

게르마늄 처리가 쌀 품질에 미치는 영향

[†]김 덕 희 · 김 광 옥*

대구보건대학 호텔외식조리계열, *경북대학교 식품영양학과

Effect of Ge(Germanium) Treatment on Rice Quality

[†]Duk-Hee Kim and Kwang-ok Kim*

Dept. of Hotel Culinary Art, Wine and Coffee, Daegu Health College, Daegu 702-722, Korea

**Dept. of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea*

Abstract

This study was conducted to investigate the effects of Ge(germanium) treatment on rice quality. Rice samples were divided into the following treatment groups: control(CON: cultivated without Ge), Ge-1(cultivated with 200 kg of rough stone powder containing 1.6 mg/kg germanium per 10 ha), and Ge-2(cultivated with 500 kg of rough stone powder containing 1.6 mg/kg germanium per 10 ha). The mean total Ge level in the Ge-2 sample was 20.47 ppb. The levels of Ca and Na in the Ge-2 rice increased by 65.12 and 110.28%, respectively, when compared to the control, whereas the Zn, Mn, Fe, Mg and K content decreased by 11.44~30.50%. No significant difference in the percentage weight of C and O was observed among samples. The order of the percentage weight of P, S, and Cl was Ge-2>Ge-1>CON. The free amino acids were higher in samples from the Ge-1 and Ge-2 groups than in samples from the control. The GABA(γ -aminobutyric acid) amount in the Ge-2 products was significantly high compared to other groups. The micro structure of Ge-2 showed a firmer network than the control and had a macroporous structure. Conversely, the Ge-2 products had higher scores for stickiness, hardness and overall taste when compared to the other groups. These results suggest that rice treated with rough stone powder containing germanium can be used in the production of commercially-desired functional rice.

Key words: rice, germanium treatment, rice quality, GABA, sensory evaluation.

서 론

세계 농산물 시장은 2004년 한·칠레 자유무역협정(FTA) 비준 등으로 무한경쟁시대로 진입하여 농산물의 어떤 분야도 세계 시장을 겨냥해야 할 시점이 되었다. 우리나라는 지리적, 사회적 측면에서 고부가 가치 농산물 생산 필요성이 절실하며, 이는 그 여건에서 미국이나 중국과 비교하면 넓은 농지, 선진화된 농기계, 풍부한 노동력 등에서 모두 불리한 점을 고려, 친환경적 고부가 가치 농산물 생산으로 농민 소득 기여에 절실한 요구가 요망되는 때이다(최양도 2002). 한편, 세계는 친환경 농산물 생산의 경쟁시대에 돌입하여 OECD 국가가 아

니더라도 농산물 재배에 인간의 건강과 환경적인 측면을 고려한 농산물 재배법으로 친환경 농산물을 생산하여야 하며, 우리나라는 쌀 개방에 맞서 우리 민족의 주식인 쌀의 경쟁력을 강화시켜야 하므로 우리 쌀의 기능성 및 밥 맛 등의 경쟁력을 강화할 때이다(류기형 2002; 최양도 2005). 또한, 수입 쌀의 프리미엄화, 소매화 등으로 인한 국내 쌀과의 치열한 밥 맛 경쟁으로 국내 농가들의 쌀 품질 개선과 고급화가 요망된다. 게르마늄은 탄소를 포함하지 않은 무기 게르마늄과 탄소를 함유한 유기 게르마늄으로 분류할 수 있다. 무기 게르마늄은 장기 복용한 환자에서 빈혈, 신기능 장애, 신경병증 및 근장애를 유발하는 것으로 알려져 있으며, 유기 게르마늄은 항

[†] Corresponding author: Duk-Hee Kim. Dept. of Hotel Culinary Art, Wine and Coffee, Daegu Health College, Taejeon-1-dong, Buk-gu, Daegu 702-722, Korea. Tel: +82-53-320-1490, Fax: +82-53-320-1490, E-mail: luk2525@dhc.ac.kr

