

## 염혼합물의 첨가가 김치의 물리적 및 관능적 특성에 미치는 영향

구경형 · 강근옥\* · 장영상\*\* · 김우정

세종대학교 식품공학과, \*안성농업전문대학 생활교양과, \*\*(주)농심기술연구소

### Effect of Combined Salts Addition on Physical and Sensory Properties of *Kimchi*

Kyung-Hyung Ku, Kun-Og Kang\*, Young-Sang Chang\*\* and Woo-Jung Kim

Department of Food Science and Technology, King Sejong University

\*Department of Cultural Learning, Anseong National Agricultural College

\*\*Nong-Shim Technology Development Institute

#### Abstract

Addition of two different salt mixtures of sodium phosphates, Ca-EDTA, NaNO<sub>2</sub> and sodium citrate were investigated for their effects on relative viscosity, texture, sensory properties of *kimchi* and solids contents of *kimchi* and *kimchi* liquid during fermentation at 4~35°C. The salt mixtures were added into half fermented *kimchi* with the concentration range of 0.001~0.01 M. The results showed that higher values in viscosity of *kimchi* liquids were obtained for those fermented at low temperature and with salts mixtures added. The hardness of Chinese cabbage was generally increased until pH 4.0 reached and then decreased thereafter for those fermented without salts mixture. However the salts added *kimchi* showed no decrease and a slightly harder texture measured at the late stage of fermentation. Soluble solids concentration steadily decreased in *kimchi* liquids for those salts mixture added while those without salts mixture were initially increased followed by slow decrease. Comparison of sensory properties showed that the degree of changes was reduced when salt mixture was added. Higher scores in fresh-sourness and acidic taste, hardness and chewiness in texture and lower moldy odor were obtained when the data was compared for those *kimchi* having the pH range of 4.0~4.2.

Key words : *kimchi*, salts mixture addition, texture, sensory property

## 서 론

김치, 동치미, 오이지 등 김치류는 배추, 무우 또는 오이를 주원료로 한 한국고유의 야채류 발효식품으로서, 상쾌한 신맛 등 여러 가지의 맛과 신선한 씹힘성이 잘 조화된 특성을 갖고 있다. 김치를 외국의 유사한 채소 발효식품들과 비교할 때 김치는 비교적 좁은 범위의 산성식품(pH 4.0~4.5)으로 sauerkraut보다 pH가 높고 가열하지 않고 섭취해야 한다는 면에서 그 특징적 차이가 있다.

현재까지 보고된 김치에 관한 연구는 주로 김치발효에 관여하는 미생물과 숙성 중 김치의 성분변화가 주로 이루어졌으며<sup>(1-3)</sup>, 맛과 질감이 있는 휘발성 및 비휘발성 유기산의 조성과 그 변화<sup>(4-6)</sup>에 관하여도 최근 보고된 바 있다. 또한, 김치의 주요 품질의 하나인 텍스처에 관한 관심이 높아가면서 조직이 연하게 되는 연부현상의 원

인과 이에 관여하는 미생물에 관한 연구<sup>(7)</sup>, 배추절임시 소금농도에 따른 배추의 소금농도 및 텍스처의 변화<sup>(8)</sup>, 발효 중 pH 및 총산도의 변화<sup>(9)</sup> 그리고 관능적 성질의 특성<sup>(10,11)</sup> 등이 자세히 연구된 바 있다.

본 연구실에서는 그간 microwave에 의한 순간 열처리<sup>(12)</sup>와 무기 또는 유기염을 혼합첨가시켜 김치의 저장성을 향상시킨 결과를 보고<sup>(13)</sup>한 바 있으며, 인산염과 Ca-EDTA, citrate염 등을 혼합한 염혼합물이 김치의 발효를 억제시키는데 효과가 있음을 발견하였다. 그리하여 본 연구에서는 숙성된 김치의 저장기간을 연장하기 위하여 전보에서 사용한 염혼합물을 발효중반기에 첨가하였을 때 배추의 텍스처, 김치액의 점도 및 고형분의 양 등 물리화학적 품질과 맛, 냄새 등 관능적 특성에 어떠한 영향을 미치는지를 조사하였기에 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 제조방법

