

죽염이 *Streptococcus mutans*의 우식활성에 미치는 영향오한나¹, 최충호^{2,3}¹원광보건대학교 치위생과, 전남대학교 치의학전문대학원 ²예방치과학교실, ³치의학연구소Effect of bamboo salt on the caries activity of *Streptococcus mutans*Han-Na Oh¹, Choong-Ho Choi^{2,3}¹Department of Dental Hygiene, Wonkwang Health Science University, Iksan,²Department of Preventive & Public Health Dentistry, Chonnam National University School of Dentistry,³Dental Science Research Institute, Chonnam National University School of Dentistry, Gwangju, Korea

Received: October 11, 2016

Revised: November 29, 2016

Accepted: November 30, 2016

Corresponding Author: Choong-Ho Choi

Department of Preventive & Public Health
Dentistry, Chonnam National University
School of Dentistry, 33 Yongbong-ro,
Buk-gu, Gwangju 61186, Korea
Tel: +82-62-530-5834
Fax: +82-62-530-5835
E-mail: hochoi@chonnam.ac.kr**Objectives:** The purpose of this study was to evaluate the anti-caries activity of bamboo salt on *Streptococcus mutans*.**Methods:** The pH of bamboo salt, bay salt, and NaCl were measured at concentrations of 1%, 3%, 5%, and 10%. At 3, 6, 9, 12, 18, and 24 h, the growth and acid production of *S. mutans* was measured using a spectrophotometer and pH meter, respectively.**Results:** The growth of *S. mutans* remarkably reduced with the addition of 1% NaCl. Bamboo salt showed effective growth inhibition at concentrations higher than 3%. Bay salt showed effective growth inhibition at concentrations higher than 5% ($P < 0.01$). At salt concentrations of 1%, the pH value of bacterial culture broth reduced to below 5.5 after 12 h. Bamboo salt and NaCl reduced acid production at concentrations higher than 3%. Moreover, bay salt decreased acid production at concentrations higher than 5%.**Conclusions:** These results showed that the bamboo salt inhibited growth and acid production of *S. mutans*. Thus, bamboo salt can be considered a useful material for the prevention of dental caries.**Key Words:** Bamboo salt, Dental caries, *Streptococcus mutans*

서론

치아우식증은 전 세계 인류에 광범위하게 이환되어 있는 세균 감염성 질환으로 구강병 중 가장 유병률이 높은 질환이다. 구강 내에는 다양한 미생물들이 존재하며 특히 *mutans streptococci* 중 *Streptococcus mutans* (*S. mutans*)는 치아우식증과 가장 밀접한 관련이 있는 균으로 주로 인간의 타액과 치태 내에서 발견된다¹⁾.

우식유발세균의 독력인자에는 내산성, 산생성, 자당 의존적 부착력, 세포외 다당류 합성, 부착소로 작용하는 표면 단백질 등이 있다²⁾. 이중 *S. mutans*는 세포벽에 H+(proton)-translocating

ATPase를 가지고 있어 다른 세균에 비해 내산성이 높아 낮은 pH에서도 지속적으로 대사작용을 유지한다^{3,4)}.

현재 치아우식증을 예방하기 위해 불소⁵⁾를 비롯해, CPP-ACP (Casein Phosphopeptide Amorphous Calcium Phosphate)⁶⁾, 자일리톨과 같은 항 우식 감미제의 사용⁷⁾, 죽염⁸⁾ 등 여러 제재들이 사용되어지고 있다. 이 중 죽염은 천일염을 대나무 속에 다져 넣고 황토반죽으로 입구를 막아 철가마에 넣고 800°C-900°C로 구운 후 대나무가 타고 남은 소금기둥을 분쇄하여 다시 대나무에 넣고 동일한 과정을 8회 반복한 후 마지막 9회째는 1,300°C 이상의 고열에서 용융시켜 얻어낸 물질로 한국 전통의 민간약제⁹⁾로서 현재

죽염 치약을 비롯해 죽염 고추장, 죽염된장, 죽염 비누, 죽염 화장품 등 여러 가지 생활용품 및 식품에 함유되어 사용되고 있다. 죽염의 약리작용으로는 염증, 바이러스성 질환, 당뇨, 암 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있다¹⁰⁾.