종양 효과, 항돌연변이 효과, natural killer 세포 및 macrophages의 활성화를 포함하는 면역 강화 작용, virus 감염의 치료, 관절염 치료 효과와 같은 항염증 작용, 해열·진통 작용, 중금속 해독작용 및 운동성 증가 등의 다양한 약리작용을 가지는 것으로 보고되고 있다(Lim 등 2008). 게르마늄은 유기 게르마늄의 약리효과가 보고된 이후 우리나라에서도 기능성 농산물 생산을 위한 농자재로 등록되어 사용되고 있으며, 이에 이용하고 있는 작물로는 벼, 참외, 단감, 고추 및 옥수수 등 30개 품목에 재배면적도 667 ha에 달하며, 일반 농작물에 비해 20~30% 높은 가격에 거래되어 게르마늄의 처리는 농산물의 부가가치를 높여주어 농가의 소득 증대에도 기여할 수 있다(Lee ST 2004). 무기 게르마늄의 과잉 섭취시 독성은 약한 편이지만 수명 단축과 지방간의 발생을 증대시킨다는 보고(고광석 2002)가 있으나, 유기성 게르마늄은 부작용이나 중독성이 없다고 알려져 있다(Rosenfold G 1954; Kwak TS 1999; 고광석 2002; Choe 등 2002; Kim 등 2004; Lee 등 2004). 따라서 본 연구는 울진에서 생산된 게르마늄 함유 광석을 이용하여 기능성 고부가 가치 쌀 생산의 일환으로 재배 생산된 쌀의 게르마늄(Ge) 함량 및 품질을 검토하였다.

재료 및 방법

1. 재료

울진 온정농협 백암 쌀 작목회에서 생산한 쌀(추청벼, 2008년 9월산)을 구입하여 40 mesh의 powder로 만든 후 대조군으로 사용하였다.

2. 게르마늄(Germanium) 함유 견운모 분말 시비

울진군에서 생산된 견운모 분말(게르마늄 함량: 1.6 mg/kg)을 40 mesh의 분말로 만들어서 경남 함양군 10 ha 논에 200 kg(G-1)와 500 kg(G-2)을 1회 토양에 시비 처리하였다.

3. 게르마늄(Ge) 함량 측정

1) 게르마늄 측정을 위한 시료 전 처리

Germanium(Ge) 표준용액은 Perkin-Elmer사의 multi-element standard solution을 구입하여 연속적으로 희석시켜 조제하였다. 물은 고순도의 탈염수를 사용하였으며, 질산은 analytical reagent grade의 제품을 사용하였다. 일정량의 rice powder에 65% HNO₃으로 산성이 되도록 하여 Milestone사의 MLS 1200 MEGA Microwave Digestion System에서 분해하였으며, 사용조건은 Table 1과 같다. 분해된 액은 0.20 μm의 membrane filter로 여과하여 유도 결합 플라즈마-질량분석기(inductively coupled plasma mass spectrometer(ICP-MS))(Perkin-Elmer, Elan 6000 ICP)에 주

Table 1. Mineralization program used for the microwave digestion

Step	Time(min)	Power(Watt)
1	3	Up to 1,000
2	9	Up to 1,000
3	4	Up to 1,000
4	15	Up to 1,000

Table 2. Conditions of ICP parameters

Forward power	1,000 w
Nebulizer gas flow	1.5 l/min
Isotopes monitored	-

입하여 분석하였으며, 사용조건은 Table 2와 같다.

4. 무기질 측정

무기질 측정은 Woo & Ryoo의 방법(1983)을 적용하였다. 동결건조된 분말시료 1 g을 취하여 65%(특급) HNO₃ 10 ml를 넣고 뚜껑을 열은 채 실온에서 3~5시간 동안 방치한 뒤 100°C에서 산이 1 ml 정도 남을 때까지 가열한 후 다시 질산 5 ml, HClO₄ 0.5~1 ml를 넣고 다시 2 ml 정도 남을 때까지 가열한 다음 초순수 50 ml로 희석하여 이를 10 μl씩 주입하여 Na과 K은 원자흡광 분광광도계(Spectra AA800, Varian Co., Australia)을 이용하여 분석하였고 Zn, Mn, Fe, Mg, Ca은 ICP emission spectrophotometer(38Plus, Jobin Yvon, Co., France)에 주입하여 5회 반복 분석하였다. 그 분석조건은 Table 3과 같다.