김치의 제조방법은 전보<sup>(13)</sup>와 같이 신선한 배추를 2 cm×2 cm의 크기로 잘라 15% 소금물(한주소금)에서 2

Corresponding author : Woo-Jung Kim, Department of Food Science and Technology, King Sejong University, Kunja-dong, Sungdong-gu, Seoul 133-747, Korea

**Table 1. Concentration of various salts used for salts mixtures**

Salts mixture		pH
CA-A	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> (0.01 M), NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (0.01 M) Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (0.01 M)	10.34
CA-B	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> (0.01 M), Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (0.01 M) Ca-EDTA(0.001 M), NaNO <sub>2</sub> (0.001 M) Sod. citrate(0.005 M)	8.0

시간 절인 다음 수세하고, 절인 배추 100g당 마늘 2g, 파 2g, 생강 1g의 비율로 넣었다. 이들을 잘 버무린 다음 4~35°C에서 각각 발효시켰다. 염혼합물의 첨가는 어느 정도 발효된 김치(pH 4.6~4.8)에 절임배추 무게에 대한 다음 염들의 농도(Table 1)로 김치액에 먼저 용해시킨 다음 첨가한 뒤 4~35°C에서 계속 저장하면서 발효시켰다.

**점도 측정**

온도별로 숙성시킨 김치액의 점도는 김치액을 3겹의 cheese cloth로 여과하여 맑은 액을 취한 다음 20+0.05°C로 유지된 항온조내에서 ostwald 점도계로 측정하였다. 사용한 점도계의 증류수 흐름시간은 39.35초였고, 김치액의 흐름시간은 각 시료당 6번 측정하여 평균치에 가장 가까운 5개의 측정치에서 평균값을 계산하여 비교점도(relative viscosity)로 표시하였다.

**고형분 측정**

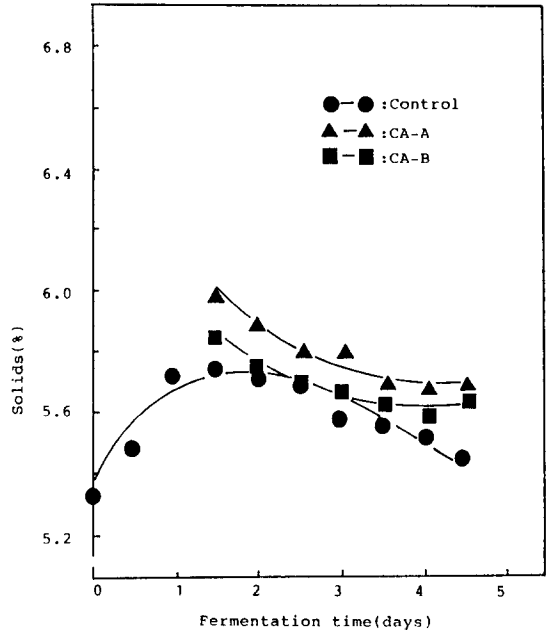
김치의 숙성과정 중 배추 조직으로부터 용출된 고형분은 3겹의 cheese cloth로 여과한 김치액 약 20g을 정확히 평량하여 약 80°C에서 예비건조시킨 다음, 105°C에서 2시간 건조시켜 백분율(%)로 계산하였다. 염혼합물의 첨가구에서는 측정된 고형분에서 첨가염의 무게를 빼어 고형분으로 계산하였다.

**김치의 텍스처 측정**

김치의 텍스처 측정은 온도별로 숙성시킨 배추의 최외각 부분과 속을 제외한 중간 줄기를 골라 뿌리에서 5cm 이상의 줄기에서 두께가 약 0.9~1cm인 부분을 택하여 시료로 하였다. 텍스처 측정은 rheometer(model R-UDJ-DM, I & T Co., Japan)를 사용하였으며, 조작 조건은 최대 압력이 4kg, table speed는 49mm/min, clearance는 0.3mm, chart speed는 120mm/min로 하였고, puncture test를 위한 prove는 0.5mm의 직경을 가진 stainless steel rod를 사용하였다. 각 시료는 5번 반복 측정하여 측정치가 비슷한 3개의 값으로 경도의 평균값(kg)을 계산하였다.

