



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시, 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리, 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지, 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士 學位論文

쌀의 저장 중 전해수와 오존 처리에
따른 미생물 오염도와 기호도 변화



2008年 2月

釜慶大學校 大學院

食 品 工 學 科

金 珍 熙

工學碩士 學位論文

쌀의 저장 중 전해수와 오존 처리에 따른 미생물 오염도와 기호도 변화

指導教授 安 東 賢

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함

2008年 2月

釜慶大學校 大學院

食 品 工 學 科

金 珍 熙

金珍熙의 工學碩士 學位論文을 認准함

2008年 2月



주 심 농학박사 김 선 봉 ㉠
위 원 약학박사 김 영 목 ㉠
위 원 농학박사 안 동 현 ㉠

목 차

서 론	1
재료 및 방법	5
1. 실험 재료	5
1-1. 재료	5
1-2. 배지	5
2. 미생물의 분리 및 동정	5
3. 전해수	8
3-1. 전해수 제조	8
3-2. pH 측정	8
3-3. HClO 함량 측정	8
4. 전해수 처리	8
5. 오존가스 처리	9
6. 항균활성	9
6-1. Paper disc 법에 의한 전해수의 항균활성	9
6-2. 오존가스의 항균활성	9
7. 미생물 오염도 측정	10
7-1. 생균수	10
7-2. 내열성 아포형성균	10
8. 식미평가	11

결과 및 고찰	12
1. 도정에 따른 균수 변화	12
2. 취반 과정에 따른 균수 변화	13
3. 항균활성	18
3-1. 전해수의 항균활성	18
3-2. 전해수의 항진균활성	20
3-3. 오존가스의 항균활성	24
3-4. 오존가스의 항진균활성	26
4. 전해수 처리 나락의 품질평가	31
4-1. 생균수 및 곰팡이수 측정	31
4-2. 식미평가	32
5. 오존가스 처리 나락의 품질평가	36
5-1. 생균수 및 곰팡이수 측정	36
5-2. 식미평가	37
요 약	41
참고문헌	43

Changes in microbial contamination and
preference of rice treated with
electrolyzed water and gaseous ozone
during storage

Jin-Hee Kim

Department of Food Science and Technology,
Graduate School, Pukyong National University

Abstract

This study was examined the changes in microbial contamination and preference of rice treated with electrolyzed water and gaseous ozone during storage. Dominant microbial species were bacteria 7, molds 6, and yeasts 3 species isolated from paddy, dust and air samples from rice warehouses. Changes in microbial of rice husk, bran, paddy, brown rice, 70%, 90%, and 100% polished rice decreased as milling degree increased. And the changes results in microbial of cooked rice in electric rice cooker during storage after washing, cooking are as following. Mesophilic bacteria and thermal resistant spore forming

bacteria of cooked rice in electric rice cooker were not detected from directly after cooking to during warm storage for 48hr. On the other hand thermophilic bacteria were detected 10^2 CFU/g for 48hr during storage. HClO contents and pH of electrolyzed water(EW) used in this study were 352.48 ppm, 9.54. EW shown the antibacterial activity against all kinds of bacteria isolated from the paddy and warehouses. Especially, EW inhibited *Bacillus cereus* and *Curtobacterium flaccumfaciens* strongly. Also, EW showed the antifungal activity against all kinds of molds and yeasts isolated from the paddy and warehouses. EW worked more effectively for *Deuteromycetes*(B), *Candida deserticola*, *Candida ernobii*, *Candida valida*. Antibacterial, antifungal activities of gaseous ozone were as follows. By and large, exposed times for inhibition of microorganisms increased as initial number of microorganisms were higher. Bacteria, yeasts, and molds of $10^2 \sim 10^3$ CFU/plate completely inhibited by gaseous ozone for 10, 10, and 30 min respectively. Viable and molds cell of paddy treated with EW compared with untreated decreased 1 log cycle. Sensory evaluation of cooked rice treated with EW showed high preference in all category compare with untreated and in aroma, taste, and texture category compare with treated with water. Viable,

yeasts, and molds cell of paddy and brown rice treated with gaseous ozone diminished 1~2 log cycle, and molds cell of brown rice decreased 1 log cycle. Sensory evaluation of cooked rice treated with gaseous ozone indicated high preference in all category compare with untreated.

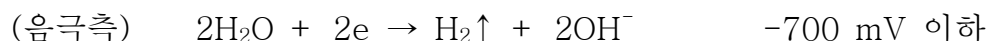
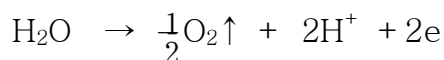
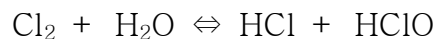


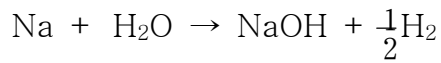
서 론

쌀은 우리나라 뿐 만 아니라 세계 여러 나라의 중요한 식량 자원으로써 이용되고 있으며 대량생산과 품질유지를 위해 저장성이 가장 중요한 문제로 대두되고 있다. 그러나 곡류는 건조, 저장 및 유통 과정을 통하여 질적, 양적으로 큰 손실을 초래하므로 증산에 의한 노력보다 수확 후 적절한 관리를 통하여 손실을 방지함으로써 곡류의 저장 안정성을 향상시키는 것은 새로운 다수확 품종의 개발에 버금가는 또 다른 방향의 간접적인 식량 증산으로 여길 수 있다(Kim et al., 1988). 우리나라의 국민 1인당 연간 쌀 소비량은 2001년 88.9 kg에서 2005년 80.7 kg(농림통계연보, 2006)으로 지속적인 감소를 보이고, 연속풍년 및 MMA(Minimum market access, 최소시장접근)수입량 등으로 쌀 재고량은 증가하고 있다. 또한 쌀 시장개방으로 2005년부터 의무수입량의 10% 시판을 시작으로 매년 단계적으로 시판량을 늘려 2010년 30%를 증량해야 하기 때문에 국내 쌀의 소비를 촉진하기 위해서는 고품질 쌀의 생산 및 보급이 불가피한 실정이다(Choi et al., 2005). 쌀의 품질은 생산 시의 품종과 재배환경에 따라 결정되고 수확 후 저장 조건에 따라 좌우된다. 특히 생산된 쌀의 대부분이 일정기간 저장 된 후 소비되므로 소비자가 판단하는 쌀은 품종과 재배환경보다는 저장 조건에 많은 영향을 받게 되는데 저장 중의 물리화학적 변화에 의해 쌀의 품질이 저하되면 소비자로부터 외면을 받게 되기 때문에 쌀의 저장 방법은 절대적으로 중요한 문제이다. 현재 우리나라에

서의 미곡저장은 RPC(Rice Processing Complex, 미곡종합처리장)와 DSC(Drying Storage Center, 건조저장시설)의 저장시설에서 철제 사일로 또는 톤백에 저장하고 있으나 이들 시설의 수용 능력은 벼 생산량 대비 20% 미만이기 때문에 대부분의 벼는 농촌에 설치되어 있는 포대 저장식 양곡보관창고에 저장되어 있다. 포대저장 방식의 경우 약 5% 이상의 양곡 손실이 발생하는 것으로 조사되고 있으며 저장 중인 곡물의 온도나 수분의 측정이 어렵고 저장기간 동안 미생물을 비롯한 해충 발생으로 혼중약품처리가 요구되어 안전성과 높은 관리비용이 문제가 되고 있다. 쌀의 저장 중 품질변화는 주로 온도와 습도에 의해 발생하며 이로 인해 수분 손실, 미생물 오염, 산화 등이 진행되어 품질이 저하되게 된다(김, 2003).

전해수(electrolzed water)란 일반수에 소량의 전해질을 가하고 전기분해 시킨 물을 말하며, 양극 쪽에서 생성되는 것을 산성 전해수라 하고 음극 쪽에서 생성되는 것을 알칼리성 전해수라 한다(Kim et al., 2003). 전해수는 물에 소량의 NaCl을 첨가한 후 전기분해하여 얻어지며 일반적인 화학적 생성 기작은 다음과 같다(Kim et al., 2004a; Jeong et al., 2003).





이와 같이 생성된 전해수는 강한 살균력과 함께 적용범위가 넓고 미생물, 유기물과 접촉하여 살균효과를 발휘한 다음 염소, 산소, 등 휘발성 기체와 물로 변환되어 일반 화학약품과 달리 유해한 잔류물이 생기지 않고 인체에도 전혀 해를 미치지 않는다는 장점이 있다(Jin et al., 2006). 이러한 전해수의 물성에 관한 연구로 전해 인자에 따른 전기분해수의 특성 비교(Kim et al., 2004a), 전기분해 격막 및 전해액에 따른 전해수의 특성 비교(Jeong et al., 2003), 세정수로서의 전해산화수의 적용 특성(Jeong et al., 2000), 세척 및 보관 효과(Kim et al., 2004b), 수산식품가공기구의 세척 시 살균효과(Cho et al., 2003)등이 있고, 식품에 전해수를 응용한 연구에는 포도(Kim et al., 2003), 전해알칼리수 처리에 의한 감귤의 저장효과(Kang et al., 2002), 김치(Jeong et al., 1996a), 수출용 간밤(Park et al., 1998), 상추(Jeong et al., 1999b), 무균포장밥(Jeong et al., 1999a), 깻잎(Jeong et al., 2005), 양상추(Lee et al., 2004)등이 있을 뿐 쌀에 전해수를 응용한 연구는 아직 미비한 실정이다.