5. 유리 아미노산 분석

유리 아미노산은 쌀을 -70°C에서 24시간 동결한 후 동결 건조기에서 4일간 건조하여 수분을 제거한 후 분말화한 쌀 15 g에 탈이온 증류수 100 ml를 가하고 마쇄한 후 여과하고, 그 여액에 20% trichloroacetic acid(TCA) 15 ml를 가한 다음 하룻밤 냉장고에서 방치시켜 단백질을 침전 제거하였다. 이 상등액에 diethylether를 가하여 TCA, 지용성 물질 등을 제거한 후 수용액층을 40°C 이하에서 감압 농축시키고 0.2 M lithium citric acid buffer(pH 2.2) 용액으로 15 ml로 정용한 다음 0.2 μm membrane filter로 여과하여 그 중 40 μl를 5회 반복 분석하였다. 분석 조건은 Biochrom 20(Pharmacia Biotech), High performance column, buffer flow rate 25 ml/hr, ninhydrin flow rate 25 ml/hr, column temp 37~80°C로 하였다.

6. 원소 분석

원소 분석은 ATW2형 EDS(Energy Dispersive X-ray Spectroscopy; Horiba, EDX 6853-H)로 가속전압 15 keV, objective aperture

Table 3. Instrumental parameters employed in the atomic absorption spectrophotometer and ICP¹⁾ emission spectrometer for determination of Na, K, Zn, Mn, Fe, Mg, and Ca in rice cultivated by Ge(Germanium) treatment

Item	Element							
	Na	K	Zn	Mn	Fe	Mg	Ca	
Wave length(nm)	589.1	766.4	206.1	257.6	178.2	279.5	422.7	
Lamp current(mA)	12.0	20.0	12.0	20.0	30.0	12.0	20.0	
Slit width(nm)	0.7	0.7	0.7	0.2	0.2	0.7	0.7	
Air flow rate(ℓ/min)	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	
Acetylene flow rate(ℓ/min)	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	

¹⁾ Inductively coupled plasma emission spectrophotometer.

70 μm, working distance 15 mm 조건으로 100초 동안 측정하였으며 5회 반복 분석하였다.

7. SEM 관찰

게르마늄 처리한 쌀을 무처리군(CON)과 비교하여 그 맛에 영향을 주는 요인의 관찰에 대한 일환으로 쌀 막의 표면구조를 관찰하였다. 샘플 단면 제작은 Freeze cutter(TF-2, ICO, Japan) 처리 후 금으로 도금시켜 전도성을 갖게 한 다음 가압전압 15 KV에서 주사전자현미경(SEM; Scanning Electron Microscope, S-4300, Hitach, Japan)으로 1,200~1,500배 확대하여 관찰하였다.

8. 관능 검사

쌀을 200 g씩 무처리군(CON), 처리군(Ge-1, Ge-2)으로 나누어서 쌀을 3회 세척하여 30분 수돗물을 담근 후 물을 뺀 후 전기밥솥(Daewoong, DWR-202M, Korea)을 이용해서 밥을 한 후 일정량을 접시에 담아 밥을 외관(appearance), 냄새(flavor), 끈기(stickiness), 경도(hardness), 밥맛(rice taste), 전반적인 맛(overall taste)에 대하여 훈련된 10명의 관능요원에 의해 5점법(Herbert & Joel 1993)으로 평가하였다. 평가는 5점 척도법으로 매우 나쁘다(1점), 나쁘다(2점), 보통이다(3점), 좋다(4점), 아주 좋다(5점)로 하였다.

9. 통계 처리

실험결과의 평균치간의 유의성은 SAS software package (SAS Inc., 1985)를 이용하여 Duncan's multiple range test에 의하여 검증하였으며(SAS/STAT 1985), 실험결과는 평균±표준편차로 나타내었다.