**관능적 평가**

일정량의 김치를 35°C 항온조에서 시간별로 발효시키



**Fig. 1. Effect of combined additives on solids in kimchi liquid during fermentation at 25°C**

Composition of CA-A and CA-B refers to Table 1

면서 김치의 맛, 냄새, 텍스처를 평가하였다. 파넬원의 구성은 대학원생과 학부생 중 김치의 맛의 차이를 식별할 수 있는 능력에 기준을 두어 7명의 파넬원을 선정하여 훈련시킨 뒤 본 관능시험을 실시하였다.

김치의 관능적 특성의 묘사선정은 김치의 맛, 냄새 및 텍스처를 느끼는 대로 묘사하게 한뒤, 유사한 표현을 정리하여 9가지의 품질묘사를 선정하였다. 시료의 온도는 상온으로 하였고 시험실시 시간은 오전 11시와 오후 3시 2회 실시하였다. 검사방법은 다시료 비교법에 의하여 맛(생김치 맛, 상큼한 맛, 신맛), 냄새(꽃내, 상큼한내, 신내, 군덕내), 텍스처(질감, 연함)에 대하여 평가하게 하였다. 각 묘사의 강도를 4로 하였던 표준시료는 염혼합물을 첨가하지 않고 35°C에서 발효시킨 pH 4.5~4.6의 김치였으며, 표준시료보다 대단히 약하면 1, 대단히 강하면 7로 한 7점법에 의하여 평가하게 하였다. 관능적 평가에서 얻어진 결과의 유의성 검정은 분산분석법에 의하여 하였다.

**결과 및 고찰**

**김치액의 고형분 함량**

김치액의 고형분은 배추에 있는 가용성 물질들이 용출된 것으로 이들은 배추 절임시 일부가 15% NaCl 용액에 손실되었으리라 생각되며, 남아있는 가용성 물질과 발효 중 분해된 고분자 화합물의 분해물이 배추 조직액과

**Table 2. Effect of combined additives on relative viscosity of kimchi during fermentation at various temperatures**

Temperature (°C)	Treatment	Fermentation days					
		0	4	8	12	16	20
4	Control	1.132	1.188	1.211	1.242	1.237	1.249
	CA-A			1.260	1.255	1.285	1.257
	CA-B			1.265	1.262	1.257	1.251
15	Control	0	1	2	4	6	8
	CA-A	1.132	1.178	1.181	1.193	1.234	1.237
	CA-B			1.244	1.227	1.249	1.275
25	Control	0	0.5	1	2	3	4
	CA-A	1.132	1.168	1.171	1.186	1.191	1.193
	CA-B			1.288	1.196	1.219	1.221
35	Control	0	0.25	0.5	1.0	1.5	2
	CA-A	1.122	1.174	1.177	1.179	1.220	1.212
	CA-B			1.215	1.215	1.235	1.266
				1.248	1.210	1.212	1.258

Composition of CA-A and CA-B refers to Table 1

함께 용출된 것으로 믿어진다. 김치액 고형분의 변화는 Fig. 1과 같이 염혼합물을 첨가한 김치와 이들을 첨가하지 않은 대조구와의 고형분 변화과정을 25°C에서 비교하였을 때 대조구의 경우 발효초기에 비교적 빠르게 증가하였다가 서서히 감소하는 포물선을 보여주었다. 고형분 함량이 가장 많았던 1~2일에서의 pH는 4.0~4.3의 범위가 측정<sup>(13)</sup>되었던 것으로 적당한 신맛과 함께 김치액은 높은 고형분을 갖고 있었다.

