

Maillard 반응 생성물의 Ozonolysis에 따른 기능적 특성 변화

이기동* · 권중호 · 김정숙**

경북대학교 식품공학과, *경북과학대학 전통발효식품과,
**계명전문대학 식품영양과

Changes in Functional Characteristics of Maillard Reaction Products by Ozonolysis

Gee-Dong Lee*, Joong-Ho Kwon and Jeong-Sook Kim**

Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University

**Department of Traditional Fermented Food, Kyongbuk College of Science*

***Department of Food and Nutrition, Keimyung Junior College*

Abstract

It was investigated that the reduction of the intense brown color and increase of solubility, and depolymerization of polymerized melanoidins by ozonolysis affect their antioxidative and antimutagenic activities. Melanoidins was depolymerized and decolorized by ozonolysis. Ozone-treated melanoidins revealed a lower antioxidative activity and a higher antimutagenic activity than those of the untreated control. Fractions of ozone-treated melanoidins showed three peaks resemble to that of the melanoidins on Sephadex column chromatogram. Melanoidins of above MW 1,200 showed intense brown color. However, the strongest electron-donating ability was detected in the melanoidins of between MW 750 to 900. Ozone-treated and ozone-untreated melanoidins of between MW 900 to 1,000 revealed the higher antioxidative and antimutagenic activities.

Key words: melanoidins, antioxidativity, antimutagenicity, ozonolysis, fractionation

서 론

우리나라는 고래로부터 대두를 발효시켜 간장 및 된장을 가공하여 왔다. 이러한 간장 및 된장은 Maillard 반응 생성물(MRPs)을 포함하고 있으며⁽¹⁾, 이는 우리 선조들이 맛과 향을 내는 Maillard 반응 식품을 일찍부터 섭취하여 왔음을 보여주고 있다. 또한 근래에는 이들 전통식품에서 MRPs가 식품의 빛깔, 맛, 향 뿐만 아니라 항산화성, 항돌연변이원성 등의 중요한 기능성도 갖추고 있음이 점차 밝혀지고 있다^(2,4). 특히 melanoidins은 지금까지 항산화 작용기작에 대한 많은 의문점이 있음에도 불구하고 이들이 일정수준의 항산화력을 가지고 있다고 알려져 있다^(1,5,9). 이러한 melanoidins의 항산화력은 자신이 지니고 있는 수소 또는 전자공여성이나 metal chelating 특성에 의한다고 추정하고 있다^(5,10).

Yamaguchi 등⁽¹¹⁾은 glucose와 xylose로 만든 갈변물질을 Sephadex G-15 및 G-20을 사용하여 reductones과 melanoidins으로 분획한 후 다시 고분자 melanoidins과 저분자 melanoidins으로 분획하였다. 그리고 glycine-glucose의 MRPs인 melanoidins의 항돌연변이원성은 분자량이 큰 흑분일수록 더 강한 특성을 나타내며, 이들의 색깔정도, 환원력, 항산화력 등은 항돌연변이원성과 높은 상관성을 가지고 있다고 보고하였다⁽¹²⁾. 간장에서 분리된 갈색의 melanoidins은 aflatoxin B₁에 의한 돌연변이원성을 유의적으로 감소시켰는데, 관련 기작은 확실히 밝혀지지 않았으나 이는 melanoidins이 갖는 항산화성과 aflatoxin B₁에 대한 비돌연변이성 물질로의 전환작용이라고 알려지고 있다⁽¹³⁾. Kato 등⁽¹⁴⁾은 glucose-glycine 모델계로부터, melanoidins은 발암성 nitrosamine의 형성을 저해하고 nitrite를 분해한다고 하였다.

