

감마 오리자놀이 돈육소시지의 지방 산화, 육색, 조직 및 관능특성에 미치는 영향

조수현* · 박범영 · 성필남 · 이종문 · 김동훈 · 안종남
축산연구소

Effect of γ -Oryzanol on Lipid Oxidation, Color, Texture and Sensory Properties of Pork Sausage

S. H. Cho*, B. Y. Park, P. N. Seong, J. M. Lee, D. H. Kim, and C. N. Ahn
National Livestock Research Institute, RDA

Abstract

High purity γ -oryzanol was obtained from rice bran and added at 0.05%, 0.10% or 0.20% (w/w) to pork sausages. Sausages containing γ -oryzanol showed higher CIE L* and a* color values than the control ($p<0.05$). Sausages containing γ -oryzanol had significantly lower hardness and chewiness in textural properties than the control ($p<0.05$) when determined by Instron testing machine. However, there were no differences in cohesiveness and springiness between the control and the sausages containing γ -oryzanol. Sausages containing $>0.05\%$ of γ -oryzanol had significantly lower thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) values than the control since 12 days of storage when sausages were aerobically stored at 4°C for 18 days ($p<0.05$). Thus, γ -oryzanol may have a potential application for the sausage products to inhibit lipid oxidation when used at $>0.05\%$.

Key words : γ -oryzanol, antioxidant, sausage, pork

서론

지방 산화는 주로 불포화 지방산의 자동 산화에 의한 것으로서 단일 산소(singlet oxygen)가 지방산의 불포화기를 공격하여 hydroperoxide의 생성과 분해가 연쇄적으로 일어나는 반응으로(Juliano *et al.*, 2005), 주로 식품의 가공, 유통 조리 중에 발생하며 식품의 영양적 질, 안전성, 색, 향 및 조직감 등에 영향을 준다. 지방 산화 과정 중에서 자동산화의 경우 free-radical에 의한 연쇄반응으로 자동 산화 과정의 주요 중간 생성체인 hydroperoxide를 형성하는데 항산화제가 radical inhibitor로서 생성된 유리기를 안정화시킴으로써 hydroperoxide의 생성속도를 효과적으로 억제하는 것이다.

식육 및 육가공업계에서 이와 같은 산화 현상을 방지하기 위하여 그동안 수많은 합성 또는 천연 항산화 물질이 개발되어 왔으나 그 효과와 경제성 및 안전성 때문에 실제로 식품 업계에서 사용되고 있는 항산화제 종류는 많지 않으며 그 중에서 대표적으로 사용되고 있는 합성 항산화제가 butylated hydroxy anisole(BHA) 또는 butyl hydroxy toluene(BHT)이며 천연 항산화제로는 tocopherol 정도이다. 그러나 보편적으로 널리 사용되어왔던 BHA와 BHT 등의 phenolic 합성 항산화제도 안전성 문제와 소비자들의 거부 반응에 의해 현재 그 사용량이 점차 감소하고 있는 추세이다(Ito *et al.*, 1986; Whysner *et al.*, 1994; Williams *et al.*, 1999; Juliano *et al.*, 2003). 이러한 이유로 최근 합성 항산화제 대신에 천연 항산화제가 주목을 받고 있는데 그것은 식품의 산패 방지를 위한 식품첨가물로서의 이용뿐만 아니라 생체 내에서의 노화 억제 효과 등 여러 가지 건강에 유익한 효과가 인정되고 있기 때문이다. 이 같은 배경으로 tocopherol을 비롯한 천연 항산화제의 수요가 급속히 높아지고 있으며 동시에 다양한 천연

* Corresponding author : S. H. Cho, Animal Products and Processing Division, National Livestock Research Institute, 564 Omokchun-dong, Kwonsun-gu, Suwon 441-350, Korea. Tel : 82-31-290-1703, Fax : 82-31-290-1697, E-mail : shc0915@rda.go.kr

항산화제의 개발이 강력히 요구되고 있다.

