

절인배추의 위생적 절임수 재활용 처리기술

Hygienic process of recycling salting solution of salted chinese cabbage

정진웅, 성정민 | 공정기술연구단

Jin-woong Jeong, Jung-Min Sung | Processing Technology Research Group

서론

배추(*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*)의 원산지는 중국 북부이며 십자화과에 속하는 두해살이 잎줄기 채소로 우리나라 엽채류 생산의 절반 이상을 차지하는 주요 농작물이다. 배추는 전국에서 골고루 재배되나 강원, 경기, 전남, 전북 지역에서 주로 재배된다. 봄배추는 김해, 해남 등지에서 주로 재배되며, 여름 배추는 강원도에서, 김장(가을)배추는 당진, 화성, 양주, 서산, 청원 등에서 생산된다. 배추의 생산량은 연간 41 만톤(2008년)이며 이 중 가공되는 양은 30 만톤으로 전체 원료의 75%에 달한다. 절인 배추 가공율은 전체 배추 가공율의 12%를 차지한다. 김치의 제조공정은 크게 배추의 절임과정, 세척과정, 탈수과정을 거쳐 양념과 합쳐져 발효과정을 거치는데, 이 중 김치의 품질요소인 맛, 냄새, 조직감 등에 가장 높은 연관성

을 가진 것이 배추의 절임공정으로 보고되었다. 절인 식품은 채소류 등을 주원료로 하여 식염, 식초, 당류 또는 장류 등에 절인 형태로 저장기간을 연장할 수 있는 가공 방법이다. 절인 배추는 배추김치를 담그기 위해 필요한 과정인 배추 다듬기, 세척 및 소금에 절이는 과정을 통하여 나온 배추를 의미하는 것으로 김치 속을 버무리기 전의 상태로 상품화된 절인 배추는 배추김치를 담는데 편리성을 제공해주는 의미로 자리 잡고 있다. 현대 사회는 맛별이 부부의 증가, 소득 증가 등 사회 변화에 따른 식생활 간편화 추구로 김치를 담글 때 일손을 절약하기 위해 절인 배추를 이용하는 비율이 점점 늘어나고 있다. 2007년 기준 국내 절임배추 시장 규모는 약 150 억원 정도 추정하고 있으며 국내 김치 소비량이 연 100 만톤 정도(약 2조원)임을 감안했을 때 앞으로 절인 배추 시장의 성장 가능성이 클 것으로 보고되었다.

하지만 절임배추의 주재료인 배추는 재배되는 지역과 계절에 따라 각각의 특성을 가지고 있으며 보통 재배 및 수확시기에 따라 봄배추(5~7월 수확), 여름 고랭지배추(7~9월 수확) 그리고 월동배추(10~4월 수확)로 구분하나 고온다습한 여름철은 배추 재배가 적합하지 않고, 가을부터 재배되는 월동배추가 대부분을 차지한다. 또한 작황의 풍흉에 따라 가격 변동 폭이 심한 농산물로 연중 일정한 가격과 양의 배추김치를 생산하기 위해 안정적인 공급이 필요하다. 또한 우리나라 대표적인 발효식품인 김치는 살균처리를 하지 않고 자연발효를 통해서 제조되기 때문에 품질 유지를 위해서 원부재료의 위생성은 반드시 이루어야 한다. 배추 제조 공정 중 미생물을 분석한 연구에서도 배추의 절임 공정에서 총 균수가 증가하여 절임공정에 대한 살균 대책의 강구가 필요하다고 보고하였으며, 급식용 절임배추 이용에 대한 설문조사 결과 절임배추 구입 시 가장 중요하게 생각하는 요인이 배추의 원산지이며 그 다음으로 위생 및 안전성을 고려한다고 하여 중요한 품질 항목으로 조사되었다.