구강질환과 관련된 죽염에 대한 연구는 3% 농도의 죽염을 치약에 첨가하여 초기우식병상질에 처리한 후 미세방사선촬영술로 분석한 결과 죽염이 초기우식병소의 재광화를 유도하였고¹¹⁾, 3%의 농도의 죽염용액을 초기우식병소에 처리 한 후 미세전산화단층촬영술로 분석한 결과 병소부위의 재광화가 일어났으며¹²⁾, 죽염을 함유한 치약이 법랑질의 내산성을 증진시키는데 효과가 있다고 보고되었다¹³⁾. 또한 죽염을 다양한 우식유발균에 적용하여 항세균 효과를 보고 한 연구도 있다⁸⁾. 이처럼 죽염의 초기우식병소의 재광화 효과 및 항균효과에 관련된 연구들은 활발히 진행되고 있으나 우식을 유발하는 우식유발세균의 독력인자 중 하나인 성장력과 산생성력에 미치는 영향에 관련된 연구는 미미한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 우식활성과 관련하여 대표적인 우식유발균인 *S. mutans*에 죽염을 적용한 후 죽염이 세균의 성장, 산생성에 미치는 영향을 평가하여 우식활성에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 실험 용액 및 pH 측정

죽염은 9회 죽염(bamboo salt, Insan, Hamyang, Korea, 이하 죽염)을 사용하였고, 천일염은 9회 죽염을 만드는 원료로 사용되는 천일염(bay salt, Tae pyeong saltern, Shinan, Korea)을 사용하였으며, 양성 대조군으로는 시약용 NaCl (99.5% Sigma, St. Louis, MO, USA)을 사용하였다. 실험용액은 Sohn 등⁸⁾의 연구를 참고로 하여 각각 1%, 3%, 5%, 10% 농도로 제조하였고, 각 실험용액의 pH는 pH meter (920A pH meter, Thermo Orion, Beverly, USA)를 이용하여 3회 반복하여 측정하였다.

2. 실험균주

Streptococcus mutans ATCC 31989는 전남대학교 치의학전문대학원 구강미생물학교실에서 동결건조로 보관중인 것을 brain heart infusion (BHI) 액체배지에 접종하여 37°C 배양기에서 24시간 동안 수차례 계대 배양하여 사용하였다.

3. *S. mutans*의 성장력 측정

각 소금의 종류별, 농도별 *S. mutans*의 성장 억제력을 측정하기 위하여 BHI 액체배지에 각각 1%, 3%, 5%, 10% 농도의 죽염, NaCl, 천일염을 넣고 *S. mutans*를 접종하여 37°C에서 24시간 동안 배양하였다. 세균의 성장정도는 3시간 간격으로 배양균을 꺼내어 620 nm의 파장에서 배양액의 흡광도를 spectrophotometer (EZ Read 400, Biochrom, UK)로 측정하였으며, 3회의 실험을 반복하여 평균을 구하였다. 대조군은 *S. mutans*를 접종한 BHI 액체배지를 사용하였다.

4. *S. mutans*의 산생성력 측정

10% 자당이 함유된 BHI 액체배지에 1%, 3%, 5%, 10% 농도의 죽염, NaCl, 천일염을 넣고 *S. mutans*를 접종하였다. 37°C 배양기 내에 pH meter (Thermo Orion)를 장치한 후 24시간동안 배양하면서 0, 2, 4, 8, 12, 16, 24시간마다 pH를 측정하여 소금의 종류별 농도에 따른 *S. mutans*의 산 생성 정도를 측정하였다. 모든 실험은 3회 반복하였으며 대조군으로 *S. mutans*를 접종한 10% 자당이 함유된 BHI 액체배지를 사용하였다.

5. 자료 분석

실험용액의 pH값, 소금의 농도에 따른 *S. mutans*의 각 시간별 성장력을 측정한 흡광도 값과 산생성력 측정값인 pH값은 평균과 표준편차로 나타내었다. 이 중 *S. mutans*의 각 시간별 성장력과 산생성력은 repeated measures ANOVA를 시행하였고, 실험용액의 pH값은 Kruskal-Wallis test를 시행하였으며, 두 군간 비교는 Mann-Whitney test를 시행하였다. 통계분석은 SPSS (Statistical Package for the Social Sciences 18.0. SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계프로그램을 이용하여 수행하였다.

연구 성적

1. 실험용액의 pH

실험용액의 pH는 죽염(9.31-9.89)에서는 전 농도에서 pH가 9.0이상으로 강한 알칼리성을 나타내었다. 천일염은 중성(6.73-7.22), NaCl은 약산성(6.05-6.15)을 나타냈으며, 농도별로는 농도가 증가 할수록 pH가 상승하였다. 1%, 3%, 5%, 10% 각각의 농도에서 죽염, NaCl, 천일염은 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다 ($P < 0.05$)(Table 1).

