

Microwave처리에 의한 쌀 가공 부산물의 항산화능의 변화

배성문·김정한·조철우·정태준·하정욱·이승철[†]

경남대학교 생명과학부 식품생물공학전공

Effect of Microwave Treatment on the Antioxidant Activity of Rice Processed By-products

Sung-Moon Bae, Jeong-Han Kim, Cheol-Woo Cho, Tae-Joon Jeong,
Jung-Uk Ha and Seung-Cheol Lee[†]

Dept. of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University, Masan 631-701, Korea

Abstract

Microwave treatment was studied to investigate the antioxidant ability of rice hull and rice bran. The color changes were related to the intensity of microwave and to the treated time on rice bran. However, the electron donating abilities of rice hull and rice bran extract were not much affected by microwave intensity. Rice hull extract treated with a 100 W microwave showed 80% inhibition of lipid peroxidation when fish oil was treated with H₂O₂. Also inhibition activity against lipid peroxidation in rice hull is more stable than that of rice bran when treated with microwave. Overall, rice hull extract showed better antioxidant activity than rice bran. It seems that rice hull contains higher antioxidant components as well as the browning reaction products having anti-oxidant activity during microwave treatment.

Key words: rice hull, rice bran, antioxidant, microwave

서 론

산소는 생명유지에 없어서는 안될 절대적인 물질이지만, 각종 물리적, 화학적, 환경적 요인에 의해 반응성이 매우 큰 활성산소로 전환되어 생체에 치명적인 독성을 유발하기도 한다. 활성산소는 세포구성 성분들인 지질, 단백질, 당 등에 대하여 파괴작용을 함으로써 지질의 과산화 뿐만 아니라 노화, 아토피성 피부염, 암 등의 심각한 질병을 일으키는 것으로 보고되었다(1-3). 활성산소에 의한 피해를 막거나 원인 성분을 제거하는 물질을 항산화 물질이라 하며, 다양한 항산화 물질의 개발이 진행되고 있다. 현재 개발된 천연 항산화물로는 α -tocopherol, vitamin C, carotenoid, flavonoid 등이 있고, 화학 합성물로는 tert-butylhydroxytoluene(BHT), tert-butylhydroxyanisole(BHA) 등이 있다. 합성 항산화물의 경우, 장기간 섭취시 독성으로 인하여 사용량이 엄격히 제한되고 있다. 또한 천연물의 경우, superoxide dismutase(SOD)나 catalase, peroxidase와 같은 고분자 항산화물질은 열에 불안정하고 인체내 흡수과정에서 위액에 의해 쉽게 분해된다(4). 반면 flavonoid, carotene, vitamin C, α -tocopherol, tannin, polyphenol 등의 저분자의 항산화제는 식품 중에서 중합된 상태로 존재하기 때문에 식품을 섭취하더라도 인체내에서 항산

화물질들이 제 능력을 발휘하지 못한다. 이러한 저분자 항산화 성분을 유리시키기 위한 시도로 원적외선 처리나, 발효 등의 방법이 보고된 바 있다(5).

한편, 쌀의 외피를 구성하는 미강은 혈중 콜레스테롤 저하 효과(6), 항산화 효과(7), 혈압상승 억제능(8) 등의 다양한 생리적 기능을 하고, 왕겨에는 α -tocopherol과 oryzanol, isovitexin 등의 강력한 항산화성분들이 존재하여 볍씨의 장기 보존에 따른 산화 방지에 중요한 역할을 한다고 보고되었다(9). 쌀가공 부산물에 존재하는 항산화 물질을 이용할 수 있다면, 사용이 제한되고 있는 쌀가공부산물을 우수한 고부가가치 상품으로 개발할 수 있을 것이다.

식품산업에 널리 이용되고 있는 microwave 처리는 피조사체를 이온화시키지 않으면서 온도 상승효과만을 가져오는 비전리 방사선의 일종이다. Microwave는 라디오파와 적외선과의 중간과장대로서(10), 우리나라, 미국 등에서 사용되고 있는 주파수는 2450 MHz와 915 MHz이며, 이들의 식품에 대한 투과도는 각각 약 10 cm와 30 cm 내외로 알려져 있다(11). Microwave 처리는 자기장 내에서 식품의 화학적 성분의 상호작용으로 유발되며 이때 주로 자유수 분자의 쌍극성 변화로 친화력이 약해진 수소결합이 파괴됨으로써 분자 마찰이 유도되어 열이 발생하는 원리로 식품의 심층부까지 단

[†]Corresponding author. E-mail: sclee@kyungnam.ac.kr
Phone: 82-55-249-2684. Fax: 82-55-249-2995

시간에 가열이 된다(12). 이러한 microwave 처리의 특성으로 인하여 단백질의 변성이나, 비타민의 파괴를 감소시킬 수 있고, 향기성분의 손실이나, 색소의 파괴를 막을 수 있는 장점이 있기 때문에 식품의 조리, 가공, 건조, 살균, 보존 및 효소의 불활성화를 위해 다양하게 사용되고 있다(13,14). 또한 천연물의 추출법에 있어 기존의 스팀증류법, 고온용매추출법, 초임계유체추출방법에 비해 추출효율이 높고 에너지 효율이 좋은 microwave 추출법이 새로이 제시되고 있다(15). 식품의 저장성과 관련하여 microwave의 조사에 따른 ascorbic acid의 함량변화(16), tocopherol의 안정성(17), 산화를 유발하는 lipoxygenase, peroxidase, lipase 등의 활성을 억제하는 연구(18) 등이 보고되었다.