한편, 염혼합물을 pH 4.7의 김치에 첨가하였을 때 CA-A나 CA-B 모두 첨가된 고형분의 양이 대조구보다 높게 측정되었는데 이는 이들 염이 배추의 고형분 용출에 도움을 주었기 때문이라고 생각된다. CA-A는 첨가된 농도에서 배추 중량비로 0.42%이었으며, CA-B는 0.46%이었다. 한편, 발효가 진행되면서 염첨가구는 증가함없이 빠른 감소경향을 보여주었고 CA-A가 CA-B보다 약간 더 높은 값을 보여주었다. 발효가 더 진행되면서 대조구나 염첨가구의 고형분의 지속적인 감소는 배추에서의 고형분 용출속도보다 변식을 위한 미생물의 유기물 소모량과 효소에 의한 휘발성 물질로의 분해량이 더 많았기 때문으로 사료되며 김치액의 고형분의 함량은 점도 결과에 영향을 주었으리라고 믿어진다.

#### 김치액의 점도

김치액의 점도나 배추의 텍스처는 김치의 중요한 물리적 품질인자 중 하나로 용액 중의 고형분의 특성과 농도에 의하여 영향을 받는다. Table 2는 김치액의 점도에 관한 것으로 어느 정도 숙성된 김치에 염혼합물을 넣고 4~35°C에서 계속 발효시키면서 김치액을 취하여 염혼합물 넣은 것과 안 넣은 김치액의 비교점도를 비교한 것이다. 그 결과 전반적으로 비교점도의 변화는 발효가 계속되면서 약간씩 증가하는 경향을 보여주었다. 이러한

현상은 특히 염혼합물을 첨가하지 않은 대조구에서 뚜렷하여 pH 3.7~4.0 범위를 갖었던<sup>(13)</sup> 발효말기에 상대 점도는 1.2 이상이 측정되었다. 상대점도는 대체적으로 낮은 온도에서 발효시킨 것이 높은 값을 보여주었는데 이는 발효시간이 높은 온도에서의 시간보다 훨씬 길어 배추조직내에 있는 가용성 물질의 용출이 좀 더 많았기 때문이라고 사료된다. 또한, 숙성 중 점도가 증가한 것은 미생물과 효소에 의하여 배추조직이 분해되면서 수용성 물질이 더 많이 용출되어 나타난 현상으로 믿어지며, 김치액은 점도의 증가와 함께 혼탁해짐을 육안으로 관찰할 수 있었다. 한편, 염혼합물을 넣은 김치의 점도는 급격히 증가하였다가 다시 감소한 뒤 서서히 증가함을 보여주었다. 이는 염이 김치액에 용해되면서 용출되어 있는 유기물과 반응하여 점도가 높은 화합물을 형성시켰을 가능성이 있으며 발효가 진행되면서 pH가 감소하여 유기물의 3차 구조에 영향을 주어 일시적으로 점도가 감소된 것으로 여겨진다.

#### 배추조직의 텍스처

김치의 맛, 냄새와 함께 가장 중요한 품질인 배추조직의 텍스처는 김치가 숙성되면서 변화함은 잘 알려진 사실이다. 그리하여 배추조직의 텍스처의 변화과정을 밝히고서 김치의 숙성과정 중의 배추의 텍스처를 puncture test로 측정된 결과 숙성이 안된 절임배추는 김 등<sup>(8)</sup>이 발표한 것과 같은 2개의 항복용력(YS1과 YS2)을 보였으나 숙성이 진행되면서 점차 없어져 하나로 되는 현상을 보였다. 이 결과는 배추조직을 씹을 때 “연함”느낌이나 “질김”과 관계가 있는 것으로 믿어진다. Table 3은 항복용력을 숙성시간별로 측정하여 평균치를 정리한 것으로 그 결과 첫번째 항복용력은 숙성 중반까지 증가하다가 pH 4.0 근처(4°C는 15일, 15°C는 5일, 25°C는

