

## Alginate의 Na 흡착효과와 다시마 첨가 김치의 개발

하정옥 · 박건영<sup>†</sup>

부산대학교 식품영양학과 및 김치연구소

### Na-binding Capacity of Alginate and Development of Sea Tangle Added *Kimchi*

Jung-Ok Ha and Kun-Young Park<sup>†</sup>

Dept. of Food Science and Nutrition, and Kimchi Research Institute,  
Pusan National University, Pusan 609-735, Korea

#### Abstract

In order to develop a low Na functional *kimchi* using sea tangle, the Na-binding capacity of alginate in sea tangle along with other dietary fibers was evaluated *in vitro*. The adding type and amount of the sea tangle that contains alginate in *kimchi* and characteristics of the sea tangle added *kimchi* were also studied. Na-binding capacity of various dietary fibers such as cellulose, pectin, guala gum, carageenan, alginates (sodium alginate, alginate, alginate from sea tangle) was measured by equilibrium dialysis method in pH 2 and pH 7 *in vitro*. Guala gum, carageenan and a group of alginates effectively bound to Na<sup>+</sup>. Especially sodium alginate showed high Na-binding capacity of 29.2% in pH of stomach (pH 2.0) and 33.8% in pH of small intestine (pH 7.0), however, the alginate extracted from sea tangle could not bind Na in pH of stomach (pH 2.0), but 27.4% in pH of small intestine (pH 7.0) condition. The content of alginate in sea tangles (dried sea tangle, salted sea tangle and washed salted sea tangle) was 19.8~22.2% on dry matter basis. The sea tangle added *kimchi* was prepared with the addition of the flake type (0.5×3 cm) of sea tangle with a quantity of 30% in *kimchi* from the data of the sensory analysis. The addition of the sea tangle to the *kimchi* increased the content of soluble dietary fiber, suggesting the Na-binding capacity increased. The sea tangle added *kimchi* (SK) and sea tangle and fermented anchovy added *kimchi* (SAK) showed higher levels of reducing sugar and acidity than the control *kimchi* (CK). In quantitative descriptive analysis (QDA) SK and SAK showed higher score in overall acceptance, and lower score in acidic odor than CK, however, SK showed less moldy taste and more fresh acidic taste than SAK.

**Key words:** alginate, sea tangle, *kimchi*, Na-binding capacity

#### 서론

소금은 일반적으로 고혈압의 원인이 되지만 염분 섭취 제한식은 이전에는 손상된 신장 기능을 가진 고혈압 환자에게만 추천되어 왔다(1). 그러나 혈압은 습관적인 소금 섭취와 강한 긍정적 상관관계를 가진다하여 최근에는 모든 고혈압 환자에게 염분섭취 제한이 중요시되고 있다(2-4). 만성적 고혈압 환자인 경우 고염식에서 rennin분비가 적어지지 않거나 심지어는 증가되어 나트륨을 배설하는 기능이 손상되어 혈압이 높아진다(1). 그리고 세포간의 나트륨의 증가는 Na-Ca 교환을 억제하여 혈관벽에 Ca이 축적되어 근육의 탄력이 저하되며 저항이 커져 혈압은 증가된다고 알려져 있다(5,6). 특히 고혈압의 75~90%를 차지하는 본태성 고혈압은 유전적 소인으로 원인은 불분명하나 소금의 과다섭취가 중요한 원인

이 될 수 있어(7) 식단에서 염분섭취를 줄이는 것은 중요하다.

한편, 김치는 당과 지질 함량이 낮고, 풍부한 식이섬유와 발효과정 중 생성되는 젖산균에 의한 정장작용 및 대장암의 예방효과 뿐만 아니라 고혈압, 동맥경화, 당뇨에도 효과적이라고 알려지고 있다. 또한 주재료인 야채가 갖는 비타민과 무기질 그리고 β-카로틴, 후라보노이드류, 클로로필 등의 생체조절영양소들로 인한 항산화, 면역증강, 항암효과가 있다고 보고되고 있어 한국인의 영양과 건강유지에 중요하게 관련되어 있다(8). 그러나 김치의 저장성과 젖산균 발효를 위한 소금의 첨가와 이의 과잉 섭취는 고혈압 및 위암을 비롯한 여러 가지 질병의 원인이 될 수도 있어 저염김치의 개발이 중요하다 하겠다. 소금의 농도가 낮은 저염김치는 숙성에 불필요한 각종 미생물의 번식으로 부패되기 쉬워 이를 해결하기 위한

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed

방법으로 대체염이나 항균성 물질첨가와 같이 김치의 보존성을 증대시키는 방법과 연관되어 있으나 만족할 만한 방법은 제시되지 못한 실정이다(9-12).

다시마는 학명이 *Laminaria longissima*로 갈조류에 속하는 다시마과의 한 속으로 2~3년생인 해조이다(13). 다시마에서 분리된 아미노산의 일종인 laminine은 혈압강하 효과를 나타내어 합성에 성공하고 있다(14). 또한 갈조류 특유의 해조 다당류인 alginate가 존재하여 혈청 중의 total cholesterol 및 triglyceride의 함량을 감소시켜 동맥경화 및 고지혈증에 효과적일 뿐만 아니라 피하지방의 축적과 비만을 해소시키며, 체내의 유해한 금속을 체외로 배설시키는 작용을 한다(15). Alginate는  $\beta$ -D-mannuronic acid와  $\alpha$ -L-guluronic acid로 구성된 heteropolysacchride로(16) 구성단위에 유리 COOH기는 각종 무기질과 치환반응을 일으키는 것으로 알려져 있다(17).

