

Time	Subject A	Subject B	Subject C	Subject D	Mean	SD
0	6.89	7.39	6.81	6.63	6.93	0.32
5sec	5.76	5.09	5.39	4.80	5.26	0.41
10sec	6.04	5.41	5.55	4.64	5.41	0.58
15sec	6.17	5.52	5.63	4.76	5.52	0.58
20sec	5.27	5.63	5.67	4.88	5.36	0.37
25sec	5.43	5.72	5.71	4.99	5.46	0.34
30sec	5.29	5.77	5.73	5.02	5.45	0.36
40sec	5.46	5.81	5.75	5.06	5.52	0.35
50sec	5.52	5.86	5.78	5.04	5.55	0.37
60sec	5.51	5.90	5.80	5.01	5.55	0.40
80sec	5.52	5.96	5.84	5.02	5.58	0.42
100sec	5.57	5.99	5.87	5.03	5.61	0.43
120sec	5.58	6.01	5.89	5.02	5.62	0.44
5min	5.49	6.03	5.99	5.36	5.72	0.34
10min	5.58	5.99	6.06	5.32	5.74	0.35
15min	5.63	6.02	6.12	5.33	5.77	0.36
20min	5.71	5.99	6.18	5.34	5.80	0.36
25min	5.81	5.99	6.23	5.39	5.85	0.35
30min	5.84	5.98	6.25	5.38	5.86	0.36

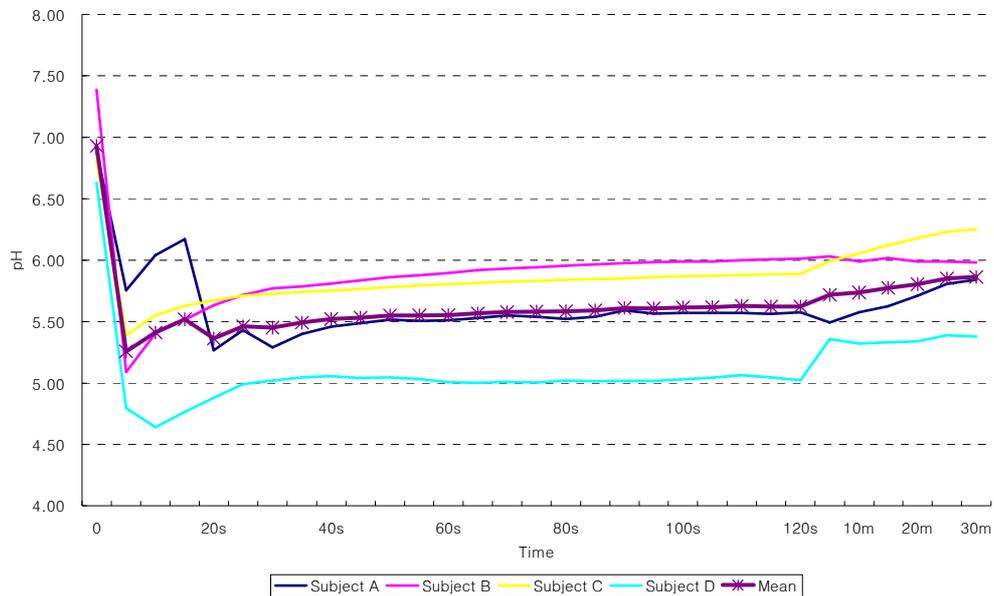


Figure 4. pH change in gatorade

라. 요구르트에 의한 pH 변화

요구르트를 시료로 투입한 직후 급격한 pH 하강을 보이며 피검자 D에서 pH 4.65로 최저치를 보였다. 시간이 경과하여도 피검자 B를 제외하고는 pH 회복이 거의 되지 않았으며, 30분 경과 후에도 피검자 A, C, D에서는 임계 pH 이상으로 회복되지 않았다(Table 8, Figure 5).