본 연구에서는 기능성 식품소재로 이용될 수 있는 쌀가공 부산물에 대한 처리 방법 중, microwave 처리가 쌀가공 부산물의 항산화력에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용된 쌀가공 부산물 중 미강은 경상남도 고성군 두보식품에서, 왕겨는 고성군의 정미소에서 구입하였으며, 방앗간에서 조면 로울러와 활면 로울러로 각각을 분쇄한 후 48 mesh 체를 통과한 것을 시료로 이용하였다. 실험에 사용된 2-thiobarbituric acid, butylated hydroxytoluene(BHT), tannic acid, fish oil, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)은 Sigma 사(St. Louis, MO, USA)로부터 구입하였고, malondialdehyde bis(diethyl acetal)은 Aldrich 사(Milwaukee, WI, USA), maleic acid, H₂O₂는 Junsei 사(Tokyo, Japan) 제품을 사용하였고, Tween 20과 FeCl₂는 각각 Shinyo 사(Osaka, Japan)와 Yakuri 사(Osaka, Japan)의 1등급 제품을 구입하여 실험에 사용하였다. 그외의 시약들도 1등급 이상의 시약을 사용하였다.

Microwave 처리

Microwave 처리는 가정용 전자레인지(RE-M20, Samsung Co., Korea)를 이용하여 출력(100 W, 200 W, 440 W)을 조절하여 시간별(0분, 1분, 3분, 5분, 10분)로 처리하였다.

시료의 추출

각 시료들은 시료 1 g당 99.5%(v/v) 메탄올 20 mL을 첨가하여 교반 후 상온에서 1시간 방치한 후 1,200×g에서 5분간 원심분리하여 상정액을 추출물로서 사용하였다.

색도 분석

Microwave 처리에 의한 쌀 가공 부산물의 색도 변화를 조사하기 위하여 조사된 미강과 왕겨 시료의 표면에 광전 비색계(CR-200, Minolta Co., Japan)을 사용하여 명도(Lightness, L), 적색도(Redness, a), 황색도(Yellowness, b)를 측정하였다.

Oil emulsion의 제조

Oil emulsion은 0.1 M maleic acid buffer(pH 6.5) 8 mL에 유화제(Tween-20) 50 μL, fish oil 0.5 mL를 섞어 15분간 교반한 후 KOH 0.02 g과 증류수 150 mL를 첨가하여 교반하면서 0.1 N HCl로 pH 6.5가 되도록 조제하였다(19).

반응시료 제조

지질의 산화를 촉진하기 위한 산소종 시료로서 H₂O₂를 발생하기 위해 40 mM H₂O₂를, O₂⁻를 발생시키기 위해 50 ppm FeCl₂를, ·OH를 발생하기 위해서 40 mM H₂O₂와 50 ppm FeCl₂를 1 : 1로 섞어서 사용하였다(20). Oil emulsion 0.5 mL에 산소종 시료 0.1 mL와 다양한 조건의 쌀가공 부산물의 추출물 0.1 mL를 가하여 증류수로 전체가 1 mL가 되게 첨가하고 대조구는 추출물 대신에 물을 첨가하여 사용하였다.

전자공여능 측정

전자공여능(Electron donating ability, EDA) 측정은 Blois (19)와 Bondet 등(21)의 방법에 준하여 실시하였다. 여기서 사용한 DPPH 라디칼은 비교적 안정한 라디칼을 갖는 물질로 항산화 활성이 있는 물질과 만나면 라디칼이 소거되어 탈색되는 정도로 항산화 물질의 활성을 검정한다. 추출물 0.2 mL에 4.1×10⁻⁵ M의 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 용액 1.0 mL를 가한 후 10초 동안 진탕하고, 10분간 반응시켜 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 시료 첨가구의 흡광도 값(A)과 무첨가구의 흡광도 값(B)을 이용하여 다음 식에서와 같이 계산하여 백분율로 표시하였으며, 시판되고 있는 합성 항산화제인 BHT를 표준품으로 사용하였고, 대조구는 시료만 첨가하지 않은 용액을 사용하였다.

$$EDA (\%) = [(A-B)/A] \times 100$$

Thiobarbituric acid reactive substances(TBARS) 분석

TBARS법은 Buege와 Aust의 방법(22)에 따라 1 mL 반응 혼합물이 채워진 시험관을 37°C 수조에서 1시간 동안 반응시키고 7.2% BHT 50 μL를 시료에 첨가하여 산화반응을 정지시키고, TCA/TBA 시약 2 mL를 가하여 끓는 물에서 15분간 가열시킨 후, 찬물에서 식히고 3,400×g에서 15분간 원심분리 후 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 지질의 과산화 평가는 활성 산소에 의해 유발되는 지질의 과산화를 대조군과 비교하여 미강, 왕겨 추출물이 억제하는 비율로서 % inhibition으로 나타내었다.