한편, 오존은 산소 3개로 이루어진 산소동위체이며, 염소의 7배 정도로 산화력이 강해 살균, 탈취, 탈색 능력이 뛰어나 식품공업, 제약, 의료 분야에서 광범위하게 사용되고 있다(Singer, 1990). 또한, 산소로부터 생성되어 분해하여도 산소로 되며 염소계 약제 또

는 다른 화학약품과는 달리 유해 반응생성물을 잔류시키지 않는다(김, 1993). 오존은 세균의 세포벽을 구성하는 지방단백질의 파괴를 유도하며, 효모에는 효모가 생산하는 주요 효소들을 불활성화시킨다. 또한, 바이러스의 DNA를 파괴하여 불활성화 되게 하는 등의 살균작용을 갖고 있으며(박, 2000), 오존의 다양한 미생물에 대한 억제작용은 오존의 농도, 불순물의 존재 여부(기질 및 당 등), 압력, pH, 온도, 촉매제, 그리고 세포주위의 유기물질의 함량에 따라 달라진다(Castillo et al., 2003; Restaino et al., 1995; Sharna et al., 2002). 이러한 오존은 식품분야에 다양하게 이용되어 왔는데 채소와 과일의 저장성 향상(Norton et al., 1968), 어류(Gram et al., 1996), 가금류(Yang et al., 1979), 돈육(Jeong et al., 2007)등에서 미생물억제에 이용되었다. 그리고 오존은 미국의 FDA에서 2000년에 GRAS(Generally Recognized As Safe)로 인정하였고, 식품의 저장 혹은 가공을 위한 직접적인 첨가제로 승인하였다(Khadre et al., 2001).

따라서 본 연구에서는 쌀의 저장 중 품질저하를 최소화하여 품질을 향상시키고 경쟁력을 확보하기 위해 미곡창고의 오염원인 균주를 분리 및 동정하고 이에 대한 전해수와 오존가스의 항균효과와 이들을 처리하였을 때 나타나는 밥의 관능적 특성에 대하여 연구하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

1-1. 재료

본 실험에 사용한 나락은 경남 D지역과 충북 G지역에서 샘플링한 것을 사용하였으며, 왕겨, 겨, 9분도미 그리고 7분도미는 경남 D 지역에서 샘플링 한 것을 사용하였다.

1-2. 배지

Nutrient agar starch(NAS)는 1% starch를 첨가하여 사용하였으며, Yeast peptone dextrose(YPD), Yeast malt(YM), Potato dextrose agar(PDA), Plate count agar(PCA), Mueller Hinton agar(MHA)는 Difco사의 제품을 사용하였다.

2. 미생물의 분리 및 동정

세균은 집락 특징 및 Gram stain으로 균주의 특징을 조사한 후 동정하였고 효모는 현미경 하($\times 400$)에서 효모 확인 후 동정하였으며 곰팡이는 현미경 관찰로 분류 후 동정하였다. 이 때 세균과 효모의 동정은 미생물 동정 분류기(Sherlock system 3.0, HP6890 FID)를 사용하여 균체내의 지방산을 Agilent gas chromatograph로 자동 분석하여 Sherlock system database profile과 상호 비교한 후 동정하였다. 이 때, 세균은 NAS 배지를 사용하여 37°C에서 24시간 배양, 효모는 YPD 배지를 사용하여 28°C에서 48시간

배양하였으며, 곰팡이는 PDA배지를 사용하여 25°C에서 3~5일간 배양하였다. 실험에 사용한 균주와 각 균주의 배양 배지는 Table 1과 같다.



Table 1. List of isolated microorganisms from paddy, dusty, warehouses and media

Category	Strain	Media
Bacteria	<i>Bacillus subtilis</i> KFCC 35421	NB, NA
	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	NB, NA
	AS ¹⁾ -1	NB, NAS
	AS-2	NB, NAS
	<i>Bacillus cereus</i>	NB, NAS
	<i>Bacillus sphaericus</i>	NB, NAS
	<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i>	NB, NAS
	<i>Arthrobacter atrocyaneus</i>	NB, NAS
Yeasts	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> KCTC 7905	YM
	<i>Candida deserticola</i>	YM
	<i>Candida ernobii</i>	YM
	<i>Candida valida</i>	YM
Molds	<i>Deuteromycetes</i> (A)	PDB, PDA
	<i>Deuteromycetes</i> (B)	PDB, PDA
	<i>Aspergillus nidulans</i>	PDB, PDA
	<i>Aspergillus oryzae</i>	PDB, PDA
	<i>Phoma</i> . spp.	PDB, PDA
	<i>Penicillium</i> spp.	PDB, PDA

¹⁾AS; The strains were isolated into air in the warehouse.

3. 전해수

3-1. 전해수 제조

전해수는 NaCl 용액 0.6%를 제조한 뒤 전해수 생성 장치(전극의 최대전력 100 V, 5A, 전극표면 36 mm × 285 mm × 6개, 탱크 용량 0.5 L, 주식회사 TMD, 한국)로 6분간 전기분해하여 제조하였다.

3-2. pH 측정

전해수의 pH는 pH meter(HM-30V, Toa, Japan)로 측정하였다.

3-3. HClO(차아염소산) 함량 측정

전해수 50 mL에 KI 2 g을 넣고 35% acetic acid를 첨가한 뒤 1% 전분지시약을 2~3방울 떨어뜨려 흑갈색이 되도록 한 후 여과한 액을 0.1 N Na₂S₂O₃로 흑갈색의 용액이 투명해질 때까지 적정하였다(Jeong et al., 2005).

$$\text{HClO 함량(ppm)} = 0.1 \text{ N Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ 소비량(mL)} \times 7.092$$

4. 전해수 처리

6개의 전극을 setting한 전해수 처리장치에서 0.6% NaCl 용액을 6분간 처리하여 얻은 용액을 나락상태의 쌀에 실온에서 5시간씩 5일간 가습기로 spray 한 뒤 1일간 건조하였다. 이를 백미상태로 도정한 뒤 실험하였는데, 이 때 무 처리구는 실온에서 5일간 보관하였다.

5. 오존가스 처리

오존가스 처리는 밀폐된 상자 안에서 오존발생량이 100 mg/h인 장치로 나락과 현미에 2시간마다 10분씩 3일간 처리하였다.

6. 항균활성

6-1. Paper disc 법에 의한 전해수의 항균활성

전해수의 항균성은 paper disc법으로 측정하였다. 각 시험균주를 액체배지에 24hr 배양한 후 이 배양액을 높이가 4~5 mm인 Mueller Hinton agar(MHA) 평판 배지에 균액의 농도가 약 $10^5 \sim 10^6$ CFU 가량 되도록 분주 후 도말하였다. 여기에 지름이 6 mm인 paper disc를 고정시키고 전해수를 20 μ L 흡수시켰다. 이를 실온에서 약 30분 동안 확산시킨 후 세균은 37°C 에서 24~48시간 배양, 효모는 28°C에서 48시간 배양 그리고 곰팡이는 25°C에서 3일~5일간 배양한 후 생성된 clear zone의 크기로 항균성을 측정하였다.

6-2. 오존가스의 항균활성

각 시험균주를 액체배지에 배양한 후 이 배양액을 각각의 배지에 분주 및 도말 하였다. 오존가스를 5, 10, 20, 30 및 60분간 처리한 뒤 세균은 37°C에서 24~48시간 배양, 효모는 28°C에서 48시간 배양, 곰팡이는 25°C에서 3~5일간 배양하여 형성된 집락의 수를 측정하여 사멸율을 계산하였다.

$$\text{사멸율} = \frac{\text{처리 전의 균수} - \text{처리 후의 균수}}{\text{처리 전의 균수}} \times 100$$

7. 미생물 오염도 측정

7-1. 생균수

각 시료를 2 g씩 무균적으로 취한 후 멸균 PBS(Phosphate buffered saline, pH 7.40)용액을 10배량 가하여 5분간 shaking한 다음 10배 희석법으로 희석하였다. 생균수는 PCA 배지에 도말하여 37℃에서 24~48시간 배양하여 형성된 집락의 수를 측정하였으며, 고온성 세균은 70℃에서 48시간 배양하여 형성된 집락의 수를 측정하였다.

7-2. 내열성 아포 형성균

각 시료를 2 g씩 무균적으로 취한 후 멸균 PBS용액을 10배량 가하여 5분간 shaking한 시험용액 20 mL를 끓는 물속에 10분간 넣어 가열한 후 PCA 배지에 도말하였다. 배양은 37℃에서 48시간 배양하여 발육한 집락의 수를 측정하여 내열성세균수로 하였다 (Korean food and drug administration, 2000).

8. 식미평가

식미평가는 농촌진흥청 작물과학원에서 실시하는 방법(Hong et al., 2004)으로 실시하였다. 10분도미로 도정 한 백미 200 g을 4번 수세한 뒤 20℃의 물에 넣고 20분간 불렸다. 체에 걸러 물 빼기를 10분간 한 뒤 전기밥솥(KCJ-10BT, Daewoo, Korea)으로 취사하고 15분간 뜸들이기를 행하였다. 이를 11명의 숙련된 panel에게 똑같은 접시에 담아 각 처리구당 구분이 가지 않도록 하여 제공하였다. 모양(색깔 및 윤기), 냄새, 맛, 찰기, 질감, 전체적인 기호도의 6가지 평가항목을 7점 점수법으로 평가하였다.