본 연구는 다시마를 이용한 암예방 및 항고혈압성 기능성 김치를 개발하려는 목적으로 먼저 alginate를 비롯한 여러 식이섬유의 Na 흡착기능을 측정하였다. 효과가 컸던 alginate를 함유하는 다시마를 여러 모양으로 첨가하여 Na 흡착효과를 증대시키므로 저Na 김치인 항고혈압성 김치를 개발하고자 하였다. 그리고 이 김치의 그 발효양상과 이화학적 및 관능적특성 그리고 식이섬유의 함량을 대조김치와 비교하여 제조된 다시마 첨가김치의 특성을 연구하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

Na의 흡착효과 측정에 사용된 식이섬유중 불용성 식이섬유로는 cellulose, 수용성식이섬유로는 pectin, guar gum, carageenan, alginate, sodium alginate를 Sigma chemical Co.(USA)에서 구입하여 사용하였고 반투막으로는 Sigma chemical Co.(USA)의 seamless cellulose dialyzer tubing No250-9U(분자량 12,000 이하투과)를 사용하였다. Alginate 추출에 사용된 다시마는 경남, 기상산 다시마로 일광 수산물협동조합에서 구입하여 사용하였다.

### 다시마의 alginate 추출 및 함량측정

수용성 식이섬유소인 alginic acid는 Kim과 Cheoung(18)의 방법으로 추출 정량하였다. 시료는 건조시켜 분말화한 후 50~60°C의 0.04% NaOH와 상온의 0.5% HCl용액에 각각 1시간씩 침지 후 여과하였다. 2~3회 수세 여과 과정을 거친 후 시료중량의 60배(w/v)의 1% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>용액에 3시간 교반하면서 추출하여 잔사를 걸러 제거시켰다. 추출액에서 alginic acid를 석출시키기 위해 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 가해 pH 2.0으로 조절하여 얻어진 alginate gel은 과량

의 80% 메탄올을 가해 세척하여 불순물을 제거하고 건조시킨 후 과쇄하여 실험에 사용하였다. 그리고 alginate 함량측정을 위해 105°C 오븐에서 항량이 될 때까지 건조하여 평량을 구하고 이때 alginic acid의 함량(%)은 총시료의 건물 중량(g)당 alginic acid의 건물 중량(g)으로 계산하였다.

### 평형투석법을 이용한 소금의 Na 흡착효과 측정

소금 흡착능을 측정하는 실험방법으로 Lee와 Lee(19)의 방법과 Tasuji 등(20)의 방법을 이용하였다. 점막액(mucosal solution)은 식이섬유와 NaCl을 3차증류수에 녹여 투석막(Sigma Chemical Co., USA; MW 12,000)외부에, 그리고 내부에는 장막액(serosal solution)으로 3차 증류수를 이용하였다. 각각의 시료를 증류수에 용해한 후 pH를 위내관과 같이 2로 낮추기 위해 0.3 N HCl을 가하였다. 37°C 항온조에서 2시간동안 반응시킨 후 투석막의 내액 500  $\mu$ L를 취해 AAs(atomic absorption spectrophotometer; Thermo Jarrell Ash AA Spectrometer 1000/4000, USA)로 Na의 양을 측정하였다. 다음은 소장내와 같이 pH를 7로 높이기 위해 3 N NaOH를 가하여 37°C 항온조에서 2시간동안 반응시킨 후 또한 투석막 내액을 취해 AAs로 Na의 양을 측정하였다. 시료 자체의 pH에 따라 첨가되는 HCl과 NaOH의 양이 다르므로 각각의 시료에 대한 대조구는 각각 따로 실험하여 시료에 첨가된 양만큼의 HCl과 NaOH를 가하였다. Na을 함유한 시료일 경우 공시험도 함께 병행하였다.

### 다시마 첨가김치의 제조

재료 : 대조김치(control kimchi, CK)와 다시마첨가김치(sea tangle added kimchi, SK), 다시마젓갈첨가김치(sea tangle and anchovy added kimchi, SAK)제조를 위한 배추는 김해 산지에서 12월에 구입한 가락배추, 고춧가루는 안동 농협 고춧가루, 젓갈은 대상(주) 청정 멸치액젓, 소금은 천일염(산내들에서 구입한 서해안 천일염), 다시마는 기상산 다시마로 일광 수산물협동조합에서 건 다시마와 염장다시마를 구입하였고 생강과 마늘은 일반 시장에서 구입하여 사용하였다.

담금방법 : 배추는 10% 소금물에서 10시간 침지시킨 후 절인 배추는 수돗물로 3회 씻고 3시간 물기를 뺐다. CK의 재료조성비는 배추를 100 g 기준으로 할 때 고춧가루 2 g, 마늘 2 g, 생강 0.5 g, 소금물(2.5%) 10 mL로 전체 최종염도는 2.5%로 맞추었다. SK는 염장다시마를 물에 30분 침지시킨 후, 3회 세척하여 분말, 3×3 cm, 0.5×3 cm, 0.2×5 cm으로 여러 형태로 썬 후 배추무게의 10, 30, 50%로 각각 첨가하고 최종염도를 2.5%로 맞추었다. SAK의 경우 SK에 소금물 대신 멸치액젓을 염도 2.5%로 조정하여 10 mL 첨가하였다.

이화학적 및 관능검사 실험

염도 측정 : 시료를 Stomacher(Seward, stomacher 400, USA)로 파쇄하여 즙액을 일정량 취한 후 Mohr법(21)에 따라 10% K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>를 첨가한 후 0.1 N AgNO<sub>3</sub>용액으로 갈색이 되는 종말점을 적정하여 NaCl양을 측정하였다.

pH 및 산도측정 : pH는 시료의 여과액을 pH meter (Corning Lab. Science Co., pH meter 220, USA)로 측정하였다. 산도는 AOAC법(22)에 따라 0.1% 페놀프탈레인을 지시약으로 하여 0.1 N NaOH로 적정하고 이를 젖산(lactic acid)의 함량 %로 산출하였다.