총 페놀함량 측정

총 페놀함량은 Gutfinger(23)의 방법을 변형하여 측정하였다. 추출물 1 mL에 2% Na₂CO₃용액 1 mL를 가하여 3분간 방치 후 50% Folin-Ciocalteu 시약 0.2 mL를 가하여 30분간 상온에서 방치하였다. 13,400×g, 10분간 원심분리 후 750 nm에서 상정액의 흡광도를 측정하였고, 표준물질로는 tannic acid를 사용하였다.

결과 및 고찰

색도 분석

가열 조건에 따라 ascorbic acid와 같이 열에 불안정한 천연 항산화물질은 쉽게 분해되는 반면에, 항산화 능력이 있는 비효소적 갈변 화합물들이 생성되기도 한다(24). 마이야르 반응의 결과로 생성되는 reductone 구조물질은 항산화력을 가지지만, 금속이온 존재시 산화를 촉진하는 이중적인 성격을 띄기도 한다(25). 또한 커피의 볶음 정도에 따라 커피에 존재하는 항산화력이 변화된다는 보고도 있다(26). 본 연구에서 이용한 microwave 처리 방법에 의해서도 열이 발생하므로 이 과정에서 항산화력에 영향을 미치는 비효소적 갈변 반응이 일어날 수 있다. 따라서, microwave 처리가 갈변 반응에 미치는 영향을 조사하기 위하여 색도 변화를 측정하였다(Table 1). 전반적으로 명도 L값은 microwave 출력이 높거나 처리 시간이 증가할수록 왕겨와 미강 모두에서 감소하는 경향을 나타내었다. 색도의 전반적인 변화를 볼 수 있는 ΔE 값을 조사한 결과(Fig. 1), 200 W와 440 W의 출력으로 처리한 경우 처리시간의 증가할수록 갈변을 나타내는 색차가 비례하여 증가하였으며, 에너지 수준이 낮은 100 W 출력으

로 처리한 경우에는 뚜렷한 차이가 관찰되지 않았다. 또한, 440 W로 5분 이상 처리한 경우에는 왕겨와 미강의 ΔE 값이 각각 34.55와 22.32로서 급격한 색차가 측정되었고 탄화한 검은색이 관찰되었다. 이상의 결과로 왕겨와 미강에 처리된 microwave는 200 W, 440 W의 출력에서는 갈변을 나타내는 색도의 변화가 처리 시간에 비례하여 증가하였고, 이는 마이야르 반응 생성물이 microwave 처리된 왕겨와 미강의 항산화력에 관여할 수 있음을 시사한다. 그러나, 440 W의 고출력에서 5분 이상의 microwave 처리는 왕겨와 미강에서 과도한 발열로 인한 탄화를 유발하였다.

전자공여능

Microwave를 처리하지 않은 경우, 왕겨의 전자 공여능이 76.52%로서 미강의 70.18%에 비해 보다 우수한 항산화능을 나타내었다(Fig. 2). 한편 표준품 BHT(10 mg/mL)의 경우 91%활성을 나타내었다. Microwave 처리된 경우, 왕겨와 미강 모두에서 조사된 microwave 출력과 처리 시간에서 전자공여능이 거의 변화가 없었다.

쌀의 항산화 방어계에는 내재하는 항산화물질인 α -tocopherol과 oryzanol에 의존하는 것으로 알려져 있다(8).

Table 1. Effects of microwave treatment on the color values of rice by-product

Rice by-product	Microwave power (W)	Microwave treated time (min)	Color value		
			L	a	b
Rice hull	100	0	70.60±0.08	-2.65±0.06	19.83±0.10
		1	70.84±0.31	-2.60±0.15	19.67±0.08
		3	70.46±0.05	-2.64±0.04	19.63±0.19
		5	69.15±0.25	-2.42±0.08	20.03±0.14
		10	70.43±0.26	-2.56±0.08	19.38±0.19
	200	0	70.60±0.08	-2.65±0.06	19.83±0.10
		1	70.74±0.15	-2.59±0.01	19.45±0.14
		3	68.95±0.19	-2.42±0.08	20.26±0.13
		5	67.34±0.28	-1.94±0.07	21.09±0.84
		10	62.47±0.34	-1.03±0.18	22.72±0.09
	440	0	70.60±0.08	-2.65±0.06	19.83±0.10
		1	69.16±0.14	-2.47±0.16	20.21±0.07
		3	68.11±0.16	-2.28±0.17	21.19±0.18
		5	36.70±0.91	0.300±0.09	13.85±0.58
		10	17.86±0.19	-0.69±0.28	0.61±0.04
Rice bran	100	0	65.58±0.38	-2.97±0.12	19.69±0.11
		1	65.30±0.28	-2.96±0.03	19.50±0.06
		3	65.23±0.09	-2.78±0.06	19.26±0.04
		5	65.06±0.13	-2.76±0.11	19.14±0.05
		10	63.74±0.19	-2.56±0.08	19.68±0.16
	200	0	65.58±0.38	-2.97±0.12	19.69±0.11
		1	62.18±0.24	-2.53±0.17	19.80±0.04
		3	63.80±0.26	-2.50±0.01	20.04±0.05
		5	63.15±0.19	-2.22±0.10	20.21±0.15
		10	54.09±0.57	-0.47±0.19	19.96±0.16
	440	0	65.58±0.38	-2.97±0.12	19.69±0.11
		1	63.10±0.30	-2.55±0.04	19.93±0.11
		3	60.77±0.27	-1.69±0.16	20.76±0.59
		5	43.66±2.83	0.04±0.30	16.71±0.92
		10	18.67±0.51	-1.14±0.67	0.55±0.27