결과 및 고찰

1. 도정에 따른 균수 변화

도정도에 따른 균수의 변화를 살펴보기 위해 왕겨, 겨, 나락, 현미, 7분도미, 9분도미, 백미의 생균수, 효모수 및 곰팡이수를 살펴보았다(Table 2). 왕겨의 생균수 및 효모수는 10^6 CFU/g이었으며 곰팡이수는 10^5 CFU/g이었다. 겨의 생균수는 10^5 CFU/g으로 왕겨에 비해 1 log cycle 작게 나타났으나 효모와 곰팡이수는 큰 변화가 없었다. 그리고 나락의 생균수, 효모수 및 곰팡이수는 각각 10^5 , 10^5 , 10^3 CFU/g로 생균수는 겨와 비슷하였으나 효모수와 곰팡이수는 겨의 균수에 비해 1~2 log cycle정도 균수가 적게 나타났다. 또한 현미의 생균수와 효모수는 나락에 비해 1 log cycle정도 적어 10^4 CFU/g으로 나타났으며 곰팡이는 10^3 CFU/g의 수준을 유지하였다. 7분도미의 생균수와 곰팡이수는 현미에 비해 1 log cycle정도 적게 나타나 각각 10^3 CFU/g, 10^2 CFU/g 으로 검출되어, 왕겨부터 백미에 이르기까지 도정도가 높아질수록 생균수, 효모수 및 곰팡이수는 점차 감소함을 알 수 있었다. 이는 Park(2003)등이 행한 도정도별 중온성 세균수의 분포를 보고한 결과에서 현미와 9분도미의 중온성 세균수가 각각 10^4 , 10^3 CFU/g으로 나타나 도정도가 높을수록 검출되는 균수가 감소하였다는 보고와도 일치하였다. 쌀은 저장 중에 미생물의 증식으로 인해 품질이 저하되는데(Mheen et al., 1982b), 미생물은 초기 오염균수가 매우 적다하더라도 생육에 적합한 영양과 온도가 주어지면

지수적으로 증식한다. 특히, 곰팡이 중에는 증식하면서 mycotoxin을 생성하는 종도 있다(Mheen et al., 1982a). 본 연구 결과, 나락의 미생물 오염도가 $10^3 \sim 10^5$ CFU/g 수준으로 나타나 이들 미생물이 쌀의 저장 과정 중에 증식할 경우 품질변화에 큰 영향을 미칠 수 있으므로 이들 미생물의 생육 제어를 위한 연구가 필요함을 알 수 있다.

2. 취반 과정에 따른 균수 변화

백미는 취반 후 보온과정 중에 식미 및 조직감의 저하, 황변, 이취 발생 등의 식품학적 열화현상이 일어나는데, 취반 전에 백미에 존재하였던 미생물의 분포가 취반 후에 밥의 품질에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 취반 과정에 따른 균수의 변화를 측정하였다. 수세 직후부터 취반 직후 그리고 보온 과정 중의 생균수, 고온성 세균 및 내열성 아포형성균의 분포에 대해 살펴본 결과 (Table 3), 중온성 세균의 경우 수세 직후에 10^3 CFU/g 정도 나타났으나, 취반 직후부터 보온 48시간 동안에는 검출되지 않았다. Kum(1995)등은 백미의 초기균수가 10^5 CFU/g 수준이었으나 수세 후에 10^4 CFU/g 수준으로 균수가 감소하였고, 취반 후에는 10^1 CFU/g 이하로 거의 모든 균이 사멸되었다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 고온성 세균의 경우 수세 직후나 취반 직후에는 검출되지 않았으나 보온 6시간째에는 1.50×10^1 CFU/g이, 48시간째에는 1.10×10^2 CFU/g이 검출되었다.

Park(2003)등은 밥을 65℃로 보온했을 때, 고온성 세균이 보온

6시간째 10^1 CFU/g이었던 것이 18시간째에 10^4 CFU/g으로 빠르게 증식하였다고 보고하였고, 이는 취반에 따른 열충격으로 인한 세균 아포의 발아가 시작되어 영양세포로 전환되기 때문이라 하였다. 일반적으로 포자형성은 영양분이 결핍되어 성장이 멈춤으로써 시작되는데, 열처리 등의 적절한 조건이 갖추어지면, 휴면상태의 포자는 활성을 지닌 영양세포로 전환되고 발아과정을 거쳐 정상세포로 다시 성장하게 된다(Prescott et al., 2004). 본 연구에서는 보온 과정 중의 열처리에 의해 포자가 발아되어 고온성 세균이 증식한 것으로 생각된다. 이를 통해 내열성 아포형성균이 취반미에 존재할 것으로 추측되어 시료를 끓는 물에서 10분간 가열한 뒤 배양하여 발육한 집락의 수를 내열성 아포형성균수로 나타낸 결과 (Table 3) 보온 저장 기간 동안 내열성 아포형성균은 검출되지 않았다. Park(1997)등은 취반미의 이취발생 원인 주요 세균이 아포를 형성하는 *Bacillus* spp.라 보고하였는데, 본 실험에서 내열성 아포형성균이 검출되지 않은 것은, 포자형성을 위한 처리단계의 온도가 높았기 때문이라 생각된다. 이는 100°C 로 10분간 가열하였을 때 포자수가 3.0 log cycle 감소하였다는 Lee(1982)등의 연구 및 보온 과정 중 주기적으로 80°C 에서 10~15분간 열 충격을 가했을 때 균수가 감소하였다고 보고한 Park(1997)등의 연구와 유사한 결과이다. 또한, 취반 후 백미는 보온 시간이 경과함에 따라 수분증발과 전분의 노화에 의한 식미 및 조직감의 저하, 황변 및 이취의 발생 등 품질이 저하되는 여러 가지 문제점이 나타난다. 그 중 황변은 식품성분간의 비효소적 갈변반응, 고온성 미생물

의 성장에 의해 발생하게 되는데, 이 중 고온성 미생물은 밥솥에서 증식하면서 갈변 반응성 물질(주로 질소화합물)을 균체외로 분비함으로써 황변현상을 더욱 촉진하는 것으로 보고되었다(Park et al., 1997). 이를 바탕으로 볼 때 취반 후 밥의 품질을 유지하기 위해서는 전해수 및 오존 등을 처리하여 고온성 세균의 오염도를 감소시키거나 보온과정 중 고온성 세균의 증식을 억제하는 방법 개발에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다.



Table 2. Changes in microbial by percentage of polish

(Unit : CFU/g)

	Rice husk	Bran	Paddy	Brown rice	70% polished rice	90% polished rice	100% polished rice
Viable cell	5.00×10^6	3.00×10^5	2.50×10^5	5.35×10^4	1.01×10^3	7.10×10^2	2.14×10^3
Yeasts cell	3.32×10^6	3.13×10^6	7.10×10^5	2.30×10^4	1.60×10^4	1.10×10^3	3.04×10^3
Molds cell	6.71×10^5	3.80×10^5	7.00×10^3	2.00×10^3	8.65×10^2	2.00×10^2	5.05×10^2

Table 3. Changes in bacteria of cooked rice in electric rice cooker during storage

(Unit : CFU/g)

	Washed	Cooked	6 hr	12 hr	24 hr	48 hr
Mesophilic bacteria	2.00×10^3	- ¹⁾	-	-	-	-
Thermophilic bacteria	-	-	1.50×10^1	4.5×10^1	8.00×10^1	1.10×10^2
Thermal resistant spore forming bacteria	-	-	-	-	-	-

¹⁾ -; not detected.

3. 항균활성

3-1. 전해수의 항균활성

전해수는 속효성의 살균력과 잔류물이 없어 식품가공 공정에서 기존 염소수를 대체할 수 있는 대안으로 주목받고 있다(Kim et al., 2004a). 이러한 전해수를 쌀 창고에 활용하기 위하여 쌀 창고 오염균주에 대한 전해수의 항균활성을 측정하였다. 항균활성은 paper disc법으로 측정하였으며 Table 4에 나타내었다. 본 실험에 사용된 전해수의 물리화학적 특성 중 차아염소산 함량은 352.48 ppm이고, pH는 9.54 이었다. 제조된 전해수는 분리된 모든 세균에 대해 항균활성을 나타내었는데, 특히, *Bacillus cereus*와 *Curtobacterium flaccumfaciens*에 가장 높은 항균활성을 나타내었다. 이 중 *Bacillus cereus*는 물, 토양, 공기 등 자연계에서 흔히 발견되는 토양미생물로(Ham et al., 2006) 포자를 형성하므로 여러 화학물질과 건조 및 열에 대하여 저항력을 가지고 있다(Lim et al., 2000). 따라서, *Bacillus cereus*는 취반 과정에서도 살아남아 인체 내 장의 상피세포에 부착된 후 enterotoxin을 생산하여 독소형 식중독을 유발하므로 전해수 처리에 의한 *Bacillus cereus*의 강한 생육억제 효과는 쌀의 저장 중 미생물학적 위해도를 낮추는 측면에서 의미가 크다고 할 수 있다.

전해수의 항균효과에 대해서는 여러 연구가 보고되었는데, Jeong (1999a)등은 병원성 및 식품 부패 미생물을 대상으로 산화환원전위가 1100~1200 mV인 전해수의 살균효과를 측정한 결과 0.1% 차아염소산나트륨 및 70% ethanol에 비해 높은 생육억제 효과를

보였으며, 특히 포자를 형성하는 *Bacillus* spp.에 대해 높은 살균 효과를 나타낸다고 보고하였다. 또한, Oomori(2000)등은 염소 농도가 200 ppm인 전해수에 의해 벼알마름병의 원인균인 *Burkholderia glumae*이 강력히 억제된다고 하였으며, Park(2005)등은 염소 농도가 41 mg/L인 전해수를 *Salmonella enteritidis*와 *Listeria monocytogenes*에 1분간 처리 시 생육이 억제 된다고 보고하였고, NaCl 농도가 0.5%, 염소 농도가 10 ppm인 전해수를 *Vibrio parahaemolyticus*와 *Vibrio vulnificus*에 15초간 처리하였을 때 완전히 사멸한다는 Ren(2006)등의 연구가 보고되어 있다. 전해수의 살균 기작에 대해서는 명확하게 밝혀져 있지 않지만 차아염소산이 주요한 역할을 하며(Tanaka et al., 2005), 전기분해로 생성된 hydroxy radical, H_2O_2 , 산화환원전위, 용존산소 및 염소의 산화력 등도 살균기작으로 작용한다고 보고되었다(Jeong et al., 1999a). 이 중 차아염소산은 세균의 세포막을 통과하므로 세포막 기능을 소실시켜 항균효과를 나타낸다고 보고되었고(Al-haq et al., 2005), 산화환원전위에 의한 전해수의 살균 기작은 전해수와 세포막의 산화환원전위차에 의해 세포막이 방전 현상으로 파괴되어 제 기능이 소실됨으로써 항균효과를 나타낸다고 보고되어 있다(Buck et al., 2002). 그 외에 전해수가 바이러스나 미생물에 선택적으로 작용하는 것이 아니라 생리학적으로 활성을 가지는 활성단백질의 N 말단 아미노산을 무차별적으로 산화시켜 살균효과를 나타낸다는 연구도 보고되어 있다(이, 1997).

