J. Fd Hyg. Safety 15(1), 25–29 (2000)

김치용 배추 절임 염수의 재사용 가능성 평가

신동화† · 홍재식 · 오진아 · 안용선
전북대학교 응용생물공학부

Evaluation of Brine Recycling on Salting of Chinese Cabbage for Kimchi Preparation.

Dong Hwa Shin†, Jae-Sik Hong, Jin-Ah Oh and Yong-Sun Ahn
School of Biotechnology, Chonbuk National University, Dukjin-dong, Chonju, Chonbuk 561-756, Korea.

ABSTRACT – General composition and microbial load of brine recycled to 6 times for Chinese cabbage salting and the quality of Kimchi using every brined cabbage were investigated. The concentration of salt(NaCl) in brine after soaking dropped 1.35-2.49% and pH of the brine changed significantly until 4 times recycling. The acidities were increased as number of recycling increased. The total viable cell count in recycled brine increased from 1.58×10^6/mL in the first soaking brine to 2.3×10^9/mL in 4th soaking brine which was highest in number. The pure soluble solid and vitamin C content in brine were accumulated to 0.93% and 0.55 mg% respectively after 6th recycling. The pH, acidity and sensory evaluation results of Kimchi prepared by Chinese cabbage salted by each brine recycled 6 times showed no significant difference. It means there is a possiblity reusing brine for salting of cabbage for the preparation of Kimchi to 6 times.

Key word □ Kimchi, Brine recycling, Chinese cabbage

환경 오염 문제가 심각해짐에 따라 공장에서 배출되는 폐수 관리가 우리나라 뿐만 아니라 세계적인 문제로 대두되고 있으며 일반적으로 물을 많이 사용하는 식품가공 공장의 경우 발생하는 폐수의 처리 비용이 제품의 원가에 상당한 영향을 미치고 있다. 특히 폐수에 여러 오염 물질이 함유된 경우 복잡한 처리로 비용은 더 상승하게 된다.

일반적으로 식품공장에서는 비교적 많은 양의 물을 사용[1]하여 많은 폐수가 발생하는데 엽채류인 배추를 사용하는 김치 제조 공장의 경우 폐수의 양 뿐만 아니라 폐수 중 가장 문제가 되는 것은 배추를 염절임후 발생하는 염수의 처리이다. 배추를 절임할 때 보통 배추 무게의 1.3배에 해당하는 염수를 사용하는데 이 때 소금의 농도는8~12%[2,3]가 되며 절임 후 폐수 중 염 농도는 낮아지나 바로 방류할 수준은 아니다. 1997년 현재 전국의 김치 공장은 457개로 평균 가동율은 47.2%이고 평균 생산실적은 8시간기준 1일 839톤[4]으로 가동율을 감안한 생산량은 145천톤 정도로 추정되어 여기서 배출되는 염수는 10만 톤이 넘을 것으로 본다.

일부 연구에 의하면 배추절임 폐수는 8~10만 톤으로 추정[5]하였으며 여기에 함유된 소금은 폐수 중 염분 농도가 8%정도임을 감안 할때 640~800 톤에 달하여 상당한 오염원이 될 뿐만 아니라 자원의 낭비도 심한 실정이다. 또한 절임폐수의 BOD는 1,100~1,200 mg/L, COD는 1,300~1,800 mg/L[5]로 높은 오염도를 보인다.

공장에서 사용한 물을 여러가지 방법으로 재사용하고자 하는 노력이 다각적으로 이루어 지고있어[6] 자원의 재활용과 폐수절감이라는 이중의 효과를 지향하고 있다.

이 연구에서는 김치공장에서 배추를 염절임 후 분리되는 폐염수의 재 사용 가능성을 확인하고자 절임 후 분리되는 염수를 6회 까지 재사용 하면서 염수중 성분과 미생물 변화를 관찰하고 재 사용한 염수로 절인 배추로 김치를 제조하여 그 특성을 비교하였다.

