

대기압 플라즈마에 의한 삼광 및 팔방미의 저장에 따른 품질 특성

김현주^{1,*} · 우관식¹ · 용해인² · 조철훈² · 이석기¹ · 이병원¹ · 이유영¹ · 오세관¹ · 이병규¹

¹국립식량과학원 중부작물부 수확후이용과, ²서울대학교 농생명공학부

Quality properties of samkwang and palbangmi treated with atmospheric-pressure plasma by storage

Hyun-Joo Kim^{1,*}, Koan Sik Woo¹, Hae In Yong², Cheorun Jo², Seuk Ki Lee¹,
Byong Won Lee¹, Yu-Young Lee¹, Sea-Kwan Oh¹, and Byoungkyu Lee¹

¹Crop Post-harvest Technology Division, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA

²Department of Agricultural Biotechnology, Center for Food and Bioconvergence, and
Research Institute for Agriculture and Life Science, Seoul National University

Abstract Atmospheric-pressure plasma (APP) was applied to determine quality characteristics of brown rice (BR) and white rice (WR) of Samkwang and Palbangmi. APP (250 W, 15 kHz, ambient air) was generated and dielectric barrier discharge was applied for 0, 10, and 20 min for 2 weeks at 4 and 25°C. The growth of total aerobic bacteria and mold increased depending on the storage. Water content of BR and WR decreased by storage temperature and periods. No viable counts were detected for molds by APP-treated 20 min at 4°C. Changes in protein and damaged starch contents in plasma were not observed. Amylose contents were not changed, but WR (Palbangmi) showed a tendency to increase. The results show that APP improved the microbial quality of BR and WR of Samkwang and Palbangmi, although further studies should be conducted to determine change in quality by APP.

Keywords: rice, plasma, storage, quality

서 론

쌀(*Oryza sativa* L.)은 우리나라를 중심으로 세계 주요 국가에서 주식으로 이용되고 있는 대표적인 식량작물이다. 하지만 간편식의 보급과 여성의 사회 진출 등의 다양한 사회적 변화로 인하여 밥쌀용 쌀은 점차 감소하고, 쌀 재고량은 증가하고 있는 추세이다(Shin 등, 2016). 이에 따라 국내 연구진은 가공용 벼 품종의 육성과 쌀 소비 형태의 다양화를 위하여 지속적인 노력을 기울이고 있으며 산업체에서도 쌀을 이용하여 다양한 종류의 즉석밥이나 과자류, 면류 등과 같은 가공제품을 개발하고 있다.

쌀은 수확 후 일정기간 저장을 거친 후 가공제품을 제조하기 위하여 산업체에 유통하게 된다. 그러나 쌀 저장 중에는 해충 또는 미생물 생육 등으로 인하여 품질이 저하되고 이에 따라 가공적성이 감소하는 것으로 알려져 있으며(Kwak 등, 2015), 유통과정에서 외기조건 등 유통환경과 포장재의 특성에 따라 품질변화가 발생할 수 있다(Yoon 등, 2007). 따라서 쌀을 수확 후 저장과정은 소비자들에게 고품질 쌀로 유통되기 위해 매우 중요하다고 할 수 있다. 그동안 발표된 쌀 저장에 관한 연구는 저장온도나

저장 시 사용되는 포장재에 따른 이화학적 품질 특성에 관한 내용(Choi 등, 2005; Zhou 등, 2001)이 중심이었으나, 미생물 생육 변화에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

최근 대기압 플라즈마를 농식품분야에 적용하기 위한 다양한 연구가 시도되고 있다. 플라즈마는 기체가 보다 높은 에너지를 가지게 되었을 때, 이온과 전자로 분리되면서 이들이 갖는 에너지가 서로 평형을 이루고 있는 상태를 의미하며(Lee 등, 2017), 하전입자뿐만 아니라 화학적 반응성이 큰 활성종, 자외선 등이 포함되어 있어 물리화학적 처리가 동시에 가능한 기술이다. 다양한 플라즈마 시스템을 이용하여 현미, 선식 등과 같은 곡류와 가공품의 위생안전성 확보를 위해 적용한 연구는 여러 차례 발표된 바 있다(Kim 등, 2016; Lee 등, 2016). 하지만 현미와 백미의 저장안전성 확보를 위하여 플라즈마를 적용한 연구는 전무한 상황이다.

따라서 본 연구에는 현미와 백미의 저장안전성 확보를 위한 기초자료를 확보하기 위하여 밥쌀용 및 가공용 쌀로 개발된 삼광 및 팔방미 품종을 이용하여 대기압 플라즈마 처리 후, 저장온도 및 기간에 따른 미생물 생육변화 및 일반성분 변화를 관찰하였다.