본 연구에 data를 표기하진 않았지만 차아염소산의 함량에 따른

전해수의 항균효과를 측정한 결과 차아염소산의 함량이 249.28, 309.92, 354.60 ppm으로 증가할 때 *Bacillus cereus*에 대한 항균활성 역시 증가함을 알 수 있었는데, 이를 통해 본 연구에 사용된 전해수의 항균활성은 차아염소산의 역할이 크게 작용한 것이라 사료된다.

3-2. 전해수의 항진균활성

전해수의 항진균활성은 paper disc법으로 측정하였으며 Table 5에 나타내었다. 본 실험에 사용된 전해수의 차아염소산 함량은 352.48 ppm이고, pH는 9.54 으로 나타났다. 쌀 창고로부터 채취, 분리한 곰팡이와 효모를 대상으로 전해수의 항진균활성을 측정한 결과, 분리된 모든 진균류에 대해 효과를 나타내었는데, 전해수는 곰팡이 *Deuteromycetes*(A), *Deuteromycetes*(B), *Aspergillus nidulans*, *Aspergillus oryzae*, *Phoma spp.*, *Penicillium spp.*중 *Deuteromycetes*(B)에 대해 가장 큰 항진균활성을 나타내었다. Tamaki(2001)등은 전해수가 도열병의 원인곰팡이인 *Magnaporthe grisea*를 효과적으로 억제하므로 벼에 전해수 살포 시 도열병 예방 효과를 기대할 수 있다고 보고하였고, 0.1% NaCl 용액으로 제조된 전해수를 50%로 희석하여 *Penicillium expansum*에 분주한 결과 2~4 log cycle의 감소효과를 보였다는 Okull(2004)등의 연구와도 유사하였다.

또한, 전해수는 분리된 효모인 *Candida deserticola*, *Candida ernobii*, *Candida valida* 모두에 항진균활성을 나타내었는데 곰팡

이와 세균에 비하여 그 효과가 크게 작용하였다. 이는 전해수가 폭넓은 항균 스펙트럼을 갖기 때문(Lee et al., 2004)이라 사료되는데, ORP가 1,100~1,200 mV인 전해수를 초기 균수가 10^4 CFU/mL 수준의 *Bacillus cereus*와 *Saccharomyces cerevisiae*에 처리하였을 때, *Bacillus cereus*는 60분 처리 후에도 일부 생존하는 것으로 나타난 반면, *Saccharomyces cerevisiae*는 10분간의 처리에도 완전히 사멸하였다고 보고한 Jeong(1996b)등의 결과와도 유사하여 효모가 세균과 곰팡이에 비해 전해수에 대한 감수성이 높다고 사료된다. 곰팡이와 효모에 대한 전해수의 항진균 기작은 명확하게 밝혀지진 않았으나 산화환원전위력의 차이(Bonde et al., 1999)에 의해 항진균활성이 나타난다고 보고되어 있다. 일반적으로 산화환원전위차는 세포벽의 전자 흐름을 변형시켜 미생물의 대사흐름과 ATP 생산과정에 영향을 미쳐 미생물의 증식을 억제한다고 알려져 있다(Park et al., 2002).

Table 4. Antibacterial activity and HClO content of electrolyzed water

HClO (ppm)	pH	AS ¹⁾ -1	AS-2	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Bacillus sphaericus</i>	<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i>	<i>Arthrobacter atrocyaneus</i>	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>
352.48	9.54	++ ²⁾	++	+++	+	+++	++	++

¹⁾ AS; The strains were isolated into air in the warehouse

²⁾ Growth inhibition size of clear zone : +, smaller than 2mm; ++, 2-5mm; +++, 5-8mm.

Table 5. Antifungal activity and HClO content of electrolyzed water

HClO (ppm)	pH	<i>Deutero- mycetes</i> (A)	<i>Deutero- mycetes</i> (B)	<i>Aspergillus nidulans</i>	<i>Aspergillus oryzae</i>	<i>Phoma</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.
		++ ¹⁾	+++	++	+	++	++
352.48	9.54	<i>Candida deserticola</i>		<i>Candida ernobii</i>		<i>Candida valida</i>	
		++++		++++		++++	

¹⁾ Growth inhibition size of clear zone : +, smaller than 2mm; ++, 2-5mm; +++, 5-8mm; +++++, larger than 8 mm.

3-3. 오존가스의 항균활성

오존가스를 이용한 살균은 초고압, 고전압 펄스 전기장, 초음파, 방사선 조사 등에 비해 초기 설비비가 저렴하고, 잔류물질이 거의 없으며 광범위한 공간에 대해 효과적으로 살균할 수 있는 특징이 있다(박, 2000). 이러한 특징으로 인해 미생물의 생육을 억제하여 저장성 증진을 위한 목적으로 사과, 토마토, 딸기, 오렌지, 포도 등의 저장에 오존가스를 많이 이용하고(Xu, 1999) 있으나 곡류 저장에 오존가스를 이용한 연구는 아직 미미한 상태이다. 따라서, 쌀 창고에 오존가스를 도입하여 미생물에 의한 쌀의 품질저하를 방지하기 위한 기초연구로서, 쌀 창고 오염균주에 대한 오존가스의 항균활성을 측정하였다. 측정방법은 각 시험균주를 배양한 후 이 배양액을 각각의 배지에 분주 및 도말 하고 오존가스를 5, 10, 20, 30 및 60분간 처리한 뒤 배양하여 형성된 집락의 수를 측정하여 사멸율을 계산하는 방법으로 실험하였으며 그 결과는 Table 6에 나타내었다. 실험결과 전반적으로 초기균수가 높을수록 완전히 사멸하는데 까지 걸리는 시간이 증가하는 것을 알 수 있었는데, 표준균주 *Bacillus subtilis* KFCC 35421는 초기균수가 10^2 CFU/plate, 10^1 CFU/plate일 때, 각각 10분, 5분 이상의 오존가스 처리로 완전히 사멸하였고, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538는 초기균수가 10^3 CFU/plate, 10^2 CFU/plate일 때, 각각 10분, 5분 처리 시 완전히 사멸하였다. 쌀 창고로부터 분리된 *Bacillus cereus*, *Curtobacterium flaccumfaciens*, AS-1, AS-2, *Sphingomonas paucimobilis*, *Atrobacter atrocyaneous*을 대상으로 실험한 결과

AS-1과 AS-2는 초기균수가 10^1 CFU/plate일 때 5분 처리로 완전히 사멸하였으며, 나머지 분리균주 *Bacillus cereus*, *Curtobacterium flaccumfaciens*, *Sphingomonas paucimobilis*, *Atrobacter atrocyaneous*는 초기균수가 $10^2 \sim 10^3$ CFU/plate일 때 10분 이상의 오존가스 처리로 완전히 사멸되었다. 오존의 항균활성에 관해서는 다양한 연구가 이루어졌는데 Kwon(1995)등은 균액이 도말된 평판에 3 ppm의 오존가스를 분사하여 항균활성을 측정한 결과 10~20분의 처리로 *B. subtilis*, *S. aureus*, *E. coli* 등이 완전히 사멸하였다고 보고하였고, Kim(1996)등은 공기 중의 미생물에 1 ppm 농도의 오존가스를 처리한 결과 10분 처리 시 Gram(+), Gram(-)균 모두에 항균효과를 나타냈다고 보고하였다. 또, Achen(2001)등은 1.45 L/min 농도의 오존수를 3분간 처리 시 *E. coli* O157:H7 수가 무처리구에 비해 2.6 log CFU/g 감소하였다고 보고하여 오존이 기체 상태나 오존수의 상태 모두에서 뛰어난 살균효과를 발휘하는 것으로 나타났다. 오존에 의한 미생물의 살균작용은 산화작용, 환원작용, 단백질 변성작용 및 표면장력 저하 등에 의해 일어난다고 보고 되어 있는데 (Korean food research institute 1996), 특히, 산화가 주된 요인으로 작용하는 것으로 알려져 있다. 오존에 의한 산화는 호흡, 발효 그리고 생합성 등 에너지 대사에서 기본적인 역할을 하고 있는 탈수소 효소를 불활성화 시키는 작용을 통해 균체의 대사 및 주요성분 합성을 불가능하게 하여 살균효과를 나타낸다(Khadre et al., 2001). 또한 오존은 세포막에도 손상을 주어 용균현상을 일으키게 되는데, 이

는 세균의 세포막에 존재하는 불포화 지방산의 2중 결합이나 방향족 화합물 또는 복소고리식 화합물이 오존과 결합하여 세포막에 구조적 손상을 입히게 되면 세포막의 투과성이 변화하여 침투성이 증가하게 되고, 세포내의 Ca^{2+} , Mg^{2+} 등의 대량원소 및 RNA등의 핵산 물질이 누출되어 세포가 용해된다(Khadre et al., 2001; Naidu 2000). 본 실험에 사용한 오존 역시 위와 같은 살균작용으로 쌀 및 쌀참고 오염균주와 표준균주의 생육을 억제하는 것으로 사료된다.