미강은 정미할 때 생기는 미곡 부산물로 섬유질 함량이 높고 단백질, 지방, 각종 비타민과 무기질이 풍부하게 들어 있어(Ishitami, 1980) 예전에는 주로 가축사료로 이용되어 왔으나 현재에는 생리적 기능성이 알려지면서 미강으로부터 섬유질 또는 토코페롤과 같은 비타민을 추출하여 기능성 식품 소재 또는 의약품으로 이용하려는 연구가 수행되고 있다(Hwang and Chung, 1996). 특히 미강 추출물의 주요 구성성분인 γ -오리자놀은 식품 및 의약품에서 항산화 효능으로 일본에서 사실상 중요한 상업적인 가치를 인정받고 있으며(Xu *et al.*, 2001) 최근에 식품산업에서 합성 항산화제보다 오히려 천연 항산화 성분을 사용하는 추세가 되면서 관심을 끌기 시작하였다(Suh *et al.*, 2005). γ -오리자놀은 triterpene alcohol의 ferulic acid ester와 sterol의 혼합물질로서 iron-driven hydroxy radical 형성에 강력한 억제 효과를 가지면서 항산화 활성을 인정받았으며(Duve and White, 1991), 쥐에서도 hypocholesterolemic activity가 조사된 바 있다(Nicolosi *et al.*, 1993; Rukmini and Raghuram, 1991; Seetharamaiah and Chandrasekhara, 1989). 또한 최근 토코페롤과 함께 육가공 분야에서 현재까지 가장 많이 연구된 천연 항산화제로는 각종 향신료들로 이들 향신료의 정유성분을 추출하여 항산화 효과를 시험한 결과 카라웨이(caraway)>세이지(sage)>쿠민(cumin)>로즈마리(rosemary)>클로브(clove) 순으로 항산화 효과가 있다고 밝혀졌지만(Kim, 1996) 로즈마리를 비롯한 이러한 향신료들은 가격이 고가인데다가 향신료 특유의 냄새가 지나치게 강하다는 결점으로 인하여 사용이 제한되어 왔다. 그 이외에도 국내에서는 왕겨, 오미자, 고구마, 더덕, 해조류, 탈지미강, 감초 등의 추출물의 항산화력이 확인된 바 있었다(Kim, 1996).

따라서 본 연구의 목적은 미강으로부터 추출한 γ -오리자놀을 소시지 제조시 첨가하여 제품에 미치는 항산화 효과 및 이화학적, 관능적 특성을 알아보고자 수행하게 되었다.

재료 및 방법

시약 및 오리자놀 준비

본 연구에 사용한 γ -오리자놀은 경기도 이천에서 5월에 구입한 미강으로부터 조 등(2001a, b)의 방법(순도 97%)에 따라 고순도(95% 순도)로 추출하여 사용하였으며, 순도는 Sigma Chemical Company(St. Louis, USA)에서 구입한 표준품 γ -오리자놀(99% 순도)을 이용하여 확인하였다.

Sausage 제조

소시지 원료육은 수원 시내에 있는 정육점에서 냉장 저장된 돼지 뒷다리육 18개를 구입하여 표면에 있는 불가식 지방

및 근막을 제거하여 사용하였으며, 살코기와 등지방은 분리해서 세절기로 각각 1.27-cm 크기로 만육한 다음 최종 배합을 위해 일반성분을 분석하였다. 소시지 첨가물은 소금 1.5%, 인산염 0.4%, 포도당 2.5%, 에르솔빈산염 0.05%, 아질산염 0.25%, 대두단백 2%, 향신료 1%, 얼음/물 10%와 같은 배합비로 처리하였다. 염용성 단백질을 추출하기 위하여 세절한 살코기, 소금, 에르솔빈산염(550 ppm), 인산염(STPP) 및 아질산염(156 ppm)을 혼합기에 넣고 약 2-3분간 혼합한 다음 지방, 포도당, 대두단백 및 향신료와 함께 얼음물을 첨가하여 약 3분간 chopping하였다. 이때 대조구를 제외한 처리구에 γ -오리자놀을 0.05%, 0.1% 및 0.2%를 첨가하여 혼합하였다. Fibrous casing에 충전한 다음 가열이 끝난 소시지 시료(지름 5 cm)들은 지방 산화도를 측정하기 위하여 10 cm 길이로 절단하여 산소투과율(oxygen transmission rate, OTR)이 6500 cc/m²/24 h인 호기성 랩으로 포장하여 4℃(상대습도 65%) 냉장실에서 18일간 저장하였다.

일반성분 분석

단백질, 수분, 지방, 회분 분석은 AOAC(1990)에 준하여 분석하였다.

육색

소시지의 색도를 측정하기 위하여 시료들은 10-cm 두께(n=5)로 절단하여 Chroma meter(Minolta Co. CR 301, Japan)로 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*)를 CIE(Commission Internationale de Leclairage)값으로 측정하였다.