환원당 측정 : 시료를 마쇄하여 즙액을 원심분리한 후 그 상등액을 희석하고 여과한 액을 Schrool법(21)에 따라 Fehling 용액과 함께 가열 냉각한 다음 0.1 N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 표준액을 이용하여 황색이 없어지는 점을 종말점으로 적정하여 환원당량을 구하였다.

젖산균수 및 총균수 측정 : 파쇄한 김치즙액을 0.1% peptone 용액으로 희석한 후 총균수 측정을 위한 total plate counts는 PCA(Difco) agar plate에서 30°C 조건으로 3일간 평판배양하였고, *Leuconostoc* sp.을 계수하기 위해 phenylethyl alcohol sucrose agar(PES배지)에서 20°C에서 3~5일간 혐기적으로 평판배양하였으며, *Lactobacillus* sp.를 계수하기 위해 *Lactobacillus* selection medium(LBS) 배지에 acetic acid와 sodium acetate를 첨가한 modified LBS agar medium (m-LBS배지)에서 30°C에서 3일간 혐기적으로 평판배양하였다(23-25).

식이섬유소 함량 측정 : 시료는 freeze-dryer에서 냉동건조한 후 시료를 0.355 mm까지 마쇄하여 진공 오븐(70°C) 또는 전기 오븐(105°C)에서 건조시킨 후 무게를 측정하여 건조시킨 전후의 시료 무게 차이를 수분 함량으로 계산하였다. SDF(soluble dietary fiber), IDF(Insoluble dietary fiber)는 Prosky 등의 방법(26)에 의해 측정하였다. TDF(total dietary fiber)는 SDF와 IDF의

합산으로 계산하였다. 시료의 섬유질함량은 건조물기준(dry matter basis)과 신선물 기준(fresh matter basis)으로 표현하였으며 다음과 같이 구하였다.

$$\text{신선물기준 섬유질함량(\%)} = \text{건조물기준 섬유질함량(\%)} \times [100 - \text{신선물의 수분함량(\%)}] / 100$$

관능 검사 : 관능 검사는 훈련된 8명의 패널 요원에 의하여 실시하였다. 김치담금 후 15°C에서 6일간 발효된 적당히 익은 김치를 시료로 하여 정량적 묘사 분석(QDA ; quantitative descriptive analysis)을 실시하였으며(27,28) 외관, 냄새(신내, 군덕내, 풋내, 새콤한내), 맛(신맛, 군덕맛, 덜익은 맛, 새콤한 맛), 질감(사각 사각함, 질김), 종합적인 맛에 대해 평가하였다. 각 관능적 품질의 강도는 5점 평점법으로 평가하였는데 각 항목 평가는 1점으로 갈수록 그 정도가 약하거나 나쁘고 5점으로 갈수록 그 정도가 강하거나 좋아진 것으로 표시하도록 하였다.

통계분석

유의성 검정은 대조군과 각 시료로부터 얻은 평가점수로 부터 ANOVA를 구한 후 Duncan's multiple range test를 행하거나 Student's t test를 이용하여 통계분석하였다.

결과 및 고찰

Alginate와 여러 식이섬유의 Na흡착효과

*In vitro*에서 여러 식이섬유소 중 수용성 식이섬유소(SDF, soluble dietary fiber) 및 불용성 식이섬유소(IDF, insoluble dietary fiber) 표준의 Na흡착효과를 측정하였다. IDF인 cellulose는 흡착효과가 없었고 SDF 중 pectin은 효과가 없었으나 gua gum은 소장 조건(pH 7.0)에서 34.9%, 그리고 carageenan은 위장의 조건(pH 2.0)에서 26.8%의 Na 흡착효과가 있었다(Table 1). 한편 sodium

Table 1. Na-binding capacity of various kinds of dietary fiber by equilibrium dialysis method

Dietary fiber	pH 2.0 (stomach cond.)		pH 7.0 (small intestine cond.)	
	Dialysis of Na (ppm)	Na-binding capacity (%)	Dialysis of Na (ppm)	Na-binding capacity (%)
IDF <sup>1)</sup>				
Control	149.0 ± 1.4	-	164.0 ± 11.3	-
Cellulose	176.0 ± 33.9	-	172.7 ± 6.6	-
SDF <sup>2)</sup>				
Control	72.0 ± 0.0	-	228.9 ± 10.0	-
Pectin	100.0 ± 39.6	-	239.8 ± 21.3	-
Control	176.8 ± 5.9	-	349.4 ± 8.5	-
Gua gum	184.4 ± 44.2	-	227.5 ± 61.0	34.9
Control	264.7 ± 33.0	-	597.5 ± 38.9	-
Carageenan	193.7 ± 31.0	26.8	577.8 ± 7.8	3.3

<sup>1)</sup>Insoluble dietary fiber, <sup>2)</sup>Soluble dietary fiber

Table 2. Na-binding capacity of alginic acid and sodium alginate by equilibrium dialysis method

Dietary fiber	pH 2.0 (stomach cond.)		pH 7.0 (small intestine cond.)	
	Dialysis of Na (ppm)	Na-binding capacity (%)	Dialysis of Na (ppm)	Na-binding capacity (%)
Control	287.7± 8.6		743.2±61.1	
Alginic acid (from sea tangle)	314.3±28.5	—	539.9±17.4	27.4
Control	146.0±12.7		513.2± 6.1	
Alginic acid	165.3± 8.1	—	331.8±32.4	35.3
Control	300.3±11.7		632.8±10.9	
Sodium alginate	210.6± 2.0	29.9	418.8±31.7	33.8

alginate는 위장(pH 2)과 소장(pH 7)의 조건에서 각각 29.9%, 33.8%의 흡착효과를 보였다(Table 2). 결국 IDF 보다는 SDF의 여러 식이섬유는 다소의 차이는 있었지만 Na를 흡착하는 효과를 보였다.