절임공정을 필수적으로 수반해야 하는 공정 특성상 발생 폐수는 고농도의 염과 유기물을 포함하고 있어 그 처리에 어려움이 크고 여러 단계의 수처리 기술이 요구되고 있다. 식품산업에서 폐수의 발생은 원천적으로 억제하거나 재처리를 통해 발생량을 감소시키는 것이 가장 이상적이다. 그러나 국내 절임식품의 재처리·재활용 기술은 절임 가공 산업의 전반적인 발전에도 불구하고 여전히 초보적인 단계를 벗어나지 못하고 있는 것이 현실이다. 가공 공정에서 발생하는 폐수는 절임공정에서 발생하는 절임폐수와 세척과정에서 발생하는 세척폐수의 2가지로 크게 구분된다. 현재의 절임공정에서는 2~5회의 절임공정을 거친 후 하절기는 주당 약 120 m³의 절임폐수가 발생하며 세척과정에

서는 하절기에 주당 약 540 m³이 발생한다고 보고한 바 있다. 폐수처리과정에서는 절임폐수와 세척폐수를 균등조에서 균등화(neutralization)하여 활성슬러지(activated sludge)법으로 처리하여 1차 침전 후, 황산 알미늄 응집제를 처리한 다음 모래여과와 활성탄 여과를 거쳐 방류한다. 관련 분야의 연구자들은 1997년 기준으로 김치공장에서만 배출되는 염수가 10 만톤이 넘을 것으로 예상하였고 폐기되는 소금만 640~800톤에 달해 많은 자원이 낭비되고 있다고 추정하고 있다. 절임공정의 작업 효율 향상을 위한 절임방법의 개선, 저염화를 위한 탈염처리 등을 충족시킬 수 있는 효율적인 공정기술 개발과 더불어 사용한 절임수와 세척수를 효율적으로 재처리하여 재활용할 수 있는 기술개발이 시급한 실정이다.

따라서 본고에서는 배추절임 공정에서 위생적으로 가장 문제가 되는 공정인 절임 공정에서 절임수의 재활용 시 전해수의 활용이 미생물 제어와 품질에 미치는 영향에 대한 연구 조사 결과를 소개한다.

배추절임 공정 실태 조사

절임공정의 기계화를 갖춘 생산업체에서 사용하고 있는 절임방법을 조사한 결과 공정은 입고, 1차 정선, 절단, 절임, 2차 정선, 세척, 선별, 탈수의 단계로 진행되었으며 1차 정선은 배추뿌리 절단 및 겉잎을 제거하는 것으로 나타났다. 절단은 절임 이전 공정으로 용도에 따라 차이가 있었으며 주로 2절로 절단하였다. 세척 이전의 정선 작업은 불순물을 제거하는 공정으로 생략하는 업체도 있었다. 세척은 3단계로 이루어져 있으며 세척수를 순환하여 세척과 운반이 동시에 이루어지도록 하였다. 세

척이 끝이 나면 상품성이 떨어지는 절임배추를 제거하는 선별 공정을 거쳐 탈수통에서 물기를 제거한다. 소금은 천일염과 정제염을 사용하였다. 절임 배추의 공정별 미생물을 분석한 결과, 입고실에 저장되어진 배추의 일반세균수는 $4 \log \text{ cfu/g} \sim 6 \log \text{ cfu/g}$ 이었다. 일반적으로 가공공정에서 절단, 절임공정에서 미생물수가 증가하였다가 세척공정에서 감소하는 경향을 보였다. 배추절임 공정에서 절임수는 여름철에는 3회, 겨울에는 5회 정도 재활용 하는 것으로 조사되었다. 실제 한 업체에서 절임수의 미생물수를 조사한 결과 Table 1과 같으며, 초기에 검출되지 않던 미생물이 절임수 사용의 횟수가 증가할수록 높아져 3회 사용 시 최대 $7.34 \log \text{ cfu/g}$ 수준까지 올라갔다.