재료 및 방법

재료

배추는 전북 진안 지역에서 97. 7. 20.–8. 30. 사이에 수확한 신춘1호를 사용하였고 한 포기당 무게는 2.5 kg내외로 결구상태의 것을, 식염은 홍해염전(전북, 고창)에서 생산

†Author to whom correspondence should be addressed.

한 천일염을 사용하였다.

절임방법

전북 진안 부귀 농협 김치가공공장에서 실제 기업적으로 생산하는 방법을 그대로 적용하였다.

즉 2절한 배추 126 kg을 10% 염수 260 L가 들은 스텐인레스통에 넣어 16시간 염지하였으며 이때 수온은 23℃였다. 염지 후 염지액을 분리한 후 여기에 물과 소금을 첨가하여 처음 사용한 염지액과 같은 염 농도가 되도록 한 후 같은양의 배추를 절임하는 방법으로 6회 반복하였다. 염지 전후 염지액을 채취하여 분석용 시료로 사용하였다.

염수 분석방법

pH는 pH meter (Orion SA 520, U. S. A.)로 직접 측정하였고 산도는 시료 10 mL에 0.1N NaOH를 가하여 pH 8.3이 될 때까지 적정한 후 적정한 mL수로 표시하였다. 생균수는 염지액 1 mL를 0.1% peptone수로 10진법으로 희석한 후 Petrifilm TM plate(3M사, U. S. A.)에 접종하여 35℃에서 48시간 배양후 집락수를 계수하여 환산하였고 식염은 Mohr법[7]으로 측정하였다.

총 고형량과 순 고형량은 염지액 1~2 g을 취해 105℃ 건조법으로 수분을 증발시키고 남은 잔사를 총 고형분으로 하고 여기서 소금함량을 뺀 무게를 순 고형분량으로 표시하였다. 비타민 C는 비색법[8]으로 측정하였다.

김치제조 및 분석

절임한 배추를 탈염 및 세척한 다음 6시간 탈수하고 공장에서 상업적으로 생산하는 양념을 혼합한 후 3 kg 단위로 15℃에서 발효하면서 김치를 채취, 마쇄한 후 여과하여 여과액으로 염수 분석방법과 같이 pH를 측정하였고 산도는 착즙액 20 mL를 0.05N NaOH 용액으로 pH 8.3이 될 때까지의 적정 mL수로 표시하였다. 김치의 관능검사는 김치의 pH가 4.2 부근이된 시점에서 실시하였다.

통계분석

모든 측정은 4반복 시험하여 평균하였고 SAS program[9]을 이용하여 Duncan multiple range test로 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

염지시 재 사용횟수에 따른 염수중 염농도 변화

배추를 2절하여 세척 후 염수에 절임하는 과정에서 절임 전후 염수의 소금함량을 측정한 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Salt concentration of brine recycled for Chinese cabbage salting

No. of Recycling	Before soaking	After soaking	Concentration difference
1	9.68	8.15	1.53
2	9.88	8.31	1.57
3	10.31	7.83	2.49
4	9.47	8.12	1.35
5	10.07	9.69	1.38
6	10.24	9.35	1.89

[1] Salt concentration was adjusted to over or less 10% by adding additional salt to brine for reuse.
[2] Each value represents mean value of 4 replicates.

Table 1에서 보면 배추절임 염수의 초기 식염 농도는 10.24~9.68%로 10% 내외였던 것이 16시간 염지 후 농도는 9.69~7.83으로 낮아져 염지 초기 보다 1.35~2.49% 낮아지는 경향을 보였다. 이와 같은 현상은 배추에 염이 흡수되었음을 의미하며 배추나 염의 농도에 따라 흡수되는 염의 함량은 차이가 있을 것으로 본다.

배추 염지액 농도는 8~16%[2,10,11]로 다양하나 실제 공장에서 적용하는 10% 내외의 염수와 16시간의 침지 시간을 이 실험에서는 채택하였다. 염지한 후 배추중 소금 농도는 1.90%~2.69%였으며 이등[11]의 연구에서는 1.4~2.1%로 보고하였고 한 등[10]은 절임 온도에 따른 배추중 소금 농도는 1.55%~3.13%로 절임 온도가 높을수록 염함량이 높았다고 보고하였다.