Sodium alginate 뿐만 아니라 alginate와 다시마에서 추출한 alginate도 Na흡착효과가 컸었는데 sodium alginate는 용해가 되기 쉬운 상태로 산에서도 용해되어 위장에서부터 Na가 흡착하여(29.9%) 소장까지 내려가지만(33.8%) alginate와 다시마에서 추출한 alginate는 알칼리에 용해되는 성질을 가져 소장의 알칼리 조건에서 각각 Na를 32.3%, 27.4%의 흡착효과를 보여 Na의 흡수를 저해시켰다(Table 2). 이는 alginate의 구성단위에 유리 COOH기를 함유하여 각종무기질의 치환반응을 일으킨 것이라 생각된다. 이와 관련된 연구로 alginate-K가 26%, alginate-Ca 26%, 그리고 carageennan 21%, arabia gum 22%, pectin이 6.8%, cellulose가 0~10% 이온교환반응을 일으켜 Na과 결합한다고 보고된 바 있다(21). 이 연구에 따르면 고혈압의 원인으로 생각되어지는 식염의 Na흡수가 alginate와 같이 이온교환반응성을 가진 수용성의 식이섬유에 의해 억제되고 그 결과 혈압상승이 억제되어 뇌졸중 예방을 기대할 수 있다고 하였고, 자연적 고혈압 유발 백서(spontaneous hypertensive rat, SHR)에 alginate를 섭취시킨 경우 식염에 의한 혈압상승의 억제를 보였다고 한다. 그들은 이러한 현상의 이유로 alginate-K가 소화관내의 이동에 따라 K가 위내에서 염산 산성하에서 일단 해리되고 다음 십이지장 부위의 알칼리조건에서 대량 존재하는 Na과 결합하여 alginate-Na으로 되기 때문에 Na의 흡수가 방해되어 대변 중의 배설이 촉진되는 것으로 체내의 나트륨을 체외로 배설시켜 혈압을 저하시킨다고 보고하였다. 또 다른 *in vivo* 실험결과로 Choe 등(17)은 alginate를 주성분으로 하는 식이섬유를 SHR에 투여하여 Na balance를 조사한 결과 혈액내 Na 함량은 유의성을 보이지 않았지만 낮은 Na 함량을 유지하여 식이섬유군에서 negative value를 나타내었다고 하였다.

다시마에는 alginate 이외에도 laminine이 분리되었는데 이것은 일종의 아미노산으로 그 약리작용을 보면 laminine hydrochloride 30~100 mg/kg의 정맥주사로써 모두 20~30 mmHg의 혈압강하를 나타내었다고 한다.

Laminine은 각종 다시마와 해조류에 함유되나 다시마류 및 감태 이외에 존재하는 함량은 매우 낮으며, laminine은 합성에 성공하고 있다(18). 본 연구결과에서는 혈압의 증가에 관여하는 효소인 angiotensin I-converting enzyme (ACE)의 활성 억제 실험에서 다시마에서 추출한 alginate와 메탄올추출물 그리고 표품인 sodium alginate의 경우 ACE를 12~18% 가량 저해하여 Na흡착효과와 함께 항고혈압 효과를 기대할 수 있었다(29). 결국 다시마의 수용성 식이섬유 alginate는 Na 흡수제거효과 및 ACE감소로 고혈압 예방에 관여하리라 기대된다.

#### 다시마의 alginate 및 sodium 함량측정

Alginate의 기능을 이용하여 Na 흡착으로 기능성 김치를 제조하기 위해 다시마 제품의 alginate 함량을 측정하였다. 건다시마의 alginate 함량은 건조물당 22.2±1.8%, 염장다시마는 21.9±1.1%, 30분 침지 후 3회 세척한 염장다시마는 19.8±0.6%였다(Table 3). 전체적으로 건조물 기준시 다시마의 20%가량의 alginate를 함유하고 있었다. 우리나라 해안에 분포하고 있는 갈조류는 46속, 95종으로 조사 보고되고 있고, alginic acid 함유량에 있어서도 30종이 평균 26% 이상으로 높다고 보고되고 있다. 이러한 alginate는 laminarin, fucoidan, mannitol과 함께, 해조류 엽록소의 탄소 동화작용에 의해 생성되는데 해조류의 종류, 채취시기, 산지 및 해조류의 부위에 따라 함량에 차이가 있으나 20~30% 정도로 알려져 있다(30).