절임수 재활용 처리 공정에서의 전기분해수에 의한 미생물 제어효과

절임수의 미생물 제어 효과

전해수는 미생물에 대한 항균력으로 의약품, 치과용, 농업, 양식업, 식품산업 등의 다양한 범위에

이용되고 있다. 세척 및 살균의 주요 성분은 차아염소산으로 염화나트륨이나 염산을 전기분해하여 생성된다. 염소 화합물 중 가장 많이 생성되는 형태는 HClO이며 미생물 살균에 가장 효과적이다. 식품 중 미생물 제어를 위한 전해수 적용에 관한 다양한 연구가 진행되고 있으며, 살균에 효과적인 것으로 보고되고 있다. 배추절임 공정에서 사용된 절임수의 재활용 효율을 증대하기 위해 100 ppm 농도의 전해수를 절임수 대비 10%, 20%, 50% 비율로 사용하여 미생물 제어 효과 및 물성 변화를 살펴보았다.

배추 절임수 사용횟수에 대한 총균, 젖산균의 결과는 Fig. 1, 2와 같다. 1회 사용되어진 염수의 총균수는 $5.19 \log \text{ CFU/g}$ 이며 1:9, 2:8, 5:5의 비율로 전해수를 처리한 직후 각각 2.88, 2.70, $1.66 \log \text{ CFU/g}$ 수준으로 사용 직후에 비해 $2.31 \sim 3.53 \log \text{ CFU/g}$ 감소된 것으로 나타났다. 대조구의 경우 절임직전(before) $5.34 \log \text{ CFU/g}$ 사용횟수가 많아질수록 총균수가 증가하는 것으로 나타났다. 6회 반복 이후 $6 \log \text{ CFU/g}$ 이상 수준으로 증가하였으며 그 이후 비슷한 수준을 유지하였다. 그에 비해 전기분해수로 처리되어진 경우 1:9 처리구는 2회 절임 직전(before)에 $2.88 \log \text{ CFU/g}$ 으로 대조구에 비해 $2.31 \log \text{ CFU/g}$ 수준

Table 1. Changes in microorganism with number of recycling without purification

Microorganism	Samples	No. of recycling		
		1	2	3
Total bacteria	Before salting process	ND	6.02 ± 0.03	7.34 ± 0.71
	After salting process	5.94 ± 0.09	6.51 ± 0.03	6.81 ± 0.03
Lactic acid bacteria	Before salting process	ND	4.80 ± 0.07	6.60 ± 0.04
	After salting process	4.62 ± 0.09	6.13 ± 0.08	6.80 ± 0.04
Coliform	Before salting process	ND	3.03 ± 0.05	3.14 ± 0.02
	After salting process	3.76 ± 0.04	3.46 ± 0.14	3.50 ± 0.02

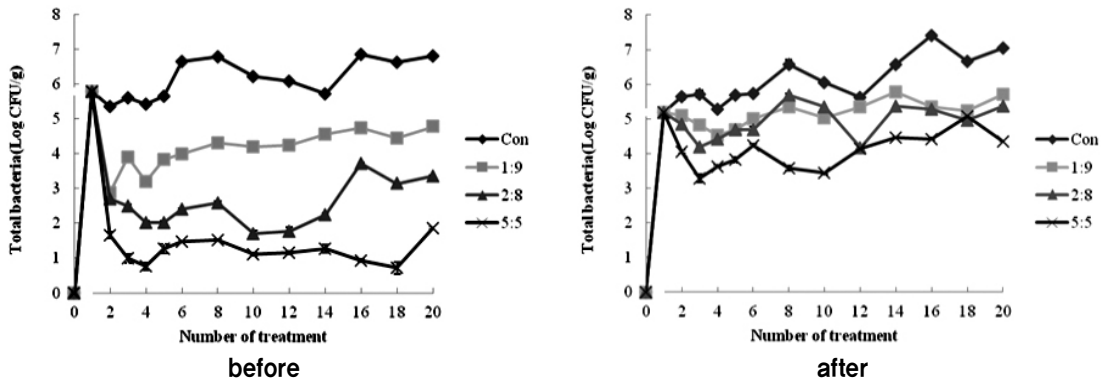


Fig. 1. Change of total bacteria in salting solution before(electrolyzed water treatment) and after salting process

