

당-Lysine 모델 수용액을 이용한 감마선 조사에 의한 비효소적 갈변반응 연구

이주운¹ · 오상희¹ · 김재훈¹ · 변의홍¹ · 김미리² · 김관수³ · 이현자⁴ · 변명우^{1*}

¹한국원자력연구소 방사선연구원 방사선이용연구부

²충남대학교 식품영양학과

³조선대학교 일반대학원 응용과학과

⁴국립한경대학교 영양조리과학과

The Non-Enzymatic Browning Reaction Occurred by Gamma Irradiation in Sugar-Lysine Aqueous Model Solution

Ju-Woon Lee¹, Sang-Hee Oh¹, Jae-Hun Kim¹, Eui-Hong Byun¹, Mee Ree Kim²,
Kwan-Soo Kim³, Hyeon-Ja Lee⁴ and Myung-Woo Byun^{1*}

¹Radiation Application Research Division, Advanced Radiation Technology Institute,
Korea Atomic Energy Research Institute, Jeonbuk 580-185, Korea

²Dept. of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

³Dept. of Applied Science, Graduate School of Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

⁴Dept. of Food Nutrition & Culinary Science, Hankyong National University, Gyeonggi 456-749, Korea

Abstract

Aqueous solutions of sugar alone or in the presence of lysine were gamma irradiated at 0, 5, 10, 20 and 30 kGy at room temperature. Absorbances at 284 nm as an indicator of intermediate stage of non-enzymatic browning reaction increased with irradiation dose in both the solution of sugar or lysine alone and sugar-lysine mixed solution. Absorbances at 420 nm as indicator of browning increased in the irradiated sugar-lysine mixed solutions although no browning was observed in the irradiated solution of sugar or lysine alone. The degree of browning of the irradiated sugar-lysine mixed solution increased with irradiation dose and was dependent on the type of sugar. For sugar-lysine mixed solution irradiated at 30 kGy, the browning had the following order of intensity: sucrose>fructose>arabinose>xylose>glucose. However, the sugar loss of irradiated sugar-lysine mixed solution had a following order of intensity: glucose>fructose>sucrose>xylose>arabinose. The reducing power of the non-reducing sugar, sucrose, was produced by gamma irradiation. The present results indicated that gamma irradiation leads to a non-enzymatic browning reaction (carbonyl-amine reaction) in an aqueous system.

Key words: gamma irradiation, non-enzymatic browning reaction, sugar, lysine

서 론

식품의 방사선 조사기술은 화학적 처리와는 달리 위해물질이 잔류되지 않는 위생화 기술로 미생물학적, 독성학적, 유전학적, 영양학적 안전성이 확보된 가공기술이다(1). 최근 선진국을 중심으로 식품의 저장성 증진 및 완전 멸균을 위해 고선량 조사에 대한 연구가 진행되고 있다. 몇몇 연구에서 고선량 조사에 의해 식품의 풍미(2,3), 질감(4,5), 색(6-8)과 같은 관능적 특성이 변화되었다는 보고가 있으며, 특히 조사에 의해 식품의 갈변현상이 일어났다고 보고된 바 있다(6-8). 이러한 갈변반응은 방사선 조사에 의해 생성된 당수화물 및 단백질 분해산물의 상호반응으로 고분자 착색화합

물이 형성되기 때문으로 보고 있다(8,9). 그러나 이는 가설일 뿐 아직까지 방사선 조사에 의한 비효소적 갈변반응에 대한 원인 및 반응경로에 대한 연구가 진행된 바 없다.

식품의 가공 및 저장 중 일어나는 비효소적 갈변반응은 식품의 갈색화를 비롯하여 flavor생성, 물성변화 등 식품의 관능적 품질 뿐 아니라 영양 생리적 기능성 및 안전성에도 영향을 미치는 중요한 반응이다(10-12). 식품의 가공 및 저장 중 일어나는 비효소적 갈변반응은 주로 가열처리 및 저장에 의한 반응에 관해 연구되었으며, 이는 당-아민 반응(Maillard reaction)과 비아민 반응(caramelization), 그리고 ascorbic acid 산화반응에 의한 갈색화 반응의 세 가지로 크게 나누어진다(13).