이러한 항산화성 및 항돌연변이원성을 지닌 MRPs를 식품소재로 이용하려고 할 때 문제가 되는 점은 원료의 비용, 식품에 대한 기능적 효과, 효과적인 농도,

Corresponding author: Joong-Ho Kwon, Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, 1370 Sankyuk-dong, Taegu 702-701, Korea

제한된 지질 용해성, 짙은 갈색, 특이한 냄새 및 생리 활성에 대한 불분명성 등을 들 수 있다. 그러나 이러한 문제점을 해결할 수 있다면 MRPs는 식품에 대한 항산화성 및 항돌연변이원성 물질로서 우수한 기능성 소재가 될 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 고분자 MRPs의 짙은 갈색, 농도 등을 고려하여, ozonolysis에 의한 탈색 및 저분자화가 melanoidins의 갈색도, 항산화성 및 항돌연변이원성에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

재료 및 방법

MRPs의 조제

본 실험에서는 탈지대두박(U.S. Yellow No. 2)과 옥수수 전분을 국내 식품업체(J사, M사)로부터 구입하여 기질제조용 조원료로 사용하였다. 기질의 제조 및 Maillard 반응의 진행은 이 등⁽¹⁵⁾의 방법에 따라 실시하였으며, MRPs는 동결건조한 후 질소를 충전하여 -18°C 이하의 냉장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

MRPs의 ozonolysis

MRPs의 탈색 및 저분자화를 위한 ozone 처리는 Kim 등⁽¹⁶⁾의 방법에 준하여 실시하였다. Ozone은 건조한 O₂를 오존발생기(22 KV, 태경실업)에 통과시켜 얻었다. 155°C, 7.15시간 및 용매의 pH 12에서 Maillard 반응으로 생성된 MRPs용액(0.25% MRPs, A₄₂₀에서 흡광도 : 0.455)을 0°C, pH 4.4로 유지하면서 0.02% ozone-oxygen을 0.6 L/min의 속도로 MRPs용에 1,500분 동안 통과시켜 흡광도를 0.284까지 감소시켰다. Ozone 처리된 MRPs는 동결건조하여 질소 충전 후 -18°C 이하의 냉장고에 저장하면서 실험에 사용하였다.

MRPs의 분획

MRPs 100 mg을 Sephadex G-10 column chromatography로 분획하고 이것을 다시 Sephadex G-25 및 Sephadex G-50 column chromatography로 분획하였다. 이때 사용된 검출과장은 279 nm 및 420 nm을 사용하였으며⁽¹⁷⁾, 용출액은 증류수를 사용하였고 용출속도는 1.2 mL/min로서 4 mL/tube을 취하였으며, 이 분획들을 분석에 이용하였다.

분자량 측정

MRPs의 분자량은 Sephadex G-25 gel filtration chromatography을 이용하여 측정하였다. 이때 사용된 표준물질은 stachyose (MW 666.6), α-cyclodextrin (MW

972.9), γ-cyclodextrin (MW 1297.1) 및 aprotinin (MW 6500)이었다.

흡광도 측정

MRPs의 흡광도는 일정비율로 희석된 용액을 spectrophotometer을 사용하여 380 nm, 420 nm 및 500 nm에서 측정하였다⁽¹⁷⁾.

항산화성 측정

MRPs의 항산화성 측정법으로써 전자공여성 시험은 α, α'-diphenyl-β-picrylhydrazyl (DPPH)을 이용하여 528 nm에서 흡광도의 변화로서 측정하였다⁽¹⁷⁾. 그리고 과산화물가에 의한 유도기간은 thiocyanate 방법⁽¹⁸⁾에 따라 측정하여 과산화물량으로 나타내었으며, 이때 흡광도 0.170일 때를 유도기간으로 하였다.

항돌연변이원성 측정

MRPs의 항돌연변이원성 시험은 *Salmonella typhimurium* TA 98를 이용한 Ames 등의 실험방법을 개량한 preincubation법⁽¹⁹⁾을 이용하였으며, 대사활동이 필요하여 S-9 mix를 첨가하였다.

결과 및 고찰

MRPs의 분자량 크기별 특성

MRPs를 Sephadex G-10 column chromatography로 분획한 chromatogram은 Fig. 1과 같다. 고분자 melanoidins인 5, 6번 분획에서 갈색도가 높게 나타난 반면,