다시마 내에 존재하는 Na의 함량은 AAs를 이용하여

Table 3. Contents of alginate and sodium in different sea tangles

Samples	Moisture contents (%)	Alginate contents (%) <sup>1)</sup>	Sodium contents (%)
Dried sea tangle	13.2±0.4	22.2±1.8	6.4±0.3 (7.4±0.3) <sup>3)</sup>
Salted sea tangle	64.6±1.1	21.9±1.1	9.7±1.5 (27.5±4.2)
Washed-salted sea tangle <sup>2)</sup>	92.4±0.5	19.8±0.6	0.2±0.0 (2.0±0.2)

<sup>1)</sup>Dry basis

<sup>2)</sup>Soaking in water for 30 min and washing 3 times

<sup>3)</sup>The data in the paranthesis are expressed as dry basis

**Table 4. Means of appearance analysis data of sea tangle added kimchi**

Addition(%) of sea tangle to kimchi	Types of addition			
	Powder type	Flake type (cm×cm)		
		3×3	0.5×3	0.2×5
10	2.1±1.1 <sup>1)</sup>	3.8±1.0	3.2±0.7	3.0±1.0
30	1.4±0.5 <sup>c</sup>	3.0±1.4 <sup>ab</sup>	3.9±0.9 <sup>a</sup>	2.8±0.8 <sup>b</sup>
50	1.0±0.0	2.2±1.1	2.2±0.8	1.9±1.1

<sup>1)</sup>As the value increases from 1 to 5, the intensity of favorite characteristics increases

<sup>a-c</sup>Values with the different letters in the same raw are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

측정한 결과 신선물 기준시 건조다시마는 6.4±0.3%, 염장 다시마는 9.7±1.5%의 높은 Na함량을 보였으나 30분 침지 후 3차례의 세척으로 0.2±0.0%으로 Na함량이 매우 낮아졌다. 김치에서 소금흡착효과를 증대시키기 위해 소금함량이 크게 감소된 세척 염장다시마를 이용하여 다시마김치를 제조하였다.

**김치제조시 다시마의 첨가형태 및 첨가량**

세척된 염장다시마를 가루 또는 가로×세로를 3×3 cm, 0.5×3 cm 및 0.2×5 cm로 절단하여 김치에 10, 30, 50%로 첨가하여 외관검사를 행한 결과는 Table 4와 같다. 10%에서는 크기가 3×3 cm의 크기가 3.8점으로 점수가 높았으나 30%에서는 0.5×3 cm가 3.9점으로 가장 좋은 점수를 얻었다. 다시마를 50% 첨가시 기호도가 1.0~2.2로 급격히 떨어져 첨가량과 기호도를 고려하여 외관에 크게 손상을 주지 않는 최대 첨가량인 30%의 다시마를 첨가한 4가지 형태의 김치를 제조하였다. 15°C에서 6일간 발효된 적숙기 김치에 대한 외관검사 결과 0.5×3 cm, 3×3 cm, 0.2×5 cm, 가루 순서로 선호도를 보였다

(p<0.05). 결국 다시마 첨가형태 및 첨가수준은 기호도가 높은 최대 첨가량인 0.5×3 cm 형태로 30% 첨가하였다.

**다시마첨가김치의 발효 특성**

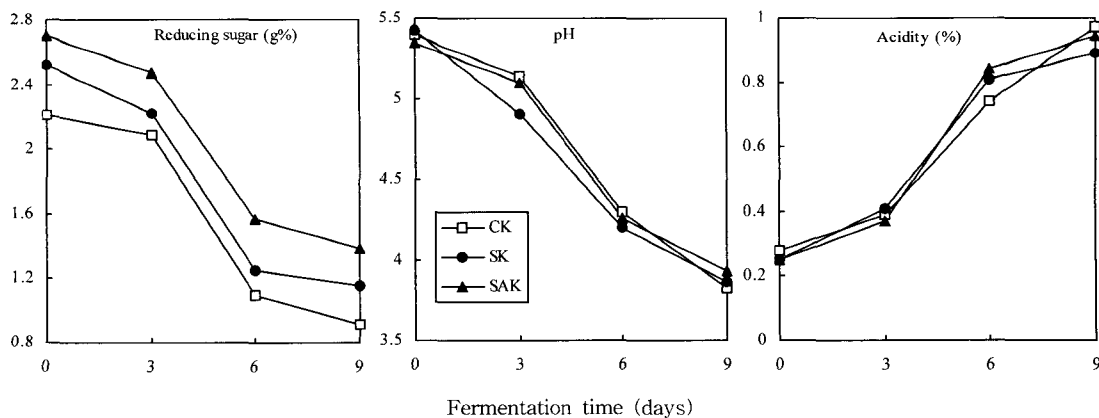
**이화학적특성**

다시마첨가김치는 초기발효가 빨리 진행되어 15°C에서, 발효 6일째 대조김치(pH 5.1)나 다시마젓갈첨가김치(pH 5.1)보다 약간 낮은 pH 4.9로 나타났는데, 젓갈첨가의 경우 젓갈의 완충 작용으로 급격한 pH의 감소는 일어나지 않았다(30,31). 산도에서는 6일째 젖산의 생성이 대조김치에 비해 다시마첨가김치(0.81%)와 다시마젓갈첨가김치(0.84%)가 더 컸다(Fig. 1). 젓갈을 부재료로서 김치에 첨가할 때의 발효양상에 관한 여러 연구결과를 살펴보면 젓갈의 농도를 증가시켜 첨가할 때 pH의 변화에는 유의적인 차이가 없었으나 적정산도와 젖산 및 초산 생성은 첨가수준이 증가할수록 높았다. 이렇게 젓갈 첨가시 발효속도는 빨라지나 pH는 대조군과 차이가 없음은 젓갈류 속에 들어 있는 아미노산 등의 완충작용 때문이라고 하였다(31).

환원당의 경우 발효 6일째 다시마젓갈첨가김치(1.57%), 다시마첨가김치(1.25%), 대조김치(1.10%)의 순이었으며 전 발효과정에도 이러한 경향을 유지했다(Fig. 1). 이러한 환원당함량의 차이는 젓갈과 다시마에 존재하는 당류에서 기인된 것으로 생각되어진다. 당류 첨가시 발효에 큰 차이를 보이지 않으나 대체적으로 첨가농도에 비례하여 발효속도가 높아져서 당류가 젖산균의 생육을 촉진시킬 수 있으며 다시마 첨가 김치의 경우 대조김치에 비해 다시마에서 기인된 환원당에 의해 발효속도가 높아졌다고 추측할 수 있다(32).