재료 및 방법

시료 준비 및 플라즈마 처리

본 연구에서 사용한 현미와 백미는 고품질 밥쌀용과 가공용으로 개발된 삼광 및 팔방미 품종으로 경기도 수원 소재의 국립식량과학원 중부작물부(삼광) 및 경상남도 밀양 소재의 국립식량과학원 남부작물부(팔방미) 시험용 포장에서 2016년도에 재배, 수

*Corresponding author: Hyun-Joo Kim, Crop Post-harvest Technology Division, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA, Suwon, Gyeonggi 16613, Korea
Tel: +82-31-695-0614
Fax: +82-31-695-4085
E-mail: tlrtod@korea.kr
Received January 3, 2018; revised January 29, 2018;
accepted January 30, 2018

확한 것을 사용하였다. 벼는 제현기(Model SY88-TH, Ssangyong Ltd., Incheon, Korea)를 이용하여 왕겨를 분리한 현미와 현미 중량비 91% 도정하여 수득한 백미를 시료로 사용하였다.

대기압 플라즈마 처리는 기 개발된 컨테이너형 유전격벽방전 플라즈마 시스템을 활용(Kim 등, 2015)하여 0, 10, 20분 처리하였다. 처리가 완료된 시료는 포장한 다음 2개월간 4°C와 25°C에 저장하였으며, 습도는 4°C의 경우 36.2-38.2%, 25°C는 25.3-27.8%였다. 플라즈마 처리한 시료의 저장조건에 따른 미생물 분석은 원곡을 사용하였으며, 그 외 품질 특성 분석을 위해 각각의 시료를 곡류 분쇄기(Hanil Co., Kangwon, Korea)를 이용하여 45초 동안 분쇄한 쌀가루를 활용하였다.

미생물 분석

저장온도 및 기간에 따른 플라즈마 처리한 삼광 및 팔방미 현미와 백미의 미생물 생육 변화를 알아보기 위하여 일반미생물과 곰팡이 수를 측정하였다. 즉 시료 3g에 멸균된 식염수(0.85% NaCl) 27 mL을 첨가하여 Bag mixer (Model 400, Interscience, St. Nom, France)를 사용하여 120초 동안 혼합한 후 10진 희석법

으로 희석한 희석액을 total plate count agar (Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)와 YM agar (Difco Laboratories)를 사용하여 도말하였다. 미생물의 증식은 표준한천배양방법으로 일반미생물은 35°C에서 48시간, 곰팡이는 25°C에서 5일간 배양한 후 계수하여 log colony forming unit (CFU)/g으로 환산하였다.

수분 및 단백질 함량 분석

저장온도 및 기간에 따른 플라즈마 처리한 삼광 및 팔방미 현미와 백미의 수분 및 단백질 함량 변화를 분석하기 위하여 AOAC 방법(2000)으로 측정하였다. 수분은 105°C 상압가열건조법으로 분석하였고, 단백질은 Kjeldahl법으로 자동 단백질 분석기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Tecator, Mulgrave, Australia)로 질소를 측정하고 5.95를 곱하여 단백질 함량으로 환산하였다.

아밀로스 및 손상전분 함량 분석

아밀로스 함량은 Juliano의 비색정량법(1985)에 따라 시료 100 mg에 95% ethanol과 1 N sodium hydroxide를 가하고, 100°C에서 호화시킨 후 냉각시켰다. 호화액에 1 N acetic acid와 2% I₂-KI 용

Table 1. Total aerobic bacterial counts (log CFU/g) of Samkwang and Palbangmi by atmospheric pressure plasma by storage temperature and periods