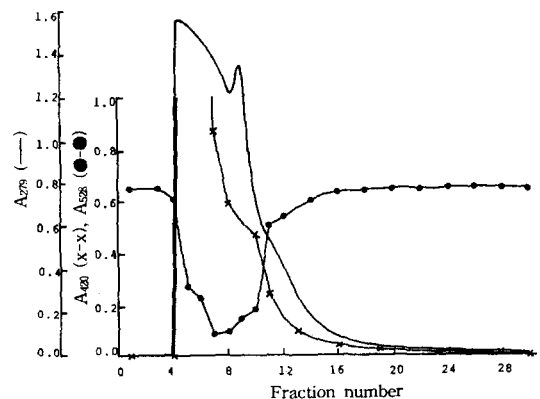


Fig. 1. Elution profile of ozone-untreated melanoidins on Sephadex G-10 column chromatogram [GM1, fraction No. 5, 6; GM2, fraction No. 7, 8, 9; GM3, fraction No. 11, 12, 13; —: absorbance at 279 nm; X—X: browning color intensity at 420 nm; ●—●: electron donating ability (by DPPH) at 528 nm; elution solvent, distilled water].

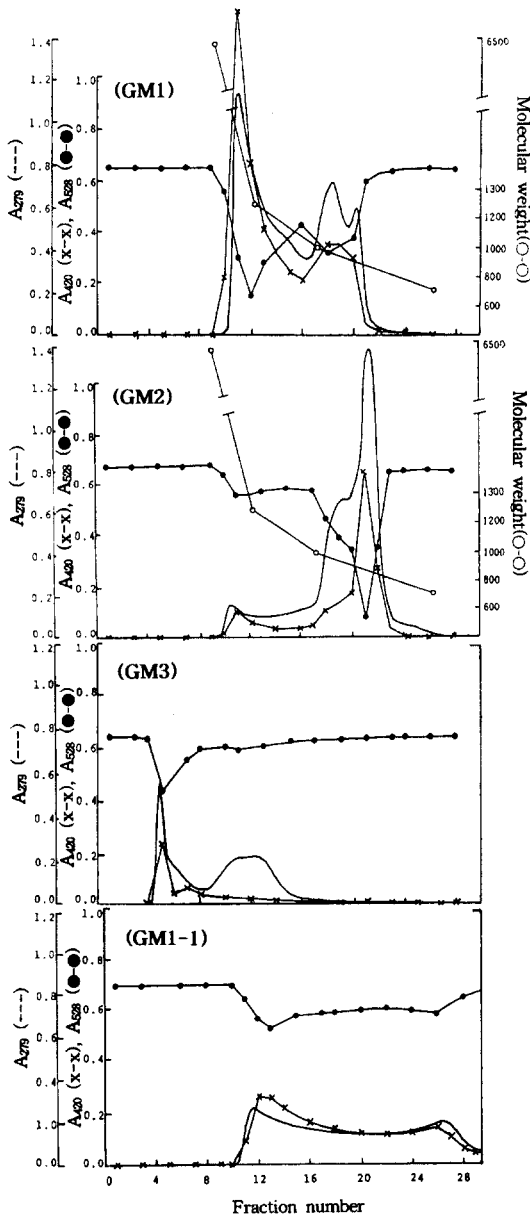


Fig. 2. Elution profile of GM1 and GM2 on Sephadex G-25 column chromatogram, GM3 on Sephadex G-10 column chromatogram, and GM1-1 on Sephadex G-50 column chromatogram [GM1-1, fraction No. 11, 12, 13 fractionated by Sephadex G-25 column chromatography; —: absorbance at 279 nm; ×—×: browning color intensity at 420 nm; ●—●: electron donating ability (by DPPH) at 528 nm; ○—○: molecular weight; elution solvent, distilled water].

전자공여성은 7, 8, 9번 분획에서 높은 값을 나타내었다. 각 분획 가운데 5, 6번 분획(GM1)과 7, 8, 9번 분

획(GM2)을 다시 Sephadex G-25 column chromatography로 분획한 chromatogram을 Fig. 2 (GM1, GM2)에 나타내었다.