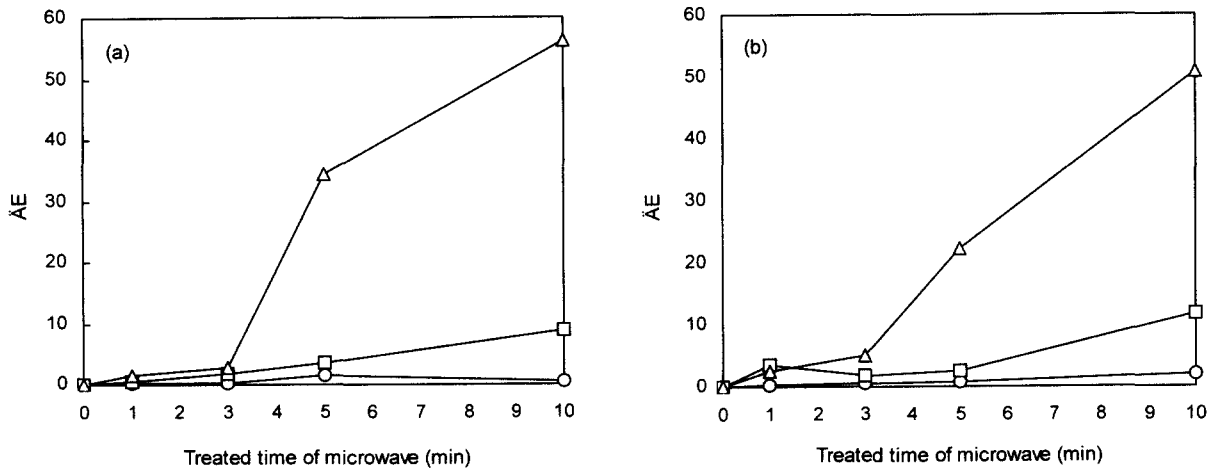


Fig. 1. Change of ΔE of rice by-product extracts in color value.
 ○: 100 W, □: 200 W, △: 440 W
 (a) Rice hull, (b) Rice bran

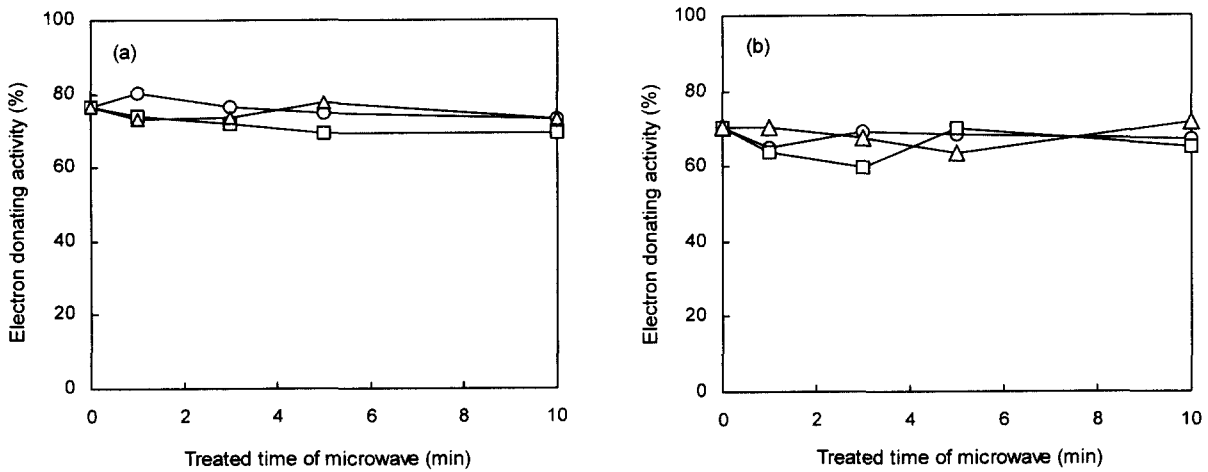


Fig. 2. Electron donating activity (EDA) of rice by product extracted by methanol.
 $EDA (\%) = [(A-B)/B] \times 100$, where A is absorbance at 525 nm of control, B is absorbance at 525 nm of sample.
 ○: 100 W, □: 200 W, △: 440 W
 (a) Rice hull, (b) Rice bran.