Cultivars	Temp (°C)	Time (min)	Storage periods (week)				SEM (n=12)		
			0	2	4	8			
Brown Rice	4	0	3.33 ^{az}	3.46 ^{by}	3.92 ^{bx}	4.11 ^{bw}	0.019		
		10	3.18 ^{bz}	3.31 ^{dy}	3.55 ^{dx}	3.75 ^{dw}	0.037		
		20	3.01 ^{cz}	3.08 ^{fy}	3.30 ^{fy}	3.42 ^{fx}	0.040		
	Samkwang	25	0	3.33 ^{az}	3.58 ^{ay}	4.10 ^{ax}	4.26 ^{aw}	0.015	
			10	3.18 ^{bz}	3.39 ^{cy}	3.69 ^{cx}	3.87 ^{cw}	0.044	
			20	3.01 ^{cz}	3.20 ^{ey}	3.41 ^{ex}	3.52 ^{ew}	0.028	
			SEM ¹⁾	0.045	0.023	0.024	0.032		
	White Rice	4	0	3.49 ^{az}	3.53 ^{bz}	4.08 ^{by}	4.20 ^{bx}	0.026	
			10	3.28 ^{bz}	3.33 ^{cy}	3.63 ^{dx}	3.74 ^{dw}	0.022	
			20	2.99 ^{cz}	3.04 ^{ez}	3.37 ^{fy}	3.58 ^{ex}	0.056	
		Palbangmi	25	0	3.49 ^{az}	3.65 ^{ay}	4.21 ^{ax}	4.34 ^{aw}	0.022
				10	3.28 ^{bz}	3.47 ^{by}	3.83 ^{cx}	3.95 ^{cw}	0.021
20				2.99 ^{cz}	3.16 ^{dy}	3.46 ^{ex}	3.64 ^{ew}	0.048	
			SEM	0.047	0.028	0.035	0.029		
Samkwang		4	0	3.29 ^{az}	3.47 ^{by}	3.63 ^{bx}	3.79 ^{bw}	0.019	
			10	2.93 ^{bz}	2.95 ^{eyz}	2.98 ^{ey}	3.09 ^{dx}	0.020	
			20	2.65 ^{cy}	2.65 ^{fy}	2.66 ^{fy}	2.78 ^{ex}	0.038	
		25	25	0	3.29 ^{az}	3.58 ^{ay}	3.81 ^{ax}	4.12 ^{aw}	0.026
				10	2.93 ^{bz}	3.39 ^{cy}	3.51 ^{cx}	3.73 ^{bw}	0.022
	20			2.65 ^{cz}	3.20 ^{dy}	3.20 ^{dy}	3.27 ^{cx}	0.024	
			SEM	0.025	0.019	0.020	0.035		
	Palbangmi	4	0	3.35 ^{az}	3.54 ^{by}	3.71 ^{bx}	3.99 ^{bw}	0.025	
			10	3.02 ^{byz}	3.10 ^{ex}	3.00 ^{ez}	3.04 ^{ey}	0.018	
			20	2.79 ^{cy}	2.83 ^{fy}	2.84 ^{fx}	2.88 ^{fx}	0.022	
		25	25	0	3.35 ^{az}	3.65 ^{ay}	3.95 ^{ax}	4.35 ^{aw}	0.028
				10	3.02 ^{bz}	3.47 ^{cy}	3.56 ^{cx}	3.72 ^{cw}	0.024
20				2.79 ^{cz}	3.16 ^{dy}	3.31 ^{dx}	3.51 ^{dw}	0.025	
			SEM	0.029	0.021	0.020	0.023		

¹⁾Standard error of the means (n=18).

^{a-z}Values with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

^{w-z}Values with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

Table 2. Mold counts (log CFU/g) of Samkwang and Palbangmi by atmospheric pressure plasma by storage temperature and periods

Cultivars	Temp (°C)	Time (min)	Storage periods (week)				SEM (n=12)		
			0	2	4	8			
Brown Rice	Samkwang	0	2.16 ^{az}	2.31 ^{ay}	2.78 ^{bx}	3.09 ^{aw}	0.026		
		4	10	1.82 ^{bz}	2.01 ^{cy}	2.30 ^{cx}	2.40 ^{cx}	0.068	
			20	0.00 ^{cy}	0.00 ^{cy}	1.36 ^{cx}	1.49 ^{ex}	0.092	
			SEM ¹⁾	0.054	0.045	0.071	0.073		
		Palbangmi	0	2.40 ^{az}	2.49 ^{by}	2.86 ^{bx}	3.22 ^{bw}	0.023	
			4	10	2.16 ^{bz}	2.21 ^{cz}	2.47 ^{cy}	2.68 ^{dx}	0.063
	20			0.00 ^{cz}	0.00 ^{cz}	1.68 ^{cy}	1.92 ^{fx}	0.077	
	SEM			0.057	0.061	0.073	0.025		
	White Rice		Samkwang	0	1.82 ^{az}	2.11 ^{by}	2.39 ^{bx}	2.57 ^{bw}	0.067
				4	10	0.00 ^{bz}	0.00 ^{dz}	1.20 ^{cy}	1.75 ^{ex}
		20			0.00 ^b	0.00 ^d	0.00 ^d	0.00 ^f	0.000
		SEM			0.050	0.055	0.105	0.048	
Palbangmi		0		1.82 ^{az}	2.31 ^{ay}	3.04 ^{ax}	3.32 ^{aw}	0.057	
		25		10	0.00 ^{bz}	1.63 ^{cy}	2.21 ^{bx}	2.39 ^{cw}	0.063
			20	0.00 ^{bz}	0.00 ^{dz}	1.26 ^{cy}	1.92 ^{dx}	0.097	
			SEM	0.050	0.055	0.105	0.048		
		Palbangmi	0	2.16 ^{az}	2.29 ^{ay}	2.29 ^{cy}	2.47 ^{cx}	0.050	
			4	10	1.49 ^{bz}	1.77 ^{cy}	1.77 ^{dy}	1.96 ^{dy}	0.109
20				0.00 ^c	0.00 ^d	0.00 ^e	0.00 ^e	0.000	
SEM				0.107	0.049	0.057	0.042		

¹⁾Standard error of the means (n=18).