**Table 3. Effect of combined additives on texture of kimchi during fermentation at various temperature**

Temperature (°C)	Treatment		Hardness(kg) at fermentation days					
			0	4	8	10	14	18
4	Control	YS 1 <sup>b)</sup>	1.4	1.8	2.2	2.3	2.3	1.8
		YS 2	2.1	1.4				
	CA-B <sup>a)</sup>	YS 1			2.0	2.1	2.4	2.5
		YS 2			1.9	1.9		
15	Control	YS 1	0	1	2	4	6	8
		YS 2	1.4	1.6	1.9	2.0	2.3	2.3
	CA-B	YS 1	2.1	2.3	1.7			
		YS 2			2.3	2.6	2.6	2.6
25	Control	YS 1	0	0.5	1	2	4	5
		YS 2	1.4	1.9	2.1	2.3	2.2	1.7
	CA-B	YS 1	2.1	1.9	1.9			
		YS 2			2.2	2.4	2.5	2.6
35	Control	YS 1	0	0.25	0.5	1.0	1.5	2.25
		YS 2	1.4	1.9	2.3	2.0	1.8	1.6
	CA-B	YS 1	2.1	2.2				
		YS 2			2.4	2.5	2.0	2.0

<sup>a)</sup>Composition of CA-B refers to Table 1

<sup>b)</sup>YS 1 and YS 2 refer to two yield stress in time-force texture profile of Chinese cabbage

2일, 35°C는 36시간) 이후부터 감소함을 보여주었다. 이러한 현상은 김치가 숙성되면서 조직이 강해져 씹을 때 좋은 김치 맛의 조직감을 주게 되며, 너무 시게 되어 군덕내가 난 김치는 배추조직이 연해지고 있음과 관계가 깊다고 생각된다. 또한, 배추조직의 텍스처 변화속도는 숙성온도에 따라 크게 차이가 있어 4°C에서는 10~14일에 15°C에서는 6일에, 25°C는 2일에 그리고 35°C는 12시간에 최고치를 보인 뒤 빠르게 감소하였다.

한편, 염혼합물 CA-B를 첨가하였을 때는 일반적으로 높은 값을 보여 조직이 견고하게 됨을 알 수 있었으며 발효가 진행되면서 35°C 이외에는 견고성이 오히려 증가하는 현상을 보였다. 그리하여 김치의 pH가 4.0~4.2이었던 발효말기에서의 항복응력은 2.5 kg 내외로 염을 첨가하지 않은 대조구의 1.7 kg 정도보다 훨씬 높았다. 이는 첨가하였던 각종 염이 배추조직을 구성하는 셀룰로오스나 헤미셀룰로오스 등 고분자 성분에 작용하여 조직의 견고성을 향상시켰으리라 믿어진다.

#### 관능적 특성

김치의 가장 중요한 품질은 김치를 먹었을 때의 상큼한 신맛과 냄새 그리고 질감이나 연함 등 김치 특유의 관능적 특성이 우리의 기호도를 좌우한다고 하겠다. 그리하여 김치발효를 억제하기 위하여 첨가한 혼합첨가물 CA-A와 CA-B를 발효과정 중에 첨가하고 35°C에서 계속 발효시키면서 관능적 품질을 대조구와 비교하였다. 그 결과(Table 4) 대조구의 맛은 발효가 계속 진행되면서 35°C에서 pH 4.5~4.6로 발효시킨 표준시료(R)에 비하여,

생배추 맛의 강도는 4.6에서 1.6으로 크게 감소하는 반면 신맛과 김치 특유의 신선한 맛인 새콤한 맛은 계속 증가함을 알 수 있었다. 김치냄새에서 풋내, 상큼한 냄새 및 신내는 맛의 경우와 같은 경향으로 발효가 계속되면서 변하였다. 즉, 풋내는 5.5에서 2.4로 그 냄새가 크게 감소하였으며 상큼한 냄새는 약간 감소하였고 신냄새는 3.5에서 4.9로 비교적 많이 증가하였다. 김치가 지나치게 익었을 때의 특징인 군덕내는 김치의 pH가 4.2에 도달하였을 때인 발효 16시간 이후부터 현저하게 증가하였다.