조직 특성

경도, 탄력성, 응집성 및 씹힘성은 Instron Universal Testing Machine(Model 4465, England)을 이용하여 분석하였다. 소시지 시료는 3 cm 두께로 절단하여 load cell은 1.5 kg, puncture diameter는 8 mm, cross head speed는 120 mm/min의 조건에서 측정하되 대조구를 포함한 각 처리구별로 20회 반복한 결과를 평균하여 사용하였다.

지방 산화도 측정

Sausage의 지방 산화도는 modified Rhee(1977)에 준하여 증류방법에 따라 측정하였다. TBARS 분석을 위하여 저장 0, 6, 12 및 18일에 각각 소시지 시료들을 꺼내 food processor를 이용하여 1분간 세절한 다음 20 g씩 채취하여 분석하였으며, 지방 추출시 diazonium 염의 형성을 방지하기 위하여 Zipser and Watts (1962)의 방법에 따라 sulfanilamide를 첨가하였다. TBARS 값은 분광광도계(530nm)(Beckman DU-65, USA)를 이용하여 측정하였으며 mg malonaldehyde/kg sample

로 나타내었다.

관능검사

8명의 훈련된 관능 요원들에 의하여 7점 평가법에 준하여 다음과 같이 평가하였다. 향미(1=대단히 약하다, 7=대단히 강하다), 다즙성(1=대단히 건조하다, 7=대단히 다즙하다), 탄력성(1=대단히 약하다, 7=대단히 강하다), 전반적인 기호도(1=대단히 싫다, 7=대단히 좋다).

통계분석

결과 분석은 SAS 프로그램(1990)의 General Linear Models (GLM) 방법을 이용하여 분석하였다. 시료에 대한 처리 효과를 구명하기 위하여 분석 결과는 one-factor randomized block design으로 처리하였고 저장실험인 TBARS 분석 결과는 2-factor(처리와 저장기간 포함) design으로 분석하였다. 처리구간의 평균비교는 Student-Newman-Keuls의 다중검정법을 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

감마 오리자놀을 첨가한 소시지 시료와 감마 오리자놀을 첨가하지 않은 대조구 소시지 시료의 일반성분 분석 결과는 Table 1과 같았다. 본 시험에 제조된 소시지의 단백질 함량은 약 15 % 수준이었고 지방함량은 약 16% 수준이었으며, 처리구간에 성분함량에 있어서 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났($p > 0.05$). 이와 같은 원료육을 이용하여 제조된 소시지의 색도를 측정해 본 결과 감마 오리자놀을 첨가한 소시지가 첨가하지 않은 대조구와 비교하여 L^* 값이 높고 a^* 값은 유의적으로 낮은 반면에($p < 0.05$) b^* 값은 차이가 없는 것으로 나타났(Table 2). 감마 오리자놀을 첨가한 소시지의 조직 특성 조사에서 오리자놀을 0.10% 및 0.20% 첨가한 소시지가 대조구와 비교하여 경도 및 씹힘성이 낮았으며($p < 0.05$) 응집성 및 탄력성은 유의적인 차이가 없는 것으로

Table 2. Color properties of sausage products containing different percentages of γ -oryzanol

	CIE		
	L^*	a^*	b^*
Control	73.75 ^b (1.09)	10.24 ^b (0.28)	7.27 (0.18)
Oryzanol			
0.05%	75.17 ^{ab} (0.30)	10.31 ^b (0.19)	6.90 (0.14)
0.10%	74.47 ^b (0.49)	10.41 ^{ab} (0.16)	7.44 (0.66)
0.20%	75.69 ^a (0.73)	10.62 ^a (0.11)	7.28 (0.17)

^{ab} Means within a column having the same superscripts are not significantly different ($p > 0.05$).

