

소금을 함초 분말로 대체한 저염 김치의 품질특성

김 순 미*
가천대학교 식품영양학과

Quality Characteristics of Low-Salt Kimchi with Salt Replaced by *Salicornia herbacea* L. Powder

Soon Mi Kim*
Department of Food & Nutrition, Gachon University

Abstract

This study was carried out to investigate the quality characteristics of low-salt kimchi with salt partially replaced by *Salicornia herbacea* L. powder (SH). We prepared kimchi with seasonings in which salt was replaced by 0% (S00), 10% (S10), 20% (S20) and 30% (S30) SH. The salinity level of kimchi was about 1%, and there was no significant difference between the experimental groups. Although lactic acid bacterial numbers of kimchi replaced with SH (S10~S30) increased significantly compared to those of control (S00), the pH and titratable acidity of kimchi replaced with SH were not significantly different. Hardness of kimchi tended to increase as fermentation progressed and with SH addition. The results of the sensory evaluation corroborated the physicochemical characteristics. Furthermore, the sensory characteristics of kimchi were not significantly different upon addition of SH. The physicochemical and sensory characteristics of kimchi were not significantly different despite replacement of salt in kimchi seasoning by SH up to 10%.

Key Words: Low-salt kimchi, *Salicornia herbacea*, salt replacement, quality characteristics

1. 서 론

우리나라를 대표하는 전통 발효식품인 김치는 한국인에게 있어서 매일의 식탁에 빠져서는 안 되는 필수 식품이며, 이제는 세계인이 인정하는 건강식품이 되었다. 2011년 국민건강영양조사 5기(2012)에 따르면 김치의 대명사라고도 할 수 있는 배추김치는 한국인에 있어서 백미, 우유 다음 가는 다 소비식품으로 1일 평균 68.6 g을 섭취하였다고 보고된 바 있다. 그러나 염장 발효식품인 김치는 주요 나트륨 급원식품이기도 하다. 또한 나트륨 섭취 급원 식품 30품목 중 배추김치는 소금을 제외한 가장 주된 나트륨 급원식품이며 배추김치를 통해 섭취하는 나트륨은 1일 785.9 mg으로 1일 나트륨 섭취량 4796.7 mg의 약 16.4%를 차지한다. 또한 나트륨 급원 식품 30품목 중 김치류는 배추김치를 포함한 6종이며 6위 총각김치(216.8 mg), 14위 깍두기(59 mg), 15위 나박김치(57.7 mg), 19위 열무김치(40.8 mg), 29위 동치미(30.5 mg)의 순이다(KNHANES V-2 2012). 따라서 이들 김치류를 통해서 섭취하는 1일 나트륨의 양을 단순 계산한다면 총 1,190.7 mg으로 전체 나트륨 섭취량의 24.8%에 이르며, 이러한 사실은 우리 국민이 섭취하는 김치의 염분량을 반으로 줄일 수

만 있다면 나트륨 섭취 수준을 크게 감소시킬 수 있으리라 기대할 수 있다.

이미 잘 알려진 바와 같이 높은 수준의 나트륨 섭취는 고혈압, 뇌졸중 및 심혈관계 질환의 발생 위험을 증가시킨다(Strazzullo 등 2009). 32개국 10,079명을 대상으로 한 INTERSALT 연구에서는 4주 이상 장기간의 식염 감소는 이들 질환의 위험을 감소시킨다는 결과를 발표하였다(Stamler 1997). 또한 국민건강영양조사 결과를 활용한 연구(Kim 등 2012)에서는 대사증후군을 가진 사람에서의 나트륨 섭취가 혈압을 증가시켰으며, 나트륨과 칼슘의 섭취비가 높은 대상자는 고혈압 발생 위험이 2.1배 높은 것으로 보고하였다(Lee 등 2011). 최근 국제적으로 질환부담으로 작용하는 67개 위험요인에 대한 중요도가 1990년에 비해 2010년에 어떻게 변화했는지를 살펴 본 국제적인 연구결과 감염성 질환으로 인한 사망률이 대부분이었던 1990년과 달리 2010년의 국제 질병 부담 요인 상위 3개 요인은 고혈압, 흡연, 알코올 섭취였으며, 가장 중요한 식이 위험 요인으로는 낮은 과일 섭취와 높은 염분 섭취라고 하였다(Lim 등 2012).

한편, 김치의 최적 염도는 시대적 분위기에 따라 변화하고 있다. Moon 등(1997)은 기존의 김치 관련 연구에서의 김치

*Corresponding author: Soon Mi Kim, Department of Food & Nutrition, Gachon University, 461-701, Korea
Tel: 82-31-750-5967 Fax: 82-31-750-5974 E-mail: soonmik@gachon.ac.kr

의 최적 염도는 3%가 가장 많이 지지되어 왔으며, 많은 논문에서 실험적으로 김치를 제조할 때 3%를 기준으로 삼고 있다고 하였다. 그러나 최근 소금 섭취가 건강에 미치는 해로운 점이 강조되고 있으므로 저염 김치의 필요성이 인지되고 있으나 기존 저염 김치에 대한 연구는 매우 저조한 실정이다. 특히 염도가 어느 수준 이하일 때의 김치를 저염 김치로 할 것인지에 대한 논의도 활발하지 않은 상태이다. 일부 연구에서는 저염 김치를 염도 2.0% 이하의 김치로 정의한 바 있으나(Kim 1985; Kim 등 1988; Cho 등 2005), 최근 병인식 저염 김치 개발을 위해 염도 0.2~2.0%의 김치 개발이 시도되기도 하였으며(이 2009), 최근에는 범정부적인 나트륨 저감화 운동에 힘입어 0.7%의 저염 김치도 시판되고 있다.

그러나 소금은 김치의 미생물 생육을 조절하여 안정된 젖산발효를 하고, 관능적으로 양호한 품질을 유지하는데 무엇보다 중요한 요인이 된다(Mheen & Kwon 1984). 소금의 농도가 낮은 저염 김치는 숙성에 불필요한 각종 미생물이 번식함으로써 김치가 지나치게 시어지고, 배추조각이 물러지는 등 품질 저하의 우려가 있다(Yu & Hwang 2011). 과숙 김치에서의 이러한 현상은 주로 젖산균에 의한 과도한 산 생성과 조직의 연화로 인한 것이며(Cheigh & Park 1994; Oh 등 1997), 조직의 연화는 부분적으로 호기성 및 산막 형성 미생물이 분비하는 polygalacturonase 활성 때문이다. 따라서 김치 제조 시 소금을 첨가하면 젖산균 성장을 위한 유리한 조건을 제공하여 바람직하지 못한 미생물에 의한 부패를 줄여준다(Cheigh & Park 1994; Kim 등 2012b).