3-4. 오존가스의 항진균활성

쌀 창고로부터 분리한 효모와 곰팡이를 대상으로 오존가스의 항진균활성을 측정한 결과는 Table 7, 8에 나타내었다. 표준 균주인 *Saccharomyces cerevisiae* KCTC 7905와 쌀 창고로부터 분리된 효모인 *Candida deserticola*, *Candida ernobii*, *Candida valida*를 대상으로 실험한 결과(Table 7) 초기 균수가 $10^2 \sim 10^3$ CFU/plate 일 경우 오존 가스를 10분 처리하였을 때 모두 사멸하였으며, 곰팡이를 대상으로 오존가스의 항진균 활성을 측정한 결과(Table 8) 초기 균수가 10^2 일 때 30분 이상 처리 시 모두 사멸하였다. 이는 *Aspergillus flavus*와 *Penicillium islandicum*에 3 ppm의 오존가스를 분사하여 항진균활성을 측정한 결과 60분 처리 시 90% 이상의 항진균효과를 나타냈다는 연구(Kwon et al., 1995)와 유사하였다. 이상의 실험결과, 오존에 대한 효모의 감수성이 세균과 곰팡이에 비해 높게 나타났는데, 이는 오존의 농도가 0.3~0.5 ppm

인 오존수를 효모인 *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces rouxii*, *Candida paracreus*와 세균인 *Bacillus subtilis*에 처리하였을 때 각각 1.5, 1.5, 5 및 30분 처리 시 사멸율이 99.99%로 나타나 효모가 세균보다 오존에 대한 감수성이 높다는 보고 (Korean food research institute, 1996)와 일치한다. 또한, *Candida albicans*, *Zygosaccharomyces bailii*에 오존농도가 0.188 mg/mL인 오존수를 5분간 처리하였을 때, 4.5 log cycle 이상의 생육억제 효과가 나타나며, 오존에 대한 효모의 감수성이 세균과 곰팡이에 비해 높게 나타났다고 보고한 Restaino(1995)등의 연구와도 유사한 결과이다.



Table 6. Effects of gaseous ozone treatment on bacteria

(Unit : CFU/plate)

Strains	Treated time (min)					
	0	5	10	20	30	60
<i>B.subtilis</i>	1.78×10^2	0.80×10^1 (95.51)	0.20×10^1 (98.88)	-	-	-
	8.45×10^1	1.50×10^1 (82.25)	$-^{1)}$ (100)	-	-	-
<i>S.aureus</i>	1.84×10^3	1.05×10^2 (94.30)	1.25×10^1 (99.32)	-	-	-
	1.33×10^2	1.20×10^1 (90.94)	-	-	-	-
<i>B.cereus</i>	3.17×10^2	0.40×10^1 (98.74)	0.40×10^1 (98.74)	-	-	-
	9.80×10^1	-	-	-	-	-
<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i>	2.55×10^3	1.70×10^2 (93.33)	0.80×10^1 (99.67)	-	-	-
	1.28×10^2	1.00×10^1 (92.19)	-	-	-	-
AS ²⁾ -1	6.30×10^1	0.10×10^1 (98.41)	-	-	-	-
	4.30×10^1	-	-	-	-	-
AS-2	6.05×10^1	1.10×10^1 (81.82)	-	-	-	-
	3.90×10^1	-	-	-	-	-
<i>S.paucimobilis</i>	1.03×10^3	1.22×10^2 (88.12)	2.85×10^1 (97.22)	-	-	-
	9.66×10^2	4.50×10^1 (95.34)	0.30×10^1 (99.68)	-	-	-
<i>A.atrocyacneus</i>	9.82×10^2	9.75×10^1 (90.07)	1.75×10^1 (98.22)	-	-	-
	6.41×10^2	2.40×10^1 (96.26)	0.30×10^1 (99.53)	-	-	-

¹⁾ -; not detected, () ; Death rates(%), ²⁾ AS; The strains were isolated into air in the warehouse.

Table 7. Effects of gaseous ozone treatment on yeasts

(Unit : CFU/plate)

Strains	Treated time (min)					
	0	5	10	20	30	60
<i>S.cerevisiae</i>	1.74×10^3	3.64×10^2 (79.13)	$-^1$ (100)	-	-	-
<i>C.deserticola</i>	2.88×10^2	3.00×10^1 (89.58)	-	-	-	-
<i>C.ernobii</i>	2.57×10^2	3.10×10^1 (87.94)	-	-	-	-
<i>C.valida</i>	1.88×10^2	2.70×10^1 (85.64)	-	-	-	-

¹⁾ -; not detected, () ; Death rates(%).

Table 8. Effects of gaseous ozone treatment on molds

(Unit : CFU/plate)

Strains	Treated time (min)					
	0	5	10	20	30	60
<i>Deutero-mycetes</i> (A)	1.87×10^2	1.08×10^2 (42.25)	7.83×10^1 (58.13)	1.04×10^1 (94.44)	0.30×10^1 (98.40)	⁻¹⁾ (100)
<i>Deutero-mycetes</i> (B)	2.05×10^2	1.55×10^2 (24.39)	9.15×10^1 (55.37)	5.85×10^1 (97.15)	0.10×10^1 (99.51)	-
<i>Aspergillus nidulans</i>	2.33×10^2	2.00×10^2 (14.16)	7.38×10^1 (68.33)	3.37×10^1 (85.54)	0.50×10^1 (97.85)	-
<i>Aspergillus oryzae</i>	1.39×10^2	1.07×10^2 (23.02)	6.40×10^1 (53.96)	1.75×10^1 (87.41)	0.40×10^1 (97.12)	-
<i>Phoma. spp</i>	3.25×10^2	2.00×10^2 (38.46)	7.20×10^1 (77.85)	3.19×10^1 (90.18)	0.30×10^1 (99.08)	-
<i>Penicillium spp.</i>	2.70×10^2	1.70×10^2 (37.04)	8.95×10^1 (66.85)	1.73×10^1 (93.59)	0.20×10^1 (99.26)	-

¹⁾ -; not detected, (); Death rates(%).

4. 전해수 처리 나락의 품질평가

4-1. 생균수 및 곰팡이수 측정

나락상태의 쌀에 전해수를 실온에서 5시간씩 5일간 가습기로 spray 한 뒤 1일간 건조하였다. 이 때 실온에서 5일간 보관하면서 어떠한 처리도 하지 않은 것을 무처리구로 하였으며, 대조구로는 전해수 대신 물을 처리하였고, 이를 water처리구로 표기 하였다. 전해수를 나락에 처리한 뒤 미생물의 변화를 살펴본 결과(Table 9), 초기 10^5 CFU/g이었던 나락의 생균수가 전해수 처리구에서는 10^4 CFU/g으로 1 log cycle 감소한 반면, water 처리구는 10^5 CFU/g수준을 유지하는 것으로 나타났다. 곰팡이수는 무처리구에 비해 전해수 처리구가 1 log cycle 적은 10^1 CFU/g으로 나타났다. 이를 백미로 도정한 뒤 생균수와 곰팡이수를 측정한 결과 곰팡이는 검출되지 않았으나 생균수에 있어서는 전해수를 처리한 실험구가 무처리구에 비해 약간 적은 균수를 나타내었다. 이러한 결과는 갯잎을 전해수로 세척한 뒤 생균수를 측정한 결과 수도수로 처리한 실험구에 비해 2~3 log cycle 낮게 나타났으며, 저장 후에도 1~2 log cycle 정도 낮게 유지되었다고 보고한 Jeong(2005)등의 결과와 유사하였다. 또한, 전해수로 취반한 백미의 경우 미생물의 생육이 완전히 억제되었으나 수도수로 취반한 백미에서는 저장 7일 경과 시 10^7 CFU/g의 균이 검출되었다고 보고한 Jeong(1999a)등의 연구와도 유사하였다. 그리고 pH가 8.56, 차아염소산 함량이 73.8 ppm인 전해수를 처리한 박피 연근의 곰팡이수 측정 결과(Jeong et al., 2006b) 전해수가 수도수에

비해 곰팡이의 생육을 더 효과적으로 억제하여 본 연구와 유사함을 나타냈다. 취반과정에 따른 균수의 변화를 측정한 본 연구 결과(Table 3) 고온성 세균의 경우 보온 48시간째에 1.10×10^2 CFU/g이 검출되었는데, 취반 후 밥의 품질에 영향을 미칠 수 있는 고온성 미생물은 일반적으로 토양으로부터 오염되어 나락상태부터 취반에 이르는 전 과정에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 따라서, 전해수 처리를 통해 나락의 미생물 오염도를 감소시키면 취반 후 밥의 이상취, 황변 등의 품질열화를 억제할 수 있을 뿐만 아니라 저장성도 증진시킬 수 있을 것이라 사료된다.

4-2. 식미평가

전해수를 나락에 처리한 뒤 도정하여 식미평가를 실시한 결과(Fig. 1) 전해수 처리구가 무 처리구에 비해서 모든 항목에서 우수한 기호도를 보였으며, water 처리구에 비해서는 향, 맛, 질감면에서 우수한 기호도를 가지는 것으로 나타났다. 나락에 전해수를 처리할 때 염소취가 우려되었으나 본 연구에서는 전해수 처리구가 향 항목에서 가장 높은 기호도를 보였다. 이는 전해수에 함유된 활성염소는 유기물이나 자연광선에 닿으면 급격하게 분해, 휘발되어 기존의 염소수에 비해 잔류성이 현저히 낮아지기(Lee et al., 2004) 때문에 염소취를 느낄 수 없었다고 판단되며, 쌀의 지방질 변화와 함께 나타날 수 있는 고미취, 이취(Kim, 2004c)가 전해수 처리로 인해 제거되었기 때문으로 사료된다. 한편, 저장 중 건조로 인한 나락의 함유율 감소는 밥의 식감에 영향을 미치게 되는데,

이러한 건조는 저장고 내의 상대습도에 따른 영향으로 알려져 있다 (Kim et al., 2004). 본 실험에서는 전해수 처리구의 질감이 좋게 나타났는데, 이는 전해수 처리로 인해 저장고의 상대습도가 높아져 건조를 방지할 수 있었기 때문으로 생각된다.