Chun 등(27)은 도정분획별 쌀의 항산화 활성을 조사한 결과 쌀의 도정율이 감소할수록 항산화 활성이 증가한다는 보고하였다. 왕겨에는 미강에 함유되어 있지 않는 항산화 물질인 isovitexin이 함유되어 있는데(8), 이는 벼의 가장 바깥 부위에서 외부로부터의 가해될 수 있는 활성 산소로부터 종자를 보호하기 위해서라고 추측되며, 이로 인해 미강보다 왕겨의 전자공여능이 우수한 것으로 생각된다. 한편 Ramarathnam 등(28)은 왕겨가 함유한 벼씨에 감마선을 조사하였을 때 α -tocopherol이 급격히 감소하였다고 보고하였다. 색도 분석의 결과(Fig. 1)와 비교해 볼 때, 440 W의 출력으로 5분 처리하였을 때 미강과 왕겨의 ΔE 값은 각각 22.32와 34.35로 급격히 증가하여 이 조건에서 과도한 탄화 과정이 일어났음을 알 수 있다. 하지만 이 조건에서의 항산화능은 크게 감소하지 않았다. 이것은 microwave 처리로 인한 발열로 왕겨와 미강

에 존재하는 항산화 물질의 파괴 가능성과 더불어 이를 극복할 수 있는 갈변 화합물이 생성되어 복합적으로 항산화력에 영향을 미치어 서로 상쇄하는 효과를 발휘한 것으로 추측되며, 이는 Nicoli 등(26)이 각각 커피를 볶은 후에 항산화능을 측정된 실험에서 가열에 의해 파괴된 천연 항산화 물질과 항산화력을 가진 마이야르 반응 생성물의 생성이 동시에 일어남으로써 전체적인 항산화력은 유지된다고 보고한 것과 일치한다.

TBARS(thiobarbituric acid) 분석

안정한 분자상태인 기저삼중항산소(3O_2)가 체내 효소계, 환원대사, 화학약품, 공해물질, 광화학반응 등의 각종 물리적, 화학적, 환경적 요인 등에 의해 hydrogen peroxide(H_2O_2), superoxide radical(O_2^-), hydroxyl radical($\cdot OH$), 그리고 singlet oxygen(1O_2)와 같은 반응성이 매우 큰 활성산소로 전

환되어지고, 생성된 활성산소들은 인체내의 단백질 변화 및 효소의 활성 저하, DNA 손상, 노화 및 발암, 생체내 방어 시스템 저하 등 인체에 매우 치명적인 영향을 미칠 수 있다(29). 본 연구에서는 H₂O₂와 O₂⁻, 그리고 ·OH를 인위적으로 발생시켜 어유(fish oil)의 산화를 촉진시킬 경우 microwave 처리된 왕겨와 미강의 메탄올 추출물의 과산화 억제력을 비교 분석하여 microwave 처리가 쌀가공 부산물의 항산화능에 미치는 영향을 조사하였다. 이 분석법에서 활성 산소를 얻기 위해서 금속이온에 의한 Fenton reaction의 원리를 이용하여 활성산소를 발생시켰다(30). 즉, O₂⁻는 Fe²⁺와 산소의 반응에 의해 발생되고, ·OH는 첨가된 H₂O₂와 Fe²⁺의 반응으로 생성된다.

H₂O₂가 첨가된 상태에서 어유의 과산화에 대한 쌀가공 부산물의 억제능력을 관찰한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. Microwave를 처리하지 않은 경우, 왕겨는 79%의 매우 높은 과

산화 억제능을 보였고, 미강은 13.8%의 비교적 낮은 과산화 억제능을 보였다. 또한, H₂O₂에 의한 과산화에 대한 왕겨의 억제능은 microwave 처리 출력 및 시간에 따라 큰 변화를 보이지 않았다. 이에 비해 미강의 경우 microwave 조사 후 과산화 억제능이 매우 불안정한 경향을 나타내었고, 440 W의 출력에서는 1분 이상 처리하였을 때 과산화 억제능이 완전히 소실되었다. 전체적으로 미강에 비해 왕겨에 존재하는 항산화 물질이 microwave에 대한 강한 안정성을 나타내었다.

O₂⁻로 유도되는 과산화에 대한 억제력을 조사한 결과, microwave를 처리하지 않았을 경우에 왕겨 추출물의 과산화 억제력은 75.38%, 미강추출물은 70.73%로 측정되었다(Fig. 4). Microwave처리시 왕겨의 경우에는 출력이 증가하고 처리시간이 길수록 과산화 억제력이 약간 감소하는 경향을 보이며 440 W 10분 조사시 왕겨 추출물의 산화억제력은 59.45%로 나타났지만 조사된 모든 범위에서 큰 감소는 보이지 않았