**젖산균수**

발효 전 기간 중 다시마첨가김치와 다시마젓갈첨가김치의 젖산균수의 양이 대조김치에 비해 많았다(Fig. 2).



**Fig. 1. Changes in reducing sugar, pH and total acidity of control kimchi (CK), sea tangle added kimchi (SK), sea tangle and anchovy added kimchi (SAK) during fermentation at 15°C.**

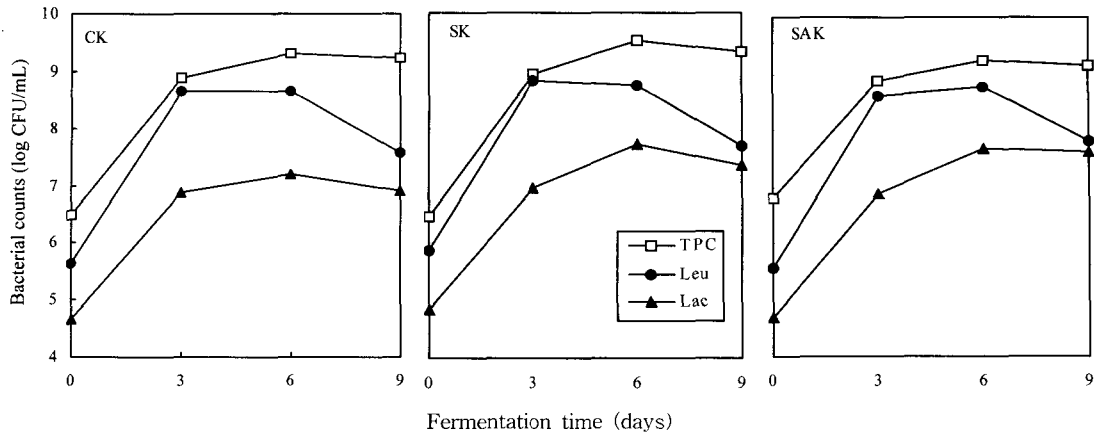


Fig. 2. Microbial changes of control *kimchi* (CK), sea tangle added *kimchi* (SK), sea tangle and anchovy added *kimchi* (SAK) during fermentation at 15°C.

TPC: Total plate count, Leu: *Leuconostoc* sp., Lac: *Lactobacillus* sp.

총균수와 젖산균의 변화를 살펴보면 발효기간 중 3일째 *Leuconostoc* sp.의 경우 다시마첨가김치는  $6.6 \times 10^8$  CFU/mL로 가장 많았으며, 6일째는 다시마젓갈첨가김치가  $6.0 \times 10^8$  CFU/mL로 가장 많았다. *Lactobacillus* sp.의 경우 발효 6일째 대조김치에 비해 다시마첨가김치와 다시마 젓갈첨가김치가 많았다. 다시마 첨가와 함께 환원당의 함량의 증가로 미생물의 증식이 촉진된 것으로 사료된다. 또한 Kim과 Kim(31)의 연구에서 젓갈 첨가시 젖산균의 함량이 많았으며 전 발효기간을 통해 젖산 함량이 높았다.

#### 다시마첨가김치의 식이섬유 함량

다시마첨가김치의 경우 대조김치에 비해 SDF가 증가되어 일반배추의 경우 건조물당  $6.2 \pm 0.9\%$ 에서  $9.2 \pm 0.9\%$ 로 크게 증가( $p < 0.05$ )되었으나 IDF는  $17.2 \pm 0.1\%$ 에서  $14.9 \pm 0.1\%$ 로 감소하여 TDF는  $23.4 \pm 0.8\%$ 에서  $24.6 \pm 0.9\%$ 로 약간 증가되었다(Table 5). 앞서 행한 실험에서 다시마는 SDF에 속하는 alginate를 20%정도 함유하고 있어 이로부터 유래되어 SDF가 증가된 것으로 생각된다. 식이섬유 중 SDF는 장의 점성을 증가시켜 연동운동 중 장내용물과 영양분의 이동이 둔화되어 그 결과 glucose 뿐만 아니라 단백질, 지질의 흡수율을 감소시키는 동시에 내당능의 개선 효과를 가진다. 또한 담즙산과 결합하여 배설시킴으로써 간으로 들어오는 담즙산이 줄어들어 lipoprotein을 합성하는 cholesterol을 담즙산으로 전환시켜 혈청 cholesterol을 감소시킨다(33,34). 그리고 SDF는 양이온 교환능과 흡착능이 있어(35) 금속이온의 흡수를 저하시키고 독성제거효과도 있으며 무기질의 균형과 이용도에 영향을 끼친다(19). 또한 결장의 박테리아에 의해 단쇄지방산(short chain fatty acid)으로 약 80% 정도 발효되는데 그 중 propionic acid는 간의 cholesterol 합성에 중요한 HMG-CoA reductase의 저해제로 작용

Table 5. Contents of soluble dietary fiber (SDF), insoluble dietary fiber (IDF) and total dietary fiber (TDF) in control *kimchi* and sea tangle added *kimchi* (%)

Sample	Moisture content	SDF	IDF	TDF
Control <i>kimchi</i>	$92.3 \pm 0.1$	$0.5 \pm 0.1$ ( $6.2 \pm 0.9$ ) <sup>1)</sup>	$1.3 \pm 0.2$ ( $17.2 \pm 0.1$ )	$1.8 \pm 0.1$ ( $23.4 \pm 0.8$ )
Sea tangle added <i>kimchi</i>	$92.7 \pm 0.4$	$0.7 \pm 0.0^{**}$ ( $9.2 \pm 0.9$ ) <sup>**</sup>	$1.1 \pm 0.3$ ( $14.9 \pm 0.1$ )	$1.8 \pm 0.1$ ( $24.6 \pm 0.9$ )

<sup>1)</sup>The data in the paranthesis are expressed as dry basis.