Table 8. pH change in yoghurt

Time	Subject A	Subject B	Subject C	Subject D	Mean	SD
0	7.16	7.65	6.58	6.73	7.03	0.48
5sec	4.94	5.45	5.37	4.65	5.10	0.38
10sec	5.37	5.60	5.34	4.69	5.25	0.39
15sec	5.50	5.63	5.33	4.77	5.31	0.38
20sec	5.54	5.64	5.33	4.82	5.33	0.37
25sec	5.51	5.68	5.32	4.83	5.34	0.37
30sec	5.51	5.69	5.32	4.90	5.36	0.34
40sec	5.50	5.73	5.32	4.90	5.36	0.35

50sec	5.39	5.66	5.31	4.89	5.31	0.32
60sec	5.36	5.68	5.31	4.89	5.31	0.32
80sec	5.32	5.70	5.31	4.92	5.31	0.32
100sec	5.32	5.77	5.31	4.97	5.34	0.33
120sec	5.33	5.79	5.31	4.92	5.33	0.36
5min	5.24	5.94	5.32	4.98	5.37	0.41
10min	5.29	5.90	5.35	4.90	5.36	0.41
15min	5.36	5.98	5.39	5.16	5.47	0.35
20min	5.41	6.06	5.41	5.08	5.49	0.41
25min	5.47	6.09	5.42	5.18	5.54	0.39
30min	5.50	6.19	5.45	5.31	5.61	0.39

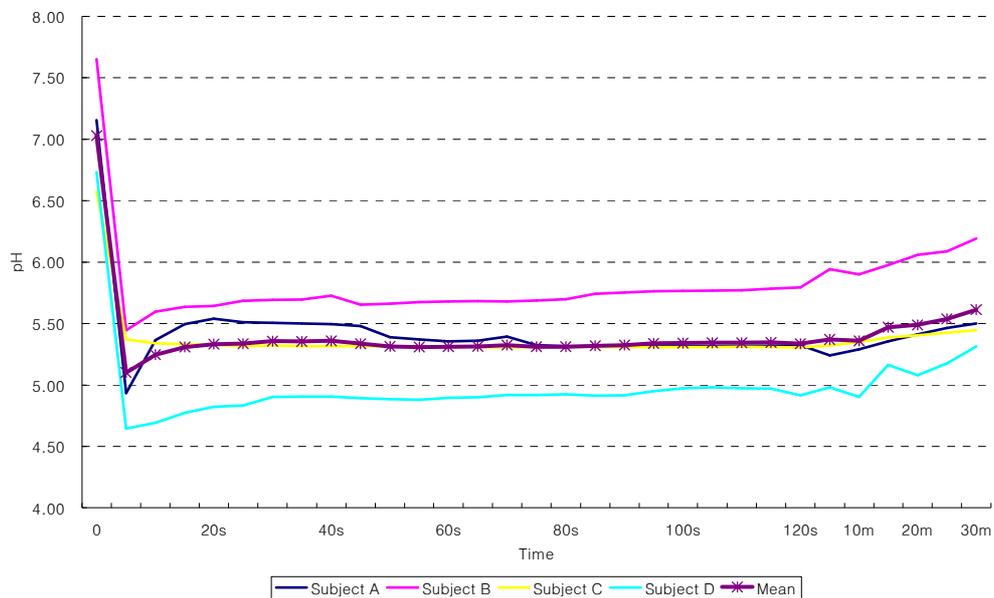


Figure 5. pH change in yoghurt

마. 커피에 의한 pH 변화

커피를 시료로 투입한 직후 모든 피검자에서 pH가 상승하였으며 그 후 서서히 내려갔다. 어느 피검자에서도 임계 pH 5.7 이하로는 내려가지 않았다 (Table 9, Figure 6).