감소하였으며 사용 횟수가 많아질수록 총균수가 증가하였으며 20회 처리시에도 4.77 log CFU/g 수준으로 대조구 6.79 log/CFU/g 에 비해 2 log CFU/g 수준 낮은 것으로 나타났다. 전해수 비율이 증가할수록 미생물 제어효과가 있는 것으로 나타났다. 2:8과 5:5 처리구의 경우 2회 처리직전에 2.70 및 1.66 log CFU/g 수준으로 99% 이상 감소 효과가 있는 것으로 나타났다(Fig. 1). 절임 전

과 절임 후를 비교한 결과 2:8과 5:5 처리구의 경우 99% 이상의 감소효과를 나타내었다. 1:9 처리구의 경우 8회 이상 반복 처리 사용한 경우 전해수 처리를 하여도 4 log CFU/g 이하로 감소하지 않았다. 2:8과 5:5 처리구의 전해수 처리 직후(before)를 비교해 보면 2:8 처리구의 경우 12회 반복 처리시 1.76 log CFU/g 수준인데 반해 5:5 처리구의 경우 20회 반복 처리시 1.86 log CFU/g 수준에도

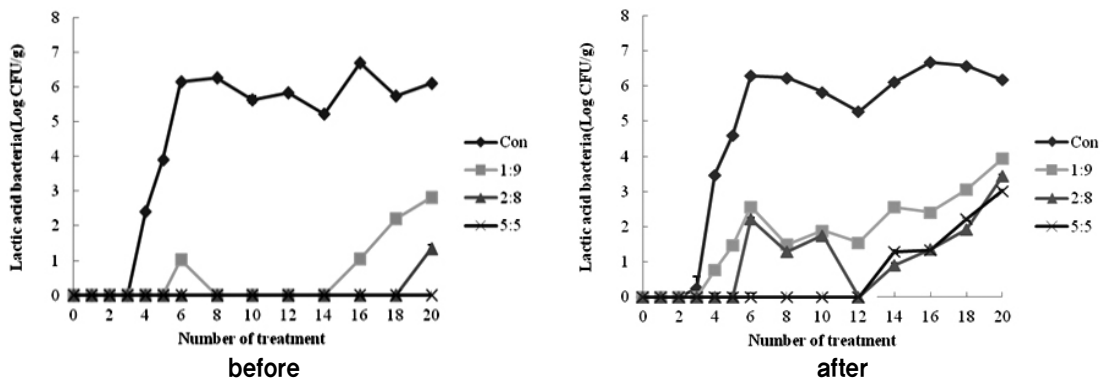


Fig. 2. Change of lactic acid bacteria in salting solution before(electrolyzed water treatment) and after salting process

달하였다. 절임 후(after)의 경우 반복 횟수가 증가할수록 균수도 증가하였으며 1:9 처리구는 5회 반복 사용시 4.68 log CFU/g 에 도달하였으며 2:8 처리구의 경우 6회 사용시 4.68 log CFU/g, 5:5 처리구의 경우 14회 반복 사용시 4.46 log CFU/g 수준에 도달하여 전해수 비율이 높을수록 총균수 감소에 효과가 있는 것으로 나타났다.

젖산균의 경우는 절임 2회까지는 검출되지 않았으며 절임 3회째 0.24 log CFU/g 수준이었다. 전해수 처리구의 경우, 1:9, 2:8, 5:5 처리구는 각각 절임 3회, 5회, 12회까지 검출되지 않았다. 전해수 처리를 하지 않은 대조구의 경우 6회째 6.15 log CFU/g 수준까지 증가하였으며 그 이후 비슷한 수준을 유지하였다. 1:9 처리구의 경우, 전해수 처리시 14회까지 검출되지 않아 0.77~2.55 log CFU/g 수준 감소 효과를 나타내었다. 1:1의 경우 20회까지 젖산균이 검출되지 않았다. 대조구의 젖산균수는 6회 반복 사용시 6.15 log CFU/g 수준에 도달하였으나 1:9, 2:8 및 5:5 처리구의 경우 20회 반복 사용시에도 각각 2.82, 1.34 및 0 log CFU/g 수준으로 대조구에 비해 3.24~6.09 log CFU/g 수준 감소효과가 있는 것으로 확인되었다. 또한 20