김치의 항균 활성을 나타내는 물질의 첨가에 대한 연구(Kim 등 1999; Park 등 2002; Choi 등 2006; Kim 등 2012)들이 수행되어 왔다. 그러나 이러한 연구를 저염 김치 제조에 적용한 예는 매우 드물어 실제 1% 부근의 염 농도로 제조된 저염 김치에 대한 연구는 여러 종류의 소금과 대체염 그리고 함초 소금으로 저염 김치를 제조하여 품질 특성을 비교한 연구(Yu & Hwang 2011), 대체염을 이용한 저염 김치의 발효 특성에 관한 연구(Hahn 등 2002a, 2002b) 정도가 있을 뿐이다.

함초(鹹草, *Salicornia herbacea*)는 우리나라 서해안뿐만 아니라 대부분의 아시아, 유럽, 북아프리카 등의 염전 및 갯벌에 널리 자생하는 한해살이 식물로서(Im 등 2006; Essaidi 등 2013), 오랜 기간 민간의학에 사용되어 온 식품이다. 함초는 의미 그대로 짠맛을 가진 풀이며, Na 함량이 전체 무기질의 약 41%를 차지하고 있는 고염분 함유 식품이다(Essaidi 등 2013). 그럼에도 불구하고 함초의 항산화능(Oh 등 2007; Essaidi 등 2013), 면역 조절 기능(Lee 등 2006; Im 등 2006; Im 등 2007; Oh 등 2007), 항고지혈능(Park 등 2006, Hwang 등; 2007), 혈압 상승 예방(Ham 등 2013) 등의 다양한 생리활성에 대한 보고들이 이어지면서 기능성 식품 소재로 활용되고 있다.

이처럼 함초는 짠맛을 내면서도 소금 섭취로 인해 위협받을 수 있는 대표적인 질환인 심혈관질환에 대한 건강기능성을 갖고 있으므로 한국인의 대표적인 염분 섭취 식품인 김치에 사용할 경우 긍정적인 대체효과가 기대됨에도 불구하고 실제 이와 관련된 연구 결과는 드문 실정이다. 따라서 본 연구는 저염 효과와 함께 함초의 건강기능성을 부여한 김치를 개발하기 위한 목적으로 김치의 염도를 약 1% 수준으로 낮춘 저염 김치를 대조군으로 하여 소금의 일부를 함초 분말로 대체하여 제조한 후 품질 특성을 평가하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료 및 시약

본 실험에 사용한 배추는 포기 중량이 약 3 kg 정도인 결구배추이며, 배추와 무, 양파, 쪽파, 대파, 새우젓은 마늘(가나유통)과 생강(가나유통), 고춧가루(E-mart 태양초고춧가루), 제재염(해표, 꽃소금), 멸치젓(하선정 멸치액젓)과 함께 인천 연수동에 위치한 대형마트에서 일괄 구매하였다. 함초 분말은 강화도 삼산면 염전에서 자생하는 함초를 건조시켜 분말 처리한 것을 한일농원에서 구매하여 사용하였다.

2. 함초 분말의 일반성분 분석

함초 분말의 일반성분 분석은 식품공전에 따라 실시하였다. 수분 함량은 상압가열건조법으로, 조단백은 micro-Kjeldahl법으로, 조지방은 산 분해법으로 각각 분석하였다. 조회분은 직접회화법으로, 조섬유는 헨네베르크·스토오만 개량법으로 측정하였으며, 식이섬유는 식품공전의 식이섬유 측정법 제1법으로 분석하였다. 무기질 함량은 원자흡광광도법으로 측정하였다.

3. 김치제조

김치는 배추를 다듬은 후 2등분하여 10% 염수에 상온에서 12시간 절이고, 물로 3회 세척한 후 6시간 탈수시켰다. 이때 절인배추의 최종 염도는 1.6%이었다. 김치 양념은 <Table 1>과 같이 배합하였으며, 무, 양파는 양념이 배추에 고르게 섞일 수 있도록 각각 믹서기(HMF-565, 한일)에 갈고, 파는 흰 부분만 잘게 다져서 분량의 재료와 혼합하였다. 포기김치는 제조 특성 상 동일한 무게로 등분하기 어렵고, 같은 무게로 등분한다고 하여도 양념을 균일하게 버무리기가 매우 어렵다. 따라서 절인 배추 각 등분의 무게를 측정 후 이에 해당하는 분량의 배합양념을 덜어서 골고루 버무린 후 폴리백에 넣고, 이를 다시 플라스틱 통에 보관하였다. 김치의 품질특성은 김치를 담근 직후(0day)와 24°C의 항온기에서 24시간 저장한 후(1day) 그리고 이후 김치냉장고(담체 CM-A 167 DW, 만도위니아)의 '표준보관' 모드(4°C)에서 2주간 발효시키면서 측정하였다.

염도 측정을 통해 제재염(꽃소금)에는 약 80%의 염분이,

<Table 1> The ingredients of experimental kimchi

Ingredients	(unit: g)			
	S00	S10	S20	S30
Salted cabbage	15,000	15,000	15,000	15,000
Radish	3,150	3,150	3,150	3,150
Onion	105	105	105	105
Garlic	300	300	300	300
Shallot	45	45	45	45
Spring onion	195	195	195	195
Ginger	60	60	60	60
Red pepper	885	885	885	885
Salted shrimp	300	300	300	300
Anchovy juice	105	105	105	105
Sugar	30	30	30	30
Salt	150	135	120	105
<i>Salicornia herbacea</i> powder	0	52.5	105	157.5
Salt replacement ratio (%)	0	10	20	30
Total weight(g)	20,325.0	20,362.5	20,400.0	20,437.5

함초 분말에는 20% 정도의 염분이 함유되어 있음을 알 수 있었고, 이를 확인하기 위한 염도 측정 결과를 기초로 <Table 1>과 같이 제재염과 함초 분말의 첨가량을 결정하였다. 즉, S00는 대조군으로 제재염 만을 사용한 군이며, S10, S20 및 S30은 각각 제재염의 10, 20, 30%를 함초 분말로 대체시킨 군이다.

4. pH 및 산도

김치 고형물 100 g을 취하여 잘게 자른 후 믹서기(HMF-565, 한일)로 2분간 분쇄하고 2겹의 거즈를 사용하여 여과한 후 여액을 취하여 pH와 산도를 측정하였다. pH는 여액 20 mL를 취하여 pH meter(pH210, Hanna instruments, Romania)로 측정하였고, 산도는 여액 5 mL를 증류수 50 mL에 희석한 후 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여 pH가 8.3이 될 때까지의 소비량을 구한 후 젖산(% w/w)으로 환산하였다.

4. 염도

김치의 염도는 pH 측정 방법과 동일하게 김치 여액을 얻어 20 mL를 취하여 염도계(TDS 염도계, HD1204, Dae Yoon Scale)로 측정하였다.