2. 소금별 농도에 따른 *S. mutans*의 성장력

소금의 종류와 농도별로 *S. mutans*를 접종한 후 배양하면서 3시간마다 꺼내어 흡광도를 측정한 결과 *S. mutans*의 성장력은 1%, 3%, 5%, 10% 농도에서 대조군, 천일염, 죽염, NaCl의 순이었다. 천일염은 1% 농도에서는 *S. mutans*의 성장을 억제하지 못했으며, NaCl과 죽염에서 성장억제 효과를 보였으나 죽염에서는 그 효과가 미미하게 나타났다(Table 2). 3% 농도에서는 NaCl과 죽염

Table 1. The pH of experimental solutions

Unit: Mean \pm SD

Concentration (%)	pH		
	Bamboo salt	NaCl	Bay salt
1*	9.31 \pm 0.04 ^a	6.05 \pm 0.09 ^c	6.73 \pm 0.05 ^b
3*	9.52 \pm 0.09 ^a	6.11 \pm 0.06 ^c	6.94 \pm 0.03 ^b
5*	9.69 \pm 0.06 ^a	6.13 \pm 0.07 ^c	7.10 \pm 0.08 ^b
10*	9.89 \pm 0.01 ^a	6.15 \pm 0.04 ^c	7.22 \pm 0.06 ^b

a,b,c*The letter indicates significant difference by Mann-Whitney test at each concentration.

* $P < 0.05$, by Kruskal-Wallis test.

Table 2. Growth of *Streptococcus mutans* in 1% experimental solutions Unit: Mean±SD

Time (hr)	Group			
	Control ^c	Bamboo salt ^b	NaCl ^a	Bay salt ^c
0	0.005±0.00	0.005±0.00	0.005±0.00	0.005±0.00
3	0.005±0.00	0.006±0.00	0.005±0.00	0.006±0.00
6	0.007±0.00	0.006±0.00	0.002±0.00	0.007±0.00
9	0.016±0.00	0.006±0.00	0.002±0.00	0.010±0.00
12	0.034±0.00	0.008±0.00	0.002±0.00	0.025±0.00
15	0.035±0.00	0.015±0.00	0.002±0.00	0.035±0.00
18	0.034±0.00	0.021±0.00	0.002±0.00	0.033±0.00
21	0.032±0.00	0.027±0.00	0.002±0.00	0.033±0.00
24	0.032±0.00	0.026±0.00	0.001±0.00	0.033±0.00

^{a,b,c}The letter indicates significant difference by Tukey, at $\alpha=0.05$.

* $P<0.01$, by repeated measures ANOVA.

Table 3. Growth of *Streptococcus mutans* in 3% experimental solutions Unit: Mean±SD

Time (hr)	Group			
	Control ^c	Bamboo salt ^a	NaCl ^a	Bay salt ^b
0	0.005±0.00	0.005±0.00	0.005±0.00	0.005±0.00
3	0.005±0.00	0.004±0.00	0.005±0.00	0.006±0.00
6	0.007±0.00	0.005±0.00	0.005±0.00	0.007±0.00
9	0.012±0.00	0.004±0.00	0.005±0.00	0.006±0.00
12	0.034±0.00	0.004±0.00	0.005±0.00	0.007±0.00
15	0.035±0.00	0.004±0.00	0.004±0.00	0.009±0.00
18	0.034±0.00	0.004±0.00	0.004±0.00	0.013±0.02
21	0.032±0.00	0.005±0.00	0.005±0.00	0.020±0.00
24	0.032±0.00	0.005±0.00	0.005±0.00	0.026±0.00

^{a,b,c}The letter indicates significant difference by Tukey, at $\alpha=0.05$.

* $P<0.01$, by repeated measures ANOVA.

에서만 뚜렷한 성장억제효과를 보였고(Table 3), 5%와 10% 농도에서는 NaCl, 죽염, 천일염 순으로 *S. mutans*의 성장을 억제하였다($P<0.01$)(Table 4 and 5). 천일염은 농도가 증가함에 따라 점점 *S. mutans*의 성장을 억제하였고, 죽염은 3% 농도부터 명확하게 *S. mutans*의 성장을 억제하였다.

3. 소금의 종류에 따른 *S. mutans*의 산생성력 측정

소금의 종류별 농도에 따라 24시간 동안 *S. mutans*를 배양하면서 산생성력을 측정한 결과, 1% 농도에서는 배양 8시간째 죽염을 함유한 배지의 pH가 7.13으로 다른 군들이 약산성을 나타내는 것과 달리 중성상태를 나타내었다. 12시간부터 배지의 pH는 죽염(5.36 ± 0.07), NaCl (4.98 ± 0.04), 천일염(4.14 ± 0.04) 순서로 우식을 유발할 수 있는 임계 pH인 5.5이하로 감소하였다(Table 6).