한편, 배추조직의 질감은 김치가 숙성되면서 오히려 강해지고 있음을 보여주었다. 특히 pH 4.0~4.1 신맛을 갖었던 28시간에서 높았다. 그러나 배추의 연함은 그 변화 경향이 뚜렷하지 않았고 질감성이 가장 낮았던 20시간에 가장 연하게 평가되었고 그 위는 비교적 연한 성질이 적어졌다.

이러한 대조구의 관능적 특성의 변화 경향에 비하여 염혼합물을 첨가하였을 때는 냄새나 맛, 텍스처의 변화가 비교적 완만하였다. 염혼합물 중 CA-B가 CA-A보다 맛과 냄새의 변화정도가 전반적으로 낮아 발효 중 CA-B의 첨가가 pH의 변화를 가장 완만하게 하였던 결과<sup>(13)</sup>와 관계가 있음을 알 수 있었다. 대조구와 같은 pH범위를 비교할 때 pH 4.2 정도를 갖었던 대조구는 16시간, CA-A는 28시간, CA-B는 32시간의 김치를 비교할 때, 맛의 경우 염혼합물의 첨가는 상큼한 맛과 신맛이 현저히 높고 생배추맛은 적으며 군덕내에는 별차이가 없는 것으로 평가되었고 냄새는 상큼한 냄새와 신내, 군덕내가 약간 더 많고 생배추 냄새는 거의 비슷하게 나타났다. 한편

Table 4. Effects of combined additives on taste, odor and texture of kimchi during fermentation at 35°C

			Fermentation time(hours)						F value	
			12	16	20	24	28	32		
Taste	Fresh-cabbage	Control	4.6	4.0	2.7	3.0	1.7	1.6	5.54*	
		CA-A	5.8	5.6	4.3	2.4	1.9	2.1	25.19**	
		CA-B	5.0	4.3	4.7	2.4	1.3	2.0	10.31**	
	Fresh-sourness	Control	3.1	3.3	4.6	4.3	4.9	5.4	4.36**	
		CA-A	3.0	3.4	4.3	5.1	4.6	4.6	2.95**	
		CA-B	2.7	3.1	4.0	4.7	4.4	4.6	2.79**	
	Acidic	Control	2.5	3.0	4.1	3.3	4.4	5.4	11.74**	
		CA-A	3.0	3.6	3.2	4.6	5.7	5.9	8.93**	
		CA-B	3.2	4.0	2.7	4.3	5.1	4.7	3.30*	
Odor	Fresh-cabbage	Control	5.5	3.9	3.5	2.2	2.0	2.4	1.89	
		CA-A	6.2	5.7	4.8	3.2	3.8	4.8	1.86	
		CA-B	5.4	4.7	3.0	3.7	3.0	3.8	2.45	
	Fresh-sourness	Control	4.0	3.2	3.5	3.8	2.5	3.1	2.60	
		CA-A	3.7	4.0	4.0	5.7	4.0	4.5	2.29	
		CA-B	3.3	3.4	4.8	4.6	4.0	4.2	1.67	
	Acidic	Control	3.5	3.7	5.1	5.3	4.1	4.9	6.50**	
		CA-A	2.7	2.9	3.3	4.1	3.7	4.1	3.76*	
		CA-B	3.2	3.5	3.5	4.9	5.0	4.7	5.14**	
	Moldy	Control	2.7	2.0	3.8	3.1	4.1	4.0	1.63	
		CA-A	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	0.67	
		CA-B	3.0	3.5	3.1	3.5	3.7	3.3	1.26	
	Texture	Chewiness	Control	3.7	3.3	3.7	4.2	4.8	4.5	1.75
			CA-A	4.0	5.2	3.7	4.0	4.5	4.3	1.20
			CA-B	3.7	4.0	4.2	4.7	3.2	4.7	1.20
Softness		Control	4.5	4.3	3.8	4.0	3.2	4.2	1.17	
		CA-A	3.0	2.8	4.8	4.3	3.3	5.2	1.83	
		CA-B	3.5	4.5	4.2	3.2	5.0	3.2	1.29	

\*significance at the 5% level

\*\*significance at the 1% level

Composition of CA-A and CA-B refers to Table 1

텍스처의 경우는 질김성이 비교적 강한 반면 연한 성질이 낮아 우리가 먹기에 적합하다고 생각되는 pH 4.2 부근에서는 대조구보다 염첨가구가 약간 더 질기고 단단한 김치를 보여주었다.