재사용 염수중 pH와 산도 변화

절임 염수의 염농도를 재사용 할 때마다 조정하여 6회 사용하면서 염수의 pH와 산소를 측정한 결과는 Table 2 및 Table 3 과 같다.

Table 2에서 보면 재사용 염수의 pH는 서서히 떨어지는 경향을 보이고 있는데 초기 pH 6.94에서 4회 절임 후 pH 5.21로 가장 낮았고 모든 처리에서 침지 전 보다 침지 후

Table 2. pH changes of brine recycled for salting of Chinese cabbage

No. of Recycling	Before soaking	After soaking
1	7.39^{a}	6.94^{a}
2	6.85^{b}	6.34^{b}
3	6.21^{c}	5.83^{c}
4	5.96^{cd}	5.21^{d}
5	5.30^{e}	5.45^{cd}
6	5.65^{d}	5.71^{c}

All data are mean value of 4 replicates and supercripts followed by different alphabet in same column mean significantly different ($P<0.05$)

Table 3. Acidity changes of brine recycled for salting of Chinese cabbage

No. of Recycling	Before soaking	After soaking
1	0.053[e]	0.125[d]
2	0.105[d]	0.215[c]
3	0.155[c]	0.210[c]
4	0.185[c]	0.305[ab]
5	0.250[a]	0.328[a]
6	0.215[a]	0.253[bc]

All data are mean value of 4 replicates expressed by titer of 0.1N NaOH on 10 mL of brine and superscripts followed by different alphabet in same column mean significantly different ($p<0.05$)

염지액의 pH가 낮아 침지 중 변화가 있었음을 보여주고 있다. 염지 후 5회 사용까지 유의적으로 하강하나 그 후 큰 변화가 없었다.

이와같이 pH가 하강함에 따라 산도의 변화도 보이는데 (Table 3) 절임 후 4회 까지 산도가 유의적으로 증가하는 경향을 보이나 그 이후 변화가 둔화되었다. pH와 같이 침지 전 후 염지액의 산도 차이가 있음이 확인되어 어느 형태로든 배추의 염지 중 생화학적 변화가 있었다는 것을 의미한다. 이와 같은 결과는 최등[5]이 배추 절임 폐수의 pH가 4.91~6.70 이었다는 결과와 같은 경향이며 pH와 산도의 변화는 염지액 중 산생성균의 증식으로 판단되며 배추에 많은 젖산균이 존재[12]한다는 연구결과에서 그 원인을 찾을 수 있을 것이다.

재사용 염수중 총균수 변화

염 농도 10% 내외와 침지온도 23℃에서는 미생물이 증식 할 수 있는 가능성이 있기 때문에 절임 염수 중 미생물 오염 양상을 비교한 결과는 Table 4와 같다. 즉 1차 절임 전 염수의 균수는 1.36×10^4CFU/mL에서 절임 후 염수 중 균수는 1.58×10^6CFU/mL으로 10^2정도가 증가하는 현상을 보였는데 이는 배추 중 보통 총균수 2.5×10^6 젖산균수가 3.1×10^5에 이른다는 연구 결과[12]를 볼 때 배추로부터 상당량의 미생물이 염지 액으로 떨어져 나온 결과로 본다. 특히 많은 젖산균이 존재하여 이들이 증식하여 염지중 산의 생성 가능성을 제시하며 염지액의 pH 및 산도에 영향을 미친 것으로 판단된다.

절임 횟수가 증가함에 따라 염지액 중 균수는 완만히 상승하는 경향을 보이는데 염지액 4회 사용 이후 유의적인 차이를 보이고 있으며 대체적으로 균수는 10^6~10^7CFU/mL로 더 이상 늘어나지 않는 것을 확인 할 수 있었다.