3% 농도에서 대조군은 12시간부터 pH가 5.5이하로 감소하였고, 천일염은 16시간 이후에 pH가 5.5이하로 감소되었으며 NaCl과 죽염에서는 24시간 이후에도 6.0이상의 pH를 유지하였다. 모든 군간에는 통계적으로 유의한 차이가 있었으며($P<0.01$), 최종 pH는 대조군(4.05 ± 0.02)이 가장 낮았고, 다음으로 천일염(4.25

Table 4. Growth of *Streptococcus mutans* in 5% experimental solutions Unit: Mean±SD

Time (hr)	Group			
	Control ^d	Bamboo salt ^b	NaCl ^a	Bay salt ^c
0	0.005±0.00	0.005±0.00	0.005±0.00	0.005±0.00
3	0.005±0.00	0.007±0.00	0.005±0.00	0.010±0.00
6	0.007±0.00	0.007±0.00	0.005±0.00	0.012±0.00
9	0.012±0.00	0.007±0.00	0.004±0.00	0.012±0.00
12	0.034±0.00	0.007±0.00	0.005±0.00	0.012±0.00
15	0.035±0.00	0.007±0.00	0.005±0.00	0.013±0.00
18	0.034±0.00	0.007±0.00	0.005±0.00	0.013±0.00
21	0.032±0.00	0.007±0.00	0.005±0.00	0.015±0.00
24	0.032±0.00	0.007±0.00	0.005±0.00	0.016±0.00

^{a,b,c,d}The letter indicates significant difference by Tukey, at $\alpha=0.05$.

* $P<0.01$, by repeated measures ANOVA.

Table 5. Growth of *Streptococcus mutans* in 10% experimental solutions Unit: Mean±SD

Time (hr)	Group			
	Control ^c	Bamboo salt ^a	NaCl ^a	Bay salt ^b
0	0.005±0.00	0.005±0.00	0.005±0.00	0.005±0.00
3	0.005±0.00	0.005±0.00	0.004±0.00	0.006±0.00
6	0.007±0.00	0.007±0.00	0.005±0.00	0.007±0.00
9	0.012±0.00	0.005±0.00	0.004±0.00	0.006±0.00
12	0.034±0.00	0.005±0.00	0.004±0.00	0.007±0.00
15	0.035±0.00	0.004±0.00	0.004±0.00	0.007±0.00
18	0.034±0.00	0.003±0.00	0.004±0.00	0.006±0.00
21	0.032±0.00	0.004±0.00	0.004±0.00	0.014±0.00
24	0.032±0.00	0.004±0.00	0.005±0.00	0.010±0.00

^{a,b,c}The letter indicates significant difference by Tukey, at $\alpha=0.05$.

* $P<0.01$, by repeated measures ANOVA.

± 0.00), 죽염(6.00 ± 0.07), NaCl (6.69 ± 0.02)순이었다(Table 7). 5% 농도에서는 대조군을 제외한 모든 군에서 24시간 이후에도 6.0이상의 pH를 유지하였다. 최종 pH는 죽염(8.37 ± 0.01), NaCl (6.98 ± 0.01), 천일염(6.21 ± 0.01), 대조군(4.05 ± 0.02)순으로 통계적으로 유의한 차이가 있었으며, 24시간 후에도 죽염은 pH가 8이상의 알칼리성을 나타내었다($P<0.01$)(Table 8). 10%의 고농도에서도 대조군을 제외한 모든 군에서 24시간 이후에도 6.0이상의 pH를 나타냈으며, 죽염은 24시간 동안 8이상의 pH를 유지하였다(Table 9).

고 안

치아우식증은 치아의 경조직이 탈회되어 발생하는 비가역성 질환으로, 깨끗한 치아에 타액으로부터 당단백막이 형성되면 그 위에 구강 내 세균이 부착하여 집락을 이루면서 시작한다¹⁴⁾. 치아우식의 발생에 가장 밀접한 균인 *S. mutans*는 자당으로부터 산을 생성하여 치면세균막 및 구강 내 pH를 낮추어 산성환경을 만들고 치아를 탈회시켜 치아우식을 발생시킨다¹⁵⁾. 또한 *S. mutans*는

Table 6. Acid production by *Streptococcus mutans* in 1% experimental solutions
Unit: Mean \pm SD