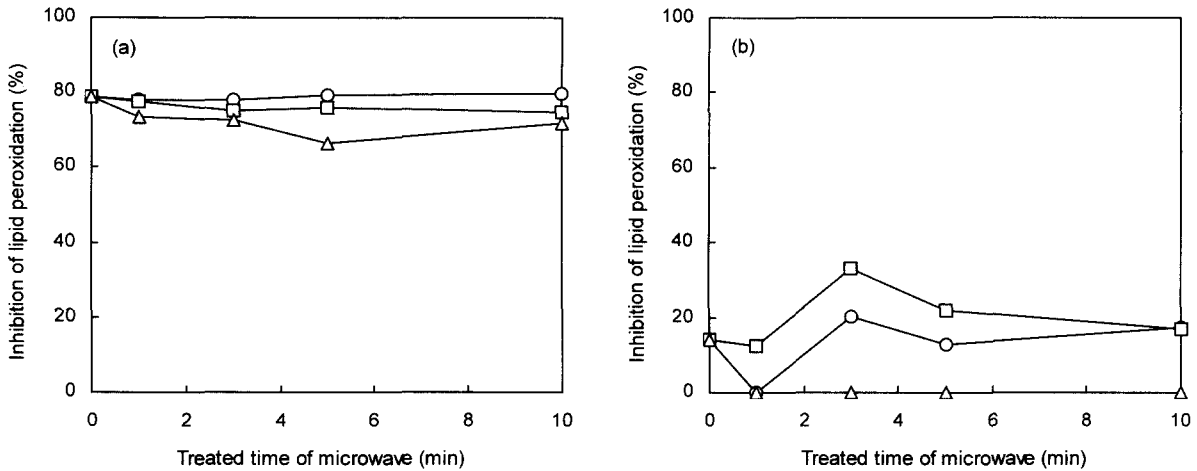


Fig. 3. Effect of rice by-products extract reacted with hydrogen peroxide (H₂O₂) on lipid oxidation in oil emulsion. ○: 100 W, □: 200W, △: 440 W (a) Rice hull, (b) Rice bran.

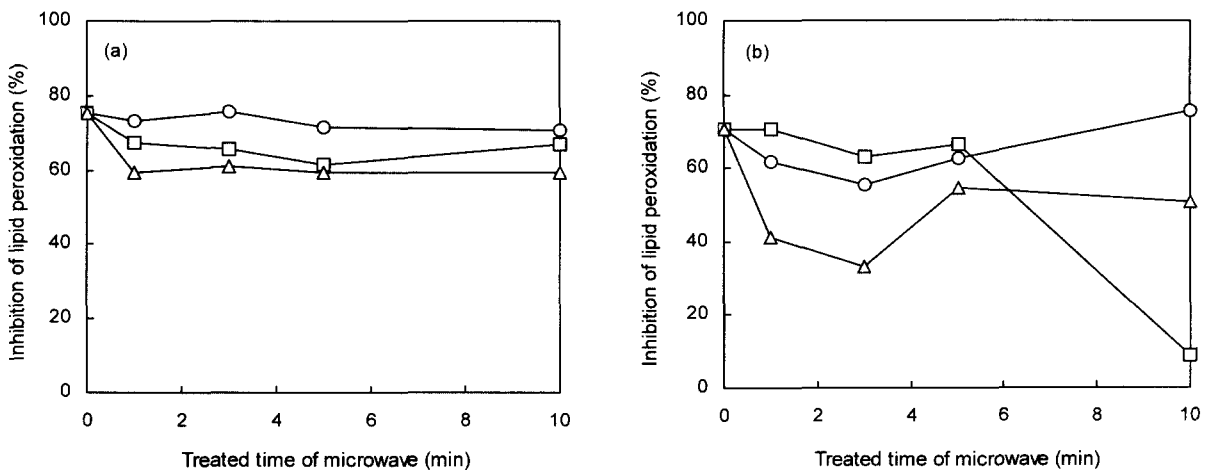


Fig. 4. Effect of rice by-products extract reacted with superoxide (O₂⁻) on lipid oxidation in oil emulsion. ○: 100 W, □: 200 W, △: 440 W (a) Rice hull, (b) Rice bran.

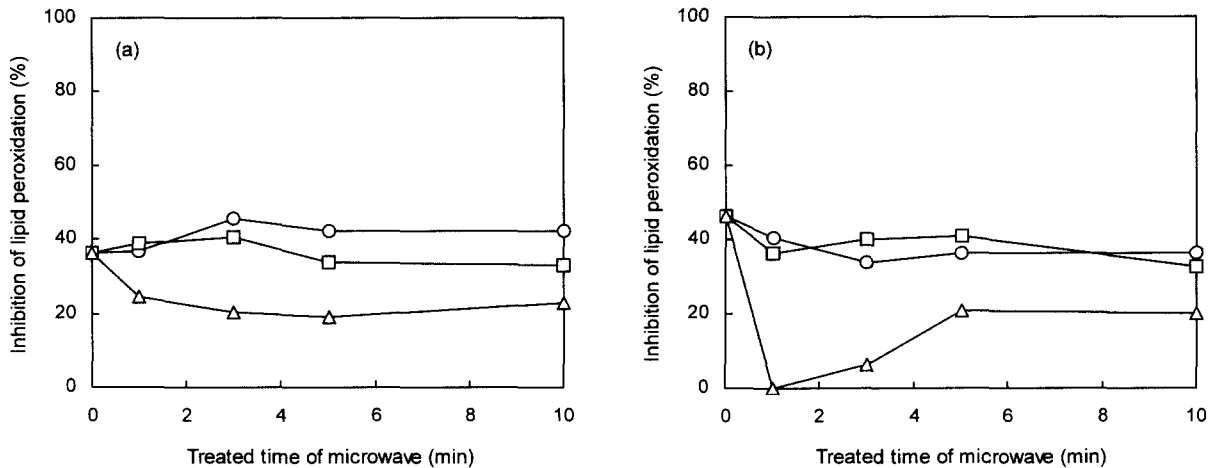


Fig. 5. Effect of rice by-products extract reacted with hydroxyl radical ($\cdot\text{OH}$) on lipid oxidation in oil emulsion.