*Corresponding author. E-mail: mwbyun@kaeri.re.kr
Phone: 82-63-570-3200. Fax: 82-63-570-3202

비효소적 갈변반응은 구성성분의 종류에 따라 그 반응성이 달라진다고 보고되고 있다. Koehler 등(14)은 당-아민 갈변반응에서 당의 종류가 아미노산의 종류에 비해 더 큰 영향을 준다고 보고하였으며, Pomeranz 등(15)은 당류의 종류에 따른 melanoidin의 생성속도가 5탄당>6탄당>2탄당 순으로 높았으며, Ahn(16)은 단당류가 이당류보다 갈변반응속도가 높았다고 보고하였다. Yang과 Shin(17)은 lysine이 갈색화 반응성이 가장 높았으며 그 다음으로 glycine>valine>tryptophan>phenylalanine>glutamic acid 순으로 높은 반응성을 보였다고 하였다.

본 연구는 감마선 조사가 당-아민 환경 혹은 비아민 및 아민 환경에서 비효소적갈변반응에 미치는 영향을 평가하고, 당의 종류가 갈변반응에 미치는 영향을 비교분석하기 위해 당 용액, 아미노산 용액, 당-아미노산 혼합용액에 감마선을 조사하고 갈변도와 화학적 특성 변화를 평가하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에 사용한 sucrose(>99.5%), D(+)-glucose(99.5%), D(-)-fructose(>99.5%), D(+)-xylose(>99%), D(-)-arabinose(>99%) 및 L-lysine(>98%)은 Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. 3,5-Dinitrosalicylic acid, sodium hydroxide 및 potassium sodium tartarate(Rochelle염)은 Junsei Chemical Co.(Japan)에서 구입하였으며, Acetonitrile(99.8%, HPLC 등급)은 Tedia Co., Inc.(Symmes Road, Fairfield, USA)에서 구입하였다.

당 용액, lysine 용액 및 당-lysine 혼합용액 제조

당 용액은 sucrose, glucose, fructose, xylose, arabinose를 각각 1.0 M이 되게 증류수에 용해하였으며, lysine 용액 또한 1.0 M의 농도로 증류수에 용해하였다.

당-lysine 혼합용액은 각각의 당(sucrose, glucose, fructose, xylose, arabinose)과 lysine을 각각 0.1 M의 농도가 되게 증류수에 용해한 후 1:1로 혼합하여 최종 농도가 0.05 M로 조정된 당-lysine 혼합용액을 제조하였다.

감마선 조사

시료의 감마선 조사는 Co-60 감마선 조사시설(선원 10만 Ci, IR-70 gamma irradiator, MDS Nordion, Canada)을 이용하여 실온(20±1°C)에서 10 kGy/h의 선량율로 흡수선량이 0, 10, 20, 30 kGy가 되도록 조사하였으며, 흡수선량의 확인은 ceric cerous dosimeter(Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하여 총 흡수선량의 오차를 계산하였다.

흡광도 측정

Fernández-Artigas 등(18)의 방법에서와 같이 감마선 조사된 용액의 갈변도를 측정하기 위해 spectrophotometer

(UV-1601 PC, Shimadzu Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 284 nm와 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

당의 환원력 측정

환원당 함량은 3,5-dinitrosalicylic acid(DNSA) 방법을 이용하여 측정하였다(19). 즉, 시료 1 mL와 DNSA 용액 1 mL를 혼합한 후 끓는 물에서 10분간 반응시킨 후 냉각하여 spectrophotometer(UV-1601 PC, Shimadzu Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때, DNSA 용액은 3,5-dinitrosalicylic acid 0.5 g, sodium hydroxide 8 g, Rochell염 150 g을 증류수에 용해한 후 500 mL로 정용하여 조제하였으며, 환원당 함량은 glucose 표준곡선을 이용하여 계산하였다.