Time (hr)	pH			
	Control ^a	NaCl ^b	Bay salt ^b	Bamboo salt ^c
0	7.29 \pm 0.04	7.24 \pm 0.03	7.26 \pm 0.01	7.59 \pm 0.02
2	7.28 \pm 0.04	7.21 \pm 0.04	7.25 \pm 0.02	7.58 \pm 0.01
4	7.18 \pm 0.02	7.16 \pm 0.03	7.19 \pm 0.02	7.57 \pm 0.01
8	6.26 \pm 0.03	6.58 \pm 0.01	6.53 \pm 0.01	7.13 \pm 0.00
12	4.14 \pm 0.04	4.98 \pm 0.04	4.82 \pm 0.02	5.36 \pm 0.07
16	4.11 \pm 0.01	4.18 \pm 0.09	4.18 \pm 0.04	4.34 \pm 0.02
24	4.05 \pm 0.01	4.08 \pm 0.03	4.09 \pm 0.01	4.17 \pm 0.02

^{a,b,c,d}The letter indicates significant difference by Tukey, at $\alpha=0.05$.

* $P<0.01$, by repeated measures ANOVA.

Table 7. Acid production by *Streptococcus mutans* in 3% experimental solutions
Unit: Mean \pm SD

Time (hr)	pH			
	Control ^a	NaCl ^c	Bay salt ^b	Bamboo salt ^d
0	7.29 \pm 0.04	7.13 \pm 0.01	7.23 \pm 0.02	8.01 \pm 0.03
2	7.28 \pm 0.04	7.12 \pm 0.02	7.14 \pm 0.03	8.02 \pm 0.01
4	7.18 \pm 0.02	7.10 \pm 0.02	7.08 \pm 0.01	8.03 \pm 0.02
8	6.26 \pm 0.03	7.06 \pm 0.01	6.91 \pm 0.01	8.03 \pm 0.03
12	4.14 \pm 0.04	6.95 \pm 0.01	6.42 \pm 0.03	7.84 \pm 0.03
16	4.11 \pm 0.01	6.71 \pm 0.06	4.87 \pm 0.01	7.34 \pm 0.04
24	4.05 \pm 0.02	6.69 \pm 0.02	4.25 \pm 0.00	6.00 \pm 0.07

^{a,b,c,d}The letter indicates significant difference by Tukey, at $\alpha=0.05$.

* $P<0.01$, by repeated measures ANOVA.

산에도 잘 견디는 능력이 있기 때문에 치아우식증 유발의 중요한 인자로 생각된다¹⁶⁾.

이러한 구강 내 세균과 관련하여 우식증을 예방하기 위한 방법으로는 클로르헥시딘과 같은 항생제 이용법¹⁷⁾, 자일리톨과 같은 항우식성 감미제 이용법⁷⁾, 불소를 이용한 우식세균의 억제¹⁸⁾, 글루칸 분해효소 등을 이용한 치면세균막 형성 억제법¹⁹⁾ 등이 있다. 이중 항균 효과가 뛰어난 클로르헥시딘은 장기간 사용할 경우 치아 착색 등의 부작용이 있으며, 자일리톨과 같은 항우식성 감미제는 장기간 사용시 자일리톨 내성균주가 발생한다. 또한 불소를 이용한 우식세균의 억제는 과도한 불소 사용시 반점치를 유발시킬 수 있다. 이에 따라 *S. mutans*의 독력 요인으로 작용하는 산생성력, 성장력, 부착력, 세포외 다당류 합성, 내산성, 돌연변이생성 등을 억제할 수 있는 대체물에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다^{20,21)}.

죽염은 예로부터 전해져 온 한국 전통의 민간약제로 과학적으로 입증되지 않은 상태에서 민간적으로 여러 질환에 다양하게 사용되어왔고, 현재까지 식염 및 건강 보조 식품, 기타 여러 제품의 원료로 사용되고 있다. 죽염은 굽는 횟수에 따라 1회 죽염, 3회 죽염, 9회 죽염으로 나뉘는데 굽는 과정을 거듭할수록 원재료인 천일염에 비해 다량의 미네랄 등이 증가하며, 수용액 상태에서 pH는 9 이상의 알칼리성을 보인다²²⁾. 통상 죽염이라 함은 9회 죽염을 말하며 시중에 가장 많이 유통되고 있다.

Table 8. Acid production by *Streptococcus mutans* in 5% experimental solutions
Unit: Mean \pm SD

Time (hr)	pH			
	Control ^a	NaCl ^c	Bay salt ^b	Bamboo salt ^d
0	7.29 \pm 0.04	7.06 \pm 0.03	7.26 \pm 0.01	8.24 \pm 0.04
2	7.28 \pm 0.04	7.07 \pm 0.01	7.06 \pm 0.03	8.25 \pm 0.04
4	7.18 \pm 0.02	7.05 \pm 0.01	7.02 \pm 0.01	8.27 \pm 0.02
8	6.26 \pm 0.03	7.04 \pm 0.00	7.00 \pm 0.01	8.26 \pm 0.04
12	4.14 \pm 0.04	7.00 \pm 0.03	6.89 \pm 0.01	8.27 \pm 0.03
16	4.11 \pm 0.01	6.99 \pm 0.01	6.54 \pm 0.01	8.03 \pm 0.01
24	4.05 \pm 0.02	6.98 \pm 0.01	6.21 \pm 0.01	8.37 \pm 0.01

^{a,b,c,d}The letter indicates significant difference by Tukey, at $\alpha=0.05$.