결과 및 고찰

1. 게르마늄 처리 쌀의 무기질 함량

쌀의 무기질 및 게르마늄 함량을 조사해 본 결과는 Table

Table 4. Mineral content of rice cultivated by Ge (germanium) treatment (ppm of dry weight)

Element	Treatment ¹⁾		
	Control	Ge-1	Ge-2
Zn	1.90±0.15 ^{2)A}	1.51±0.12 ^B	1.44±0.04 ^B
Mn	1.41±0.12 ^A	1.20±0.07 ^B	0.98±0.08 ^C
Fe	0.83±0.06 ^A	0.81±0.09 ^A	0.71±0.02 ^B
Mg	31.30±2.23 ^A	26.81±1.61 ^{BC}	27.72±1.78 ^{AB}
Ca	5.28±1.31 ^B	6.61±0.18 ^B	8.72±0.09 ^A
Na	1.07±0.04 ^{BC}	1.87±0.87 ^{AB}	2.25±0.92 ^{AB}
K	82.10±2.31 ^A	70.17±1.87 ^{BC}	66.00±2.12 ^C
Ge	nd ³⁾	nd	20.47±2.32(ppb)

¹⁾ Ge-1, rice was cultivated by treating with 200 kg of rough stone containing of 1.6 mg/kg Ge(germanium); Ge-2, rice was cultivated by treating with 500 kg of rough stone containing of 1.6 mg/kg Ge(germanium), ²⁾ mean±SD, ³⁾ nd: not detected,

^{A-C} Means with different superscripts within a row indicate significant differences($p<0.05$).

4와 같다. 무기질 중 함량이 가장 높은 K의 경우 무처리군은 82.10±2.31 ppm이나 처리군은 66.00±2.12~70.17±1.87 ppm으로 다소 낮은 함량을 보였으며, 또한 Mg, Zn, Mn, Fe 함량도 비슷한 경향을 나타냈다. Ca은 유의적으로 무처리군보다 Ge-2에서 유의하게 높은 함량을 나타냈으며, 무처리군에 비해서 65.2% 정도 높았다. 유기 게르마늄은 화학식이 (GeCH₂CH₂COOH)₂O₃로 생체 내에서 게르마늄이 분리되어 작용할 때 에틸기가 유리되는데, 이런 에틸기는 매우 불안정한 물질이기에 Ge 자체는 바로 다른 물질 특히 Ca, P와 착화합물이 되기 쉽기 때문에(Lee KH 2005) 쌀 내에서 생화학적으로 Ca의 증가를 나타낸 것으로 판단된다. 이는 Kim 등(2002)의 게르마늄을 첨가하여 재배한 콩나물의 분석 결과에서도 동일한 결과를 보였다. Na은 처리군과 무처리군 사이에 유의적 차이가 없었다. 또한 기타 무기질들의 함량을 무처리군과 Ge-1, Ge-2를 비교해 볼

때 Zn, Mn은 처리군들이 모두 유의하게 높았으며, Fe, Ge, Ca는 Ge-2가 유의하게 높은 함량을 보였고 Mg, Na, K는 유의적인 차이가 없었다. 이러한 결과들로 보아 Ca과 Na을 제외한 다른 무기질 함량의 경우, 무처리군에서 높은 함량을 나타낸 것은 처리 분말의 화학적인 조성에 의해서 물질적 이동대사에 관련된다고 판단된다. 한편, Ge은 Ge-1 처리군에서는 검출되지 않았으나 Ge-2 경우 20.47±2.32 ppb가 검출되었다. 이는 재배 인삼 300 ppb(Choi & Lee 1992)에 비하여 많이 부족한 함량이나 쌀에 보다 많은 유기 게르마늄 함량을 높이기 위해 원료 처리법, 시비법, 시비량, 시비횟수 등의 보다 많은 연구가 요망된다.

2. 게르마늄 처리 쌀의 원소 무게 함량

게르마늄 처리에 의하여 재배된 쌀의 원소 무게 함량을 측정해 본 결과 Table 5와 같다. C는 무처리군, Ge-1, Ge-2 처리군 모두 그 범위가 50.99±0.23~51.63±0.87%로 전체의 원소 무게 함량의 50% 이상을 차지하였고, 처리간의 유의한 차이점이 나타나지 않았다. O는 무처리군이 47.19±0.06%로 처리군(Ge-1, Ge-2)의 45.51~45.64%보다 유의적 차이를 나타냈으며 약간 높게 나타났다. 한편, P, S, Cl, K의 경우 모두 합쳐도 전체의 5% 미만으로 K의 경우는 모든 처리에서 유의적 차이가 나타나지 않았으나, P, S, Cl 경우 Ge-2 경우 무처리군과는 유의한 차이가 나타났다. P의 함량이 많은 것은 무기질 함량에서 설명하였듯이 Ge이 P와 착화합물이 되기 쉽기 때문에 P의 증가를 나타낸 것으로 볼 수 있다. 그러나, 다른 연구의 결과에서는 Ge의 첨가가 S, Cl의 함량 변화에 영향을 주지 않았다(Kim 등 2002) 그러므로, 이런 결과를 미루어 보아서 게르마늄 처리 쌀은 원소의 함량에서는 약간의 차이를 나타냈으나, 그 시비 방법, 시비량 등에 대한 많은 연구를 통하여 함량의 변화를 관찰할 필요가 있다고 생각된다.