** Standard deviation.

나타났다($p > 0.05$)(Table 3). 또한 감마 오리자놀을 첨가한 돈육소시지를 호기성 랩으로 포장하여 4°C에서 18일간 저장한 결과 저장 초기에는 처리구와 대조구간에 TBARS 값에 유의적인 차이를 보이지 않았으나 저장 12일째부터 오리자놀을 0.05~0.20% 첨가한 소시지가 대조구와 비교하여 유의적으로 낮은 TBARS 값을 나타냈다($p < 0.05$)(Table 4). 저장 18일째에는 오리자놀을 0.20% 첨가한 처리구가 대조구 및 다른 처리구와 비교하여 가장 낮은 TBARS 값을 나타내었다($p < 0.05$). Kim 등(2003)은 분쇄 우육 패티(지방 28.7%) 제조시 γ -oryzanol과 α -tocopherol을 50 ppm씩 혼합하여 첨가하거나 γ -oryzanol과 α -tocopherol을 각각 100 ppm 첨가한 다음 항산화제를 첨가하지 않은 대조구와 함께 4°C에서 7일간 저장하면서 산화도를 측정해 본 결과 저장기간동안 γ -oryzanol을 100 ppm 첨가한 처리구가 대조구 및 γ -oryzanol과 α -tocopherol을 50 ppm씩 혼합하여 첨가한 처리구보다 유의적으로 낮은 TBA값을 나타냈다고 보고하였다($p < 0.05$). 저장기간 5일이 경과한 이후에는 γ -oryzanol을 100 ppm 첨가한 분쇄 우육 패티는 α -tocopherol을 100 ppm 첨가한 처리구와 비슷한 수준의 항산화 효과를 나타냈다고 보고하였다. Kim 등(2003)

Table 1. Chemical composition of sausage products containing different percentages of γ -oryzanol

	Protein (%)	Moisture (%)	Fat (%)	Ash (%)
Control	15.62 [*] (0.39)**	65.94 (1.01)	16.85 (0.63)	1.45 (0.07)
Oryzanol				
0.05%	15.77 (0.41)	65.79 (0.88)	16.92 (0.71)	1.43 (0.06)
0.10%	15.51 (0.51)	65.68 (0.65)	16.57 (0.45)	1.26 (0.07)
0.20%	15.72 (0.24)	65.56 (0.74)	16.74 (0.59)	1.31 (0.05)

* Means within a column having the same superscripts are not significantly different ($p > 0.05$).

** Standard deviation.

Table 3. Texture profiles of sausage products containing different concentrations of γ -oryzanol

	Hardness	Cohesiveness	Springness	Chewiness
Control	1.68 ^a (0.12)	0.64 ^{ab} (0.09)	4.13 ^a (0.87)	1.06 ^a (0.12)
Oryzanol				
0.05%	1.52 ^b (0.10)	0.67 ^a (0.10)	4.33 ^a (0.59)	1.02 ^{ab} (0.14)
0.10%	1.59 ^b (0.09)	0.59 ^b (0.09)	4.41 ^a (0.66)	0.97 ^b (0.03)
0.20%	1.51 ^b (0.23)	0.67 ^a (0.14)	4.17 ^a (0.76)	0.98 ^b (0.11)

^{ab} Means within a column having the same superscripts are not significantly different ($p>0.05$).

** Standard deviation.

Table 4. TBARS values as related to total sample for sausage products containing different concentrations of γ -oryzanol aerobic packaged and stored at 4°C for 18 days

	Storage days				Overall mean
	0	6	12	18	
Control	0.67 (0.02)	0.72 (0.02)	0.90 ^a (0.09)	1.01 ^a (0.03)	0.82 ^a (0.14)
Oryzanol					
0.05%	0.69 (0.02)	0.70 (0.01)	0.76 ^b (0.05)	0.80 ^b (0.05)	0.73 ^b (0.06)
0.10%	0.69 (0.03)	0.71 (0.02)	0.74 ^b (0.04)	0.74 ^{bc} (0.01)	0.72 ^b (0.03)
0.20%	0.69 (0.02)	0.68 (0.02)	0.68 ^b (0.03)	0.70 ^c (0.05)	0.69 ^c (0.03)

^{ab} Means within a column having the same superscripts are not significantly different ($p>0.05$).

* Means over storage were separated using the mean square of the product-by-storage time interaction was significant.

** Standard deviation.

은 감마 오리지놀이 α -tocopherol보다 iron으로 인한 hydroxyl radical 형성에 더 강력한 억제제 역할을 한다고 보고하였다. 지방 산화가 개시되면 유리기가 생성되며 이 유리기는 불포화 지방산과 반응하여 hydroperoxide를 형성하고 지방 산화과정의 전파단계(propagation step)에서 다른 유리기를 생성하게 되는데(Cuppert 등, 1997) 감마 오리지놀의 이와 같은 항산화력은 감마 오리지놀에 있는 phenol group에 존재하는 hydroxyl group이 수소 공여자로서 뿐만 아니라 강력한 radical 제거제 역할에 기인하는 것으로 보인다. 한편, 관능평