Table 9. pH change in coffee

Time	Subject A	Subject B	Subject C	Subject D	Mean	SD
0	7.87	7.87	6.37	6.48	7.15	0.83
5sec	8.26	8.07	6.52	6.80	7.41	0.88
10sec	8.25	8.01	6.52	6.61	7.35	0.91
15sec	8.26	8.00	6.53	6.63	7.35	0.90
20sec	8.26	7.98	6.53	6.60	7.34	0.90
25sec	8.24	7.97	6.53	6.62	7.34	0.89
30sec	8.24	7.95	6.53	6.64	7.34	0.88
40sec	8.22	7.92	6.52	6.68	7.34	0.86
50sec	8.23	7.92	6.53	6.70	7.34	0.86
60sec	8.24	7.91	6.52	6.71	7.34	0.86
80sec	8.23	7.37	6.52	6.75	7.22	0.76
100sec	8.20	7.86	6.51	6.78	7.34	0.82
120sec	8.18	7.86	6.50	6.76	7.33	0.82
5min	8.08	7.81	6.41	6.79	7.27	0.80
10min	8.01	7.70	6.29	6.73	7.18	0.81
15min	7.94	7.62	6.16	6.70	7.10	0.82
20min	7.85	7.36	6.09	6.68	6.99	0.77
25min	7.76	7.59	6.02	6.60	6.99	0.82
30min	7.69	7.64	5.94	6.63	6.98	0.85

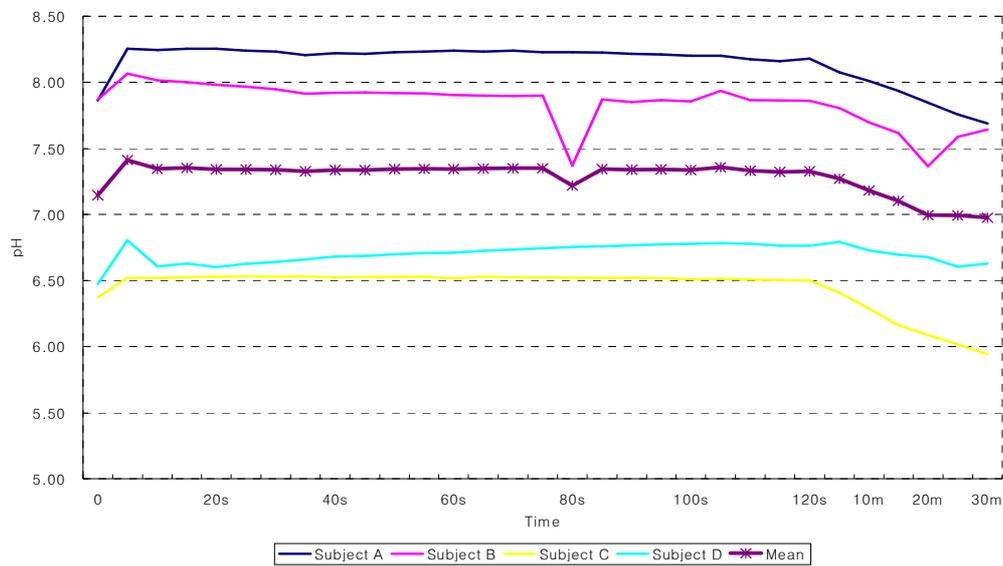


Figure 6. pH change in coffee

5. 음료별 전체 피검자의 평균 pH 변화량

커피를 제외한 4가지 음료에서 시료 투입 직후 급격한 pH 하강을 보였으며, pH 변화가 극심한 초기 2분간의 음료별 pH 변화량을 검정하기 위해서 0초, 20초, 40초, 60초, 80초, 100초, 120초에서 매 시간마다 측정된 pH 값들을 종속 변수로 두고 Repeated one-way ANOVA를 시행하고 Duncan test로 다중분석을 시행한 결과 음료가 투입되기 전인 0초를 제외한 나머지 시간 모두에서 커피가 나머지 다른 4가지 음료들보다 통계적으로 유의하게 pH가 높게 나타났다($p < 0.01$). 최저 pH는 콜라(pH 4.69), 요구르트(pH 5.10), 게토레이(pH 5.17), 오렌지주스(pH 5.43), 커피(pH 7.41)순으로 나타났다. 요구르트와 게토레이에서는 급격한 pH 하강후 약간의 상승 그리고 그 이후는 변화가 거의 없거나 아주 완만하게 회복되어지는 양상을 보였다. 콜라와 오렌지주스에서는 급격한 pH 하강 후 요구르트와 게토레이에 비해 많은 pH 상승을 보인 후 완만하지만 다른 두 음료에 비해 빠른 회복을 보였다. 커피의 경우 pH가 오히려 상승하였으며 그 후 처음 pH로 회복되는 양상을 확인할 수 있었다(Table 10, Figure 7).