○: 100 W, □: 200 W, △: 440 W

(a) Rice hull, (b) Rice bran.

다. 그러나 미강에 대한 microwave처리는 O_2^- 로 유도된 과산화에 대한 억제력에 비교적 큰 영향을 미침을 알 수 있었다. 100 W 출력으로 처리했을 때에는 비교적 변화가 없으며, 200 W로 처리했을 때에는 5분 이후의 처리 시간에서 과산화 억제력이 급격히 감소하였고, 400 W로 처리했을 때에는 처리 시간에 따라 감소하다가 다시 증가하는 경향을 보였다. 이는 microwave 처리로 인한 미강에 내재된 천연 항산화 물질의 파괴와 항산화력을 가지는 갈변 반응 화합물의 생성으로 전체적인 항산화능이 민감하게 변화함을 의미한다.

$\cdot\text{OH}$ 에 대한 과산화 억제능은 가공되지 않은 상태에서 왕겨는 36%, 미강은 46%로 측정되었으며, 미강이 우수한 항산화력을 보였다(Fig. 5). 그러나 microwave 처리의 영향은 H_2O_2 와 O_2^- 에 대한 결과와 유사하게 왕겨의 경우 전체적인 변화 폭이 적은 반면 미강의 경우에는 고출력인 440 W로 1분 처리했을 때 $\cdot\text{OH}$ 에 대한 과산화 억제력이 모두 소실될 정도로 큰 영향을 받았다. 이는 왕겨에 함유된 isovitexin이 감마선 조사에 의해 생성된 $\cdot\text{OH}$ 에 대한 radical scavenger로 작용하여 범서를 보호한다는 결과와 일치한다(28).

이상으로 쌀가공 부산물의 항산화능에 대한 microwave 처리의 영향을 조사하였다. 대체로 왕겨가 미강보다 microwave 처리에 대하여 안정한 항산화능을 보였는데, 이는 범씨의 외피에 항산화 물질이 많이 함유되었기 때문으로 추정된다. 이러한 결과는 microwave 처리 공정이 쌀가공 부산물의 이용성 다양화를 위한 가공 방법에 이용될 수 있음을 의미한다.

요 약

Microwave 처리가 쌀가공 부산물로 발생하는 왕겨와 미강의 항산화능에 미치는 영향을 조사하였다. 100 W, 200 W, 440 W의 출력으로 microwave를 처리하였을 때, 출력과 처

리시간에 비례하여 갈변을 나타내는 색도의 변화가 관찰되었다. 그러나, 왕겨와 미강의 전자공여능은 조사된 범위 내에서 microwave 처리에 대해 큰 변화를 보이지 않았다. 활성산소종(H_2O_2 , O_2^- , $\cdot\text{OH}$)을 발생시켜 어유의 과산화에 대한 왕겨와 미강의 과산화 억제력을 조사한 결과, 전반적으로 왕겨가 미강보다 microwave 처리에 안정함을 보였다. 특히, H_2O_2 에 대한 왕겨의 과산화 억제력은 미강에 비하여 매우 높게 측정되었다. 이상의 결과로 왕겨가 미강보다 항산화 물질을 많이 함유함으로써 미강보다 높고 안정한 항산화능을 나타내고, 또한 microwave 처리로 인하여 항산화 물질이 일부 파괴되지만 항산화력을 가지는 갈변 반응 생성물이 생성되어 왕겨의 경우에는 microwave 처리에 대해 영향을 거의 받지 않음을 알 수 있었다. 따라서, microwave 처리 공정은 왕겨나 미강의 항산화능을 이용한 가공 방법에 이용될 수 있음을 의미한다.

문 헌

1. Cross, E.E., Halliwell, B.B., Borish, E.T., Pryor, W.A., Ames, B.N., Saul, R.L. and McCord, J.M.: Oxygen radicals and human disease (clinical conference). *Ann. Intern. Med.*, **107**, 526-545 (1987)
2. Adelson, R., Saul, R.L. and Ames, B.N.: Oxidative damage to DNA: Relation to species metabolic and life span. *Proc. Natl. Acad. Sci., USA*, **85**, 2706-2708 (1988)
3. Fridovich, I.: Superoxide radical: An endogenous toxicant. *Ann. Rev. Pharmacol. Toxicol.*, **23**, 239-257 (1983)
4. Niwa, Y., Yoshiki, M., Koichi, I. and Tadshi, K.: Why are natural plant medicinal products effective in some patients and not in others with the same disease? *Planta Med.*, **57**, 229-303 (1991)
5. Niwa, Y., Kanoh, T. and Negishi, M.: Activation of antioxidant activity in natural medicinal products by heating, brewing and liphilization. A new drug delivery system. *Drugs Exptl. Clin. Res.*, **14**, 361-372 (1988)
6. Kahlon, T.S., Chow, F.I., Sayre, R.N. and Betschart, A.A.