Table 4. Total viable cell count (CFU/mL) in brine recycled forsalting of Chinese cabbage

No. of Recycling	Before soaking	After soaking
1	$1.36\times10^{4\,b}$	$1.58\times10^{6\,e}$
2	$1.73\times10^{6\,b}$	$3.10\times10^{6\,de}$
3	$3.37\times10^{6\,b}$	$7.33\times10^{6\,c}$
4	$1.04\times10^{7\,a}$	$2.25\times10^{7\,a}$
5	$1.22\times10^{7\,a}$	$1.59\times10^{7\,b}$
6	$1.50\times10^{6\,b}$	$5.72\times10^{6\,cd}$

See foot note of Table 2

재사용 염수 중 고형분 함량 변화

배추는 90%이상이 수분으로 되어있고 수용성 고형분 중 총당은 배추 부위와 품종에 따라 다르지만 1.2~5.8%정도이며[12] 수용성 성분으로 환원당이 평균16.68 mg% 정도함유[13]되어 있고, 기타 단백질, 무기질의 소량씩 함유되어있다.

배추 절임 과정에서 이들 수용성 성분이 용출될 수 있는데 배추 절임 후 발생하는 염수를 6회 재사용시 염수에 함유된 총 가용성 고형 분을 측정한 결과는 Table 5와 같고 염수 중 소금의 함량을 제외한 순 가용성 고형분량을 비교한 결과는 Table 6과 같다.

Table 5에서 보면 염수의 재 사용 횟수가 늘어감에 따라 총 가용성 고형량은 증가하는 경향을 보이는데 침지 전에는 5회 이후, 침지 후에는 4회 이후 유의적인 차이를 보이고 있다. 이 결과를 총 가용성 고형분 중 식염을 제외한 순 가용성 고형분량(Table 6)과 비교하면 침지 후 염수 중 순 가용성 고형분량이 4회 이후 유의적으로 증가함에 따라 전체적으로 가용성고형분량이 증가하는 것을 알 수 있다.

이 결과는 배추 절임폐수 중 환원당량이 0.5~1.1 g/L[5] 이

Table 5. Total soluble solid(%) in brine recycled for salting ofChinese cabbage

No. of Recycling	Before soaking	After soaking
1	10.31[b]	8.76[c]
2	10.16[b]	8.31[c]
3	10.30[b]	8.55[c]
4	10.32[b]	9.10[b]
5	11.01[a]	9.52[a]
6	10.98[a]	9.27[b]

See foot note of Table 2

Table 6. Total pure soluble solid(%) in brine recycled for salting of Chinese cabbage

No. of Recycling	Before soaking	After soaking
1	0.63[ab]	0.61[d]
2	0.39[b]	0.66[d]
3	0.81[a]	0.73[bcd]
4	0.79[a]	0.98[a]
5	0.88[a]	0.83[abc]
6	0.74[a]	0.93[ab]

See foot note of Table 2

Table 7. Vitanin C content (mg%) in brine recycled for salting ofChinese cabbage

No. of Recycling	Before soaking	After soaking
1	0.00[c]	0.10[b]
2	0.00[c]	0.10[b]
3	0.00[c]	0.25[b]
4	0.20[b]	0.53[a]
5	0.40[a]	0.60[a]
6	0.42[a]	0.55[a]

See foot note of Table 2

고 배추 중 환원당이 0.09~0.2%[13] 이었다는 결과보다는 높아 절임 염수 중에는 환원당 외에 다른 가용성 물질이 존재함을 의미한다.

재사용 염수중 비타민 C 함량변화

엽채류인 배추에는 비타민 C가 16.42 mg%[13]~46 mg%[14] 정도 함유되어 좋은 비타민 공급원이 되는데 절임 과정 중 상당량이 절임액으로 유실될 것으로 보아 재 사용 염수 중 비타민 C의 함량을 추적한 결과는 Table 7과 같다.