전해수를 처리한 식품의 관능적 특성을 보고한 연구가 많이 진행되고 있는데, 깻잎에 163.33 ppm의 전해수를 처리한 후 관능평가를 실시한 결과, 저장 기간이 길어질수록 전해수 처리구의 기호도가 높게 나타났으며(Jeong et al., 2005), 104.81 ppm의 전해수를 딸기에 처리한 후 7일간 저장하면서 관능특성을 살펴본 Jeong(2006a)등은 저장기간이 길어질수록 전해수 처리구의 기호도가 높게 나타났다고 보고하였다. 또한, Kim(2003)등은 포도 저장 시 사용되는 기체를 전해수로 살균 처리하여 실험한 결과 염소취가 나타나지 않아 품질의 변화 없이 저장성을 향상시킬 수 있을 것이라 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타냈다. 이상의 결과를 종합해 볼 때, 전해수를 나락에 처리할 경우 쌀의 품질과 저장성 증진효과를 기대할 수 있을 것이라 사료된다.

Table 9. Viable cell and mold cell of paddy treated with electrolyzed water

(Unit : CFU/g)

		Initial	Untreated	Water	Electrolyzed water
Paddy	Viable	6.00×10^5	3.95×10^5	2.50×10^5	8.45×10^4
	Mold	1.50×10^5	2.40×10^3	4.00×10^3	3.45×10^1
100% polished rice	Viable	N.D. ¹⁾	7.35×10^2	2.00×10^2	1.75×10^2
	Mold	N.D.	- ²⁾	-	-

¹⁾ N.D. ; Not done, ²⁾ - ; Not detected.

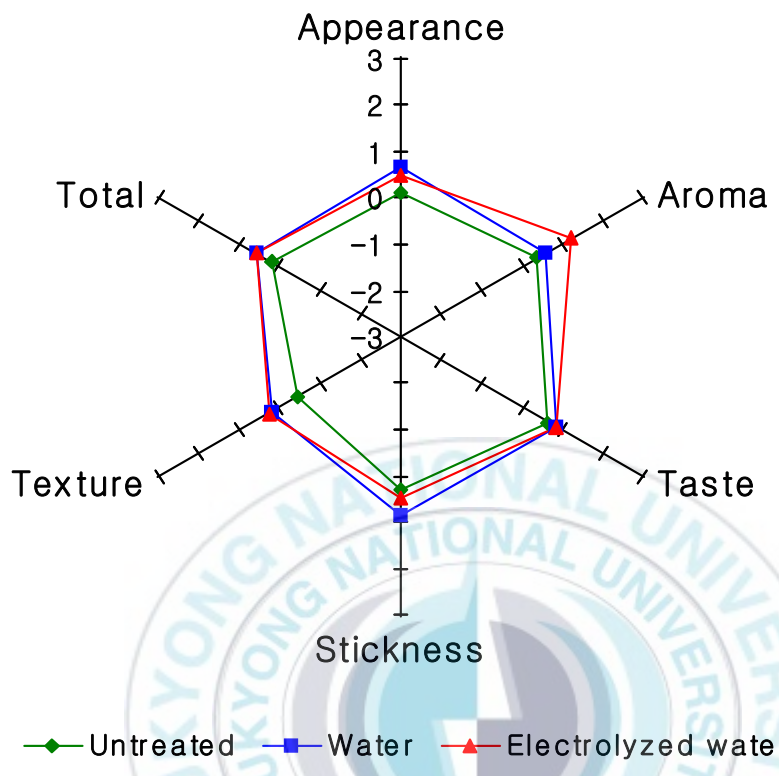


Fig 1. Sensory evaluation of rice treated with electrolyzed water.

5. 오존가스 처리 나락의 품질평가

5-1. 생균수 및 곰팡이수 측정

오존가스 처리를 통한 나락의 미생물 오염도 변화를 살펴보기 위해 밀폐된 상자 안에서 오존발생량이 100 mg/h인 장치로 오존가스를 나락과 현미에 2시간마다 10분씩 3일간 처리하면서 생균수, 효모수 및 곰팡이수를 측정하였다(Table 10). 나락의 경우 처리 전 생균수와 효모수가 10^5 CFU/g이었으나 처리 1일째에 각각 1 log cycle 감소하였으며, 처리 3일째에는 2 log cycle 감소하였다. 현미에 오존가스를 처리한 결과 처리 전 생균수와 효모수가 10^4 CFU/g이었고 처리 1일째에는 각각 1 log cycle 감소하였으며, 처리 3일째에 현미의 세균수가 2 log cycle 감소하였다. 이는 돈육에 1 ppm 농도의 오존가스를 5, 10, 15분간 처리하였을 때 생균수가 각각 0.45, 0.70, 1.04 log cycle 감소하였다고 보고한 Jeong(2007)등의 결과와도 유사하였으며, 3 mg/L 농도의 오존수를 양상추에 처리 시 생균수와 coliform수가 3~4 log cycle 감소하였다고 보고한 Kim(2006)등의 결과와도 유사하였다. 곰팡이수 측정결과, 오존가스 처리는 나락의 곰팡이수에는 영향을 미치지 않았고, 현미의 곰팡이수를 처리 2일째에 1 log cycle 감소시킨 것으로 나타나 오존가스에 대한 곰팡이의 감수성이 효모나 세균에 비해 떨어지는 것으로 나타났다. 이상의 결과를 종합해 볼 때, 오존처리는 나락의 미생물 오염도를 감소시킴으로써 취반 후 백미에도 영향을 미쳐 쌀의 저장성 및 취반 후 밥의 품질을 증진시킬 것으로 사료된다.

5-2. 식미평가

오존가스를 나락과 현미에 처리한 뒤 도정하여 식미평가를 실시하였다(Fig. 2). 오존가스를 현미에 처리한 뒤 도정하지 않은 상태로 식미평가를 실시한 결과(Fig. 3), 모양과 질감 항목을 제외한 모든 항목에서 오존가스가 기호도에 좋지 않은 영향을 미쳤다. 오존가스를 현미에 처리한 뒤 도정한 백미의 경우 오존취가 남아있어 향, 맛 항목에 좋지 못한 결과를 미쳤지만 모양과 질감면에서는 무처리구에 비해 높은 기호도를 나타냈다. 반면, 나락상태에 오존가스를 처리한 뒤 도정한 백미는 다른 처리구들에 비해 모든 항목에서 기호도가 가장 높게 나타났다. 이는 0.5 ppm 농도의 오존수를 홍고추에 처리한 뒤 관능적 품질변화를 측정한 결과, 다른 처리구들에 비해 색과 모양면에서 품질변화가 가장 적게 나타났다고 보고한 Yang(2007)등의 결과와도 유사하며, 오존 발생량이 4.0 g/h인 오존수에 참외를 30분간 침지시킨 결과 오존수 처리구의 외관, 맛, 조직감 및 색이 수도수 처리구에 비해 높게 나타났다는 연구(Hwang et al., 2005)와 유사한 것이다. 이는 오존처리가 식품 성분 파괴와 물리적 변화를 최소화하면서 품질유지 및 저장성을 증진시키기 때문(Yang et al., 2007)이라 사료된다. 일반적으로 오존가스 처리에 의한 식품의 기호도 변화는 오존처리 시간, 농도, 처리 방식에 따라 달라지는데, 본 실험 결과, 나락에 오존을 처리하여 도정한 뒤 섭취하는 것이 쌀의 품질 및 기호도 향상에 긍정적인 효과를 보일 것으로 사료된다.

Table 10. Changes in microorganisms of rice treated with gaseous ozone

(Unit : CFU/g)

	Paddy			Brown rice		
	Viable	Yeast	Mold	Viable	Yeast	Mold
Untreated	2.50×10^5	7.10×10^5	7.00×10^3	5.35×10^4	2.30×10^4	2.00×10^3
1st	8.95×10^4	5.50×10^4	5.70×10^3	4.00×10^3	1.25×10^3	1.00×10^3
2nd	5.50×10^3	1.00×10^4	2.35×10^3	1.85×10^3	8.00×10^3	4.95×10^2
3rd	2.30×10^3	3.20×10^3	2.20×10^3	9.80×10^2	2.00×10^3	2.85×10^2
100% polished	6.00×10^2	1.00×10^3	1.55×10^2	7.00×10^2	2.00×10^3	2.05×10^2

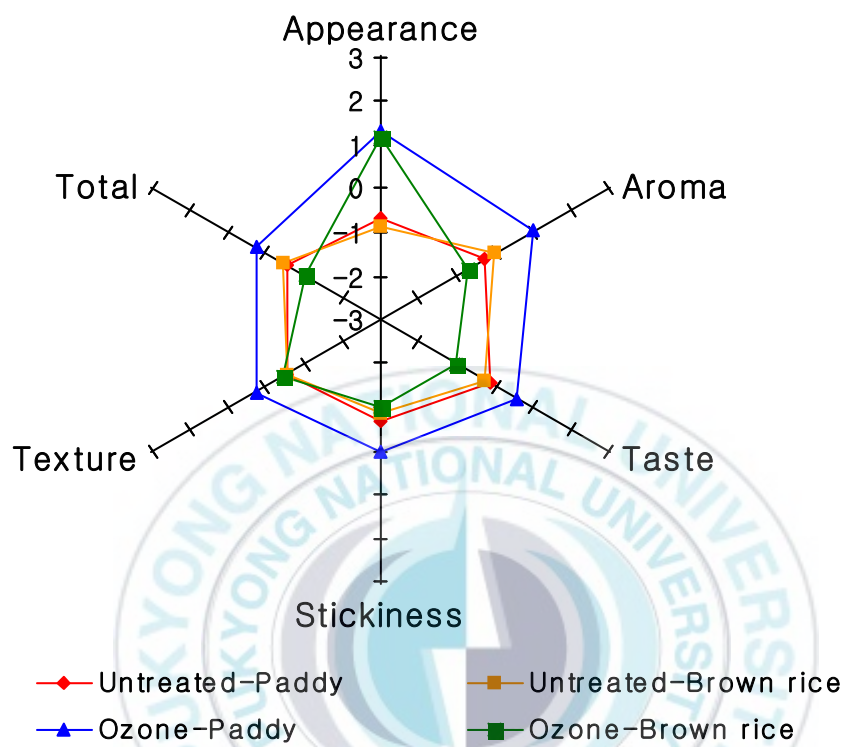


Fig 2. Sensory evaluation of rice treated with gaseous ozone.