GM1 및 GM2를 Sephadex G-25 column chromatography로 분획한 chromatogram은 Maillard 반응 복합물(UV를 흡수하는 유색 및 무색의 화합물)을 검출하기 위해 보다 더 높은 감도를 나타내는 279 nm에서 세개의 peak를 나타내었다. 분자량이 1,200 이상인 11, 12, 13분획은 흡광도(279 nm), 갈색도(420 nm), 전자공여성이 모두 높았으며, 주된 peak를 형성하였다. 분자량이 900~1,000 사이에 있는 melanoidins의 17, 18, 19번 분획에서도 높은 갈색도와 전자공여성을 나타내었다. GM2를 Sephadex G-25 column chromatography로 분획한 peak에서 분자량이 750~900 사이에 있는 20, 21, 22번 분획은 주 peak를 형성하였고, 갈색도는 279 nm에서 흡광도에 비해 낮은 편이었으나 전자공여성은 가장 강하게 나타났다. 이것은 Kim 등⁽²¹⁾이 melanoidins의 환원력은 분자량과 갈색도가 증가할수록 증가하였으며, 분자량이 1,000 이상의 melanoidins은 강한 환원력을 나타내었으나 분자량이 1,000 이하의 melanoidins은 약한 환원력을 나타내었다는 보고와 상반되는 결과로서, 분자량이 900~1,000인 저분자 melanoidins에서도 강한 환원력을 나타내었다.

그러나 Sephadex G-10 column chromatography에서 분획된 MRPs의 저분자인 11, 12, 13번 분획(GM3)의 분자크기 분포를 확인하기 위하여 다시 같은 조건으로 Sephadex G-10 column chromatography에서 분획한 저분자의 peak는 Fig. 2(GM3)와 같이 갈색도와 전자공여성은 낮은 반면 279 nm에서의 흡광도는 강한 peak를 나타내었는데, 이는 주로 당, 아미노산 및 저분자 melanoidins의 peak로 생각된다. 또 GM1을 Sephadex G-25 column chromatography로 분획할 경우 나타난 고분자 melanoidins (11, 12, 13번 분획, GM1-1)을 Sephadex G-50 column chromatography로 분획하여 분획한 chromatogram은 Fig. 2 (GM1-1)에 나타내었다. 고분자 melanoidins인 GM1-1은 분자크기가 넓게 분포되어 있었으며, 모든 peak의 갈색도와 전자공여성은 동일하게 넓은 분포를 보였다. 따라서 전자공여성은 갈색도의 변화와 유사한 패턴을 나타내어 갈색도가 높을수록 높게 나타났다.

Ozonolysis 처리한 MRPs의 분자량 크기별 특성

MRPs를 ozone에 의해 저분자화 및 탈색시킨 후 Sephadex G-10 column chromatography로 분획한 chromatogram을 Fig. 3에 나타내었다. 분획된 chromato-

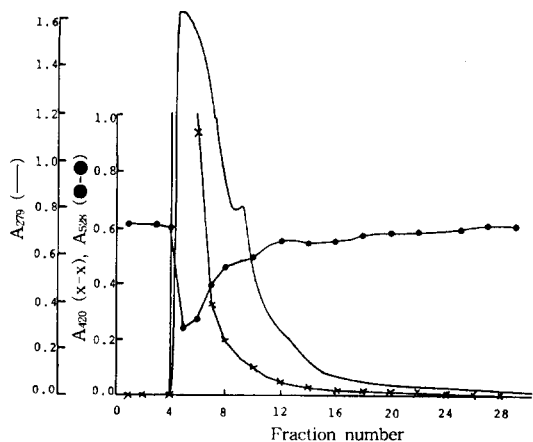


Fig. 3. Elution profile of ozone-treated melanoidins on Sephadex G-10 column chromatogram [GO1, fraction No. 5, 6; GO2, fraction No. 7, 8, 9; GO3, fraction No. 11, 12, 13; —: absorbance at 279 nm; X—X: browning color intensity at 420 nm; ●—●: electron donating ability (by DPPH) at 528 nm; elution solvent, distilled water].