Table 5. Weight percentage of element content of rice cultivated by Ge(germanium) treatment (%)

Element	Treatment ¹⁾		
	Control	Ge-1	Ge-2
C	50.99±0.23 ^{2)NS3)}	50.98±0.17	51.63±0.87
O	47.19±0.06 ^A	45.51±0.32 ^B	45.64±0.85 ^B
P	0.86±0.11 ^B	0.92±0.11 ^B	1.29±0.23 ^A
S	0.48±0.03 ^C	0.50±0.02 ^B	0.71±0.12 ^A
Cl	0.24±0.01 ^B	0.35±0.03 ^A	0.40±0.13 ^A
K	0.25±0.02 ^{NS}	0.29±0.12	0.32±0.13

¹⁾ Refer to Table 4, ²⁾ mean±SD, ³⁾ NS: not significant,

^{A-C} Means with different superscripts within a row indicate significant differences($p<0.05$).

3. 게르마늄 처리 쌀의 유리 아미노산 함량

식품에 유리된 상태로 존재하는 유리 아미노산은 식품의 맛에 영향을 미친다고 알려져 있다. 게르마늄 처리 쌀의 유리 아미노산을 측정된 결과는 Table 6과 같다. 유리 아미노산 중 phosphoserine, urea, glutamic acid, sarcosine, glycine, valine, leucine, tyrosine, GABA(r-aminobutyric acid), 처리군(Ge-1, Ge-2)에서 0.10~11.14 mg/kg 범위로 나타났으며, 모든 아미노산이 Ge-1보다 Ge-2 처리군에서 높은 경향을 나타냈다. Serine와 proline 등도 무처리군에 비해 게르마늄 처리에 따라 함량이 증가하였다. 한편, 혈압 강하, 통증 완화, 뇌기능 활성화, 혈당 강하 등에 효과가 있다고 알려진 GABA(Lim & Kim 2009)는 무처리군에서는 나타나지 않았지만 Ge-2에서는 6.21 mg/kg 정도 함유된 것으로 나타났다. 지금까지 GABA는 식물체에서 그 함량이 생강 0.77 mg/100 g, 녹차 35 mg/100 g, 콩잎 56.0 mg/100 g(건조중량), 키토산 처리 발아현미 10.67 mg/100 g으로 보고되어 있다(Kim 등 2003). 이상의 결과로 미루어 보아 쌀의 게르마늄 처리로 기능성 물질의 GABA 성분이 검출되었다는 사실은 게르마늄 시비량, 처리 방법 등을 개선하면 더욱 고품질의 기능성 쌀이 될 수 있을 것으로 볼 수 있다.

4. 게르마늄 처리 쌀의 SEM 관찰

게르마늄을 처리하여 게르마늄이 검출된 쌀의 표면구조가 무처리군의 쌀과 차이를 관찰하기 위하여 주사전자현미경(Scanning Electron Microscopy: SEM)으로 관찰한 표면구조는 Fig. 1과 같이 나타났다. Ge-1에 비해 Ge-2의 게르마늄 처리의 수준이 높아 무처리 쌀과의 차이가 현저하므로 무처리 쌀과 Ge-2 쌀만을 SEM으로 관찰하였다. 무처리 쌀(A)과 게르마늄 처리 후 게르마늄이 검출된 Ge-2 쌀(B) 전분입자의 형태가 비슷한 외관을 나타냈지만, 부분적으로는 무처리 쌀(A)은 성글고 거친 반면 Ge-2(B) 쌀은 더 촘촘하며, 규칙적으로 얽혀 망상의 배열 이루고 있는 것으로 나타났다. 이는 crude β -glucan의 스폰지 성장으로 인하여 표면적이 크게 증가되어 메성 및 찰성보리의 β -glucan이 강한 수분흡수력을 보여 밥맛을 좋게 할 수 있다는 것과 비슷한 결과이다(Lee YT 1992). 따라서 게르마늄 처리 쌀(B)은 그 표면구조에서 무처리군과 차이가 나며, 이러한 성상의 차이로 밥맛에 영향을 줄 수 있다고 판단된다.