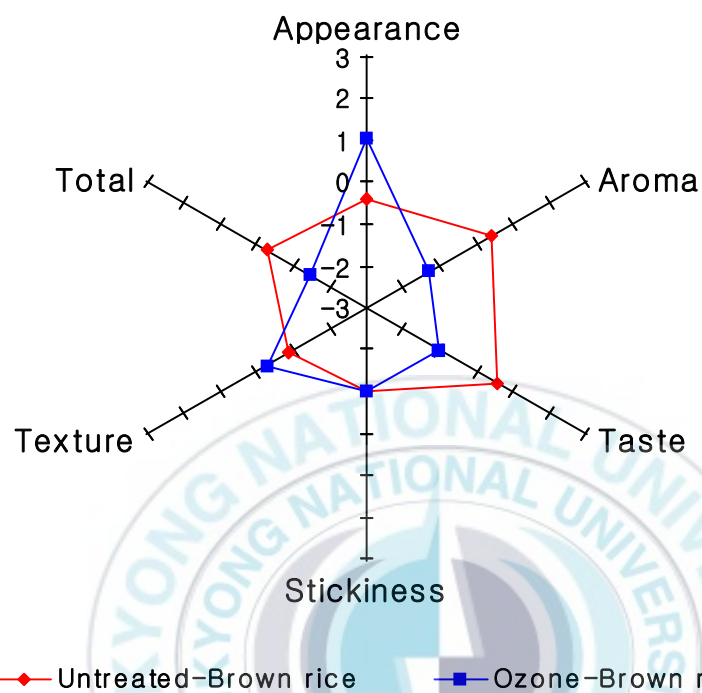


Fig 3. Sensory evaluation of rice treated with gaseous ozone.

요 약

1. 도정도에 따른 균수의 변화를 살펴보기 위해 왕겨, 겨, 나락, 현미, 7분도미, 9분도미, 백미의 생균수, 효모수 및 곰팡이수를 살펴본 결과 도정도가 높아질수록 생균수, 효모수 및 곰팡이수는 점차 감소하였다.

2. 수세 직후부터 취반 직후 그리고 보온 과정 중의 생균수, 고온성 세균 및 내열성 아포형성균의 분포에 대해 살펴본 결과 중온성 세균의 경우 수세 직후에 10^3 CFU/g 정도 나타났으나, 취반 직후부터 보온 48시간 동안에는 검출되지 않았다. 고온성 세균의 경우 수세 직후나 취반 직후에는 검출되지 않았으나 보온 48시간째에 1.10×10^2 CFU/g이 검출되었으며 내열성 아포형성균은 검출되지 않았다.

3. 본 실험에 사용된 전해수의 차아염소산 함량은 352.48 ppm, pH는 9.54 이었고, 쌀창고로부터 분리된 모든 세균에 대해 항균 활성을 나타내었는데, 특히, *Bacillus cereus*와 *Curtobacterium flaccumfaciens*에 가장 높은 항균활성을 나타내었다.

4. 전해수의 항진균활성을 측정한 결과, 쌀창고로부터 분리된 모든 진균류에 대해 효과를 나타내었는데 곰팡이 중 *Deuteromycetes*(B)와 효모 *Candida deserticola*, *Candida*

ernobii, *Candida valida*에 항진균활성이 크게 작용하였다.

5. 오존가스의 항균 및 항진균활성 측정 결과, 전반적으로 초기균수가 높을수록 완전히 사멸하는데 까지 걸리는 시간이 증가하였으며, 세균과 효모에 약 10분, 곰팡이는 약 30분 처리시 $10^2 \sim 10^3$ CFU/plate의 균주를 사멸시켰다.

6. 전해수 처리한 쌀의 생균수 및 곰팡이수 측정 결과 전해수 처리한 나락의 생균수, 곰팡이수는 무처리구에 비해 1 log cycle 감소하였다.

7. 전해수 처리한 쌀의 식미평가 결과, 전해수 처리구가 무 처리구에 비해서 모든 항목에서 우수한 기호도를 보였으며, water 처리구에 비해서는 향, 맛, 질감면에서 우수한 기호도를 가지는 것으로 나타났다.

8. 오존가스 처리한 나락과 현미의 생균수, 효모수는 처리 전에 비해 1~2 log cycle감소하였고, 현미의 곰팡이수는 1 log cycle 감소하였다.

9. 오존가스를 처리한 쌀의 식미평가 결과, 나락상태에 오존가스를 처리한 뒤 도정한 백미는 다른 처리구들에 비해 모든 항목에서 기호도가 가장 높게 나타났다.

참고문헌

- Achen, M. A, Yousef, A. E. 2001. Efficacy of ozone against *Escherichia coli* O157:H7 on apples. *J. Food Sci.* 66, 1380-1384.
- Al-haq, M. I, Sugiyama, J, Isobe, S. 2005. Applications of electrolyzed water in agriculture & food industries. *Food Sci. Technol. Res.* 11, 135-150.
- Bonde, M. R, Nester, S. E, Khayat, A, Smilanick, J. L, Frederick, R. D, Shaad, N. W. 1999. Comparison of effects of acidic electrolyzed water and NaOCl on *Tilletia indica* Teliospore germination. *Plant disease.* 83, 627-632.
- Buck, J. W, Iersel, M. W. V, Oetting, R. D, Hung, Y. C. 2002. Invitro fungicidal activity of acidic electrolyzed oxidizing water. *Plant disease.* 86, 278-281.
- Castillo, A, Mckenziee, K. S, Lucia, L. M, Acuff, G. R. 2003. Ozone treatment for reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* serotype *typhimurium* on beef carcass surfaces. *J. Food Protect.* 66, 775-779.
- Cho, S. Y, Joo, D. S, Kim, O. S, Choi, Y. S. 2003. Sanitation

of seafood processing equipments by the prepared acidic electrolyzed water. *Food industry and nutrition*. 8, 45-49.

Choi, Y. H, Choung, J. I, Cheong, Y. K, Kim, Y. D, Ha, K. Y, Ko, J. K, Kim, C. K. 2005. Storage period of milled rice by packaging materials and storage temperature. *Korean J. Food Preserv.* 12, 310-316.

Gram, L, Huss, H. H. 1996. Microbiological spoilage of fish and fish products. *Int. J. Food Microbiol.* 33, 121-137.

Ham, H. J, Kim, M. S. 2006. *Bacillus spp.* & *B. cereus* isolated in dried marine products. *J. Food Hyg. Safety.* 21, 159-163.

Hong, H. C, Jeong, Y. P, Kim, K. 2004. Part 3: Quality Evaluation & Analysis : Protocol of Eating Quality Test in Rice. *National Institute Crop. Sci.* pp. 284-294.

Hwang, T. Y, Park, Y. J, Moon, K. D. 2005. Effects of ozone-water washing on the quality of melon. *Korean J. Food Preserv.* 12, 252-256.

Jeong, J. H, Han, S. J, Cho, W. D, Hwang, H. J. 1999a. Identification of spoilage bacteria isolated from aseptic packaged cooked rice and application of acidic electrolyzed

saline solution as water-for-cooked rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31, 788-793.

Jeong, S. W, Jeong, J. W, Park, K. J. 1999b. Microbial removal effects of electrolyzed acid water on lettuce by washing methods and quality changes during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31, 1511-1517.

Jeong, J. W, Jeong, S. W, Kim, M. H. 2000. Applicable properties of electrolyzed acid-water as cleaning water. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 7, 395-402.

Jeong, J. W, Kim, J. H, Kim, B. S, Jeong, S. W. 2003. Characteristics of electrolyzed water manufactured from various electrolytic diaphragm and electrolyte. *Korean J. Food Preserv.* 10, 99-105.

Jeong, J. W, Kim, J. H, Kwon, K. H. 2005. Comparison of quality characteristics of sesame leaf cleaned with various electrolyzed water during storage. *Korean J. Food Preserv.* 12, 558-564.

Jeong, J. W, Kim, J. H, Kwon, K. H, Park, K. J. 2006a. Disinfection effects of electrolyzed water on strawberry and quality changes during storage. *Korean J. Food Preser.* 13, 316-321.

Jeong, J. W, Park, K. J, Sung, J. M, Kim, J. H, Kwon, K. H. 2006b. Comparison of quality of peeled lotus roots stored in various immersion liquids during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38, 526-533.

Jeong, J. H, Kim, C. R, Kim, K. H, Moon, S. J, Kook, K, Kang, S. N. 2007. Microbial and physicochemical characteristics of pork loin cuts treated with ozone gas during storage. *Korean J. food Sci. Ani. Resour.* 27, 80-86.

Jeong, S. W, Park, K. J, Kim, Y. H, Park, B. I, Jeong, J. W. 1996a. Effect of electrolyzed acid-water on initial control of microorganisms in Kimchi. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 25, 761-767.

Jeong, S. W, Park, K. J, Park, B. I, Kim, Y. H. 1996b. Surface, sterilization effect of electrolyzed acid-water on vegetable. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28, 1045-1051.

Jin, T. Y, Oh, D. H, Rhee, C. O, Chung, D. O, Eun, J. B. 2006. Change of physicochemical characteristics and functional components in the cereals of *Saengsik*, uncooked food by washing with electrolyzed water. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38, 506-512.

Kang, S. C, Seo, H. J. 2002. Storage enhancement of citrus

fruits by washing treatment with the electrolyzed alkaline water. *Life Sci. Res.* 1, 149-160.

Khadre, M. A, Yousef, A. E, Kim, J. G. 2001. Microbiological aspects of ozone application in food : a review. *J. Food Sci.* 66, 1242-1252.