Table 10. pH change in all drinks

Time	Cola	Orange juice	Yoghurt	Coffee	Gatorade	Mean	SD
0	6.98	6.99	7.03	7.11	6.78	6.98	0.12
5sec	4.69	5.43	5.10	7.41	5.17	5.56	1.07
10sec	5.29	5.51	5.25	7.35	5.42	5.76	0.89
15sec	5.56	5.60	5.31	7.35	5.54	5.87	0.84
20sec	5.71	5.70	5.33	7.34**	5.38	5.89	0.83
25sec	5.79	5.75	5.34	7.34	5.47	5.94	0.81
30sec	5.84	5.76	5.36	7.34	5.46	5.95	0.80
40sec	5.82	5.81	5.36	7.34 **	5.52	5.97	0.79
50sec	5.91	5.84	5.31	7.34	5.54	5.99	0.79
60sec	5.95	5.86	5.31	7.34**	5.56	6.00	0.79
80sec	5.99	5.92	5.31	7.22**	5.58	6.00	0.73
100sec	6.01	5.96	5.34	7.34**	5.62	6.05	0.77
120sec	6.06	6.01	5.33	7.33**	5.62	6.07	0.76
5min	6.10	6.23	5.37	7.27	5.72	6.14	0.72
10min	6.06	6.33	5.36	7.18	5.74	6.13	0.69

15min	6.12	6.42	5.47	7.10	5.77	6.18	0.63
20min	6.08	6.48	5.49	6.99	5.81	6.17	0.59
25min	6.09	6.53	5.54	6.99	5.85	6.20	0.57
30min	6.08	6.56	5.61	6.98	5.86	6.22	0.55