회 반복 사용시 처리구의 총균수 4.77~1.86 log CFU/g에 비해 젖산균수가 0~2.82 log CFU/g으로 낮은 수준을 보여 전해수가 총균보다 젖산균 제어에 보다 효과가 있음을 알 수 있었다.

절임 배추의 미생물 제어 효과

재활용 염수를 이용하여 절임 가공을 한 절임배추의 미생물 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 초기 배추의 총균수는 6.95 log CFU/g 수준으로 나타났다. 절임이 진행되면서 총균수 또한 증가하였으며 대조구의 경우 16회 이후 7 log CFU/g 수준으로 증가하는 경향을 보였다. 2회 절임 후 총균수의 경우, 1:9, 2:8 및 5:5 처리구의 총균수는 5.65, 5.27 및 4.67 log CFU/g 수준으로 전해수가 미생물 제어에 효과가 있는 것으로 나타났다. 대조구의 경우 2회 절임 후 6.48 log CFU/g 수준인데 반해 1:9, 2:8 및 5:5 처리수의 총균수는 20회 절임 후 6.12, 5.62 및 4.36 log CFU/g 수준으로 염수의 균수 제어가 절임 배추의 미생물 제어에 영향을 주는 것으로 나타났다. 생배추에서는 젖산균이 검

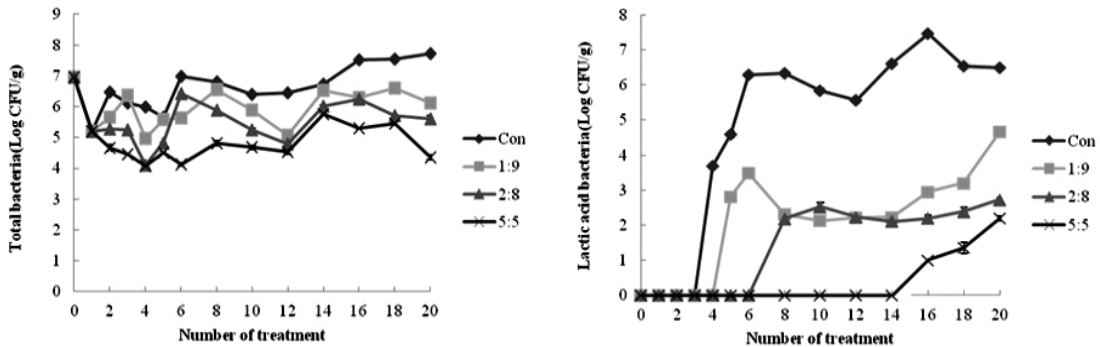


Fig. 3. Changes in microorganism of Chinese cabbage after salting by recycled salting solution

출되지 않았으나 4회 절임부터 검출되기 시작하여 절임 횟수가 증가할수록 절임배추에서의 젖산균 수가 증가하는 것으로 나타났다. 절임 6회째 6.29 log CFU/g 수준으로 증가하였으나 1:9 처리구에서 절임 배추는 3.49 log CFU/g 수준으로 대조구에 비해 약 3 log CFU/g 수준 차이가 있는 것으로 나타났다. 2:8과 5:5 처리구에서의 절임 배추는 각각 6회 및 14회까지 검출되지 않았다. 초기 배추의 대장균균수는 1.93 log CFU/g 수준이었으며 대조구의 경우 1회 절임 후 3.28 log CFU/g 수준으로 저장 기간동안 비슷한 수준을 유지하였다.