5. 게르마늄 처리 쌀의 관능 검사

게르마늄을 처리하여 재배한 쌀로 밥을 해서 관능 검사한 결과는 Table 7과 같다. 그 측정 항목에서 쌀알이 한알 한알 씩 흐트러지지 않고 흰색 윤기가 있는 것을 기준으로 한 외관(appearance), 햅쌀이 갖는 특유의 향이 있는 것으로 묵은 쌀 냄새와 이물의 냄새가 나지 않는 향기(flavor)의 경우 무처리

Table 6. Free amino acid content of rice cultivated by Ge(germanium) treatment (mg/kg on a dry basis)

Amino acid	Cultivation method ¹⁾		
	Control	Ge-1	Ge-2
Phosphoserine	0.00±0.00 ^C	0.25±0.02 ^{2B}	1.25±0.04 ^A
Urea	0.00±0.00 ^C	3.01±0.03 ^B	4.04±0.05 ^A
Serine	1.16±0.02 ^B	1.00±0.03 ^C	1.68±0.04 ^A
Glutamic acid	0.00±0.00 ^C	6.51±0.13 ^B	11.14±1.21 ^A
Sarcosine	0.00±0.00 ^C	0.10±0.02 ^B	0.20±0.08 ^A
Proline	4.60±0.04 ^C	7.24±1.23 ^B	14.24±2.01 ^A
Glycine	0.00±0.00 ^C	1.92±0.04 ^B	2.95±0.21 ^A
Alanine	4.74±1.11 ^C	10.11±1.23 ^B	22.81±3.12 ^A
Valine	0.00±0.00 ^C	1.41±0.12 ^B	3.46±0.03 ^A
Cystine	1.60±0.02 ^B	0.12±0.02 ^B	0.30±0.12 ^A
Methionine	0.22±0.04 ^C	1.02±0.12 ^B	2.50±0.04 ^A
Cystathionine	0.22±0.03 ^C	0.87±0.02 ^B	1.95±0.04 ^A
Isoleucine	0.75±0.02 ^C	0.99±0.12 ^B	1.48±0.02 ^A
Leucine	0.00±0.00 ^C	0.23±0.12 ^B	1.67±0.13 ^A
Tyrosine	0.00±0.00 ^C	1.31±0.13 ^B	2.81±0.12 ^A
Phenylalanine	0.29±0.05 ^B	0.99±0.01 ^A	1.16±0.22 ^A
β-Aminoisobutyric acid	1.55±0.02 ^{NS}	1.50±0.03	1.42±0.12
GABA ⁴⁾	0.00±0.00 ^C	1.23±0.23 ^B	6.29±1.96 ^A
Ethanolamine	4.63±0.21 ^A	5.12±0.13 ^B	6.26±0.23 ^C
5-Hydroxylysine	1.18±0.02 ^A	0.00±0.00 ^B	0.00±0.00 ^B
Ornithine	0.01±0.02 ^C	0.22±0.03 ^B	0.33±0.02 ^A
Lysine	0.66±0.02 ^C	1.02±0.04 ^B	2.27±0.32 ^A
1-Methylhistidine	1.52±0.03 ^A	0.00±0.00 ^B	0.00±0.00 ^B
Histidine	0.66±0.03 ^A	0.96±0.05 ^B	1.16±0.07 ^C
Anserine	0.00±0.00 ^C	0.91±0.12 ^B	1.68±0.07 ^A
Arginine	1.31±0.29 ^C	3.13±0.91 ^B	8.36±1.32 ^A

¹⁾ Refer to Table 4, ²⁾ mean±SD, ³⁾ NS: not significant, ⁴⁾ GABA is γ-amimno butyric acid, ^{A~C} Means with different superscripts within a row indicate significant differences(*p*<0.05).