5. 색도

김치의 색도는 김치 고형물 100 g을 곱게 분쇄한 후 원통형 석영 셀에 일정량을 넣어 색도계(Spectrophotometer CM-3500d, Konica Minolta, Japan)를 이용하여 측정하였다.

6. 경도

김치의 경도는 배추김치의 겉에서부터 안쪽 3번째 잎의 중심부위를 1 cm 폭으로 길게 썬 후 위쪽 3cm 지점을 blade

<Table 2> Operation conditions of Texture Analyzer

Instrument	Texture Analyzer (Model TA.XT express)
Method	Force in Compression
Attachment	HDP/BL
Pre-test Speed	3.0 mm/sec
Trigger Force	5.0 g
Test Speed	1.0 mm/sec
Test Distance	3.0 mm

가 자를 때 받는 최대 힘으로 표시하였으며, 분석조건은 <Table 2>와 같다.

7. 총 균수와 젖산균수의 측정

김치액 1 mL를 멸균 식염수로 단계 희석하여 puring culture법으로 접종하여 측정하였다. 총 균수는 Plate Count Agar(Difco, USA) 배지에, 젖산균수는 Lactobacilli MRS Agar(Difco, USA)에 접종한 후 30°C에서 72시간 배양 후 출현한 콜로니가 30~300이 되는 배지를 선택하여 계수하였다.

8. 관능검사

관능검사는 가천대학교 식품영양학과 학생 37명을 대상으로 김치가 적절한 pH와 산도에 도달한 시점인 담금 후 8일에 실시하였다. 시료는 배추김치의 일정 줄기부분을 약 3×3 cm로 자른 후 5 mL의 김치액을 얻어서 6조각씩 흰 접시에 담아 제공하였다. 평가특성은 짠맛, 신맛, 단맛, 붉은 색, 경도와 전반적인 기호도를 9점 척도법으로 평가하도록 하였다. 이때 짠맛, 신맛, 단맛, 붉은 색과 경도는 점수가 높을수록 특성의 강도가 강해지는 것을, 전반적인 기호도는 점수가 높을수록 기호도가 좋은 것을 나타내도록 하였고, 모든 검사는 3회 반복하였다.

9. 통계분석

본 실험의 통계처리는 MINITAB version 14(Minitab Inc., State College, PA, USA)를 사용하였다. 결과는 평균값과 표준편차로 표현하였으며, 함초 분말 함유량에 따른 각각의 특성에 대한 영향을 살펴보기 위해서 one-way ANOVA 분석을 실시하였다. 함초 분말 함유량에 따른 실험군 간의 차이 검정은 t-test 분석을 실시하였다. 통계적 유의차는 5% (p<0.05) 및 1%(p<0.01) 수준에서 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 함초 분말 성분

김치 제조에 사용한 강화도산 함초 분말의 일반 성분 및 무기질 성분을 분석한 결과는 <Table 3>과 같다. 일반적으로 국내산 제재염(꽃소금)에는 100 g당 5.3 g의 탄수화물만 함유되어 있고 단백질과 지방은 함유되어 있지 않지만(식품

의약품안전처 2013) 함초 분말에는 조단백 6.99%, 조지방 3.12% 및 25.72 mg%의 조회분과 36.92 mg%의 식이섬유를 함유하고 있었다. 또한 염도계를 통한 염도 측정 결과 함초 분말은 제재염의 1/4에 해당하는 염도를 나타냈는데(결과 미 제시), 제재염에는 약 41% 정도의 나트륨이 함유되어 있는 것(식품의약품안전처 2013)과 달리 함초 분말의 나트륨 농도는 약 7.7%로 제재염의 약 19%에 불과하였다. 함초 분말은 또한 나트륨과 함께 혈압을 떨어뜨리는 작용을 나타내는 칼슘, 칼륨, 마그네슘, 철분도 다량 함유하고 있었다.

Bac 등(2008)은 9.09%의 수분을 함유한 상태로 건조, 분쇄한 함초 분말의 성분은 조단백 7.98%, 조회분 35.48%, 칼슘 117.5 mg%, 철분 17.60 mg%로써 본 결과와의 수분 함량의 차이를 고려할 때 본 실험에 사용한 함초 분말이 조단백과 조회분 함량은 낮고 칼슘과 철분의 함량은 많았다.

나트륨의 섭취가 고혈압을 포함한 심혈관 질환의 주요 유발 인자라는 것은 이미 잘 알려져 있는 사실이다. 또한 식이 중 나트륨의 섭취를 줄이는 것이 혈압 저하에 유의적인 효과가 있다는 것은 DASH(Dietary Approach to stop hypertension) 연구를 통해 확인되었다(Obarzanek 등 2001; Sacks 등 2001). 최근 나트륨의 섭취 감소와 함께 칼륨의 섭취를 증가시키는 것 즉, Na/K 비율의 감소가 고혈압뿐만 아니라 뇌심혈관 질환과 뇌졸중 및 신장 질환 예방에도 도움이 된다는 연구 결과들이 나오고 있다(Cook 등 2009; Marketou 등 2013). 또한 마그네슘의 섭취는 혈압과 혈청 TG 수준을 감소시키고, 당뇨와 부정맥의 위험을 낮춘다는 보고가 있으며(Jing 등 1995; Ceremuzyński 등 2000; Larsson & Wolk 2007), 최근 일본에서의 코호트 연구 결과 식이를 통한 마그네슘 섭취는 심혈관 질환으로부터의 사망률을 낮춘다고 보고된 바 있다(Zhang 등 2012). 함초가 고염분 함유 식물이면서도 항고혈압능 등의 활성을 나타내는 것은 함초에 함유된 생리활성 물질이외에도 이러한 무기질 특성도 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

2. 김치의 염도

함초 분말을 대체하지 않은 대조군 김치(S00) 및 대조군 김치 양념에 첨가한 제재염의 각각 10%(S10), 20%(S20),

<Table 3> Proximate compositions and mineral contents of *Salicornia herbacea* L. powder Mean±SD

Proximate compositions		Mineral contents (mg%)	
Calorie value (kcal/100g)	218.08	Na	7732.00±145.56 ¹⁾
Moisture (%)	5.20±0.00 ¹⁾	K	1024.67±19.55
Crude protein (%)	6.99±0.10	Ca	385.57±13.32
Crude lipid (%)	3.12±0.16	Mg	520.87±3.72
Crude ash (mg%)	25.72±0.04	Fe	77.23±0.42
Dietary fiber (mg%)	36.92	Cu	0.52±0.08
		Zn	2.12±0.04

¹⁾N=3

30%(S30)를 함초 분말로 대체하여 제조한 김치의 염도는 <Table 4>와 같다. 김치의 염도는 저염 김치라 할 수 있는 1.03~1.23의 범위를 나타냈으며, 실험군에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 이는 예비실험을 통해 제재염과 함초 분말의 염분 농도를 비교한 후 정한 함초 분말의 대체 분량이 적절했음을 나타내 주는 결과라 볼 수 있다. Oh 등(1999)은 물김치의 염도를 0~3.0%까지 조절하여 담근 물김치의 미생물 균총을 살펴 본 연구에서 염 농도 1%의 김치가 4, 15, 25°C에서 숙성 시킨 김치 모두에서 *Leuconostoc* 속 젖산균의 생육이 가장 활발히 일어난다고 하였다.