<sup>\*\*</sup>Significantly different at the  $p < 0.01$  level by Student's *t*-test

하여 혈청 cholesterol을 낮추는 작용을 한다(34). 특히 SDF 중의 alginate와 pectin은 COOH기를 가지고 있어 Na흡착효과와 혈압강화효과 그리고 동맥경화를 예방할 수 있다고 보고되고 있다(20). 이러한 alginate의 기능으로 김치내의 Na(소금)를 다시마첨가김치에서 흡착하여 저염 기능을 갖는 김치가 될 수 있다.

#### 관능검사

대조김치와 다시마첨가김치 그리고 다시마젓갈첨가김치를 15°C에서 6일간 발효시킨 후 관능검사를 행하였다(Fig. 3). 다시마 첨가김치 그리고 다시마젓갈첨가김치가 외관과 전체적인 맛과 탄산미(새콤한 내와 맛)에서 훨씬 좋았다. 이것은 증가된 젖산균의 발효에 따른 유기산의 함량때문으로 lactic acid, malic acid, succinic acid 그리고 fumaric acid와 같은 발효초기의 비휘발성 유기산의 증가에 의해 탄산미가 증가되는 것으로 생각된다(29). 젓갈첨가 유무에 따른 차이점으로 젓갈을 사용하지 않은 다시마첨가김치의 경우가 굳덕맛이 훨씬 적었고 탄산미가 조금 많았다. 해조를 가공식품에 섞어 넣었을 때의 냄새제거효과가 있어 여러 방법의 제빵공정에서 다시마를 첨가한다는 보고도 있다(13).

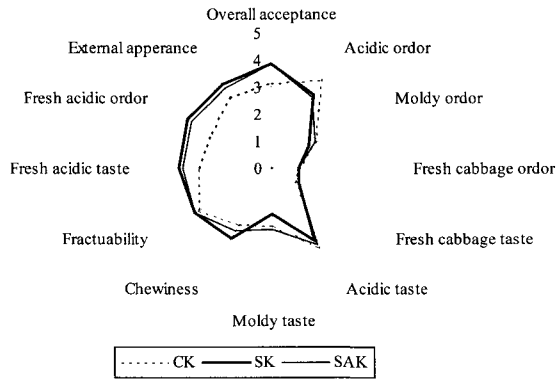


Fig. 3. QDA (quantitative descriptive analysis) of control kimchi (CK), sea tangle added kimchi (SK), sea tangle and anchovy added kimchi (SAK) fermented after 6 days at 15°C.

요 약

본 연구는 *in vitro*에서 여러 식이섬유의 Na흡착효과를 측정하였고 다시마내의 alginate의 Na 흡착능을 측정하고 다시마 첨가김치의 소금(Na) 흡착기능으로 저염 기능성 김치를 개발하려고 하였다. 여러 식이섬유의 표품으로 Na흡착효과를 시험한 결과, alginate와 sodium alginate, 그리고 다시마에서 추출한 alginate가 가장 큰 효과가 있었다. Sodium alginate는 산에서도 용해된 상태로써 위장에서부터 Na를 흡착하여(29.9%) 소장까지 내려가지만(33.8%) alginate와 다시마에서 추출한 alginate는 소장의 알칼리 상태에서 32.3%와 27.4%의 Na흡착능을 보였다. 다시마내의 alginate함량은 건다시마의 경우 건조물당 22.2%, 염장다시마는 21.9%, 30분 침지 후 3회 세척한 염장다시마는 19.8%였다. 관능검사를 통하여 염장다시마를 세척한 다시마를 0.5×3 cm형태로 절단하여 김치레시피의 30%첨가한 김치를 제조하였다. 다시마김치의 이화학적 특성, 젖산균의 변화 그리고 관능검사를 통해 그 특성을 살펴본 결과 대조김치에 비해 환원당 함량과 젖산균이 많았으며 발효속도는 다소 빨랐고 특히 다시마첨가김치는 대조김치와 다시마젓갈첨가김치보다 탄산미가 많고 균덕내가 적은 것이 특징이었다. 다시마첨가김치는 대조김치에 비해 수용성 식이섬유의 양이 건조물당 6.2%에서 9.2%로 증가되었다.

감사의 글

이 논문은 농림부에서 시행한 농림수산 특장연구사업의 연구결과에 의한 것으로 연구지원에 감사드립니다.

문 헌

1. Rensnick, L.M., Muller, F.B. : Calcium-regulating hor

mones in essential hypertension; Related to plasma renin activity and sodium metabolism. *Ann. Intern. Med.*, **105**, 647-654 (1986)

2. National Research Council : Diet and Health. Implications for Reducing Chronic Disease Risk. National Academy Press, Washington, DC (1989)

3. Shin, M.W. : Study on Na, K dietary intake and urinary excretion in hypertension. *M.S. Thesis*, Sookmyoung Woman's University, Korea (1983)

4. Friedrich, C.L. : Dietary sodium, potassium and chloride intake and arterial hypertension. *Nutrition Today*, May/June, 9-14 (1989)

5. Yoon, J.S., Park, J.A. and Kim, Y.N. : Renin activity, habitual Ca, Na intake and hormonal effect on hypertension. *Korean J. Nutr.*, **30**, 1170-176 (1997)