당 함량 측정

당 함량은 Liu 등(20)의 방법을 참조하여 다음과 같은 조건으로 측정하였다. HPLC system은 separation modules (Waters 2690, Waters Co., Milford, MA, USA), millennium 32 chromatography manager(system Software, Workstation version 3.0, Waters Co.), refractive index detector(waters 2410, Waters Co.), high performance carbohydrate column (4 µm, 4.6 mm×250 mm, Waters Co.)을 사용하였으며, mobile phase는 acetonitrile-water(75:25 v/v)로 1.4 mL/min의 유속으로 하였으며, 시료 주입량은 15 µL이었다. 당 함량은 시료의 peak와 각각의 당을 0.2~1.0%의 농도로 제조하여 분석한 peak 넓이를 기준으로 농도를 계산하였다.

통계처리

각 항목에 대해 동일한 실험을 3회 반복 실시하였으며, 얻어진 결과들을 Windows SPSS 10.0(21)에서 프로그램된 general linear model procedures, least square 평균값을 Duncan의 multiple range test법을 사용하여 평가하였다 (p<0.05).

결과 및 고찰

감마선 조사에 의한 갈변도 변화

감마선 조사된 당(sucrose, glucose, fructose, xylose, arabinose) 용액과 lysine 용액의 284 nm와 420 nm의 흡광도는 Table 1과 같다. 비효소적 갈변반응은 일반적으로 초기, 중기, 말기의 3단계로 분류되며 자외선 혹은 가시광선 영역에서의 흡광도로 구별할 수 있다(13). 즉, 초기단계는 당 및 아미노산의 중합반응이 일어나는 단계로 자외선 영역과 가시광선 영역 모두에서 흡광도가 증가되지 않으며, 중기단계는 색의 증가가 관찰되지 않아 가시광선 영역의 흡광도가 증가하지 않지만, 당 및 아미노산의 분해산물 생성으로 자외선 영역에서의 흡광도가 증가되고, 최종단계는 착색화합물이 생성되어 가시광선 영역에서의 흡광도가 증가한다

Table 1. Absorbance at 284 nm and 420 nm of the sugar solutions (1.0 M) and lysine solution (1.0 M) after gamma-irradiation

	Irradiation dose (kGy)				SEM ¹⁾
	0	10	20	30	
A₂₈₄ (Dil 1/10)					
Sucrose	0.000 ^{d2)}	0.202 ^c	0.292 ^b	0.313 ^a	0.0061
Glucose	0.000 ^d	0.490 ^c	0.852 ^b	1.038 ^a	0.0292
Fructose	0.000 ^d	0.192 ^c	0.308 ^b	0.376 ^a	0.0150
Xylose	0.000 ^d	0.100 ^c	0.128 ^b	0.164 ^a	0.0032
Arabinose	0.000 ^d	0.005 ^c	0.009 ^b	0.122 ^a	0.0081
Lysine	0.000 ^d	0.082 ^c	0.134 ^b	0.212 ^a	0.0078
A₄₂₀					
Sucrose	0.000 ^{NS3)}	0.002	0.002	0.003	0.0007
Glucose	0.000	0.002	0.002	0.002	0.0058
Fructose	0.000	0.004	0.017	0.005	0.0058
Xylose	0.000	0.001	0.002	0.001	0.0005
Arabinose	0.000	0.003	0.002	0.004	0.0008
Lysine	0.000	0.005	0.004	0.009	0.0004

¹⁾SEM: pooled standard errors of the mean (n=12).
²⁾Different letters within a row differ significantly (p<0.05).
³⁾Not significantly different between samples.

고 하였다. 따라서 284 nm에서의 흡광도(A₂₈₄)는 갈변 중기 단계, 420 nm에서의 흡광도(A₄₂₀)는 갈변 최종단계의 지표가 된다(18). 본 연구결과에서 모든 당 및 lysine 용액에서 조사선량에 따라 A₂₈₄가 유의적으로 증가하였다. 이러한 자외선 파장에서의 흡광도 증가는 감마선 조사에 의한 당 및 lysine의 분해산물의 증가에 의한 것으로 사료된다. 그러나 당 및 lysine 용액의 A₄₂₀은 30 kGy 조사구에서도 비조사구와 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나 당 및 아미노산 단독용액은 감마선 조사에 의해 색의 변화가 관찰되지 않았다.