^{a-f}Values with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

^{w-z}Values with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

액을 첨가하여 정색반응을 시킨후 분광광도계(UV Spectrophotometer 1601, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 620 nm의 파장에서 흡광도를 측정하여 amylose from potato (Sigma-aldrich, St. Louis, MO, USA)를 이용한 표준곡선에 대입하여 환산하였다. 손상전분 함량은 Gibson 등(1997)의 방법에 준하여 starch damage assay kits (Megazyme International Ltd., Wicklow, Ireland)를 사용하여 측정하였다.

통계분석

본 시험에서 얻어진 결과는 SPSS 12.0 (Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 사용하여 각 실험구간의 유의성을 검증한 후 Duncan's multiple range tests에 의해 실험구간의 차이를 5% 유의수준에서 분석하였다.

결과 및 고찰

미생물 분석

플라즈마 처리한 삼광 및 팔방미의 저장온도 및 기간에 따른 일반호기성미생물 분석결과 저장 초기에는 현미의 경우 2.99-3.49

log CFU/g, 백미는 2.65-3.35 log CFU/g이 검출되었으며, 품종에 따른 큰 차이는 관찰되지 않았다(Table 1). 저장온도 및 기간에 따라 현미와 백미의 일반호기성 미생물의 수가 증가하였으며, 8 주 저장 후에 플라즈마 처리군이 대조군에 비해 0.62-1.11 log CFU/g 적게 생육된 것을 확인할 수 있었다. 플라즈마에 의한 삼광 및 팔방미의 저장온도 및 기간에 따른 곰팡이 생육변화 분석 결과를 Table 2에 제시하였다. 저장 초기에는 품종에 관계없이 현미는 2.16-2.40 log CFU/g, 백미는 1.82-2.16 log CFU/g이 검출되었다. 저장온도 및 기간에 따른 곰팡이 생육은 일반호기성미생물 분석결과와 유사하였으며, 플라즈마 20분 처리한 백미의 경우 저온 저장하였을 때, 곰팡이가 검출한계 이하로 나타났다.

Woo 등(2017)의 결과에 따르면 저온 플라즈마 처리한 벼의 저장에 따른 미생물 생육변화를 관찰한 결과 대조군의 경우는 저장에 따라 미생물과 곰팡이의 생육이 증가한 반면, 플라즈마 처리 시 약 1.50 log CFU/g 적게 생육되었다고 보고하였다. 또한 Lee 등(2016)은 저온 플라즈마 20분 처리 시 현미 내 오염된 병원성 미생물(*Bacillus cereus*, *Escherichia coli* O157:H7)이 약 2.30 log CFU/g 저감되었다고 발표하였다. 플라즈마에 의한 미생물 사멸에 영향을 주는 요인으로 플라즈마를 발생하는 방전 가

Table 3. Moisture contents (%) of Samkwang and Palbangmi by atmospheric pressure plasma by storage temperature and periods

Cultivars	Temp (°C)	Time (min)	Storage periods (week)				SEM (n=12)	
			0	2	4	8		
Brown Rice	4	0	11.73 ^y	12.93 ^{bx}	13.01 ^{bx}	10.61 ^{az}	0.361	
		10	11.70 ^y	13.23 ^{abx}	13.33 ^{ax}	10.78 ^{az}	0.093	
		20	11.60 ^y	13.64 ^{ax}	11.57 ^{cy}	9.79 ^{bz}	0.052	
		Samkwang	0	11.73 ^y	12.58 ^{bcx}	11.42 ^{dy}	9.90 ^{bz}	0.158
			10	11.70 ^x	12.06 ^{cw}	11.25 ^{ey}	9.94 ^{bz}	0.103
			20	11.60 ^x	12.65 ^{bcw}	11.30 ^{dey}	9.43 ^{cz}	0.086
		SEM ¹⁾	0.060	0.301	0.061	0.158		
	Palbangmi	0	9.51 ^{by}	10.59 ^{bx}	11.71 ^{aw}	8.66 ^{bcz}	0.078	
		10	11.09 ^{ax}	10.10 ^{cy}	11.19 ^{bx}	8.76 ^{bz}	0.063	
		20	11.08 ^{aw}	10.00 ^{cy}	10.97 ^{cx}	8.98 ^{az}	0.045	
		25	0	9.51 ^{by}	10.16 ^{cw}	9.74 ^{ex}	8.69 ^{bcz}	0.075
			10	11.09 ^{aw}	10.50 ^{bx}	9.97 ^{dy}	8.55 ^{cdz}	0.107
20			11.08 ^{aw}	10.82 ^{ax}	9.71 ^{ey}	8.43 ^{dz}	0.080	
	SEM	0.074	0.102	0.043	0.078			
White Rice	4	0	11.68 ^z	12.51 ^{aby}	13.22 ^{bx}	13.72 ^{aw}	0.072	
		10	11.63 ^z	12.58 ^{ay}	13.08 ^{bw}	12.92 ^{bx}	0.047	
		20	11.57 ^z	12.38 ^{cdy}	12.80 ^{cx}	12.41 ^{dy}	0.039	
		Samkwang	0	11.68 ^z	12.44 ^{bey}	13.86 ^{aw}	12.58 ^{cx}	0.052
			10	11.63 ^z	12.40 ^{ey}	12.77 ^{cw}	12.61 ^{cx}	0.053
			20	11.57 ^y	12.29 ^{dx}	12.36 ^{dx}	12.41 ^{dx}	0.073
		SEM	0.048	0.040	0.076	0.060		
	Palbangmi	0	10.23 ^{bz}	10.31 ^{az}	10.82 ^{aby}	11.35 ^{ax}	0.106	
		10	10.25 ^{bz}	10.23 ^{az}	11.05 ^{ax}	10.53 ^{bey}	0.078	
		20	10.56 ^{ax}	9.89 ^{bz}	10.78 ^{bw}	10.35 ^{ey}	0.077	
		25	0	10.23 ^{by}	9.81 ^{bz}	10.35 ^{cdy}	10.71 ^{bx}	0.154
			10	10.25 ^{by}	9.83 ^{bz}	10.22 ^{dy}	10.56 ^{bcx}	0.081
20			10.56 ^{ay}	9.65 ^{cz}	10.51 ^{cy}	11.14 ^{ax}	0.042	
	SEM	0.103	0.072	0.107	0.098			