Table 7에서 보면 절임용 염수를 재 사용시 절임 후 염지액 중 비타민 C의 함량은 높아지는 경향인데 1회 절임 후 염지액 중 비타민 C의 함량은 0.10 mg%였으나 6회 재사용시 0.55 mg%로 계속 축적되는 현상을 보이고 있다. 이와 같은 현상은 배추가 염에 의해서 탈수되면서 함유된 수용성 비타민 C가 염지액에 용출되는 것으로 사용 횟수에 따라 그 함량이 높아지는 경향이 보이고 있다.

4회 이후 염지액 중 비타민 C 함량은 유의적으로 증가하는 현상을 보였다.

김치의 품질 변화

재 사용 염수로 절임한 배추로 공장에서 만드는 방법에 따라 김치를 제조한 후 15℃에 발효하면서 pH 및 산도를 측정한 결과는 Table 8 및 Table 9와 같다.

Table 8에서 보면 김치 발효 중 pH는 일반적인 김치 발효 양상[15,16]과 같은 경향을 보이고 있는데 염수를 1회~6회 사용하여 절임한 배추를 사용한 김치의 pH는 처리간에 유의적 차이를 나타내지 않고 있다. 이와같은 현상은 Table 9에서 보는 바와 같이 산도에서는 같은 경향을 보이고 있어 염수를 6회까지 재 사용한다 하더라도 김치 발효 정도를 가늠하는 중요한 척도인 pH와 산도에 유의적인 차이가 없어 김치 품질에 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.

한편 김치의 최적 숙도인 pH 4.0~4.2 근방[17]에서 관능검사를 실시한 결과는 Table 10과 같다.

Table 8. pH changes of Kimchi during fermentation at 15°C prepared by Chinese cabbage salted by recycled brine

Fermentation time(day)	No. of Recycling			Pr>F[2)]
	1	3	6	
0	5.60[1)]	5.48	5.61	0.12
24	4.78	4.60	4.80	0.23
48	4.17	4.05	4.00	0.28

[1)] Mean value of triplicate
[2)] Duncan test

Table 9. Acidity changes of Kimchi during fermentation at 15°C preparedby Chinese cabbage salted by recycled

Fermentation time(day)	No. of Recycling			Pr>F[2)]
	1	3	6	
0	10.02[1)]	9.93	9.78	0.53
24	17.66	18.58	17.84	0.64
48	24.27	26.68	24.40	0.11

[1)] Volume in mL of 0.05N NaOH for neutrilization of 20 mL of Kimchi juice to pH 8.3 and mean value of triplicate.
[2)] Duncan test.

Table 10. Sensory evaluation of Kimchi prepared by Chinese cabbage salting by recycle brine

No. of Recycling	Colour	Flavor	Taste	Over all acceptability
1	6.95[1)]	6.05	5.75	5.75
3	7.05	6.95	6.45	6.65
6	6.20	6.30	6.50	6.65
Pr>F[2)]	0.16	0.18	0.24	0.10

[1)] mean value of 20 panels judged by the given scale ; 1 : very poor, 5 : fair, 9 : excellent.Kimchi was offered to panels at pH 4.1-4.2.
[2)] Duncan test

Table 10과 같이 김치의 관능검사 결과를 보면 배추 염지용 염수를 6회까지 재사용하여 절임한 배추로 담근 김치도 1 및 3회 염수를 재사용하여 절임한 배추로 담근 김치와 색택을 포함한 모든 관능적 측면에서 통계적 유의차를 보이지 않고 있다.

이상의 결과를 종합하면 김치용 배추 절임시 사용하는 염수의 염도를 재 조정하면서 6회까지 재 사용하여 절인 배추로 담근 김치 발효중 pH 및 산도의 차이는 없었고 최적 상태에서 김치를 관능검사한 결과 유의적 차이가 없어 배추절임시 사용하는 염수는 염도를 재조정하면서 6회까지 사용할 수 있음을 확인하였다.