감마선 조사된 당-lysine 혼합용액의 A₂₈₄와 A₄₂₀을 각각 Fig. 1과 Fig 2에 나타내었다. 그 결과 당-lysine 용액은 당의 종류에 따라 그 정도의 차이는 있었으나 감마선 조사선량이 증가함에 따라 A₂₈₄와 A₄₂₀ 모두 증가하였다. Table 1에서와 같이 본 연구에서 당 및 lysine용액 단독으로 조사하였을 경우에는 갈변현상이 관찰되지 않았으나 당-lysine 혼합용액은 조사에 의해 갈변반응이 일어난 것으로 보아 감마선 조사에 의한 비효소적 갈변반응은 비아민 환경 및 아민 환경에서는 일어나지 않고 당-아민 환경에서 진행되는 것으로 사료된다.

한편, 감마선 조사된 당-lysine 혼합용액의 갈변도는 당의 종류에 따라 다르게 나타났으며 그 강도의 순서는 sucrose>xylose>fructose>arabinose>glucose로 나타났다. Spark(22), Mauron(12)과 Pomeranz 등(15)은 당-아민 용액의 가열에 의한 갈변반응에서 당의 종류에 따른 반응성이 오탄당>aldo형 육탄당>keto형 육탄당>이당류의 순서로 나타났다고 보고하였다. 그러나 이러한 당의 반응성은 반응 환경에 따라 다르게 나타나며(13), 가열반응에 의한 갈변반응에서는 높은 온도에서 fructose와 자유 amino group과 반응성이 다른 당보다 높았다고 보고되었다(23). 본 연구결과에서는 감마

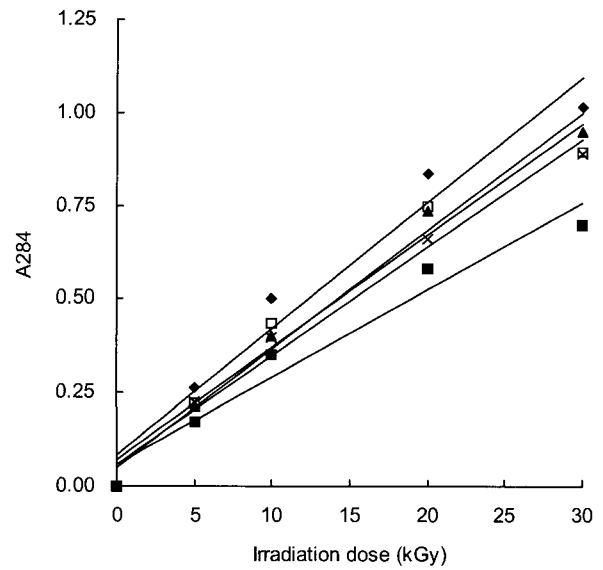


Fig. 1. Absorbance at 284 nm (dilution 1/10) of the sugar-lysine solutions¹⁾ after gamma irradiation.

Sucrose (◆), glucose (■), fructose (□), xylose (▲) and arabinose (×).
¹⁾Sugar-amino acid solution: the samples contained sugar (sucrose, glucose, fructose, xylose or arabinose) and lysine at molar ratio of 1:1, a final concentration of 0.05 M in deionized distilled water.

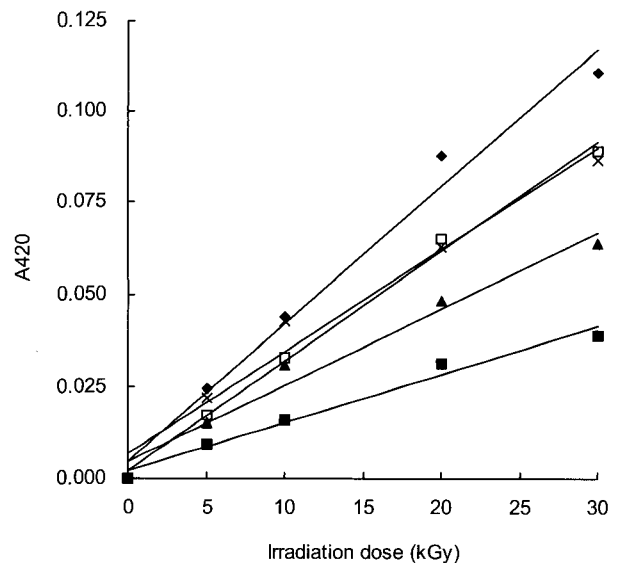


Fig. 2. Brown color development in the sugar-amino acid solutions¹⁾ after gamma irradiation measured spectrophotometrically at 420 nm.