Kim, B. S, Park, N. H, Jo, K. S, Kang, T. S, Shin, D. H. 1988. Comparison of quality stability of rice and rice flour during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 20, 498-503.

Kim, M. H, Jeong, J. H, Cho, Y. J. 2004a. Comparison of characteristics on electrolyzed water manufactured by various electrolytic factors. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36, 416-422.

Kim, M. H, Jeong, J. W, Cho, Y. J. 2004b. Cleaning and storage effect of electrolyzed water manufactured by various electrolytic diaphragm. *Korean J. Food Preserv.* 11, 160-169.

Kim, D. C. 2004c. Present status and future improvement for post-harvest of rice. symposium and annual meeting. *Korean Soc. of Crop. Sci.* Daegu. 2-13.

Kim, O. W, Kim, D. C. 2004. Safe storage period of paddy under different temperature and moisture content conditions.

Korean J. Food Preserv. 11, 257-262.

Kim, S. H, Chung, H. S, Lee, J. B, Kang, J. S, Chung, S. K, Choi, J. U. 2003. Effect of atmosphere sterilization using acidic electrolyzed water on storage quality and microbial growth in grapes. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32, 549-554.

Kim, B. S, Kwon, K. H, Cha, H. S, Jeong, J. W, 2006. Antimicrobial effect of cold ozonated water washing on fresh-cut lettuce. *Acta horticulturae.* 699, 235-242.

Kim, Y. S, Hang, H. J, Heo, J, Kim, S. Y, Lee, J. D. 1996. A pilot study on sterilizing efficiency of an ozone purifier. *Bull. Inst. Env. & Ind. Med.* 5, 33-48.

Korean Food and Drug Administration. 2000. Official Book for Food. Seoul. pp. 96.

Korean food research institute. 1996. Development of surface sterilization technology for fruit and vegetables. Ministry of Agriculture and Forestry. G1158-0755.

Kum, J. S, Lee, C H, Baek, K. H, Lee, S. H, Lee, H. Y. 1995. Influence of cultivar on rice starch and cooking properties. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27, 365-369.

Kwon, O. J, Kim, S. J, Byun, M. W. 1995. Effects of ozone treatment by microorganisms inactivation in the food industry. *Korean J. Post-harvest Sci. Technol. Agri. Products.* 3, 149-154.

Lee, M. S, Chang, D. S. 1982. Growth rate of *Bacillus cereus* and heat resistance of its spores. *Korean J. Food Sci. Technol.* 14, 11-15.

Lee, S H, Jang, M. S. 2004. Effects of electrolyzed water and chlorinated water on sensory and microbiological characteristics of lettuce. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 20, 45-53.

Lim, J. H, Kim, Y. H, Ahn, Y. T, Kim, H. U. 2000. Studies on the contamination and inhibition of *Bacillus cereus* in domestic raw milk and milk products. *J. Anim. Sci. Technol.* 42, 215-222.

Mheen, T. I, Cheigh, H. S, Ragunatha, A. N, Majumder, K. S. 1982a. Studies on the fungi in stored rice. *Korean J. Appl. Microbiol. Bioeng.* 10, 191-196.

Mheen, T. I, Narasimhan, K. S, Cheigh, H. S, Majumder, S. K. 1982b. Studies in the growth and control of storage fungi in stored paddy rice. *Korean J. Appl. Microbiol. Bioeng.* 10,

297-305.

Naidu. 2000. Natural food antimicrobial systems. CRC Press. New York. pp. 783-800.

Norton, J. S, Charin, A. J, Demoranville, I. E. 1968. The effect of ozone on storage of cranberries. *Pric. Am. Soc. Hort. Sci.* 93, 792-796.

Okull, D. O, Laborde, L. F. 2004. Activity of electrolyzed oxidizing water against *Penicilium expansum* in suspension and on wounded apples. *J. Food Sci.* 69, 23-27.

Oomori, T, Oka, T, Inuta, T. 2000. Effects of acidic electrolyzed water on rice grains infected with *Burkholderia glumae*. *J. Antibac. Antifung. Agents.* 28, 485-491.

Park, C. M, Hung, Y. C, Lin, C. S, Brackett, R. E. 2005. Efficacy of electrolyzed water in inactivation *Salmonella enteritidis* and *Listeria monocytogenes* on shell eggs. *J. Food Protet.* 68, 986-990.

Park, H, Hung, Y. C, Brackett, R. E. 2002. Antimicrobial effect of electrolyzed water for inactivating *Campylobacter jejuni* during poultry washing. *Intl. J. Food Microbial.* 72, 77-83.

Park, S, Kang, J. R, Kang, S. C. 1998. Improvement in storage stability of export peeled-chestnuts using electrolyzed acid-water. *Agricultural chemistry and biotechnology* 41, 545-549.

Park, S. K, Ko, Y. D, Cho, Y. S, Shon, M. Y, Seo, K. I. 1997. Occurrence and repression of off-odor in cooked rice during storage under low temperature warming condition of electric rice cooker. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29, 919-924.

Park, S. K, Ko, Y. D, Kwon, S. H, Shon, M. Y, Lee, S. W. 2003. Occurrence of off-odor and distribution of thermophilic bacteria from rice and cooked rice stored at electric rice cooker. *Korean J. Food Preserv.* 10, 70-74.

Prescott, L. M, Harley, J. P, Klein, D. A. 2004. Microbiology(5th ed). Mc Graw Hill. pp. 66-67.

Ren, T, Su, Y. C. 2006. Effects of electrolyzed oxidizing water treated on reducing *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* in raw oysters. *J. Food Protect.* 69, 1829-1834.

Restaino, L, Frampton, E, Hemphill, J, Palnikar, P. 1995. Efficacy of ozonated water against various food related

microorganisms. *Appl. Environ. microbiol.* 61, 3474-3475.

Sharma, R. R, Demirci A, Beuchat, L. R, Fett, W. F. 2002. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on inoculated alfalfa seeds with ozonated water and heat treatment *J. Food Protect.* 65, 447-451.

Singer, P. C. 1990. Assessing ozonation research needs in water treatment. *J. AWWA.* 82, 78-82.

Tamaki, M, Kondo, S, Sakai, Y. 2001. A study on the control of rice blast disease by electrolyzed water. *Environ. Control in Biol.* 39, 95-101.

Tanaka, T, Sugawara, T, Arisawa, J, Kenmotsu, M, Kimura, K. 2005. Fundamental studies of acidic electrolyzed water on the bactericidal activity and its mechanism. *Memorirs of the Hokkaido Institute of Technology.* 33, 1-5.

Xu, L. 1999. Use of ozone to improve the safety of fresh fruits and vegetables. *Food Technol.* 53, 58-63.

Yang, J. H, Lee, Y. C, Lee, K. H. 2007. Comparison of sanitization process for long-term storage of fresh red pepper. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39, 419-424.

Yang, P. P. W, Chen, T. C. 1979. Stability of ozone and its

germicidal properties on poultry meat microorganisms in liquid phase *J. Food Sci.* 44, 501-504.

김광영. 1993. 식품산업에의 오존이용(I). 식품기술. 6, 85-91.

김동철. 2003. 곡물 건조·저장시설 및 가공시설의 현황과 발전방향. 식품과 기계. 1, 15-22.

농림통계연보. 2006. 농림부. pp. 212.

박석준, 박지용. 식품산업에서 오존 살균법의 이용. 2000. 식품과 학과 산업, 33, 50-57.

이상필. 1997. 전해수의 기능과 이용. 신기술. 산업기술정보원. 24-36.



감사의 글

저에게 대학원 생활은 많은 것을 배우고 저를 되돌아 볼 수 있었던 소중한 시간이었습니다. 제가 이 논문을 무사히 마치기까지 많은 분들의 도움이 있었습니다. 감사의 마음을 글로 다 표현할 수 없지만, 가장 먼저, 학부 때부터 지금까지 포기하지 않으시고 저를 바른길로 지도해주셨으며, 학업에 매진할 수 있도록 용기와 격려를 아끼지 않으셨던 평생 존경할 저의 스승이신 안동현 교수님께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다. 그리고 제 논문의 심사를 맡아 주신 김선봉 교수님과 김영목 교수님께도 감사드리며, 대학원 생활 동안 많은 가르침을 주셨던 이근태 교수님, 조영제 교수님, 양지영 교수님, 이양봉 교수님, 전병수 교수님께도 감사의 마음을 전합니다.

4년이라는 시간동안 가족처럼 지내왔던 우리 자원개발실 식구들의 도움 또한 컸습니다. 학업, 실험, 생활 모든 면에서 귀감이 되어준 소영 언니, 꽃봉우리 언니, 유진 언니에게 감사의 말을 전하고 싶습니다. 그리고 실험실 생활을 같이 했던 진규 선배, 선희 언니에게도 감사의 말을 전하며, 학위를 같이 받게 된 아람이 에게도 축하의 말과 함께 감사의 말을 전하고 싶습니다. 또한, 미정, 서진, 소영, 소정이를 비롯하여 원석 선배, 창우 선배, 경목 선배, 봉주, 주원, 지훈, 찬, 태규, 준호, 예지, 정연이 에게도 감사의 마음을 전합니다. 그리고 학업과 일 모두에서 최선을 다하시는 최정수 선배님, 이상범 선배님, 김진울 선배님, 류승호 선배님께도 감

사드립니다.

무엇보다도 큰 딸을 믿고 격려해 주셨으며, 지금까지 뒷바라지 해주신 세상에서 가장 존경하고 사랑하는 아버지, 어머니께 고개 숙여 감사의 마음을 전하며, 이 논문을 바칩니다. 그리고 지친 심신을 달래주었던 하나밖에 없는 내 동생 진명이 에게도 고맙다고 전하고 싶습니다.

다시 한 번 이 논문을 완성하는데 도움을 주신 많은 분들에게 감사의 마음을 전하며, 저의 목표와 꿈을 이루는 모습을 통해 보답하도록 하겠습니다.