3. 김치의 pH와 적정 산도

함초 분말을 첨가한 김치의 pH와 적정 산도의 변화를 <Figure 1>에 나타내었다. 김치의 pH는 제조 당일(0 day)에 pH 5.52~5.69였으며, 김치를 24시간 24°C에서 저장한 후인 1일에는 별다른 변화가 없었으나 3일에 감소하기 시작하여 실험 종료일인 14일에는 pH 4.70~4.96까지 감소하였다. Kim 등(1988)은 김치의 pH는 5.4 이상일 때는 풋내가 나고 산미가 강한 미숙성기이며, pH 4.6 이하는 산미가 강하며 조직의 색상과 연화정도가 불량하므로 김치의 최적 가식 범위는 pH 5.4~4.6이라고 하였는데 본 연구에서는 발효 3일후부터 실험 종료까지 대조군을 포함한 모든 실험군이 이 범위 내의 pH를 나타내었다. 함초 분말 첨가 수준에 따른 pH의 유의적인 변화는 관찰되지 않았으나, 숙성 14일의 pH는 함초 분말을 첨가한 김치가 대조군에 비해 높은 pH를 나타내었다.

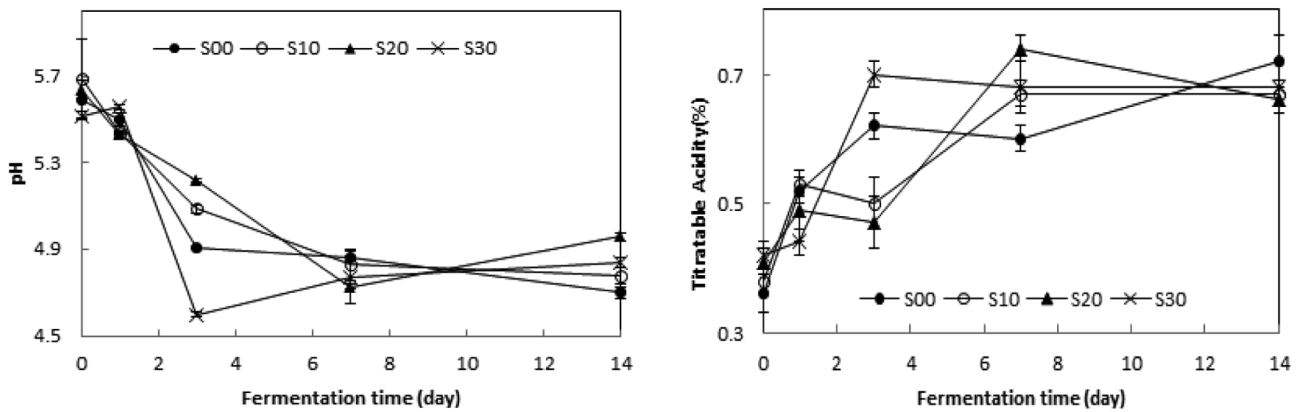
<Table 4> Changes of salinity of low-salt kimchi replaced salt with *Salicornia herbacea* L. powder during fermentation

Mean±SD

Samples	Fermentation time (day)				
	0	1	3	7	14
S00 ¹⁾	1.20±0.10 ^{NS2)}	1.17±0.06 ^{NS}	1.17±0.06 ^{NS}	1.23±0.06 ^{NS}	1.13±0.06 ^{NS}
S10	1.03±0.06	1.18±0.16	1.17±0.06	1.23±0.06	1.23±0.06
S20	1.03±0.06	1.10±0.00	1.07±0.06	1.13±0.06	1.17±0.06
S30	1.22±0.11	1.03±0.06	1.13±0.12	1.17±0.15	1.23±0.43

¹⁾S00: control(salt 100%), S10: 10% salt replacement with *Salicornia herbacea* L. powder, S20: 20% salt replacement with *Salicornia herbacea* L. powder, S30: 30% salt replacement with *Salicornia herbacea* L. powder

²⁾NS: not significant at p<0.05



<Figure 1> Changes of pH and titratable acidity of low-salt kimchi replaced salt with *Salicornia herbacea* L. powder during fermentation

숙성기간 중의 적정 산도 역시 숙성기간이 증가할수록 증가하였지만 함초 분말 첨가에 따른 유의적인 차이를 나타내지는 않았다. 숙성 14일의 산도는 대조군이 0.72%인 것에 비해 함초 분말을 첨가한 김치의 적정 산도는 0.66~0.68%로 낮았으나 유의적인 차이를 나타내지는 않았다.

Park 등(2011)은 최종 소금 농도를 2.5%로 조정된 함초 분말 첨가 열무 물김치의 품질 특성을 살펴 본 연구에서 담금 직후는 대조구에 비해 함초 분말을 첨가한 처리구의 pH가 낮고, 총산은 다소 높았으나 발효가 진행되면서 처리구의 pH가 높게 유지되고 총산은 낮아진다고 하여 본 연구와 유사한 경향을 보였다. 또한 Yu & Hwang(2011)이 몇몇 종류의 소금과 대체염 그리고 함초 소금으로 저염(염도 1.72~2.5%) 김치를 제조한 결과 대체염과 함초 소금을 사용한 김치는 정제 소금을 사용한 김치에 비해 pH 변화가 완만하여 발효 속도가 다소 지연되었다는 결과와 일치하는 것으로 그들은 이러한 효과가 대체염이나 함초 소금이 정제염에 비해 무기염류(칼슘염, 칼륨염 및 마그네슘염 등)가 많아 발효 숙성 과정에서 pH 저하를 지연시키는 완충효과가 있었을 것으로 분석하였다.