- : Related articles cholesterol-lowering in hamsters fed rice bran at various levels, defatted rice bran and rice bran oil. *J. Nutr.*, **122**, 513-519 (1992)
7. Osawa, T., Narashima, R., Kawakishi, S., Namaki, M. and Tashiro, T. : Antioxidative defense system in rice hull against damage caused by oxygen radicals. *Agric. Biol. Chem.*, **49**, 3085-3087 (1985)
 8. Muramoto, G. and Kawamura, S. : Rice protein and anti-hypertensive peptide (angiotensin converting enzyme inhibitor) from rice. *Nippon Shokuhin Kougyo*, **34**, 18-26 (1991)
 9. Ramarathnam, N., Osawa, T., Namiki, M. and Kawakishi, S. : Chemical studies on novel rice hull antioxidants. 2. Identification of isovitexin, a c-glycosyl flavonoid. *J. Agric. Food Chem.*, **37**, 316-319 (1989)
 10. Giese, I. : Advances in microwave food processing. *Food Technol.*, **46**, 118-123 (1992)
 11. Charles, R.B. : *Microwave Cooking and Processing*. Van Nostrand Reinhold Publishing Co., New York, p.5-53 (1993)
 12. Mudgett, R.E. : Dielectric properties of foods. In *Microwave in the Food Processing Industry*, Decareau, R.V. (ed.), Academic Press, Orlando, USA, p.15 (1985)
 13. Datta, A.K. and Hu, W. : Optimization of quality in microwave heating. *Food Technol.*, **46**, 53-59 (1992)
 14. Rosenberg, U. and Bogl, W. : Microwave thawing, drying, and baking in the food industry. *Food Technol.*, **41**, 35-40 (1987)
 15. Lee, S.B., Lee, G.D. and Kwon, J.H. : Optimization of extraction conditions for soluble ginseng components using microwave extraction system under pressure. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **28**, 409-416 (1999)
 16. Byun, M.W., Lee, I.S., Lee, K.H., Yook, H.S. and Kang, K.O. : Changes of ascorbic acid contents induced from gamma irradiation, heating and microwave treatments. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **28**, 954-957 (1999)
 17. Kim, E.M. and Joo, K.J. : Oxidative stability of fatty acids and tocopherols in the fats and oils during microwave heating. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **24**, 234-241 (1995)
 18. Rhee, J.S. and Yoon, H.N. : Stabilization of rice bran by microwave energy. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **16**, 113-119 (1984)
 19. Blois, M.S. : Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, **181**, 1199-1202 (1958)
 20. Lee, Y.J. and Han, J.P. : Antioxidative activities and nitrite scavenging abilities of extracts from *Ulmus davidiana*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **29**, 893-899 (2000)
 21. Bondet, V., Brand-Williams, W. and Berset, C. : Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH· free radical method. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, **30**, 609-615 (1997)
 22. Buege, J.A. and Aust, S.D. : Microsomal lipid peroxidation. In *Methods in Enzymology*, Academic Press, New York, Vol. 52, p.302-310 (1978)
 23. Gutfinger, T. : Polyphenols in olive oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **58**, 966-968 (1981)
 24. Maria, C.N., Monica, A., Maria, T.P., Silvia, F. and Carlo, R.L. : Loss and/or formation of antioxidants during food processing and storage. *Cancer Letter*, **114**, 71-74 (1997)
 25. Monika, P., Francesco, R., Ursula, G. and Theodor, S. : Assessment of the antioxidative and prooxidative activities of two aminoreductones formed during the Maillard reaction : effects on the oxidation of β -carotene, N^o-acetylhiditiene, and cis-alkenes. *J. Agric. Food Chem.*, **46**, 2945-2950 (1998)
 26. Nicoli, M.C., Anese, M., Manzocco, L. and Lericci, C.R. : Antioxidant properties of coffee brews in relation to the roasting degree. *Food Sci. Technol.*, **30**, 292-297 (1997)
 27. Chun, H.S., You, J.E., Kim, I.H. and Cho, J.S. : Comparative antimutagenic and antioxidative activities of rice with different milling fractions. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **31**, 1371-1377 (1999)
 28. Ramarathnam, N., Osawa, T., Namiki, M. and Kawakishi, S. : Studies on changes in fatty acid composition and content of endogenous antioxidants during γ -irradiation of rice seeds. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **66**, 105-108 (1989)
 29. Barry, H. and John, M.C.G. : *Free Radicals in Biology and Medicine*. Oxford University Press Inc., New York, USA, p.17-21 (1999)
 30. Choi, D.S. and Ko, H.Y. : *Food Functional Chemistry*. Ji-Gu Publishing Co., Seoul, Korea, p.29-38 (2000)

(2001년 9월 6일 접수)