절임수의 이화학적 변화

재활용 처리된 염수의 pH 및 산도는 Fig. 4에 나타내었다. 초기염수의 pH는 6.01 수준이었으며 사용 횟수의 증가에 따라 pH는 감소하였다. 대조구의 pH는 10회 사용시 pH 4.64 수준으로 감소하였으며 그 외 전해수 처리구들의 pH는 5이상을 유지하였다. 산도는 사용횟수가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었으며 대조구의 경우 초기 0.02% 수준에서 10회 사용 시 0.04% 수준으로 초기에 비

해 2배 증가하는 경향을 보였으며 전해수를 처리한 1:9 처리구의 경우 처리 12회까지 0.02% 수준을 유지하였다. 그 외의 처리구들은 횟수의 증가에도 초기 수준을 유지하여 미생물 증식과 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

사용 횟수에 따른 염수의 탁도는 Fig. 5와 같다. 초기 염수의 탁도는 0.02이었으며 반복 횟수가 증가할수록 탁도가 높아졌다. 대조구의 탁도는 7회째 0.23 수준으로 급격하게 증가하였다. 하지만 1:9 처리구는 7회째 0.12 수준이었으며, 5:5 처리구는 20회째까지 큰 변화를 보이지 않았다.

재활용 염수에 처리한 김치의 품질평가

재활용 염수에 의해 절여진 배추로 제조된 김치의 품질특성을 측정하기 위해 1회, 5회, 10회 및 20회 재활용 되었을 때의 절임배추로 김치를 제조하여 4℃에 저장하면서 품질을 평가하였으며 시중에 판매되고 있는 김치를 대조구로 하여 비교하였다. 재활용 염수로 절여진 배추로 제조된 김치의 젖산균은 초기에 6~7 log CFU/g, 적숙기에

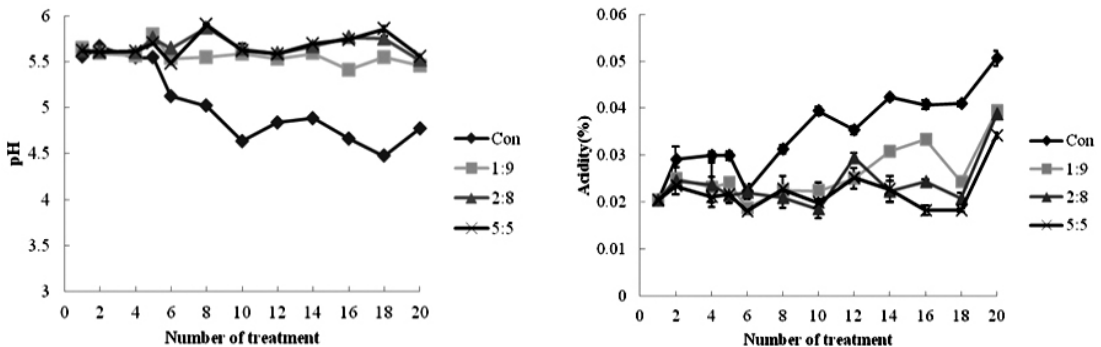


Fig. 4. Change on pH and acidity of salting solution

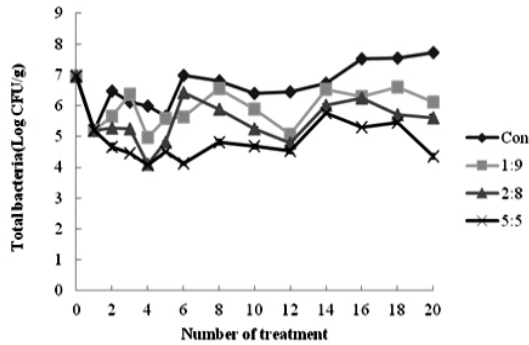


Fig. 5. Change on transmittance of salting solution

는 8 log CFU/g 이상으로 최고수준으로 증식하였으며, 20회 재활용하여 제조된 김치에서 적숙기의 젖산균이 다소 낮게 증식하였다. 과숙기에는 모든 처리구의 젖산균 수가 감소하는 경향을 나타내어 대조구와의 차이는 보이지 않았다. 산도 및 pH 또한 대조구와 처리구에서 차이를 보이지 않았으며 염수의 재활용 횟수에 따른 차이도 없었다. 김치의 관능평가에 대한 결과, 시중에서 파는 김치를 대조구로 하여 비교했을 때 평가된 항목 중 색은