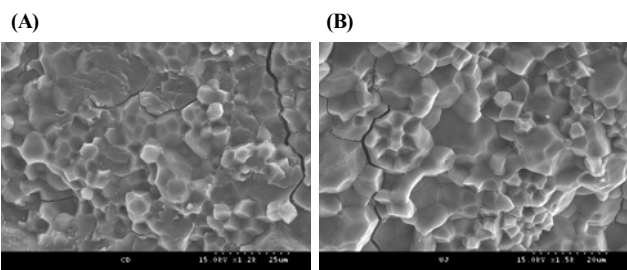


Fig. 1. Scanning election micrographs of Ge-2(B) and without Ge(A).

군과 처리군(Ge-1, Ge-2) 모두에서 유의적 차이가 나지 않았다. 한편, 끈기(stickiness)와 씹는 맛과 끈기와 관계가 깊은 경도(hardness)를 비교해 보면 CON<Ge-1<Ge-2의 순서로 좋았으며 유의적 차이를 보였다. 또한 식미항목의 중요한 요소로

Table 7. Sensory characteristics of rice cultivated by Ge(germanium) treatment

Characteristic	Cultivation method ²⁾		
	Control	Ge-1	Ge-2
Appearance	4.3±0.2 ^{1)NS}	4.2±0.2	4.3±0.1
Flavor	4.1±0.1 ^{NS}	4.2±0.1	4.2±0.1
Stickness	3.5±0.1 ^A	3.8±0.1 ^B	4.0±0.1 ^C
Hardness	3.4±0.1 ^A	3.9±0.1 ^B	4.0±0.1 ^C
Rice taste	3.9±0.1 ^A	4.2±0.1 ^B	4.3±0.1 ^B
Overall taste	4.0±0.0 ^A	4.2±0.1 ^B	4.6±0.1 ^C

¹⁾ mean±SD, points score(very poor, 1: poor, 2: fair, 3: good, 4: very good, 5), ²⁾ Refer to Table 4, ³⁾ NS not significant, ^{A~C} Means with different superscripts within a row indicate significant differences(*p*<0.05).

밥의 고유한 맛을 가지는 밥맛(rice taste)은 무처리군에 비하여 처리군(Ge-1, Ge-2)에서 유의적으로 높은 점수를 나타냈으며, 식미의 종합적인 평가로 전체적인 맛(overall taste)의 경우, 무처리군보다 처리군에서 유의적으로 높은 점수를 나타냈으며, 그 순서는 CON<Ge-1<Ge-2로 나타났다. 이는 Table 6에서 보듯이 게르마늄 처리군에서는 무처리군보다 맛에 관계되는 유리 아미노산이 더 많이 나타난 것과 관련이 있는 것으로 보여지며, 또한 게르마늄이 식품 내에 들어가서 유기 게르마늄으로 되면 생화학적으로 수소이온을 제거(고광석 2002)하는 동시에 산소를 공급하여 게르마늄 처리는 오존 처리와 마찬가지로 산소와 관계되는 물질 대사의 변화로 최종 산물의 맛을 높여주는 것으로 유추해 볼 수 있지만 결국 식미는 쌀의 이화학적 특성, 취반 특성 개인 기호 등 종합적인 문제에도 많은 부분들이 관련되어 있다고 생각된다.