** : statistically significant(Duncan test, $p < 0.01$)

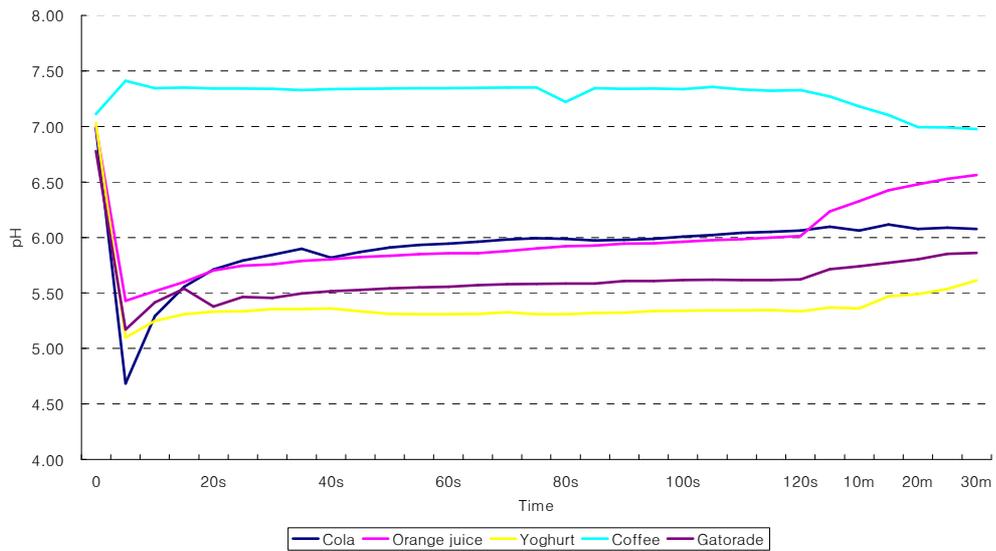


Figure 7. pH change in all drinks

IV. 고찰

구강내의 pH의 변화 특히 치태의 pH 변화는 치태의 산생성능력과 치아우식유발가능성의 연구에 있어서 중요한 인자로 여겨진다. 이러한 치태내 pH 변화를 보기 위하여 많은 방법들이 개발되어져 왔으며 현재 가장 신뢰성이 높은 방법이 **telemetric method**이다. 기존의 **touch electrode**와 **plaque sampling** 방법에서는 pH를 측정할 때 실험용 치태의 내부적 형태를 붕괴시키는데 이러한 단점을 극복하기 위하여 Graf 와 Mühlemann (1965, 1966)은 치태 pH를 연속적으로 측정하는 방법으로 **telemetric method**를 고안하였다. 이전의 모델에서는 pH 관독에 있어서 **wire telemetry system**을 이용하였으나(Schachtele와 Jensen, 1982), Zurich system은 **telemetric method**의 선구자로서 하악의 자연 치에 **cobalt-chromium** 보철물을 삽입하여 pH 변화를 측정하였다. 다른 **touch electrode**와 **plaque sampling method**와는 달리 이 **telemetric method**은 연속적인 pH 변화를 읽을 수 있다. Shield 와 Mühlemann (1975)은 **wire telemetry**를 이용하여 치태 pH와 불소농도를 측정하였는데 이때 만들어진 **Stephen curve**는 치태의 위치나 나이, 당질류의 질과 발효정도, 타액분비율에 따라 크기와 모양이 틀리다고 보고 했다. Graf와 Mühlemann은 1970-80년대에 많은 논문들을 내 놓았는데 몇몇 종류의 식료품을 **telemetric method**으로 연구하여 실험 치태의 pH가 5.7이하로 내려가지 않는 음식물의 경우 "safe for tooth"라고 하였다. Imfeld(1992)는 치태 내 산생성이 작은 식품을 "tooth friendly"라고 명명하였다.

이러한 **telemetric method**로 구강내 pH 변화를 보면 식품이나 음료가 임계 pH 5.7 이하로 내려가는 경우 치아탈회 및 치아우식 유발률에도 많은 영향을 미친다. 최근에 경제발달 및 소비경향의 변화로 인하여 기호성 음료의 사용이 증가되고 있고 이로 인하여 기호성 음료에 의한 치아 탈회에 대한 문제가 증

가하고 있다. 특히 치아의 생성기나 성장기에 있는 유아나 청소년의 경우 이러한 영향이 더 클 것이다. 청소년의 기호성 음료 소비실태와 소비의식(소비자 안전국 식의약품안전팀, 2005)을 보면 청소년의 경우 여자는 콜라를 선호하고 남자의 경우 스포츠음료를 더 선호하는 것으로 나타나 있으며 음료는 평균 주 5회 정도 섭취하는 것으로 나타났고 1/3 이상이 음료를 많이 마시면 치아 손상이 올 수 있다는 것을 모르고 있었다.

본 연구에서는 우리가 일상에서 접할 수 있는 대표적인 기호성 음료인 커피, 요구르트, 게토레이, 오렌지주스, 콜라를 가지고 각 음료의 pH 및 구강 내에서의 pH 변화를 보았다. micro-electrode인 beetrode를 내장시켜서 구강내 pH변화를 측정하였다. 음료 자체 pH를 측정한 결과 콜라에서 2.50, 오렌지주스에서 6.85, 게토레이에서 3.21, 요구르트에서 3.59, 커피에서 7.12였다. 여기에서 보면 커피를 제외한 나머지 음료는 낮은 pH를 보여주고 있다. 커피를 제외한 나머지 음료에서 시료 투입 직후 초기에 임계 pH인 5.7 이하로 급격한 pH 하강을 보였으며 점차 회복되었다. 요구르트와 이온음료인 게토레이는 pH 변화 곡선을 보면 완만하여 아주 천천히 회복되었다. 이와는 달리 콜라와 오렌지주스에서는 요구르트나 게토레이에 비하여 상대적으로 회복속도가 빨랐다. 커피의 경우 초기에는 pH가 오히려 증가하였다가 서서히 감소하였는데, 이러한 pH 변화속도는 각 음료에 첨가된 산의 해리도 차이와 그 음료에 반응하는 타액완충능 그리고 타액분비량 정도에 영향을 받는다. 산의 경우 유기산과 무기산으로 구분되며 콜라에는 무기산인 인산(pKa : 12.67)이 첨가 되어 있으며 오렌지주스와 게토레이에는 구연산(pKa : 4.76)과 같은 유기산이 들어 있었다. 최(1999)와 Yoshimura등(2000)의 연구에 따르면 무기산인 경우 수소이온의 농도는 높지만 해리도가 높아서 구강내 노출시 산이 빨리 해리되어 pH의 회복이 빠른 반면 유기산의 경우 수소이온의 농도는 낮지만 해리도가 낮아서 서서히 해리되며 pH의 회복속도가 늦다. 오렌지주스의 경우 유기산의 신 맛으로 인한