¹⁾Standard error of the means (n=18).

^{a-d}Values with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

^{w-z}Values with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

스, 에너지 세기, 플라즈마 처리 시간 등을 포함한 플라즈마 처리 공정 요인과 그람 양성과 음성 등과 같은 미생물 종류, 시료 조성 및 표면 상태 등이 있다(Niemira, 2012). Kim 등(2009)은 플라즈마에 의해 발생하는 활성종은 미생물 세포막을 통해 확산되면서 세포막의 지질과 단백질, 그리고 세포 내의 DNA와 같은 거대분자들과 반응하여 미생물 세포에 영향을 준다고 발표하였다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때, 삼광 및 팔방미 현미와 백미는 저장조건에 따라 미생물 생육이 변화하였으며, 현미와 백미의 미생물학적 안전성 확보를 위하여 대기압 플라즈마 기술의 이용 가능성을 확인하였다.

일반성분, 아밀로스 및 손상전분 분석

플라즈마 처리에 의한 삼광 및 팔방미 현미와 백미의 수분함량을 측정하고 플라즈마에 의한 큰 변화는 관찰되지 않았으나 저장조건에 의해 팔방미를 제외한 나머지 품종의 수분함량이 감소하는 경향을 보였다(Table 3). 그리고 전체적으로 25°C에 저장한 시료가 4°C에 저장하였을 때 보다 수분함량이 적게 나타났다. 쌀은 저장에 의해 표면의 수분이 증발하면서 그 함량이 점차 감소되는 것으로 보고된 바 있다(Kim 등, 2014). Choi 등(2014)

의 보고에 따르면 수분이 함유된 벼는 20°C에서도 호흡열을 발산하기 때문에 곡온이 올라서 에틸렌 생성, 곰팡이 발생 등으로 급격히 쌀 품질이 저하된다고 발표한 바 있다. 따라서 쌀의 수분 함량은 품질에 영향을 미치는 가장 주요한 요소이며 상온 저장 보다는 저온 저장이 효과적으로 판단된다.

단백질과 아밀로스 함량을 측정한 결과 팔방미가 삼광에 비해 함량이 높은 것으로 확인되었으며 플라즈마 및 저장조건에 따른 변화는 일관적이지는 않았으나 큰 차이는 없었으며(Table 4, 5) Woo 등(2017)의 결과와 유사하였다. 대기압 플라즈마 처리한 현미와 백미의 저장조건에 따른 손상전분 함량 변화를 측정하고 현미의 경우 저장기간에 따라 손상전분 함량이 감소하는 경향을 보였으나, 팔방미 백미의 경우 저장기간에 따라 손상전분 함량이 증가하는 경향을 보였다(Table 6). 쌀을 도정하거나 가공을 위하여 제분과정을 거치게 되는데 방법에 따라 전분 손상은 차이가 있는 것으로 알려져 있다(Jun 등, 2008). 또한 메성 쌀 가루가 찰성에 비해 전분 손상도가 높았고, 건식분쇄의 경우 쌀 가루의 수분함량이 낮은 시료가 손상전분 함량이 높았다는 연구 결과가 발표된 바 있다(Lee, 2013). 플라즈마에 의해 현미와 백미에 함유된 영양성분, 아밀로스 및 손상전분 함량 변화에 관한 연

Table 4. Protein contents (%) of Samkwang and Palbangmi by atmospheric pressure plasma by storage temperature and periods