3. 김치의 경도

함초 분말 대체량 및 김치 숙성기간에 따른 경도 측정 결

과를 <Table 5>에 나타내었다. 김치는 숙성기간이 증가할수록, 함초 분말 첨가량이 증가할수록 경도가 증가하는 경향을 나타내었으나 발효 1일과 7일을 제외하고 유의적인 차이는 없었다. 배추조직에 함유된 펙틴은 김치의 텍스처를 비롯한 품질평가의 기준이 되는 성분의 하나로 펙틴의 일부는 hemicellulose와 결합하여 cellulose에 부착되어 단단한 조직감을 부여하고 일부는 칼슘 이온과 결합하여 middle lamella 부분을 형성하므로 김치 조직의 경도를 증가시켜 김치의 아삭거림을 증가시킨다고 한다(Kim 등 1988; Lee 등 2011). 본 실험에 사용된 함초 분말은 약 385 mg/100 g의 칼슘을 함유하고 있으므로 이러한 특성이 배추김치의 경도에 영향을 미쳤을 것으로 보인다. 이러한 이유로 칼슘은 김치의 연화를 방지하는 효과가 있으며, 또한 김치 발효 중 생성되는 젖산과 결합하여 젖산 칼슘이 생성됨으로써 과도한 산 생성을 막아 산패를 지연시키는 효과가 있다(Kim 등 1999; Park 등 2011)는 점 등을 고려할 때 김치 숙성에 불필요한 각종 미생물의 증식으로 인한 과도한 산생성과 배추 조직의 연부현상이 우려되는 저염 김치(Yu & Hwang 2011) 제조에 있어서 함초 분말의 첨가는 김치의 품질 특성 증가와 함께 건강기능성을 띠할 수 있는 바람직한 대안이 될 수 있을 것이다.

<Table 5> Changes of hardness of low-salt kimchi replaced salt with *Salicornia herbacea* L. powder during fermentation

Mean±SD

Samples	Fermentation time (day)				
	0	1	3	7	14
S00 ¹⁾	2589±132 ^{NS2)}	2625±281 ^{b3)}	3012±83 ^{NS}	2754±138 ^b	3116±416 ^{NS}
S10	2448±225	2669±203 ^b	3030±117	3217±287 ^b	3305±334
S20	2585±288	2980±122 ^{ab}	3143±133	3181±231 ^b	3386±306
S30	2289±66	3212±150 ^a	3122±305	3298±123 ^a	3707±121

¹⁾Refer to Table 4.

²⁾NS: not significant at p<0.05

³⁾The same letters in the same column are not significantly different (p>0.05).

4. 김치의 색도

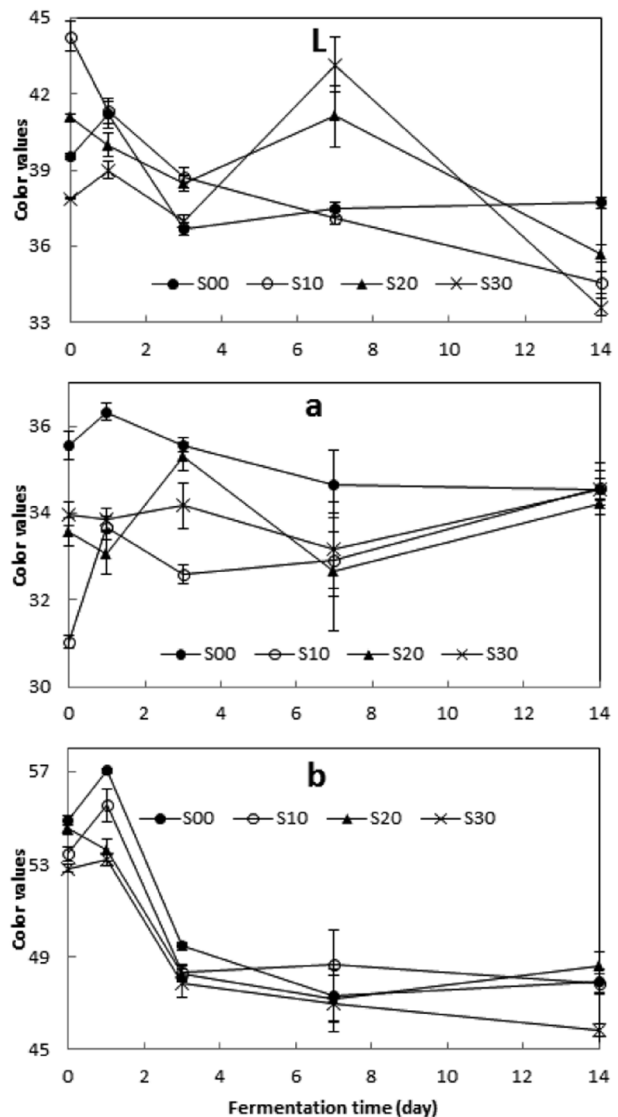
소금의 일부를 함초 분말로 대체한 김치의 색도를 L, a, b 값으로 측정된 결과는 <Figure 2>와 같으며, 명도(lightness)를 나타내는 L값과 적색도(a), 황색도(b)는 함초 분말 함량에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. 김치 제조 직후 육안으로 김치의 외관을 관찰하였을 때는 함초 분말 함량이 많은 실험군의 경우 대조군에 비해 탁하고 어둡게 보였으나 김치의 일정 부분을 취한 후 같아서 명도를 측정된 결과는 함초 분말 함량 및 숙성기간에 따른 일정한 경향을 나타내지 않았다. 그러나 발효 14일의 L값은 대조군(S0)이 함초 분말을 첨가한 군(S10, S20, S30)에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었다($p < 0.05$). a값은 함초 분말이 갖는 특유의 색상의 영향으로 이를 첨가한 김치의 경우 담금 초기인 1일까지는 낮은 값을 보였으나 함량에 따른 차이를 나타내지는 않았으며, 충분히 숙성이 이루어진 14일에는 첨가량에 따른 적색도의 차이가 없었다. 숙성기간에 따라 별다른 값의 변화를 보이지 않았던 적색도와는 달리 황색도(b)는 담금 3일후부터 감소하는 경향을 나타내었지만 함초 첨가량이 많은 S30에서만 유의적인 차이를 볼 수 있었다($p < 0.05$).

함초 분말 첨가에 따른 제빵적성의 변화를 살펴 본 Baec 등(2008)은 함초 분말을 첨가한 식빵 반죽의 L값과 b값은 함초 첨가량이 증가할수록 감소하지만 a값은 증가하였다. 그러나 함초 분말을 첨가하여 제조한 설기떡에서는 함초 분말의 첨가량이 많을수록 L값은 감소하고 a, b값은 증가한다고 하여(Jang 2006), 함초 분말의 첨가 색도에 미치는 영향은 식품 또는 재료에 따라 다르게 나타나는 것으로 생각된다.