차이를 나타내지 않았고, 향 및 이취의 경우 초기에 대조구가 가장 낮은 점수를 받았으나 발효가 진행되면서 대조구 및 처리구 간에 차이를 보이지 않았다. 전반적인 기호도는 초기와 적숙기 동안 재활용 처리구의 김치가 대조구와 비슷하거나 다소 높은 평가를 받았다. 따라서 전해수 및 필터 처리된 염수를 반복 사용하여 절여진 배추로 김치를 제조할 경우 품질에 큰 영향을 주지 않을 것으로 판단된다(Fig. 6).

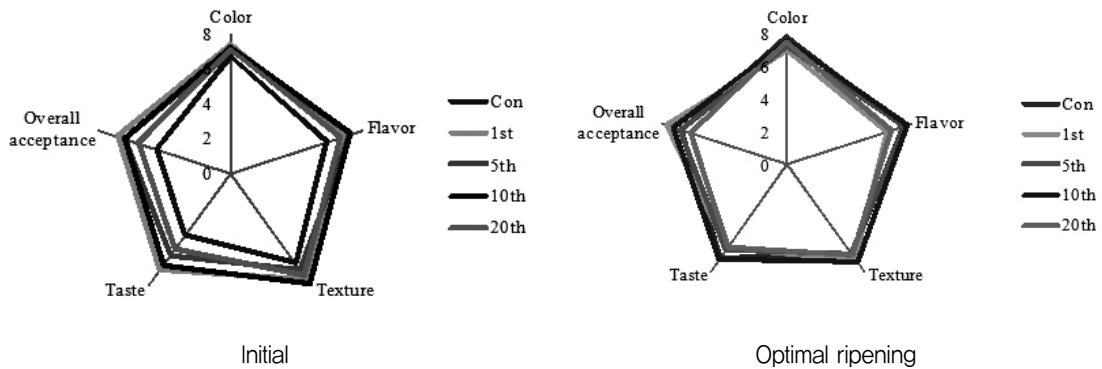


Fig. 6. Sensory evaluation of kimchi prepared with salted Chinese cabbage by recycling salting solution during fermentation

요약

배추 절임 공정에서 위해 미생물로부터의 안전성 확보를 위한 위생적 세척 처리기술개발로 효율적인 재활용 시스템을 개발하고자 전기분해수를 활용하여 실험하였다. 전기 분해수의 농도는 100 ppm 으로 염수와 전해수의 비율을 1:9, 2:8, 5:5 로 20회 반복 실험을 하였다. 그 결과 기존의 절임수 재활용 횟수인 3~5회를 훨씬 초과하여 10회 이상 반복하여도 총균수가 초기에 비해 2 log CFU/g 이상 감소된 결과를 나타내었다. 또한 재활용 처리된 염수의 pH나 산도 또한 초기에 비해 큰 차이를 보이지 않아 기존의 재활용 방법에 비해 효율적인 결과를 나타내었다. 조사되어진 바에 따르면 절임 공정에서 사용되어진 염수의 회수율은 70~80%에 달했으며, 절임공정에서 본 연구에서와 같이 전해수와 사용된 절임수가 1:9 또는 2:8 비율이 효율적일 것으로 판단된다. 재활용 처리되어진 염수로 절인 배추로 김치를 제조하여 관능평가를 한 결과, 기존의 방법으로 만들어진 김치와 큰 차이를 보이지 않아 본 재활용 시스템 방법은 기존의 시스템의 문제점으로 제기되었던 절인 배추의 성상 변화와 김치의 맛의 변화의 문제점을 해결할 수 있을 것으로 판단된다.