가에서 오리지놀을 첨가한 소시지는 첨가하지 않은 대조구와 비교하여 향미, 탄력성 및 전반적인 기호도에서 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 오리지놀을 0.10% 및 0.20% 첨가한 소시지가 대조구와 비교하여 다즙성이 유의적으로 높은 것으로 나타났다($p<0.05$)(Table 5). Kim 등(2003)의 보고에 의하면 γ -oryzanol을 첨가하여 제조한 분쇄 우육 패티를 4°C에서 7일간 저장하면서 산패취(warmed over flavor)를 측정 한 결과 저장 2일 이후부터 γ -oryzanol 및 α -tocopherol과 같은 항산화제를 첨가한 처리구가 항산화제를 첨가하지 않은

Table 5. Sensory evaluation of sausage products containing different concentrations of γ -oryzanol

	Flavor	Juiciness	Springness	Off-flavor	Overall palatability
Control	4.77 (0.87)	4.09 ^b (0.97)	4.27 (0.94)	1.27 (0.55)	5.14 (0.89)
Oryzanol					
0.05%	4.63 (0.79)	4.20 ^{ab} (0.85)	4.27 (1.03)	1.40 (0.59)	4.86 (0.94)
0.10%	4.05 (0.79)	4.86 ^a (0.77)	3.95 (0.99)	1.28 (0.63)	4.59 (0.67)
0.20%	4.22 (1.15)	4.54 ^a (0.86)	4.46 (1.01)	1.23 (0.53)	4.82 (0.66)

^{ab} Means within a column having the same superscripts are not significantly different ($p>0.05$).

** Standard deviation.

대조구와 비교하여 유의적으로 낮게 감지되었으며 특히 저장 7일째에는 처리구 중에서 γ -oryzanol을 100 ppm 첨가한 처리구의 산패취가 가장 낮았다고 보고하였다($p < 0.05$). 한편, 본 연구에서는 관능평가지 향미에 있어서 대조구 및 처리구 간에 유의적인 차이가 없었는데 이것은 소시지 제조시 아질산염 및 향신료 등 첨가제들의 영향으로 각 처리구들의 정확한 산패취 차이가 감지되지 못한 것으로 보인다. 결론적으로 본 연구에서 미강으로부터 분리한 감마 오리자놀은 $>0.05\%$ 첨가했을 때 소시지 품질에 영향을 미치지 않으면서 지방 산화를 억제하는데 효과적인 것으로 나타났으므로 천연 항산화제로서 앞으로 식육 및 육가공 제품에 사용이 가능할 것으로 생각된다.

요 약

미강으로부터 추출한 γ -oryzanol을 소시지 제조시 0.05%, 0.10% 또는 0.20%(w/w) 수준으로 첨가하여 γ -oryzanol을 첨가하지 않은 대조구 소시지와 이화학적 및 관능적 특성을 비교하였다. γ -oryzanol을 첨가한 소시지는 색도 측정에서 대조구와 비교하여 유의적으로 높은 CIE L* 값과 a* 값을 나타냈다($p < 0.05$). 또한 γ -oryzanol을 첨가하여 제조한 소시지가 조직 특성에서 유의적으로 낮은 경도 및 씹힘성을 나타낸 반면 응집성과 탄력성에서는 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다($p > 0.05$). 항산화력을 측정하기 위하여 γ -oryzanol을 첨가한 소시지와 첨가하지 않은 대조구 소시지를 4°C에서 18일간 저장하면서 TBARS 값을 분석한 결과 저장 초기에는 처리구와 대조구 간에 유의적인 차이가 없었으나 저장 12일째부터 γ -oryzanol을 $>0.05\%$ 첨가한 처리구가 첨가하지 않은 대조구와 비교하여 유의적으로 낮은 TBARS 값을 나타냈다($p < 0.05$). 따라서 소시지 제조시 미강으로부터 추출한 γ -oryzanol 첨가가 가능할 것으로 보이며 지방 산화를 억제하는데도 효과적인 것으로 보인다.