gram의 흡광도(279 nm)는 ozone 처리 전의 MRPs와 거의 유사한 패턴을 나타내었다. 고분자 melanoidins (5, 6번 분획, GO1)의 흡광도(279 nm) peak는 ozone 처리되지 않은 고분자 melanoidins의 peak보다 약하게 나타났으며, 저분자 melanoidins (7, 8, 9번 분획, GO2) 또한 ozone에 의해 분해되어 저분자화되거나 당이 유리되면서 흡광도(279 nm)가 감소되는 것으로 여겨된다⁽²²⁾. 전자공여성은 ozone 처리된 고분자 melanoidins이 ozone 처리되지 않은 고분자 melanoidins보다 약한 활성을 나타내었으며, 특히 ozone 처리된 저분자 melanoidins에서는 전자공여성이 많이 줄어들었는데, 이것은 Yamaguchi⁽²⁰⁾가 melanoidins에 ozone을 처리함에 따라 환원력은 급속히 줄어들었다고 보고한 내용과 일치하는 경향이었다. 또한 GO1 및 GO2를 Sephadex G-25 column chromatography로 분획한 chromatogram은 Fig. 4(GO1, GO2)에 나타내었으며, GM1 및 GM2를 Sephadex G-25 column chromatography로 분획한 chromatogram과 비교해 볼 때, 11, 12, 13번 분획(분자량, 1,200 이상)은 ozone 처리로 인해 분해되어 저분자화되었는데, 이는 Kim 등⁽¹⁶⁾이 nondialyzable melanoidins은 ozone으로 산화시킬 경우 melanoidins의 평균 분자량이 감소하였다는 보고와 일치하는 경향이었다. 상대적으로 분자량이 900~1,000인 16, 17, 18번 분획은 ozone 처리된 melanoidins (MW 900~1,000)에서 증가하였으며, 갈색도 및 전자공여성은 ozone 처리된 melanoidins에서 전반적으로 크게 감소하였다. 그러나

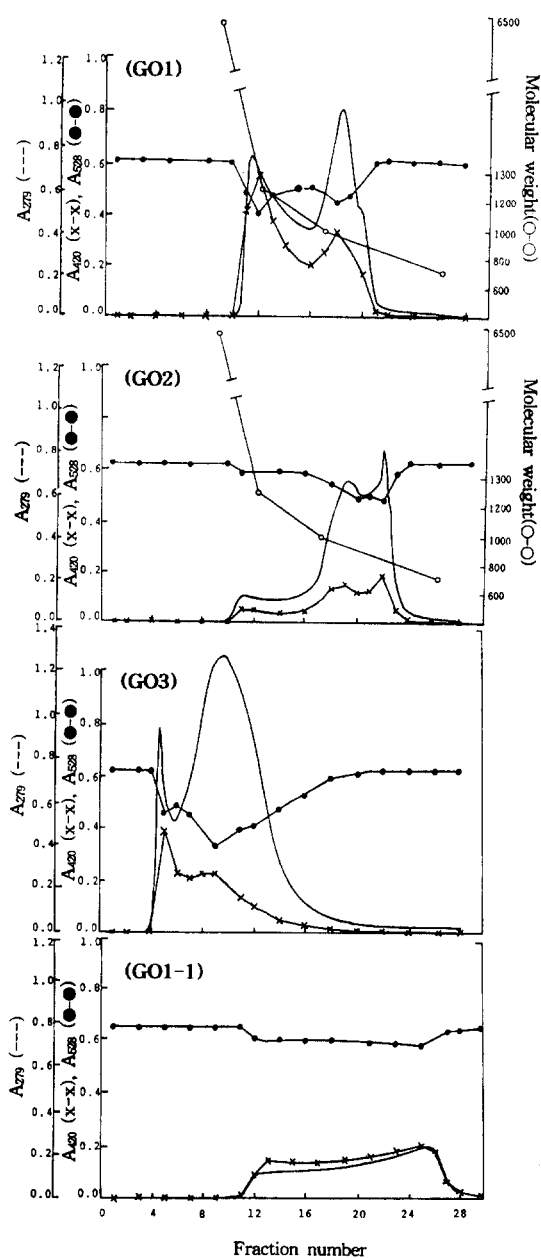


Fig. 4. Elution profile of GO1 and GO2 on Sephadex G-25 column chromatogram, GO3 on Sephadex G-10 column chromatogram, and GO1-1 on Sephadex G-50 column chromatogram [GO1-1, fraction No. 11, 12, 13 fractionated by Sephadex G-25 column chromatography; —: absorbance at 279 nm; X—X: browning color intensity at 420 nm; ●—●: electron donating ability (by DPPH) at 528 nm; ○—○: molecular weight; elution solvent, distilled water].