자극을 통해 타액분비가 일부 증가되어 구강 내에서 타액의 완충력이 높아져서 pH의 회복이 상대적으로 빠른 것으로 보인다. 요구르트는 pH가 낮으면서도 회복되는 속도가 아주 늦어서 구강 내에서 치아탈회 및 우식 유발률이 높은 것으로 사료되었다.

기호성 음료 중에서 특히 요구르트에 의한 탈회와 치아우식 유발율은 성인보다는 소아와 청소년에서 더 중요하다. 요구르트의 경우 식품과는 달리 입에 머금고 있는 것이 아니라 바로 삼키기 때문에 구강내 잔류되는 시간이 짧아서 치아에 대한 탈회 등의 문제는 비교적 적겠지만 음료 사용 횟수의 증가, 산성 음료를 장시간 동안 입에 머금고 있는 경우 치아 탈회가 될 수 있다. 소아의 경우 성인과 달리 음료를 섭취하는 양은 적지만 치아의 석회화 정도가 성인에 비하여 낮고 타액에 의한 탈회부위의 재광화가 낮기 때문에(Anderson 등, 2001) 상대적으로 치아 우식증에 이환될 확률이 높다. 이유식 시기로의 전환기에 젓병에 요구르트를 넣어 수유를 한다던지, 잘못된 지식으로 인하여 어머니들이 아기들에게 탈수로 인한 수분공급을 위하여 이온음료가 중성 pH로 오인하고 이온음료를 젓병에 같이 주는 경우가 많다. 이 경우 소아는 요구르트나 이온음료를 장기간 입안에 머금고 있기 때문에 치아와 산이 접촉하게 되는 시간이 증가 되며 pH 회복이 늦어지게 된다. 이로 인하여 유치의 치아 탈회 및 치아우식증 유발률이 증가하게 되고 유아의 경우 우유병 우식증을 유발할 수도 있다. 또한 운동선수와 같이 스포츠음료의 음용을 많이 하는 집단의 경우 치아부식이나 치아우식증에 대한 주의가 필요하겠다.

본 연구는 모든 기호성 음료들을 조사하지 못했고, telemetric 연구의 특성상 많은 피검자를 대상으로 조사하지 못했으므로 각 음료군에서 좀 더 다양한 음료들과 다양한 유형의 피검자들을 대상으로 한 추후연구가 필요하다. 하지만 이상의 결과들로 비추어 볼 때, 기호성 음료는 구강내 치아탈회 및 치아우식

증 유발에 많은 영향을 끼치는 것으로 나타나 다음과 같은 주의가 필요하다고 사료된다. 첫째 소비자들에 대한 음료 특히 요구르트와 이온음료에 대한 치아 손상 가능성에 대해서 주지시켜야 할 것이고, 둘째 제조업체에서는 음료의 pH를 높이려는 방안을 모색해야 하며, 세 번째 음료내에 불소를 함유하여 산에 의한 치아 탈회에 저항성을 높이는 방법과 네 번째 식품과 마찬가지로 음료에 산성도 표시 및 치아우식 유발성과 비우식유발성에 대한 평가 기준이 마련되어야겠다.