* $P<0.01$, by repeated measures ANOVA.

Table 9. Acid production by *Streptococcus mutans* in 10% experimental solutions
Unit: Mean \pm SD

Time (hr)	pH			
	Control ^a	NaCl ^b	Bay salt ^b	Bamboo salt ^c
0	7.29 \pm 0.04	7.04 \pm 0.02	7.22 \pm 0.02	8.67 \pm 0.01
2	7.28 \pm 0.04	7.03 \pm 0.05	7.22 \pm 0.02	8.66 \pm 0.01
4	7.18 \pm 0.02	7.00 \pm 0.04	7.20 \pm 0.02	8.64 \pm 0.01
8	6.26 \pm 0.03	7.01 \pm 0.03	7.17 \pm 0.01	8.64 \pm 0.02
12	4.14 \pm 0.04	6.98 \pm 0.04	6.89 \pm 0.06	8.60 \pm 0.04
16	4.11 \pm 0.01	6.94 \pm 0.06	6.64 \pm 0.06	8.33 \pm 0.02
24	4.05 \pm 0.02	6.93 \pm 0.04	6.73 \pm 0.03	8.69 \pm 0.04

^{a,b,c,d}The letter indicates significant difference by Tukey, at $\alpha=0.05$.

* $P<0.01$, by repeated measures ANOVA.

Kim 등²³⁾은 죽염의 안전성을 확인하기 위하여 독성실험 및 유효성에 관한 실험을 진행하였고, 대부분의 결과가 천일염과 유사하게 나타나 안전성과 유효성이 보고되었다. 죽염은 현재 일상생활에서 식음중이며, 치약을 비롯해 여러 제품에 사용되어지고 있지만 어떠한 기전으로 우식예방효과를 나타내는지에 대해서는 아직 명확하게 밝혀지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 죽염이 *S. mutans*의 여러 독력인자 중 하나인 산생성력과 내산성에 어떠한 영향을 미쳐 항우식 효과를 나타내는지 알아보려고 하였다.

본 연구에서 시간별로 죽염이 *S. mutans*의 성장력에 어떠한 영향을 미치는지 관찰한 결과, 1% 농도에서는 성장억제효과가 미미하게 나타났으며, 3% 농도부터 성장을 억제하였다. 천일염의 경우, 1%와 3% 농도에서는 *S. mutans*의 성장을 거의 억제하지 않아 죽염이 천일염보다 *S. mutans*의 성장을 더 억제함을 알 수 있었다.

이는 죽염이 함유하고 있는 불용성 물질 때문인 것으로 생각되며, Sohn 등⁸⁾의 연구에서도 본연구와 죽염의 농도에는 약간의 차이는 있으나 죽염이 식염보다 낮은 농도에서 세균의 성장을 억제하는 것과 유사한 결과가 나타났다. Jo와 Shin²⁴⁾은 여러 소금의 염화나트륨 함량을 비교한 연구에서 죽염은 95.5%, 천일염은 84.3%를 포함한다고 하여 천일염의 염화나트륨 함량이 죽염보다 낮다고 보고하였다. 이에 *S. mutans*에 대한 각 군의 성장억제 효과는 소금의 주 구성성분인 염화나트륨의 군에 대한 삼투압작용이 큰 것

으로 생각되며, 죽염이 원 재료인 천일염보다 성장 억제력 더 높게 나타난 이유는 죽염이 함유하고 있는 염화나트륨의 농도도 천일염보다 더 높지만 삼투압이 존재할 경우 죽염의 염분과 굽는 과정에서 생기는 CaMgSiO_4 , Mg_2SiO_4 과 같은 불수용성물질과의 상승작용이 일어나 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