6. David, A.M. : Calcium and magnesium nutrition in human hypertension. *Ann. Intern. Med.*, **98**, 800-805 (1983)

7. Mahan, L.K. and Arlin, M.T. : *Food nutrition and diet therapy*. W.B. Saunders company, Philadelphia, p.387-394 (1992)

8. Park, K.Y. : The nutritional evaluation and antimutagenic and anticancer effects of kimchi. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **24**, 169-182 (1995)

9. Kim, W.J., Kang, K.O., Kyung, K.H. and Shin, J.I. : Addition of salts and their mixtures for improvement of storage stability of kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **23**, 188-191 (1991)

10. Lui, Y.C., Kwon, K.S. and Park, K.H. : Infusion of pectinesterase for preventing softening of kimchi tissue. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **28**, 393-395 (1996)

11. Kim, S.D., Lee, S.H., Kim, M.J. and Oh, Y.A. : Changes in pectic substance of lower salted Chinese cabbage kimchi with pH adjuster during fermentation. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **17**, 255-261 (1988)

12. Cha, B.S., Kim, W.J., Byun, M.W., Kwon, J.H. and Cho, H.O. : Evaluation of gamma irradiation for extending the shelf life of kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **21**, 109-119 (1989)

13. Ahn, M.J. : Effects on the fermentation of soy sauce by the addition of the *Laminaria longissima*. *M.S. Thesis*, Korea University, Korea (1985)

14. Hikaru, O., Yasuo, G. and Isao, O. : Pharmacological studies on laminine mononitrate. *Yakugku Zasshi*, **87**, 935-939 (1967)

15. Kang, H.J. : Effects of sodium alginate and cellulose on lipoprotein composition and lipid metabolism in rats. *M.S. Thesis*, Pusan National University, Korea (1994)

16. Kim, D.S. and Park, Y.H. : Uronic acid composition, block structure and some related properties of alginic acid. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **17**, 391-397 (1984)

17. Choe, M., Tae, W.C. and Kim, J.D. : Effect of dietary fibers on changes of blood pressure and Na balance in spontaneous hypertensive rats. *Korean J. Nutr.*, **18**, 40-47 (1991)

18. Kim, K.H. and Cheoung, J.J. : Optimum condition for extracting alginic acid from *Undaria pinnatifida* and amino acid composition of its extraction residue. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **16**, 336-340 (1989)

19. Lee, S.R. and Lee, K.S. : A suppressive effect of dietary fiber on *in vitro* absorption of lead. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **21**, 63-67 (1989)

20. Tasuji, K., Tasuji, E., Nakagawa, Y. and Suzuki, S. :

- Effect of Na-binding capacity of dietary fibers on blood pressure in spontaneous hypertensive rats. *Jpn. J. Home Economics*, **39**, 187-195 (1988)
21. Shin, H.S. : Food Analysis-theory and practice. Shin-Gaeong Publishing Co., Seoul, p.91 (1983)
  22. AOAC : *Official Methods of Analysis*. 14th ed., Association of official analytical chemists, Washington, D.C., p.1105-1106 (1984)
  23. Lee, C.W., Ko, C.Y. and Ha, D.M. : Microfloral changes of lactic acid bacteria during *kimchi* fermentation and identification of the isolates. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **20**, 102-109 (1992)
  24. Lee, C.W., Ko, C.Y. and Ha, D.M. : Microfloral changes of the lactic acid bacteria during *kimchi* fermentation and identification of the isolates. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **20**, 102-109 (1992)
  25. Lee, M.K., Park, W.S. and Kang, K.H. : Selective media for isolation and enumeration of lactic acid bacteria from *kimchi*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **25**, 754-760 (1996)
  26. Prosky, L., Asp, N-G., Schweizer, T.F., Devries, J.W. and Furda, I. : Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products ; Inter-laboratory study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **75**, 1017-1023 (1988)
  27. Lee, G.D., Kim, H.G., Kim, J.G. and Kwon, J.H. : Optimization for the preparation conditions of instant rice gruel using oyster mushroom and brown rice. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **29**, 737-744 (1997)
  28. Lee, C.H. and Park, S.H. : Studies on the texture describing terms of Korean. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **14**, 21-29 (1982)
  29. Ha, J.O. : Studies on the development of functional and low sodium *kimchi* and physiological activity of salts. *Ph. D. Thesis*, Pusan National University, Korea (1997)
  30. Kim, C.Y. and Park, Y.H. : Alginic acid contents in brown algae. *Bull. Nat. Fish. Univ. Pusan*, **15**, 27-30 (1975)
  31. Kim, K.O. and Kim, W.H. : Changes in properties of *kimchi* prepared with different kinds and levels of salted and fermented seafoods during fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **26**, 324-330 (1994)
  32. No, H.K., Lee, S.H. and Kim, S.D. : Effects of ingredients on fermentation of Chinese cabbage *kimchi*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **24**, 642-650 (1995)
  33. Vahouny, G.V., Khalafi, R., Satchithanandam, S., Watkins, D.W., Cassidy, M.M. and Kritchevsky, D. : Dietary fiber supplementation and fecal bile acids, neutral steroids and divalent cations in rats. *J. Nutr.*, **117**, 2009-2015 (1987)
  34. Hunt, S.M. and Groff, J.L. : *Advanced nutrition and human metabolism*. West Publishing, Company, New York, p.349-361 (1990)
  35. Moorman, W.F.B., Moon, N.J. and Worthington, R.E. : Physical properties of dietary fiber and binding mutagen. *J. Food Sci.*, **48**, 1010-1011 (1983)

(2000년 9월 27일 접수)