분자량이 750~900인 저분자 melanoidins은 ozone 처리 후 279 nm에서 흡광도가 크게 줄어들었고 갈색도

및 전자공여성 또한 약하게 나타났다. 이것은 Maillard 반응의 초기단계에서, melanoidins에 1차적으로 결합되어 있던 아미노산이 ozone 처리로 쉽게 분해되어 유리됨으로써 저분자 melanoidins이 상대적으로 줄어드는 것으로 여겨지며⁽²²⁾, 저분자 melanoidins이 reductones 구조를 가지고 있으므로 환원력이 높았다는 Bailey 등⁽¹⁰⁾ 및 Wu 등⁽²³⁾의 보고와는 상이한 결과였다. 그러나 ozone 처리에 의해 melanoidins이 탈색되고 환원력이 낮아졌다는 김⁽²⁴⁾의 결과와는 일치하였다. 반면에 GO3을 Sephadex G-10 column chromatography로 분획한 Fig. 4 (GO3)에서 두번째 peak는 GM3의 두번째 peak와 비교해서 흡광도(279 nm)가 높게 나타났으며, 갈색도, 전자공여성 또한 다소 증가되었다. 이와 같은 결과는 melanoidins에 ozone을 처리함에 따라 고분자 melanoidins이 분해됨으로써 저분자화되어 증가되는 것으로 생각되며, 이러한 ozone 처리 저분자 melanoidins은 279 nm에서의 흡광도의 크기에 비해 전자공여성이 낮게 나타났다.

GO1에서 분획된 11, 12, 13번 분획(GO1-1)을 Sephadex G-50 column chromatography로 분획하여 본 chromatogram은 Fig. 4 (GO1-1)에 나타내었는데, 이것은 GM1-1에서의 chromatogram과는 다른 패턴을 나타내었다. GM1-1에서는 12, 13번 분획인 분자량이 큰 부분의 melanoidins에서 흡광도, 갈색도 등이 가장 높게 나타난 반면, GO1-1분획에서는 분자량이 작은 부분인 24, 25번 분획에서 흡광도, 갈색도 및 전자공여성이 보다 높게 나타났다. 이러한 결과는 고분자 melanoidins에 ozone을 처리함에 따른 고분자 melanoidins이 부분적인 분해가 일어나는 것으로 생각된다.

Ozonolysis 처리한 MRPs의 항산화성 및 항돌연변이원성

MRPs와 ozone 처리된 MRPs를 Sephadex G-10 및 G-25 column chromatography로 분획하여 얻은 melanoidins의 색도, 항산화성 및 항돌연변이원성을 측정된 결과는 Table 1와 같다. 항돌연변이원성은 MRPs에 ozone 처리를 함에 따라 2.5% 증가하였으나 항산화성은 3.7% 줄어들었다. 이러한 결과는 Yamaguchi⁽²⁰⁾가 melanoidins의 항산화력은 ozone 처리에 의해 줄어들지 않는다는 결과와 상반되는 것이었다. 그러나 Kim 등⁽²¹⁾이 melanoidins의 ozone 처리에 의해 항산화성이 다소 감소하였다고 보고한 바와 일치하는 것으로서 melanoidins의 분자크기에 따라 ozone 처리가 melanoidins의 항산화력에 미치는 영향이 다른 것으로 추측된

Table 1. Antioxidative and antimutagenic activities of ozone-untreated melanoidins and ozone-treated melanoidins

Functional characteristics	MRPs (molecular weight)	Ozone-untreated melanoidins	Ozone-treated melanoidins
Antioxidative activities ¹⁾ (day)	Unfractionated	67.19	63.49
	>1,000	53.45	36.57
	900~1,000	73.21	64.99
	750~900	21.62	22.81
Antimutagenic activities ²⁾ (%)	Unfractionated	91.27	93.76
	>1,000	82.93	79.22
	900~1,000	98.71	99.05
	750~900	52.13	43.79

¹⁾Induction period of peroxide values at O.D; 0.170 (at 500 nm).

²⁾Antimutagenic activity by *Salmonella typhimurium* TA 98 (with Trp-p-2; 3-amino-1-methyl-5H-pyrido<4,3-b>indole, 0.08 nmol) was incubated with and without each melanoidin (2 mg) at 37°C for 20 min, and the number of His⁺ revertants of Trp-P-2 without melanoidin per plate was 1672.