● 참고문헌 ●

- Higdonm JV, Delage B, Williams DE, Dashwood RH. Cruciferous vegetables and human cancer risk: epidemiologic evidence and mechanistic basis, *Pharmacological Research*, **55**(3), 224-236, 2007
- Hwang ES, Changes in myrosinase activity and total glucosinolate levels in Korean Chinese cabbages by salting conditions, *Korean J Food Cookery Sci*, **26**, 104-109, 2010
- Park RS, Food materials, Kyomunsa, Seoul, Korea, **65**, 2005
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Statistics of vegetables production amount, <http://library.maff.go.kr>, 2012. 10. 30
- Han ES, Seok MS, Improvement of salting process of Chinese cabbage in kimchi factory, *Food Ind Nutr*, **1**, 50-70, 1996
- Lee MH, Lee GD, Son KJ, Yoon SR, Kim JS, Kwon JH, Changes in organoleptic and rheological properties of Chinese cabbage with salting condition, *J Korean Soc Food Sci Nutr*, **31**, 417-422, 2002
- Kim YW, Jung JK, Cho YJ, Lee SJ, Kim SH, Park KY, Kang SA, Quality changes in brined Baechu cabbage using different types of polyethylene film, and salt content during storage, *Korean J Food Preserv*, **16**, 605-611, 2009
- Cha SM, Han GJ, Lee SR, Park YH, A study on the use of salted cabbage and the purchasing promotion in school foodservice, *Korean J Food Cultur*, **25**, 198-206, 2010
- Kim JS, Yun Sk, Cho Sk, Kim JE, Kim BS, Han NS, Microbial analysis of Baechu-kimchi during automatic production process, *Korean J Food Sci Techno*, **42**, 281-286, 2010

10. Cha SM, Han GJ, Lee SR, Park YH, A study on the use of salted cabbage and the purchasing promotion in school food service, *Korean J Food Cultur*, **25**, 198–206, 2010
11. Huang YR, Hung YC, Hsu SY, Huang YW, Hwang DF, Application of electrolyzed water in the food industry, *Food Contro*, **19**(4), 329–345, 2008
12. Kim YS, Park IS, Ha SD, Application sanitizer for the control of microorganisms in food, *Food Science and Industry*, **42**, 26–51, 2009
13. Fabrizio KA, Cutter CN, Application of electrolyzed oxidizing water to reduce *Listeria monocytogenes* on ready-to-eat meats, *Meat Science*, **71**(2), 327–333, 2005
14. Iwasawa A, Nakamura Y, Antimicrobial activity of aqua oxidizing water, *Clinical Bacteriology*, **20**, 469–473, 1993
15. Kim C, Hung YC, Brackett RE, Lin CS, Efficacy of electrolyzed oxidizing water in inactivating *Salmonella* on alfalfa seeds and sprouts, *J Food Protect*, **66**(2), 208–214, 2003
16. Koseki S, Itoh K, Prediction of microbial growth in fresh-cut vegetables treated with acidic electrolyzed water during storage under various temperature conditions, *Journal of Food Protection*, **64**(12), 1935–1942, 2001
17. AOAC, Official Methods of Analysis, 13th ed, Association of Official Analyzed Chemists, Washington DC, USA, 1980
18. Lee HS, Kim BS, Cha HS, Kwon KH, Quality evaluation of ginger dried using a molecular press dehydration method or employing a dehydration liquid, *Korean J Food Preserv*, **17**, 478–486, 2010
19. KFDA, Korean Food and Drug Administration, Food Code, 2008
20. Lee KH, Effect of ozone treatment of sanitation of Chinese cabbage and salted Chinese cabbage, *J Korean Soc Food Sci Nutr*, **37**(1), 90–96, 2008

정진웅 공학박사

소 속 : 한국식품연구원 공정기술연구단

전문분야 : 식품냉동 및 전기분해수 처리 기술
등 융복합 공정 기술연구

E - mail : jwjeong@kfri.re.kr

T E L : 031-780-9137