산생성력 또한 1% 농도의 모든 군에서 12시간 이후부터 우식증을 유발할 수 있는 임계 pH인 5.5 이하에 머물러 산생성을 억제하지 못하였다. 죽염은 3% 농도에서부터 24시간 후에도 6.0 이상의 pH를 유지하여 *S. mutans*의 산생성력을 억제하는 것을 볼 수 있었다. 이는 죽염의 성장억제 효과에 따른 산생성 억제효과가 나타난 것으로 생각해 볼 수 있으며, 또 다른 이유로는 본 연구에서 죽염의 수용액 상태에서 pH를 측정한 결과 모든 농도에서 pH 9 이상으로 알칼리성을 나타내어 약산성인 NaCl과 중성인 천일염에 비해 높음을 알 수 있었다.

pH값은 수용액내의 OH기가 증가되면 알칼리성이 되는데 죽염이 알칼리성을 띠는 이유도 수용액 상태에서 OH기를 많이 함유하고 있기 때문이다. 이와 관련된 연구로는 Zhao 등²⁵⁾이 죽염과 천일염의 OH기 함량을 pH측정법 및 FT-IR 분광법을 이용하여 비교한 결과, 죽염이 천일염에 비해 OH기를 많이 함유하고 있어 알칼리성을 띄게 되며, 이로 인해 항산화능력도 있을 것이라고 보고하였다. 손 등⁸⁾은 죽염용액의 자체 pH가 높으며, 산을 첨가하면 순간적으로는 pH가 하락 되지만 계속해서 본래의 pH로 복귀하려는 성질을 보여 구강 내 pH가 하락하는 것을 상당히 억제할 것이라고 보고 하였으며, 본 연구에서도 동일한 결과가 나타났다. 따라서 죽염 수용액의 알칼리성 특성은 *S. mutans*가 산을 생성하여 구강 내 pH를 감소시키는데 중화작용을 한 것으로 생각해 볼 수 있다.

산생성력 측정 시 0시간 일 때 죽염 pH 값이 1% 농도에서는 중성을 나타내었고, 3% 이상의 농도에서는 약알칼리성을 나타내었다. 이는 죽염을 증류수가 아닌 BHI 배지에 용해시켰기 때문으로, 순수한 BHI 배지의 pH값은 약 7.2 정도였다. 이로 인해 강한 알칼리성 특성을 가진 죽염의 pH 값이 중성의 pH값을 갖는 BHI 배지와 그 구성성분들에 의해 중화되어 pH 값이 더 낮게 나타난 것으로 생각해 볼 수 있다.

본 연구에서 죽염은 치아우식에 관여하는 *S. mutans*의 성장과 산생성을 억제하는 것을 알 수 있었다. 본 연구의 제한점은 죽염을 *S. mutans*에만 적용시켜 연구를 하여 구강 내 존재하는 다른 균주에 대한 효과는 알 수 없었고, 구강 내 적용 시 타액에 의한 희석 및 잔류시간도 고려되지 않았다.

따라서 추후에는 죽염용액을 실제 구강 내에 존재하는 다양한 균주에 적용하여 항우식 효과를 밝히고, 죽염을 구강 내 적용 시 구강 내 잔류시간도 고려되어야 할 것이다. 또한 죽염의 여러 무기 성분들 중 어떠한 무기물질이 독립인자들에 작용하여 각각의 효과를 나타내었는지에 관한 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

결론

본 연구는 죽염이 대표 우식 유발균인 *S. mutans*의 성장력과

산생성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 농도별로 *S. mutans*에 적용하여 성장력과 산생성력에 대한 죽염의 효과를 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 소금의 종류에 따른 *S. mutans*의 성장력은 1%, 3%, 5%, 10% 농도에서 대조군, 천일염, 죽염, NaCl의 순으로 나타났으며, NaCl은 1%에서 죽염은 3%에서 천일염은 5%에서부터 *S. mutans*의 성장을 억제하였다($P<0.01$).

2. *S. mutans*의 산생성력은 대조군, 천일염, 죽염, NaCl의 순으로 나타났으며, 1% 농도에서는 모든 군에서 12시간부터 pH 5.5 이하로 감소하였다. 3% 농도에서는 대조군은 12시간부터 pH 5.5 이하로 감소하였고, 천일염은 16시간 이후에 pH 5.5이하로 감소하였으며, NaCl과 죽염에서는 24시간 이후에도 6.0이상의 pH를 유지하였다.