5. 총 균수 및 젖산균수

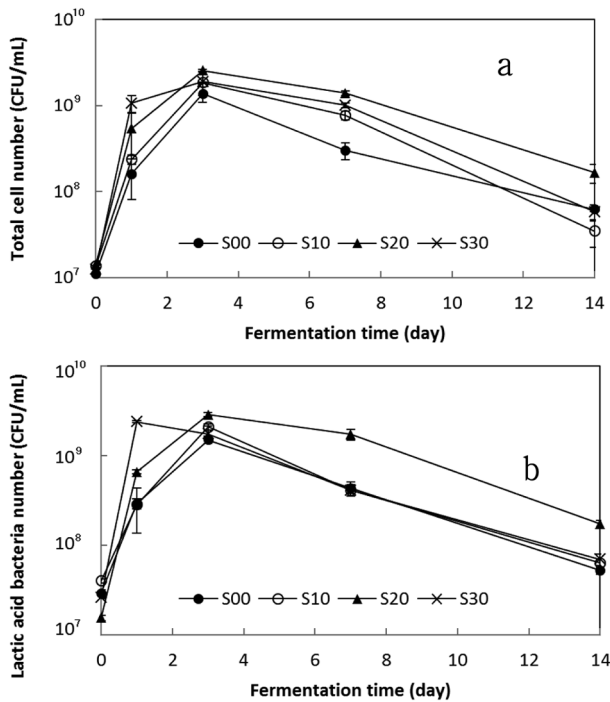
함초 분말을 첨가한 김치의 발효 기간 중 총 균수와 젖산균수의 변화는 <Figure 3>과 같다. 총 균수는 대조군 및 실험군 모두 김치 제조 후 24°C에서 24시간 저장 후인 발효 1일부터 크게 증가하였으며, 발효 3일후까지 급격히 증가한 후 감소하였다. 함초 분말 첨가량은 총 균수에 영향을 미쳐 발효 1일에는 첨가량이 증가할수록 총 균수가 유의적으로 증가하였지만($p < 0.05$), 3일후부터는 S30에 비해 S20의 총 균수가 최고치를 나타내었다. 그러나 7일을 제외하고는 S20과 S30의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 이러한 경향은 젖산균수에서도 유사한 경향을 나타내어 함초 분말 함량에 따라 젖산균수가 증가하는 것을 알 수 있었다. 그러나 S00~S20는 총 균수와 마찬가지로 발효 3일 후 최고 균수를 나타내었으나 S30은 발효 1일에 최고치를 나타낸 후 감소하였다.

Yu & Hwang (2011)은 일반염과 대체염(NaCl 50%, KCl 30%, MgSO₄ 10%, Ca-lactate 7%, malic acid 3%)으로 제조한 저 나트륨 김치의 숙성 변화를 살펴 본 연구에서 *Lactobacillus*속과 *Leuconostoc*속 균수는 일반염을 첨가한 김치에 비해 대체염을 첨가한 김치에서 높게 측정되었으며, 대



<Figure 2> Changes of Hunter's color values of low-salt kimchi replaced salt with *Salicornia herbacea* L. powder during fermentation

체염을 사용한 김치는 젖산균수의 증가에도 불구하고 칼슘염 등의 무기염류가 완충작용을 통해 유기산을 중화하여 산도를 낮게 유지함으로써 젖산균의 생육을 증가시키는 것으로 보였다. 이는 본 연구에서 함초 분말을 첨가한 김치가 대조군에 비해 총 균수 및 젖산균수가 많음에도 불구하고 생성된 pH의 별다른 차이를 보이지 않은 것과 같은 결과이며, 이는 함초 분말에 함유된 다량의 칼슘, 칼륨, 마그네슘 등에 의한 완충작용의 효과로 볼 수 있다. 이와 함께 함초 분말을 첨가한 열무 물김치에 대한 연구(Park 등 2011)에서도 함초 분말 첨가량이 증가할수록 총 균수와 젖산균수가 증가했음에도 불구하고 총산은 감소하였다고 하여 본 연구와 유사한 결과를 보여주었다.



<Figure 3> Changes of total cell numbers(a) and lactic acid bacteria numbers(b) of low-salt kimchi replaced salt with *Salicornia herbacea* L. powder during fermentation

의 10, 20, 30%를 함초 분말로 대체할 경우 첨가되는 함초 분말은 적지 않은 양이다. 따라서 김치 제조 직후는 함초 분말의 첨가량의 차이를 육안으로도 구분할 수 있었으며, <Figure 2>의 제조 당일과 발효 1일의 적색도는 함초를 첨가한 군에서 유의적으로 낮게 나타났다. 그러나 발효 7일의 적색도는 군 간의 유의적인 차이를 볼 수 없었다. 전반적인 기호도 역시 함초 첨가군과 대조군 사이에서 또한 첨가량에 따라서는 유의적인 차이를 보여주지 않았다. 그러나 함초 분말을 20% 이상 대체한 김치에 대한 전반적인 기호도는 대조군과 10% 대체군에 비해 떨어지는 경향을 나타내었다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 1% 정도의 염 농도를 나타낸 저염 김치에 사용되는 소금을 30%까지 함초 분말로 대체해도 짠맛을 변화시키지 않으면서도 대부분의 품질 특성을 유지할 수 있었다는 것을 알 수 있었다. 그러나 관능적 특징까지를 만족시키는 범위는 10% 수준이었다. 본 연구의 의의는 짠맛과 나트륨을 함유하면서도 나트륨 섭취에 따른 위험요인이 되는 심혈관 질환에 도움을 줄 수 있다고 알려진 함초 분말을 소금 대신 김치에 활용할 수 있었으며, 더욱이 이미 김치의 염도를 낮춘 저염 김치에 활용할 경우에도 김치의 품질을 열화시키지 않았다는 것이다. 이러한 연구 결과가 함초 분말을 활용한 저염 김치의 개발 및 시판에 도움이 될 수 있기를 바란다.

6. 관능검사

함초 분말의 첨가량을 달리하여 제조한 저염 김치의 품질 특성을 발효 8일에 짠맛, 신맛, 단맛, 붉은 색, 경도와 전반적인 기호도로 구분하여 9점 척도법으로 평가한 결과를 <Table 6>에 나타내었다. 그 결과 소금의 일부를 함초 분말로 대체한 김치는 모든 평가 특성에서 대조군과 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, 검사자는 함초 분말의 함량 증가에 따른 김치의 품질특성을 구분하지 못한 것으로 생각된다. 그러나 이는 위에서 서술한 이화학적 특성과 유사한 결과라 볼 수 있는데, 즉, <Table 4>와 <Figure 1>에서 나타난 발효 7일의 염도 및 pH는 함초 첨가량에 따른 유의적인 차이가 없었으며, 검사자들은 <Figure 1>의 산도 0.60~0.74의 차이를 신맛의 차이로써 구분하지 못한 것으로 생각된다.