Cultivars	Temp (°C)	Time (min)	Storage periods (week)				SEM (n=12)		
			0	2	4	8			
Brown Rice	Samkwang	0	6.27 ^{by}	6.52 ^{cx}	6.48 ^{cx}	6.61 ^{bx}	0.100		
		4	10	6.36 ^{aby}	6.56 ^{bexy}	6.65 ^{bex}	6.59 ^{bxy}	0.102	
			20	6.56 ^{ay}	6.39 ^{dzy}	6.68 ^{bex}	6.68 ^{bx}	0.024	
			SEM ¹⁾	0.098	0.043	0.123	0.042		
		Palbangmi	0	7.45 ^b	7.64 ^a	7.45 ^b	7.48 ^b	0.106	
			4	10	7.57 ^{ax}	7.52 ^{abx}	7.39 ^{by}	7.40 ^{by}	0.035
	20			7.54 ^{ax}	7.30 ^{edy}	7.41 ^{bxy}	7.49 ^{by}	0.079	
	SEM			0.017	0.075	0.074	0.087		
	White Rice		Samkwang	0	5.55 ^{axy}	5.50 ^y	5.55 ^{bxy}	5.79 ^{bx}	0.111
				4	10	5.68 ^{by}	5.56 ^z	5.72 ^{aby}	5.91 ^{bx}
		20			6.05 ^{bx}	5.67 ^y	5.73 ^{aby}	6.11 ^{ax}	0.101
		SEM			0.090	0.122	0.099	0.082	
Palbangmi		0		7.08 ^x	6.69 ^{by}	6.97 ^{cx}	7.03 ^{bex}	0.064	
		4		10	7.37 ^x	6.80 ^{aby}	6.62 ^{cy}	7.11 ^{bx}	0.133
			20	7.03 ^x	6.75 ^{aby}	6.82 ^{dy}	7.09 ^{bx}	0.039	
			SEM	0.149	0.057	0.044	0.039		

¹⁾Standard error of the means (n=18).

^{a-c}Values with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

^{x-z}Values with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

구는 전문한 실정으로 이를 구명하기 위한 후속연구가 필요하다고 판단된다.

요 약

국내에서 육성된 삼광 및 팔방미 현미와 백미의 저장안전성 확보를 위한 기초기반연구로 대기압 플라즈마를 이용하여 현미와 백미의 저장에 따른 품질특성을 관찰한 결과 저장기간에 따라 플라즈마 처리군의 일반호기성미생물과 곰팡이 생육이 억제된 것을 확인하였다. 저장조건에 따라 수분함량은 감소하는 경향을 보였으나 플라즈마 처리 시 단백질과 아밀로스의 변화는 일관적으로 나타나지 않았다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 대기압 플라즈마 기술은 삼광 및 팔방미 현미와 백미의 저장안전성을 개선할 수 있으며 품질 변화의 최소화를 위하여 저온저장이 효과적이라고 판단된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(과제번호: PJ01255601)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

- AOAC. Official methods of analysis. 17th ed. Method 991.43. Association of Official Analytical Communities, Washington DC, USA (2000)
- Choi YH, Chung JI, Cheong YK, Kim YD, Ha KY, Ko JK, Kim CK. Storage period of milled rice by packaging materials and storage temperature. Korean J. Food Preserv. 12: 310-316 (2005)
- Choi YH, Jeong EG, Chung JI, Kim DS, Kim SL, Kim JT, Lee CG, Son JR. Effects of moisture contents of rough rice and storage temperatures on rice grain quality. Korean J. Crop Sci. 51: 12-20 (2014)

Table 5. Amylose contents (%) of Samkwang and Palbangmi by atmospheric pressure plasma by storage temperature and periods