이상의 결과로 죽염은 치아우식에 관여하는 *S. mutans*의 성장과 산생성을 억제하는 것을 알 수 있었다. 따라서 일상생활에서 치약과 더불어 양치용액으로 3% 농도의 죽염 사용 시 치아우식활성을 감소시키는데 유용할 것으로 생각된다

References

1. Van Houte J. Role of micro-organisms in caries etiology. J Dent Res 1994;73:672-681.
2. Trahan L, Söderling E, Dréan MF, Chevrier MC, Isokangas P. Effect of xylitol consumption on the plaque-saliva distribution of mutans streptococci and the occurrence and long-term survival of xylitol-resistant strains. J Dent Res 1992;71:1785-1791.
3. Bender GR, Sutton SV, Marquis RE. Acid tolerance, proton permeabilities, and membrane ATPases of oral streptococci. Infect Immun 1986;53:331-338.
4. Hamilton IR, Buckley ND. Adaptation by *Streptococcus mutans* to acid tolerance. Oral Microbiol Immunol 1991;6:65-71.
5. Vaikuntam J : Fluoride varnishes: should we be using them?. Pediatr Dent 2000;22:513-516.
6. Reynolds EC, Cai F, Shen P, Walker GD. Retention in plaque and remineralization of enamel lesions by various forms of calcium in a mouthrinse or sugar-free chewing gum. J Dent Res 2003;82:206-211.
7. Mäkinen KK, Isotupa KP, Kivilompolo T, Mäkinen PL, Toivanen J, Söderling E. Comparison of erythritol and xylitol saliva stimulants in the control of dental plaque and mutans streptococci. Caries Res 2001;35:129-135.
8. Sohn WS, Yoo YC, Kim CY. The effect of NaCl and bamboo salt on the growth of various oral bacteria. J Korean Acad Dent Health 1991;15:255-268.
9. Kim IH. Sinyak. Seoul:Insanga;2008:35-42.
10. Ju IO, Jung GT, Ryu J, Choi JS, Choi YG. Chemical components and physiological activities of bamboo (*Phyllostachys bambusoides* Starf) extracts prepared with different methods. Korean J Food Sci. Technol 2005;37:542-548.
11. Choi CH, Ha MO, Youn HJ, Jeong SS, Iijima Y, Sohn W, et al. Effect of bamboo salt-NaF dentifrice on enamel remineralization. Am J Dent 2012;25:9-12.
12. Oh HN, Choi CH, Hong SJ. Remineralization effect of bamboo salt and sodium fluoride solutions on artificial enamel Lesion by Micro-computed tomography. J Korean Acad Dent Health 2011;35:273-280.

13. Ha MO, Choi CH, Youn HJ, Hong SJ. The effect of dentifrice containing bamboo salt on the acid resistance of enamel. J Korean Acad Dent Health 2010;34:482-490.
14. Listgarten MA, Korostoff J. Dental plaque. In: Harris NO, García-Godoy F. Primary preventive dentistry. 6th ed. New Jersey: Person Education Inc; 2004. 14-28.
15. Takahashi N. Microbial ecosystem in the oral cavity: Metabolic diversity in an ecological niche and its relationship with oral diseases. International Congress Series 2005;1284:103-112.
16. Fejerskov O, Scheie AA, Manji F. The effect of sucrose on plaque pH in the primary and permanent dentition of caries-inactive and -active Kenyan children. J Dent Res 1992;71(1):25-31.
17. Filoche SK, Soma K, Sissons CH. Antimicrobial effects of essential oils in combination with chlorhexidine digluconate. Oral Microbiol Immunol 2005;20(4):221-225.
18. Xu X, Burgess JO. Compressive strength, fluoride release and re-charge of fluoride-releasing materials. Biomaterials 2003;24(14):2451-2461.
19. Cho HS, Hae TR, Yoon JW. Isolation of α -1,3 glucanase from microorganism and the production of high activity α -1,3 glucanase for hydrolysis of dental plaque. Kor J Appl Microbiol Biotechnol 1993;21:263-268.
20. McDonnell G, Russell AD. Antiseptics and disinfectants: activity, action and resistance. Clin Microbiol Rev 1999;12(1):147-179.
21. Trahan L, Bourgeau G, Breton R. Emergence of multiple xylitol-resistant (fructose PTS-) mutants from human isolates of *mutans streptococci* during growth on dietary sugars in the presence of xylitol. J Dent Res 1996;75:1892-1900.
22. Kim YH, Ryu HI. Elements in a bamboo salt and comparison of its elemental contents with those in other salts. Yakhak Hoeji 2003;47:135-141.
23. Kim JG, Seo KW, Lee BH, Park MK, Park CW, Shin DW, et al. 3 Months repeated dose toxicity studies of the bamboo salt(Jukyum) in rats. J Toxicol Pub Health 2002;18:149-157.
24. Jo EJ, Shin DH. Study on the chemical compositions of sun-dried, refined, and processed salt produced in chonbuk area J Fd Hyg Safety 1998;13:360-364.
25. Zhao X, Jung OS, Park KY. Alkaline and antioxidant effects of bamboo salt. J Korean Soc Food Sci Nutr 2012;41:1301-1304.