다. 그리고 Kim 등⁽²¹⁾은 nondialyzable melanoidins에 ozone을 처리했을 경우 melanoidins의 항돌연변이원성은 발암원의 종류에 따라 다르게 나타났으며, Glu-p-1, Glu-p-2 및 IQ에 대한 ozone 처리된 melanoidins의 항돌연변이원성은 활성이 다소 증가하였다고 보고하였는데, 이것은 위의 결과와 일치하는 것이었다. 그러나 GM1, GM2, GO1 및 GO2를 Sephadex G-25 column chromatography로 분획된 melanoidins 중 고분자 melanoidins인 11, 12, 13번 분획은 항산화성 및 항돌연변이원성 모두 ozone 처리로 감소하였다. 그러나 분자량 900~1,000인 16, 17, 18번 분획에서는 항산화성 및 항돌연변이원성 모두 가장 높은 효과를 나타내었으며, ozone 처리로 인하여 항산화성은 약간 감소하였으나 항돌연변이원성은 증가하였다. 이것은 Kim 등⁽²¹⁾이 분자량이 1,000 이상으로 높을수록 항산화성과 항돌연변이원성이 증가하여 분자량이 5,000 이상에서 가장 높게 나타났다고 보고한 내용과는 상이한 결과였다. 이러한 사실은 분자량이 1,000 이하의 melanoidins을 모두 사용하지 않고 분자량이 900~1,000인 melanoidins을 분획하여 측정에 이용하므로써 고분자 melanoidins보다 900~1,000인 melanoidins이 더 우수한 기능성을 가지고 있음을 알 수 있었다. Ozone 처리에 따른 melanoidins의 항돌연변이원성 증가는 고분자 melanoidins의 분해로 항돌연변이원성이 강한 melanoidins이 분해되어 분자량이 900~1,000인 저분자로 전이하였거나 melanoidins이 산화물로 분해되면서 항돌연변이원

활성이 증가된 것으로 생각된다.

요 약

Melanoidins의 짙은 갈색도, 고분자, 제한된 용해도 등을 고려하여 ozonolysis에 의한 탈색 및 저분자화가 분획별 melanoidins의 갈색도, 항산화성 및 항돌연변이원성 특성에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. Melanoidins의 ozone 처리는 저분자화와 탈색을 유도하였으며, 항산화성은 다소 감소한 반면 항돌연변이원성은 증가하는 경향을 보였다. Ozone 처리된 melanoidins는 Sephadex G-25 column chromatogram 상에서 ozone 처리되지 않은 melanoidins과 유사한 pattern의 3개 peak가 확인되었다. Melanoidins는 분자량 1,200 이상에서 갈색도가 가장 높았으나 전자공여성은 분자량 750~900 사이의 melanoidins에서 가장 강하였다. 그러나 분자량 900~1,000인 melanoidins을 ozone 처리 유무에 관계없이 항산화성 및 항돌연변이원성이 가장 우수하였다.

감사의 글

본 논문은 1995년도 한국과학재단 핵심전문연구과제(951-0603-082-1) 연구결과의 일부이며 지원에 감사드립니다.