<Table 1>의 김치의 재료 함량에서 보는 바와 같이 소금

IV. 요약 및 결론

세계인이 인정하는 건강식품인 김치 섭취의 유일한 제한점은 나트륨 섭취량이다. 배추김치는 한국인에게 있어서 소금을 제외한 가장 주된 나트륨 급원식품이다. 최근 사회적으로 나트륨의 건강 위해요인이 알려지면서 저염 김치의 제조 필요성이 강조되고 있다. 한편, 염전이나 갯벌에 서식하는 짠맛을 내는 함초는 나트륨 함량이 높으면서도 소금 섭취에 따른 대표적인 건강 위해요인인 심혈관질환에 도움이 된다는 많은 연구결과들이 발표되었다. 따라서 본 연구에서는 염도 1%의 저염 김치를 대조군으로 하여 김치 양념 제조에 첨가되는 소금 함량의 10, 20, 30%를 함초 분말로 대체한 김치를 제조하여 품질 특성을 살펴봄으로써 저염 효과와 함께 함초의 건강기능성을 부여한 김치를 개발하고자 하였다.

<Table 6> Sensory characteristics of low-salt kimchi replaced salt with *Salicornia herbacea* L. powder Mean±SD

Parameters	S00 ¹⁾	S10	S20	S30
Saltiness	4.49±2.05 ^{NS2)}	3.86±1.61	4.32±2.24	4.35±2.10
Sourness	3.89±2.14 ^{NS}	3.51±1.63	4.05±2.20	3.73±2.27
Sweetness	3.54±2.06 ^{NS}	3.41±1.79	3.27±2.18	2.98±1.66
Redness	5.08±1.44 ^{NS}	4.86±1.87	5.38±2.64	5.51±2.01
Hardness	5.27±1.88 ^{NS}	5.62±2.11	5.51±2.05	5.81±1.76
Overall acceptability	4.57±1.95 ^{NS}	4.49±2.22	3.81±2.08	3.86±1.99

¹⁾Refer to Table 4.

²⁾NS: not significant at p<0.05

실험에 사용한 함초 분말은 조단백 6.99%, 조지방 3.12% 및 25.72 mg%의 조회분과 36.92 mg%의 식이섬유소와 함께 다량의 칼슘, 칼륨, 마그네슘 및 철분을 함유하고 있었다. 함초 분말의 나트륨 농도는 약 7.7% 이었으며, 대조군에 사용된 제재염의 25%에 해당하는 염도를 나타내었다. 또한 함초 분말을 소금의 10~30%까지 대체한 김치 모두 발효 기간 중 대조군과의 염도의 차이는 나타나지 않았다.

소금의 일부를 함초 분말로 대체한 김치의 pH와 적정 산도는 대조군과 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 발효 14 일에는 함초 분말을 대체한 김치가 대조군에 비해 pH는 높고, 적정 산도는 낮은 경향을 나타내었다. 김치의 경도는 함초 분말 비율이 증가할수록 증가하는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없었는데 이는 함초 분말에 다량 함유된 칼슘의 연화 방지 효과에 기인한 것으로 생각된다. 김치의 L값은 함초 분말을 대체한 군이 낮은 값을 나타내었으나 적색도를 나타내는 a값은 발효 초기와 달리 발효가 진행되면서 차이가 줄어들어 14일에는 차이를 나타내지 않았다. 황색도는 함초 분말 비율이 가장 높은 S30에서만 유의적으로 감소하였다. 이러한 함초 분말을 대체한 김치에서 나타나는 물리화학적 특성은 관능검사 결과와 유사하여 짠맛, 신맛, 적색의 정도 및 단단함에서 함초 분말을 넣지 않은 대조군과 차이를 인식하지 못하였다.

소금의 일부를 함초 분말로 대체한 경우 미생물 증식에서는 뚜렷한 차이를 보여주었다. 총 균수 및 젖산균수는 함초 분말 함량에 의해 증가하는 것을 알 수 있었다. 이는 pH 및 적정 산도의 결과와 배치되는 것이지만 함초 분말에 함유된 다량의 칼슘, 칼륨, 마그네슘 등의 무기염류가 젖산균이 생성한 산을 완충한 효과로 볼 수 있다.

본 연구 결과 저염 김치의 제조에 있어서 염도를 기준으로 양념에 사용되는 소금의 약 30%에 해당하는 양을 함초 분말로 대체한 경우라도 물리, 화학적 특성에 유의적인 차이가 없으며, 소금의 약 10%를 대체할 경우 관능적 특징까지를 만족시킬 수 있는 저염 김치를 제조할 수 있음을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구 수행에 도움을 주신 롯데백화점 기획지원팀 박연홍과 한국의약품 안전관리원 송이나에게 감사드립니다.

References

이승림. 2009. 저염김치의 개발현황과 활용방안. 국민영양 5:14-21
 Bae JY, Park LY, Lee SH. 2008. Effects of *Salicornia herbacea* L. powder on making wheat flour bread. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37(7):908-913

Ceremuzyński L, Gebalska J, Wolk R, Makowska E. 2000. Hypomagnesemia in heart failure with ventricular arrhythmias. Beneficial effects of magnesium supplementation. J. Intern. Med. 247(1):78-86
 Cheigh HS, Park KY. 1994. Biochemical, microbiological and nutritional aspects of Kimchi (Korean fermented vegetable products). Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 34:175-203
 Cho IY, Lee HR, Lee JM. 2005. The quality changes of less salty kimchi prepared with extract powder of fine root of Ginseng and *Schinzandra chinensis* juice. 20(3):305-314
 Choi YM, Whang JH, Kim JM, Suh HJ. 2006. The effect of oyster shell powder on the extension of the shelf-life of Kimchi. Food Control 17:695-699
 Cook NR, Obarzanek E, Culter JA, Buring JE, Rexrode KM, Kumanyika SK, Lawrence JA, Whelton PK. 2009. Joint effects of sodium and potassium intake on subsequent cardiovascular disease: the Trials of Hypertension Prevention follow-up study. Arch. Intern Med. 169:32-40
 Essaidi I, Brahmī Z, Snoussi A, Koubaier HBH, Casabianca H, Abe N, El Omri A, Chaabouni MM, Bouzouita N. 2013. Phytochemical investigation of Tunisian *Salicornia herbacea* L., antioxidant, antimicrobial and cytochrome P450 (CYPs) inhibitory activities of its methanol extract. Food Control 32(1):125-133
 Ham KS, Cho JY, Park SY, Saoraya C, Gao TC. 2013. Composition for preventing raised blood pressure comprising *Salicornia herbacea* and garlic, and production method therefor. Korea patent WO2013066050 A1
 Hahn YS, Oh JY, Kim YJ. 2002a. Characteristics of low-salt kimchi prepared with salt replacement during fermentation. 34(4):647-651
 Hahn YS, Oh JY, Kim YJ. 2002b. Effect of preservatives and heat treatment on the storage of low-salt kimchi. 34(4):565-569
 Hwang JY, Lee SK, Jo JR, Kim ME, So HA, Cho CW, Seo YW, Kim JI. 2007. Hyperlipidemic effect of *Salicornia herbacea* in animal model of type 2 diabetes mellitus. Nutr. Res. Pract. 1(4):371-375
 Im SA, Kim K, Lee CK. 2006. Immunomodulatory activity of polysaccharides isolated from *Salicornia herbacea*. Int. Immunopharmacology 6:1451-1458
 Im SA, Lee YR, Lee YH, Oh ST, Gerelchuluun T, Kim BH, Kim Y, Yun YP, Song S, Lee CK. 2007. Synergistic activation of monocytes by polysaccharides isolated from *Salicornia herbacea* and interferon- γ . J. Ethnopharmacology 111:365-370
 Jang MS, Park JE. 2006. Optimization of ingredient mixing ratio for preparation of Sulgidduk with Saltwort (*Salicornia herbacea* L.). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 35(5):641-648