요 약

김치의 저장성을 향상시키고자 김치발효 중 첨가한 염혼합물이 김치액의 고형분 함량, 점도, 텍스처 및 관능적 특성에 어떠한 영향을 미치는지 검토하였다. 염혼합물은 인산나트륨, Ca-EDTA, NaNO<sub>2</sub>, 구연산염들을 두 가지로 배합한 것이었으며 이들의 첨가농도는 0.001~0.01 M 범위였다. 그 결과 김치액의 점도는 저온에서 발효시킨 경우가 염혼합물을 첨가한 김치가 약간 더 높은 비교적 점도를 보여주었다. 배추의 견고성은 염첨가시 약간씩 계속 증가하는 경향을 보였으나 대조구는 pH 4.0 근처까지 증가하다가 감소하였다. 김치액의 고형분 농도의 변화는 대조구에서 초기에 증가하였다가 그 후 약간씩 감소하였으나 염첨가구는 계속 감소함을 보여주

었다. 한편, 관능적 특성은 염혼합물 첨가구가 같은 pH 범위(4.0~4.2)에서 대조구보다 상큼한 맛과 신맛이 낮았으며 견고성과 질김성이 높았고 균덕내는 전반적으로 낮아 인산염 등 염혼합물의 첨가는 김치발효를 억제할 수 있었을 뿐만 아니라 김치의 관능적 성질에 좋은 영향을 주고 있음을 보여주었다.

문 헌

1. 이태녕, 김정식, 정동효, 김호식: 김치성분에 관한 연구 (제 2보). 김치숙성과정에서 있어서의 비타민 함량의 변화. 과학회보, 5, 43(1961)
2. 김덕순, 조의순, 이근배: 김치의 유기산 및 비타민 함량. 대한생화학회지, 1, 111(1967)
3. 김호식, 전재근: 오이에 대한 유산균 생육촉진 인자에 관하여. 한국농화학회지, 9, 35(1968)
4. 천중희, 이혜수: 김치의 휘발성 유기산과 이산화탄소에 관한 연구. 한국식품과학회지, 8, 90(1976)
5. 김현숙, 이혜수: 숙성온도에 따른 김치의 비휘발성 유기산에 관한 연구. 한국식품과학회지, 7, 74(1975)
6. 유재연, 이혜성, 이혜수: 재료의 종류에 따른 김치의

- 유기산 및 휘발성 향미성분의 변화. 한국식품과학회지, 16, 169(1984)
7. 하순섭 : Pectin 분해효소 및 산막 미생물의 침재류의 연부에 미치는 영향에 관하여. 과연회보, 5, 139(1961)
  8. 김우정, 구경형, 조한옥 : 김치의 절입 및 숙성과정 중 물리적 성질의 변화. 한국식품과학회지, 20, 483(1988)
  9. 구경형, 강근옥, 김우정 : 김치의 발효과정 중 품질변화. 한국식품과학회지, 20, 476(1988)
  10. 이승교, 전승규 : 김치숙성에 미치는 온도의 영향. 한국영양학회지, 11, 63(1982)
  11. 윤진숙, 이해수 : 김치의 휘발성 향기성분에 관한 연구. 한국식품과학회지, 9, 116(1977)
  12. 강근옥, 구경형, 이형재, 김우정 : 효소 및 염의 첨가와 순간 열처리가 김치발효에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 23, 183(1991)
  13. 김우정, 강근옥, 경규함, 신재익 : 김치의 저장성 향상을 위한 염혼합물의 첨가. 한국식품과학회지, 23, 188(1991)
- 
- (1990년 8월 9일 접수)