Cultivars	Temp (°C)	Time (min)	Storage periods (week)				SEM (n=12)	
			0	2	4	8		
Brown Rice	Samkwang	4	0	16.90 ^z	17.48 ^{ay}	18.60 ^{abw}	18.05 ^{ax}	0.189
			10	17.06 ^z	17.29 ^{abyz}	18.74 ^{abx}	17.48 ^{bcy}	0.162
			20	17.03 ^z	17.48 ^{ay}	18.87 ^{ax}	17.71 ^{by}	0.168
		25	0	16.90 ^y	17.19 ^{aby}	18.50 ^{bx}	16.88 ^{dy}	0.151
			10	17.06 ^y	17.29 ^{aby}	18.55 ^{abx}	17.32 ^{cy}	0.129
			20	17.03 ^y	16.95 ^{by}	18.73 ^{abx}	17.00 ^{dy}	0.168
			SEM ¹⁾	0.212	0.148	0.140	0.137	
	Palbangmi	4	0	24.24 ^y	23.66 ^{abyz}	25.10 ^{cx}	23.32 ^{cz}	0.275
			10	23.84 ^y	23.37 ^{abz}	25.49 ^{bcw}	24.37 ^{bx}	0.185
			20	24.02 ^y	23.69 ^{aby}	25.42 ^{bcx}	23.56 ^{cy}	0.288
		25	0	24.24 ^y	23.06 ^{bz}	26.17 ^{ax}	24.76 ^{ay}	0.299
			10	23.84 ^y	24.05 ^{ay}	25.28 ^{cx}	24.26 ^{by}	0.221
20			24.02 ^z	23.71 ^{abz}	25.89 ^{abx}	24.94 ^{ay}	0.194	
		SEM	0.266	0.331	0.222	0.129		
White Rice	Samkwang	4	0	17.43 ^{bx}	17.45 ^{abx}	16.64 ^{dy}	16.01 ^{cz}	0.196
			10	17.92 ^{ax}	17.27 ^{abcy}	17.29 ^{bcy}	16.53 ^{bz}	0.168
			20	17.37 ^{bxy}	17.53 ^{ax}	17.01 ^{cyz}	16.80 ^{bz}	0.167
		25	0	17.43 ^{bx}	17.03 ^{cy}	17.48 ^{bx}	17.29 ^{axy}	0.136
			10	17.92 ^{ax}	17.16 ^{bcz}	17.87 ^{ax}	17.53 ^{ay}	0.142
			20	17.37 ^{bx}	16.30 ^{dz}	17.14 ^{bcy}	17.22 ^{ay}	0.057
			SEM	0.139	0.156	0.162	0.146	
	Palbangmi	4	0	27.01 ^{bx}	25.96 ^{by}	26.10 ^{dy}	24.05 ^{cz}	0.157
			10	27.80 ^{ax}	26.23 ^{by}	27.46 ^{ax}	24.39 ^{cdz}	0.156
			20	26.70 ^{by}	26.86 ^{ay}	27.46 ^{ax}	24.65 ^{bcz}	0.171
		25	0	27.01 ^{bx}	27.14 ^{ax}	26.65 ^{cy}	24.92 ^{abz}	0.160
			10	27.80 ^{aw}	25.91 ^{by}	27.01 ^{bx}	25.07 ^{az}	0.177
20			26.70 ^{bx}	27.12 ^{ax}	26.99 ^{bx}	25.26 ^{ay}	0.177	
		SEM	0.170	0.178	0.136	0.178		

¹⁾Standard error of the means (n=18).

^{a-d}Values with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

^{x-z}Values with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

Gibson TS, Solah VA, McCleary BV. A procedure to measure amylose in cereal starches and flours with concanavalin A. *J. Cereal Sci.* 35: 85-94 (1997)

Juliano BO. Polysaccharides, proteins, and lipids of rice. pp. 59-120. In: *Rice Chemistry and Technology*. The American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN, USA (1985)

Jun HI, Yang EJ, Kim YS, Song GS. Effect of dry and wet millings on physicochemical properties of black rice flours. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 900-907 (2008)

Kim B, Yun H, Jung S, Jung Y, Jung H, Choe W, Jo C. Effect of atmospheric pressure plasma on inactivation of pathogens inoculated onto bacon using two different gas compositions. *Food Microbiol.* 28: 9-13 (2009)

Kim HJ, Woo KS, Jo C, Lee SK, Park HY, Sim EY, Won YJ, Lee SB, Oh SK. Effect of atmospheric pressure plasma on the quality of commercially available *Sunsik*. *J. Food Hyg. Safety* 31: 375-379 (2016)

Kim HJ, Yong HI, Park S, Kim K, Choe W, Jo C. Microbial safety and quality attributes of milk following treatment with atmospheric pressure encapsulated dielectric barrier discharge plasma. *Food Control* 47: 451-456 (2015)

Kim OW, Kim H, Han JW, Lee HJ. Storage characteristics of milled rice according to milling system types. *Korean J. Food Preserv.* 21: 308-314 (2014)

Kwak J, Lee JS, Yoon MR, Kim IH, Lee JH, Kim MJ, Lee CK, Kim BK, Kim WK. Changes of seed germination rate and lipid components in different brown rices during ageing. *Korean J. Food Nutr.* 28: 933-940 (2015)

Lee KH, Kim HJ, Woo KS, Jo C, Kim JK, Kim SH, Park HY, Oh SK, Kim WH. Evaluation of cold plasma treatments for improved microbial and physicochemical qualities of brown rice. *LWT-Food Sci. Technol.* 73: 442-447 (2016)

Lee NY. Starch and quality characteristic of Korean rice cultivar with waxy and non waxy type. *Korean J. Crop Sci.* 58: 226-231 (2013)

Lee SJ, Song YS, Park YR, Ryu SM, Jeon HW, Eom SH. Sterilization of food-borne pathogenic bacteria by atmospheric pressure dielectric barrier discharge plasma. *J. Food Hyg. Safety* 32: 222-227 (2017)