V. 결론

기호성 음료들에 의한 시간에 따른 구강내 pH 변화를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 커피를 제외한 콜라, 오렌지주스, 게토레이, 요구르트에서 임계 pH 5.7 이하의 pH 하강이 나타났다.
2. 콜라는 투입 직후 pH 4.69 까지 급격한 pH 하강을 보였으나 20초 후 5.7을 회복하였으며 그 후 완만하게 회복하였다.
3. 오렌지주스는 투입 직후 pH 5.43 까지 급격한 pH 하강을 보였으나 20초 후 5.7을 회복하였으며 그 후 완만하게 회복하였다.
4. 요구르트는 투입 직후 pH 4.69 까지 급격한 pH 하강을 보였고 30분경과 후에도 5.7을 회복하지 못했다.
5. 게토레이는 투입 직후 pH 5.17 까지 급격한 pH 하강을 보였으며 5분 후 5.7을 회복하였으며 그 후 완만하게 회복하였다.
6. 커피는 투입 직후 pH 7.41 까지 pH 상승을 보인 후 6.98까지 서서히 하강하였다.

이러한 결과들로 기호성 음료가 구강내에서 정체 된다면 치아탈회 및 치아우식증 유발에 영향을 많이 끼치는 것으로 나타났다. 커피를 제외한 나머지 음료에서 낮은 pH가 나왔고 게토레이에서는 pH 5.7을 회복하였으나 회복양상이 아주 완만하였고 요구르트에서는 pH 회복이 거의 일어나지 않았다. 그러므로 이를 많이 섭취하는 청소년기 아동이나 소아에 대한 요구르트등과 같은 음료에 대한 치아 탈회 및 우식유발 가능성에 대하여 주지시켜야 할 것이다. 또한 식품과 마찬가지로 음료에 대한 치아우식 유발성 표시 및 비우식유발성에 대한 평가 기준이 마련되어야겠다.

참고문헌

김계중, 김종렬: 수종의 시판음료가 흰쥐의 법랑질 침식에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. 대한구강보건학회지 12(1): 13-28, 1988.

김종배, 최유진: 공중구강보건학. 고문사. 1997, 서울.

백대일 등 (역): 치아를 지키는 감미료. 건치. 1998, 서울.

최홍식: 식품과 현대인의 식생활. 지구문화사. 1999, 서울.

소비자안전국 식의약품안전팀: 음료의 안전성 실태조사. 2005, 서울.

이태수, 최유진: 산성음료가 법랑질탈회에 미치는 영향에 관한 연구, 경희치대, 서울, 1989.

전진학, 최유진: 시판 음료수의 pH와 불소이온농도에 관한 분석연구. 경희치대논문집, 10: 701-711, 1988.

한성협, 이광희: 주사전자현미경적관찰과 치태 pH 하강측정을 통한 보리음료와 콜라음료의 법랑질 탈회 비교연구, 원광치대, 익산, 1989.

Aktion Zahnfreundlich. Toothfriendly Sweets International. hauptstraße 63. CH-4102 Binningen 1. Switzerland.

Anderson P, Hector MP, Rampersad MA: Critical pH in resting and

stimulated whole saliva in groups of children and adults. *International journal of pediatric dentistry* 11(4): 266-73, 2001.

Berkey CS, Douglass CW, Valachovic RW, Chauncey HH: Longitudinal radiographic analysis of carious lesion progression. *Community Dent Oral Epidemiol* 16(2): 83-90, 1988.

Bibby BG, Goldberg HJ, Chen E: Evaluation of caries-producing potentialities of various foodstuffs. *J Am Dent Assoc* 42(5): 491-509, 1951.

Feagen FF, Gray JA: Discussion, *Caries Res* 11: 79-83, 1977.

Fosdick LS, Campaigne EE, Fancher O: Rate of acid formation in carious areas. The aetiology of dental caries. *Illinois Dental Journal* 10: 85-95, 1941.

Graf H, Mühlemann HR: Glass electrode telemetering of pH changes of interdental human plaque. *J Dent Res* 44: 1139, 1965.

Graf H, Mühlemann HR: Telemetry of plaque pH from interdental area. *Helvetica Odontologica Acta* 10: 94-101, 1966.

Grenby TH: Snack foods and dental caries. Investigations using laboratory animals. *Br Dent J* 168(9): 353-61, 1990.