문 헌

- Cheigh, H.S., Lee, J.S. and Lee, C.Y.: Antioxidative characteristics of melanoidin related products fractionated from fermented soybean sauce (in Korean). *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **22**, 570-575 (1993)
- Park, K.Y., Lee, E.S., Moon, S.H. and Cheigh, H.S.: Effects of browning products and charcoal on the degradation of aflatoxin B1 in Korean soy sauce (*Kanjang*) and its medel system (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **21**, 419-424 (1989)
- Cheigh, H.S., Park, K.Y., Lee, E.S. and Moon, S.H.: Antioxidative characteristics of fermented soybean sauce on the oxidation of fatty acid mixture (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **22**, 332-336 (1990)
- Moon, S.H. and Cheigh, H.S.: Antioxidative characteristics of soybean sauce in lipid oxidation process (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **19**, 537-542 (1987)
- Namiki, M.: Chemistry of Maillard reactions: recent studies on the browning reaction mechanism and the development of antioxidants and mutagens. *Adv. Food Res.*, **32**, 115-184 (1988)
- Kirigaya, N., Kato, H and Fujimaki, M.: Studies on anti-oxidant activity of non-enzymatic browning reaction products(1). *Agric. Biol. Chem.*, **32**, 287-290 (1968)
- Park, H.D. and Kim, D.H.: Antioxidant activity of methylene chloride extrats obtained from glucose-ammonia (1M+8M) browning mixtures (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **11**, 93-98 (1979)
- Namiki, M., Shigeta, A. and Hayashi, T.: Antioxidant effect of the reaction mixture of dehydroascorbic acid with tryptophan. *Agric. Biol. Chem.*, **46**, 1199-1212 (1982)
- Lee, M.J., Kim, H.D., Park, J.W. and Kim, D.S.: Comparison of the antioxidant activity of melanoidin with commercial antioxidants and their synergistic effects (in Korean). *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **21**, 686-692 (1992)
- Bailey, M.E. and Um, K.W.: Maillard reaction products and lipid oxidation. In *Lipid Oxidation in Food* Angelo, J. St (ed.), ACS Symposium Series 500. Am. Chem. Soc., Washington, DC, p.122-239 (1992)
- Yamaguchi, N., Koyama, Y. and Fujimaki, M.: Fractionation and antioxidant activity of browning reaction products between D-xylose and glycine. *Prog. Food Nutrition Sci.*, **5**, 429-439 (1981)
- Kato, H., Kim, S.B., Hayase, F. and Chuyen, N.V.: Demutagenicity of melanoidins against mutagenic pyrolysates. *Agric. Biol. Chem.*, **47**, 3093-3095 (1985)
- Bjeldances, L.F. and Chew, H.: Mutagenicity of 1,2-dicarbonyl compounds: maltol, kojic acid, diacetyl and related substances. *Mut. Res.*, **67**, 367-371 (1979)
- Kato, H., Lee, I.E. and Chuyen, N.V.: Inhibition of nitrosamine by nondialyzable melanoidins. *Agric. Biol. Chem.*, **51**, 1333-1338 (1987)
- Lee, G.D., Kim, J.S. and Kwon, J.H.: Monitoring of dynamic changes on Maillard reaction substrates by response surface methodology (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **28**, 212-219 (1996)
- Kim, S.B., Hayase, F. and Kato, H.: Decolorization and degradation products of melanoidins on ozonolysis. *Agric. Biol. Chem.*, **49**, 785-792 (1985)
- Kim, S.D., Do, J.H. and Oh, H.I.: Antioxidant activity of Panax Ginsen browning products (in Korean). *J. Korean Agr. Chem. Soc.*, **24**, 161-166 (1981)
- Mitsuda, H., Yasumoto, K. and Iwami, K.: Antioxidative action of indole compounds during the autoxidation of linoleic acid. *Eiyu to Shokuryo*, **19**, 210-214 (1966)
- Maron, D.M. and Ames B.N.: Revised methods for the Salmonella mutagenicity test. *Mut. Res.*, **113**, 173-215 (1983)
- Yamaguchi, N.: Antioxidative activity of the oxidation products prepared from melanoidins, In *Amino-Carbonyl Reactions in Food and Biological Systems*. Proceeding of the 3rd Intl. Sym. on the Maillard Reaction, Susono, Shizuoka, Japan, p.291-299 (1985)
- Kim, S.B., Hayase, F. and Kato, H.: Demutagenic effects of melanoidins against amino acid and protein pyrolysates, In *Amino-Carbonyl Reactions in Food and Biological Systems*. Proceeding of the 3rd Intl. Sym. on the Maillard Reaction, Susono, Shizuoka, Japan, p.383-392 (1985)
- Lee, G.D. and Kwon, J.H.: Changes on the chemical properties of Maillard reaction products as affected by

- ozonolysis (in Korean). *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **26**, 1122-1127 (1997)
23. Wu, C.H., Russel, G.F. and Powrie, W.D.: Paramagnetic Behavior of model system melanoidins. *Dev. Food Sci.*, **13**, 135-145 (1986)
24. Kim, S.B: Chemical interpretaion and biological activity of Maillard reaction products. *Food Sci.*, **19**(3), 25-35 (1986)
-

(1997년 7월 9일 접수)