결론

환경 농업의 일환으로 천연 게르마늄 함량 견운모를 재배 토양에 처리하여 최종 제품인 쌀의 품질에 미치는 효과를 조사하였다. 벼 재배시 토양에 1회 게르마늄 처리하였고 그 방법은 무처리(CON), G-1; 게르마늄 함유 견운모 분말 200 kg/ 10 ha, G-2; 게르마늄 함유 견운모 분말 500 kg/10 ha로 하였다. 그 결과, G-2 처리군에서 게르마늄 함량은 평균 20.47 ppb였고, 다른 무기질 함량은 Ca의 경우 Ge 처리군 모두에서 대조군(무처리군)보다 높았으며, Ge-2의 경우 65.2% 정도 높았다. 처리군 G-1과 G-2 사이에는 Ge-1보다 Ge-2가 전반적인 무기질 함량이 높았다. 원소 무게 함량의 경우 C, O의 무게 %는 모두 처리군에서 비슷하게 나타났으나, P, S, Cl, K의 경우 CON<Ge-1<Ge-2의 순서로 나타났다. 유리 아미노산 함량은 phosphoserine, glutamic acid 등 10종의 아미노산은 처리군에만 함유되어 있고, 처리군 사이에서는 Ge-1 처리군보다 Ge-2 처리군에서 모든 유리 아미노산 함량이 증가되었으며, 특히 Ge-2 처리군에 기능성 물질로 알려진 GABA(γ -amino butyric acid)가 6.21 mg/kg을 함유되었다. SEM 관찰에서는 처리군의 전분 입자가 변형된 것으로 나타났다. 한편, 관능 검사의 결과로는 끈기, 경도, 밥맛, 전체적인 맛의 경우 무처리군보다 처리군이 높은 점수가 나타났다. 처리군 사이에는 Ge-1보다 Ge-2가 높은 점수가 나타났다. 이상의 결과로 미루어 보아 환경오염 및 토양 생태를 감안한 토양 게르마늄 처리는 쌀의 품질 향상을 꾀할 수 있어 산업적 적용을 기대할 수 있을 것이라 판단되었다.

참고문헌

고광석. 2002. 신비의 게르마늄을 아십니까. 문화출판사. pp.

23-35

- 류기형. 2002. 쌀의 여행. 도서출판 효일. pp.3-9
- 최양도. 2002. 식탁위의 생명공학. 푸른길. pp.10-25
- Choe JS, Ahn HH, Nam HJ. 2002. Comparison of nutritional composition in Korean rices. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31:885-892
- Choi WH, Lee JM. 1992. Determination of trace germanium by anodic stripping polarography. *Anal Science & Technology* 5:17-24
- Herbert A, Joel LS. 1993. Sensory Evaluation Practices. 2nd Ed. pp. 11. Academic Press. New York
- Kim EJ, Lee KI, Park KY. 2004. Antimutagenicity of soybean sprouts cultured with germanium. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33:930-935
- Kim EJ, Lee KI, Park KY. 2004. Quality analysis of nutrients in soybean sprouts cultured with germanium. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31:1150-1154
- Kum JS, Lee HY, Park JD, Choi BK. 2003. Study on physiological effect of germinated brown rice. KFRI report I. 1585-0318
- Kwak TS. 1999. Variation of major physico-chemical properties related to grain quality by the rapidity of grain filling in rice. *Kor J Intl Agri* 11:33-41
- Lee KH. 2005. A study on characteristics of adsorption of germanium for heavy metals. *J Kor Sci Env Anal* 8:213-218
- Lee MJ, Kim EY, Jeong KO, Park KO, Moon GS. 2004. Antimutagenic effects of Korean bamboo trees and inhibitory effect of hepatic toxicity of bamboo extracts coated rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33:1279-1285
- Lee ST. 2004. Characteristics of growth response and germanium absorption of crops in soil treated germanium. Doctor Thesis. Gyeongsang National University of Education, Korea
- Lee YT. 1992. β -Glucans from hull-less barley: Isolation, chemical and rheological characterization, and utilization as a food gum. Ph.D. Thesis, North Dakota State Uni. Fargo. North Dakota
- Lim JS, Seo DC, Park WY, Cheon YS, Park SK, Lee ST, Park JH, Kim SD, Cho JS, Heo JS. 2008. The selection of optimum rice species and germanium application method for production of functional rice with germanium. *Kor J Environmental Agriculture* 27:373-381
- Lim, SD, Kim KS. 2009. Effects and utilization of GABA. *Kor J Dairy Sci Technol* 27:45-51
- Rosenfold G. 1954. Studies of the metabolism of germanium.

Archs Biochem Biophys 48:84-94

SAS/STAT Guide for Personal Computer ASA. 1985. Institute
inc. Cary. NC. USA

Woo SJ, Ryoo SS. 1983. Preparation method for atomic absorption
spectrophotometry of food samples - comparison of dry, wet

and aqua- regia methods - *J Korean Soc Food Sci Nutr* 15:
225-230

(2009년 11월 11일 접수; 2009년 12월 17일 채택)