Imfield T: 'Safe for teeth' confectionery and the International Sympadent Federation. *Riview Belgian Medical Dental* 47: 59-66, 1992.

Jensen ME: Diet and dental caries. Dent Clin North Am 43(4): 615-33, 1999.

McNutt K: Sugar Replacers and the FDA Nocariogenecity Claim. J Dent Hyg Vol 74(1): 6-40, 2000.

Martinsson T: Socio-economic investigation of school children with high and low caries frequency. III. A dietary study based on information given by the children. Odontol Revy 23(1): 93-113, 1972.

Miyazaki H, Morimoto M: Changes in caries prevalence in japan. Eur J Oral Sci 104(4): 452-8, 1996.

Schachtele CF, Jensen ME: Comparison of methods for monitoring changes in the pH of human dental plaque. J Dent Res 61(10):1117-25, 1982.

Shields WF, Mühlemann HR: Simultaneous pH and fluoride telemetry from oral cavity. Helvitica Odontologica Acta 19(1): 18-26, 1975.

Stafne, EC, Lovestedt SA: Dissolution of tooth substance by lemon juice and beverages and acid from some other sources. J Am Dent Assoc 34: 586, 1947.

Stephen Rm: Changes in hydrogen ion concentration on tooth surfaces and in carious lesion. J Am Dent Assoc 27: 718-23, 1940.

Stephen Rm: Intra oral hydrogen ion concentrations associated with dental caries activity. J Dent Res 23: 257-66, 1944.

Stephen Rm, Miller BF: A quantitative method for evaluating physical and chemical agents which modify production of acids in bacterial plaques on human teeth. J Dent Res 1943;22:45-51

Stosser L, Tietze W, Kunzel W, Limberger K: Intraoral pH measurement by determination of acidogenic potentials of dietary materials. Oralprophylaxe. 12(4): 145-53, 1990.

Wilson CJ: Ready-to-eat cereals and dental caries in children: a three-years study. J Dent Res 58(9):1853-8, 1979.

Yonemitsu M, Sutcliffe P: Comparative study of oral health status between Scottish and Japanese schoolchildren aged 6-11 years. Community Dent Oral Epidemiol 20: 354-9, 1992.

Yoshimura N, Okazaki M, Nakagawa N: Stimulation of the Dissociation Constant and Concentration by a Linear-Squares Method with Non-Negative Constraint. Analytical Sciences 16(Dec): 1331-1335, 2000.

Abstract

Measurement of intra-oral pH and recovery speed of favorite drinks by telemetry method

Dong-GU SEO, D.D.S.

Department of Dentistry

The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor Baek-II Kim, D.D.S, M.P.H, Ph.D)

The drinks ordinary to foodstuffs have direct decalcification in tooth and cariogenicity. So the pH of drinks, intra-oral pH changes during intaking of drinks and the ability of pH recovery are important means to incidence and prevention of dental caries.

Telemetry method is the method to measure continuous intraoral pH change by using appliance including micro-electrode for 4 subjects. By using this method, intra-oral pH change and recovery speed is measured during intaking cola, getorade, orange juice, yoghurt and coffee.

1. In cola, intra-oral pH was rapidly decreased to pH 4.69 directly after injection and after 20 seconds recovered to pH 5.7.
2. In Orange juice, intra-oral pH was rapidly decreased to pH 5.43 directly after injection and after 20 seconds recovered to pH 5.7.
3. In yoghurt, intra-oral pH was rapidly decreased to pH 4.69 directly

after injection and couldn't recovered to pH 5.7 although after 30 minutes.

4. In getorade, intra-oral pH was rapidly decreased to pH 5.17 directly after injection and after 5 minutes recovered to pH 5.7.

5. In coffee, intra-oral pH was raised to pH 7.41 directly after injection and then after decreased slowly to 6.98.

This results show that yoghurt has the high potential of tooth decalcification and cariogenicity. It needs a caution to child about frequent intaking or intaking before going to bed.

Key words : **telemetry method, intra-oral pH, favorite drink**