참고문헌

1. AOAC (1990) Official methods of analysis. 15th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.
2. Cho, S. H., Park, B. Y., Kim, J. H., Yoo, Y. M., Lee, J. M., Kim, Y. K., and Yun, S. G. (2001a) Method to extract oryzanol, method to prevent lipid oxidation for meat and meat products using oryzanol Patent No. 0433262.
3. Cho, S. H., Park, B. Y., Yoo, Y. M., Kim, J. H., Lee, J. M., Chae, H. S., Ahn, C. N., and Yun, S. G. (2001b) Effect of oryzanol on lipid stability, texture and sensory

- properties of ground pork products. Proceedings 6-3. P-21. 47th International Congress of Meat Science and Technology, Krakow in Poland.
4. Cuppett, S., Schnepf, M., and Hall, C. (1996) Natural antioxidant are they reality? In: Fereidon, S. editor. Natural antioxidants; chemistry, health effects and applications. Champaign. III: AOCS Press. P 12-24.
5. Duve, J. K. and White, P. J. (1991) Extraction and identification of antioxidants in oats. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **68**, 365-370.
6. Hwang, K. T. and Jung, S. T. (1996) Effects of heat treatment and irradiation on lipid hydrolysis and oxidation of rice bran. *Korean J. Food Sci. Technol.* **28(5)**, 928-934.
7. Ishitani, A. (1980) Oryzanol antioxidant for food. JPN. Kokai Tokkyo Kobo, 8050. 094.
8. Ito, N., Hirose, M., Fukushima, S., Tsuda, R., Shirai, T., Tatematsu, M. (1986) Studies on antioxidants: their carcinogenic and modifying effects on chemical carcinogenesis. *Food Chem. Toxicol.* **24**, 1071-1082.
9. Juliano, B. O. (1985) Rice bran, In Rice : Chemistry and technology, Juliano, B. O.(Ed.). 2nd ed., American Association of Cereal Chemists, St. Paul. MN. p. 647.
10. Juliano, C., Cossu, M., Alamanni, M. M., and Piu, L. (2005) Antioxidant activity of gamma-oryzanol: Mechanism of action and its effect on oxidative stability of pharmaceutical oils. *Int. J. Pharma.* **299**, 146- 154.
11. Kim, J. S., Suh, M. H., Yang, C. B., and Lee, H. G. (2003) Effect of γ -oryzanol on the flavor and oxidative stability of refrigerated cooked beef. *J. Food Sci.* **68(8)**, 2423-2429.
12. Kim, S. J. (1996) Development and use of new natural antioxidant. *Kor. Food Technol.* **9(1)**, 61-75.
13. Lee, S. H., Chun, H. K., Ju, P. H., and Lee, Y. S. (2004) Supplementary effect of γ -Oryzanol on lipid metabolism in diabetic KK mice. *Kor. J. Nutr.* **37(5)**, 347-351.
14. Nicolosi, R. J., Rogers, E. J., Ausman, L. M., and Orthoefer, F. T. (1993) Rice bran oil and its health benefits. In Rice Science and Technology. Marshll, W. E., Wadsworth, J. I., Eds, Dekker, New York. p.421.
15. Rhee, K. S. (1978) Minimization of further lipid oxidation in the distillation 2-thiobarbituric acid test of fish and meat. *J. Food Sci.* **43**, 1776-1779, 1781.
16. Rukmini, C. and Raghuram, T. C. (1991) Nutritional and biochemical aspects of the hypolipidemic action of rice

- bran oil: A review. *J. Am. Coll. Nutr.* **10**, 593-601.
17. SAS. (1990) SAS User's Guide, Statistics. SAS Institute Inc. Cary, NC.
18. Seetharamaiah, G. S. and Chandrasekhara, N. (1989) Studies on hypocholesterolemic activity of rice bran oil. *Atherosclerosis*. **78**, 219-223.
19. Suh, M. H., Yoo, S. H., Chang, P. S., and Lee, H. G. (2005) Antioxidative activity of micro-encapsulated γ -oryzanol on high cholesterol-fed rats. *J. Agric. Food Chem.* **57**, 9747-9750.
20. Whysner, L., Wang, C. X., Zang, E., Iatropoulos, M. J., and Williams, G. M. (1994) Dose response of promotion by butylated hydroxyanisole in chemically initiated tumors of the rat forestomach. *Food Chem. Toxicol.* **32**, 215-222.
21. Williams, G. M., Iatropoulos, M. J., and Whysner, J. (1999) Safety assessment of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene as antioxidant food additives. *Food Chem. Toxicol.* **37**, 1027-1038.
22. Zipser, M. W. and Watts, B. M. (1961) Lipid oxidation in heat sterilized beef. *Food Technol.* **15**, 445-449.
-
- (2006. 5. 13. 접수 ; 2006. 7. 2. 채택)