국문요약

김치 공장에서 배추 절임시 사용하는 염수의 재 사용 가능성을 확인하기 위하여 염지 후 배출되는 염수의 염농도를 재조정하여 6회 까지 재 사용하면서 염수의 성분과 미생물 변화 및 매회 절임 배추로 담근 김치의 품질을 평가하였다. 배추 절임 후 염수의 염 농도는 1.35~2.49% 감소하였고 재 사용횟수에 따라 절임 후 염수의 pH는 4회 까지 유의적 변화를 보였고 절임 전 염수의 pH는 4회 까지는 통계적 유의차가 없었으며 산도도 절임 횟수에 따라 증가하는 경향을 보였다. 염수 중 미생물수는 1회 사용시 1.58×10에서 4회 사용시 2.25×10^7으로 최고에 달하여 10배 정도 상승하였다. 염수 중 염을 제외한 순 가용성 고형분은 6회 사용시 0.93%로 미미하게 증가하는 경향이었고 비타민 C 함량은 6회 사용 후 0.55 mg%로 재 사용 횟수에 따라 상승하는 경향을 보였다. 6회 까지 염수를 재 사용하여 절임한 배추로 담근 김치의 pH와 산도, 그리고 관능적 품질은 유의적 차이를 보이지 않아 염수의 재 사용가능성을 확인하였다.

참고 문헌

1. Lopez, A. A.: Complete course in canning 11th ed. The Canning Trade, Baltimore, Maryland, USA pp. 418-421 (1981)
2. Koo, Y. and Choi, S. Y.: Science and Technology of Kimchi. Changcho,Seoul, Korea pp. 68-73 (1991)
3. Choi, S. Y.: Present research status of Kimchi and its processing manual. Food Research Institute(AFDC), Korea pp. 64-65 (1987)
4. Food Industry Hand Book.: The Agriculture, Fisheries and LivestockNews, Seoul, Korea, pp. 609-611 (1998)
5. Choi, M. H. and Park, Y. H.: Production of yeast biomass from waste brine of Kimchi factory. *Agricultural Chemistry and Biotech.* **41**, 331-336 (1998)
6. Mawson, A. J.: Regeneration of cleaning and processing solutions using membrane technologies. *Trends in Food Science and Technology*, **8**, 7-13 (1997)
7. Joo, H. K., Cho, K. Y., Paik, C. K., Cho, K. S., Chae, S. K. and MA, S. C.: Food analysis. Yulim Mun Hwa Sa, Seoul, Korea, pp. 302-304 (1992)
8. A.O.A.C.: Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., pp. 1058-1059 (1990)
9. SAS Institute: Inc. SAS User's Guide Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA (1985)
10. Han, K. Y. and Noh, B. S.: Characterization of Chines cabbage during soaking in sodium chloride solution. *Korean J. Food Sci. Tech.* **28**, 707-713(1996)
11. Lee, I. S., Park, W. S., Koo, Y. J. and Kang, K. H.: Changes in some characteristics of brined Chinese cabbage of fall cultivars during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* **26**, 239-245 (1994)
12. Cho, K. D.: The physicochemical characteristics and quality control of vegetables for Kimchi processing. in : Studies on food chemical and microbiological characteristics of Kimchi. Ministry of Science and Technology, pp. 31-84 (1995)
13. Park, W. S., Koo, Y. J., Lee, M. K. and Lee, I. S.: Characterization of raw materials for Kimchi making and their function. in : Kimchi Science. Proceeding. *Korean Society of Food Science and Technology*, pp. 247-264 (1994)
14. Food Composition Table: Rural Nutrition Institute, R.D.A., 4th revision, pp. 60-61 (1991)
15. Kor, K. H., Kang, K. O. and Kim, W. J.: Some quality changes during fermentation of Kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* **20**, 476-482 (1988)
16. Shin, D. H.: Physicochemical and microbial properties of market Kimchi during fermentation in different containers. in Science of Kimchi. Proceeding, Symposium by Korean Society of Food Sci. and Technol. pp. 82-136 (1994)
17. Mheen. T. I. and Kwon, T. W.: Effect of temperature and salt concentration on Kimchi fermentation. *Korean. J. Food Sci. Technol.* **16**, 443-450 (1984)