Niemira BA. Cold plasma decontamination of foods. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* 3: 125-142 (2012)

Shin DS, Choi YJ, Sim EY, Oh SK, Kim SJ, Lee SK, Woo KS, Kim HJ, Park HY. Comparison of the hydration, gelatinization and saccharification properties of processing type rice for beverage development. *Korean J. Food Nutr.* 29: 618-627 (2016)

Woo KS, Yong HI, Jo C, Lee SK, Lee BW, Lee B, Lee YY, Oh SK, Kim HJ. Changes in microbial and chemical properties of rough rice treated with cold plasma by storage temperatures and periods. *Korean J. Food Preserv.* 24: 908-914 (2017)

Table 6. Damaged starch contents (%) of Samkwang and Palbangmi by atmospheric pressure plasma by storage temperature and periods

	Cultivars	Temp (°C)	Time (min)	Storage periods (week)				SEM (n=12)
				0	2	4	8	
Brown Rice	Samkwang	4	0	10.67 ^x	6.90 ^{cy}	6.84 ^{by}	6.62 ^{ay}	0.154
			10	11.43 ^x	6.89 ^{cy}	6.89 ^{aby}	5.27 ^{ez}	0.052
			20	10.64 ^x	7.30 ^{dy}	6.97 ^{ayz}	6.48 ^{bz}	0.263
		25	0	10.67 ^x	7.89 ^{cy}	6.12 ^{cz}	6.09 ^{cz}	0.165
			10	11.43 ^x	10.67 ^{ay}	5.97 ^{dz}	6.09 ^{cz}	0.077
			20	10.64 ^x	9.09 ^{by}	5.61 ^{ez}	5.84 ^{dz}	0.267
			SEM ¹⁾	0.35	0.062	0.055	0.267	
	Palbangmi	4	0	9.10 ^{aw}	5.75 ^{by}	6.18 ^{cx}	4.62 ^{dz}	0.040
			10	8.58 ^{bw}	5.75 ^{by}	6.72 ^{ax}	4.53 ^{dz}	0.060
			20	8.40 ^{bx}	5.89 ^{ay}	5.75 ^{dy}	5.19 ^{az}	0.133
		25	0	9.10 ^{ax}	5.17 ^{dz}	5.68 ^{dy}	5.12 ^{abz}	0.047
			10	8.58 ^{bw}	5.33 ^{cy}	6.57 ^{bx}	5.05 ^{bz}	0.044
20			8.40 ^{bx}	5.00 ^{ez}	6.21 ^{cy}	4.85 ^{cz}	0.136	
		SEM	0.16	0.041	0.053	0.043		
White Rice	Samkwang	4	0	8.13 ^y	8.39 ^{ax}	8.30 ^{cy}	7.48 ^{dz}	0.099
			10	7.51 ^y	7.25 ^{cz}	7.20 ^{dz}	8.57 ^{bx}	0.112
			20	7.11 ^z	7.70 ^{byz}	8.42 ^{bcy}	9.57 ^{ax}	0.411
		25	0	8.13 ^y	6.78 ^{dz}	8.85 ^{bx}	8.30 ^{cy}	0.113
			10	7.51 ^x	7.12 ^{cz}	8.46 ^{bcw}	7.17 ^{ey}	0.073
			20	7.11 ^y	7.71 ^{by}	9.72 ^{ax}	7.67 ^{dy}	0.453
			SEM	0.473	0.077	0.192	0.101	
	Palbangmi	4	0	6.13 ^{az}	7.21 ^{bcy}	7.86 ^{cx}	7.89 ^{ax}	0.188
			10	6.12 ^{az}	7.38 ^{by}	8.13 ^{bx}	7.67 ^{aby}	0.175
			20	5.72 ^{bz}	7.74 ^{ax}	8.84 ^{aw}	6.65 ^{cy}	0.315
		25	0	6.12 ^{ay}	6.48 ^{dx}	6.93 ^{dw}	5.71 ^{dz}	0.112
			10	6.12 ^{ay}	7.08 ^{cx}	7.05 ^{dx}	6.86 ^{cx}	0.112
20			5.72 ^{bz}	7.98 ^{aw}	7.73 ^{cx}	7.14 ^{bcy}	0.100	
		SEM	0.062	0.118	0.088	0.325		

¹⁾Standard error of the means (n=18).

^{a-d}Values with different letters within the same column differ significantly ($p<0.05$).

^{w-z}Values with different letters within the same row differ significantly ($p<0.05$).

Yoon DH, Kim OW, Kim H. The quality of milled rice with reference to whiteness and packing conditions during storage. Korean J. Food Preserv. 14: 18-23 (2007)

Zhou Z, Robards K, Helliwell S, Blanchard C. Ageing of stored rice: Changes in chemical and physical attributes. J. Cereal Sci. 33: 1-15 (2001)