- Jing MA, Folsom AR, Melnick SL, Eckfeldt JH, Sarrett AR, Nabulsi AA, Hutchinson RG, Metcaf PA. 1995. Associations of serum and dietary magnesium with cardiovascular disease, hypertension, diabetes, insulin, and carotid arterial wall thickness: The alic study. *J. Clin. Epidemiol.* 48(7):927-940
- Kim BK, Lim YH, Kim SG, Kim YM, Shin J. 2012a. Relationship between sodium intake and blood pressure according to metabolic syndrome status in the Korean National Health and Nutrition Examination Survey. *Blood. Press. Monit.* 17(3):120-127
- Kim J, Bang J, Beuchat LR, Kim H, Ryu JH. 2012b. Controlled fermentation of kimchi using naturally occurring antimicrobial agents. *Food Microbiology* 32:20-31
- Kim SD. 1985. Effect of pH adjuster on the fermentation of kimchi. *J. Korean Sci. Food Nutr.* 14:259-264
- Kim SD, Kim ID, Park IK, Kim MH, Youn KS. 1999. Effects of calcium lactate and acetate on the fermentation of Kimchi. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 6:333-338
- Kim SD, Lee SH, Kim MJ, Oh YA. 1988. Changes in pectin substance of lower salted chinese cabbage kimchi with pH adjuster during fermentation. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 17(3):255-261
- Larsson SC, Wolk A. 2007. Magnesium intake and risk of type 2 diabetes: a meta-analysis. *J. Int. Med.* 262:208-214
- Lee JS, Park J, Kim J. 2011. Dietary factors related to hypertension risk in Korean adults—data from the Korean national health and nutrition examination survey III. *Nutr. Res. Pract.* 5(1):60-65
- Lee KY, Lee MH, Chang IY, Yoon SP, Lim DY, Jeon YJ. 2006. Macrophage activation by polysaccharide fraction isolated from *Salicornia herbacea*. *J. Ethnopharmacology* 103:372-378
- Lee YS, Sohn HS, Rho JO. 2011. Changes in the quality of *Baechu Kimchi* added with *Backryeoncho* (*Opuntia ficus-indica* var. *saboten*) powder during fermentation. *27(3):59-70*
- Lim SS, Vos T, Flaxman AD, Danaei G, Shibuya K, et al. 2012. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factors clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet* 380:2224-2260
- Marketou ME, Zacharis EA, Parthenakis F, Kochiadakis GE, Maragkoudakis S, Chlouverakis G, Vardas PE. 2013. Association of sodium and potassium intake with ventricular arrhythmic burden in patients with essential hypertension. *J. Am. Soc. Hypertension* 7(4):276-282
- Mheen TI, Kwon TW. 1984. Effect of temperature and salt concentration on kimchi fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 16:443-450
- Moon GS, Song YS, Lee CG, Kim SK, Ryu BM, Jeon YS. 1997. The study on the salinity of kimchi and subjective perception of salinity in Pusan area. *Korean J. Soc. Food Sci.* 13(2):179-184
- Obarzanek E, Sacks FM, Vollmer WM, Bray GA, Miller III ER, Lin PH, Karanja NM, Most-Windhauser MM, Moore TJ, Swain JF, Bales CW, Proschan MA. 2001. Effects on blood lipids of a blood pressure-lowering diet: the Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) Trial. *Am. J. Clin. Nutr.* 74:80-89
- Oh JY, Hahn YS, Kim YJ. 1999. Microbiological characteristics of low salt Mul-kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31(2):502-508
- Oh JH, Kim OI, Lee SK, Woo MH, Choi SW. 2007. Antioxidant activity of the ethanol extract of hancho (*Salicornia herbacea*) cake prepared by enzymatic treatment. *Food Sci. Biotechnol.* 16(1):90-98
- Oh YA, Choi KH, Kim SD. 1997. Changes in enzymes activities and growth of lactic acid bacteria in pine needle added Kimchi during fermentation. *J. Food Sci. Technol.* 9:75-85
- Park JE, Lee JY, Jang MS. 2011. Quality characteristics of *Yulmoo Mul-kimchi* containing Saltwort (*Salicornia herbacea* L.). *J Korean Soc. Food Nutr.* 40(7):1006-1016
- Park SH, Ko SK, Choi JG, Chung SH. 2006. *Salicornia herbacea* prevents high fat diet-induced hyperglycemia and hyperlipidemia in ICR mice. *Archives of Pharmacol Research* 29(3):256-264
- Park WP, Park KD, Cheong YJ, Lee IS. 2002. Effect of calcium powder addition on the quality characteristics of Kimchi. *J. Korean Society of Food Science and Nutrition* 31:428-432
- Sacks FM, Svetkey LP, Vollmer WM, Appel LJ, Bray GA, Harsha D, Obarzanek E, Conlin PR, Miller III ER, Simons-Morton D, Karanja N, Lin PH. 2001. Effects on blood pressure of reduced dietary sodium and the dietary approaches to stop hypertension (DASH) diet. *N. Engl. J. Med.* 344(1):3-10
- Stamler J. 1997. The INTERSALT study: background, methods, findings, and implications. *Am. J. Clin. Nutr.* 65(2):626s-642s
- Strazzullo P, D'Elia L, Kandala NB, Cappuccio FP. 2009. Salt intake, stroke, and cardiovascular disease: meta-analysis of prospective studies. *BMJ* 339:b4567
- Yu KW, Hwang JH. 2011. Fermentation characteristics of low-sodium kimchi prepared with salt replacement. *Korean J. Food & Nutr.* 24(4):753-760
- Zhang W, Iso H, Ohira T, Date C, Tamakoshi A. 2012. Associations of dietary magnesium intake with mortality

from cardiovascular disease: The JACC study. *Atherosclerosis* 221:587-595

Korea National Health & Nutritional Examination Survey (KNHANES V-2). *Korea Health Statistics 2011* - Available from <http://www.knhanes.cdc.go.kr> (cited 2013. Sep. 4)

식품의약품안전처. 2013. 식품영양데이터베이스 식품영양성분 DB - Available from <http://www.foodnara.go.kr> (cited 2013. Sep. 4)

2013년 12월 10일 신규논문접수, 12월 18일 수정논문접수, 12월 18일 채택