Sucrose (◆), glucose (■), fructose (□), xylose (▲) and arabinose (×).
¹⁾Sugar-amino acid solution: the samples contained sugar (sucrose, glucose, fructose, xylose or arabinose) and lysine at molar ratio of 1:1, a final concentration of 0.05 M in deionized distilled water.

선 조사에 의한 비효소적 갈변반응은 이당류인 sucrose의 갈변 반응성이 가장 높았으며 aldo형 육탄당인 glucose의 갈변 반응성이 가장 낮게 나타났다. 그러나 이러한 감마선 조사에 의한 당-아민 환경에서의 갈변반응이 가열 및 저장

중에 일어나는 Maillard반응과 같은 반응인지 아니면 다른 경로의 반응인지는 더 많은 연구가 필요하다.

당의 함량 및 환원력 변화

당-lysine 혼합용액의 감마선 조사에 의한 당 함량 변화를 Table 2에 나타내었다. 당-lysine 혼합용액의 당 함량은 감마선 조사선량에 비례적으로 감소하였으며 그 감소정도는 glucose>fructose>sucrose>arabinose 순으로 나타나 30 kGy 조사 시 당 함량이 각각 16.8%, 11.3%, 10.4%, 9.5%, 6.7% 감소하였다. 이는 감마선 조사에 의한 당-lysine용액의 갈변도와 비교할 때, 당의 분해정도가 갈변도와 상관관계가 없는 것으로 나타나 감마선 조사에 의한 비효소적 갈변반응은 당의 분해산물이 색을 나타내는 것이 아니라 당 및 아미노산의 분해산물들의 상호 반응으로 착색화합물을 생성할 것이라는 그 동안의 가설을 뒷받침하지만 이에 관한 더 많은 연구가 필요하다. 감마선 조사에 의한 당의 환원력 변화를 Table 3에 나타내었다. 비환원당인 sucrose는 감마선 조사에 의해 환원력이 생성되었으며 조사선량에 따라 유의적으로 증가하였다. 이러한 비환원당인 sucrose와 전분이 감마선 조사에 의해 환원력이 생성되는 것은 많은 연구에서 보고된 바 있다(8,24). 감마선 조사에 의해 생성된 자유라디칼들은 전분 혹은 이당류의 glucose의 C₁ 위치의 glycosidic linkage의 분열을 일으켜 결과적으로 이러한 radiolytic end products가 환원력을 갖는 것으로 보고되어 있다. 이러한 환원당은 비효소적 갈변반응에서 아민화합물과 반응성이 높아 비효소적 갈변반응의 초기단계에서 중요한 역할을 한다

(13). 본 연구결과에서 비환원당인 sucrose의 갈변반응성이 가장 높게 나타난 것은 감마선 조사에 의한 환원력 생성으로 반응성이 높아진 것으로 사료된다. Glucose 및 fructose는 감마선 조사에 의해 환원력이 감소하였는데, 이는 감마선 조사에 의해 다른 환원부분이 생성되지 않고 당이 분해되었기 때문으로 사료된다. 본 연구결과를 볼 때 이당류의 경우 감마선 조사에 의해 glycosidic bond가 분열됨으로써 환원력이 생성되어 아민류와 반응성이 증가한 반면, 단당류의 경우 환원력은 감소하였다. 감마선 조사에 의한 당의 분해도 가 높다고 갈변도가 높은 것이 아닌 것으로 보아 당의 분해 산물뿐 아니라 아미노산의 분해산물의 생성정도와 이들 분해산물의 상호작용에 따라 갈변반응성이 달라지는 것으로 사료된다.

요 약

당 및 lysine 혹은 당-lysine 혼합모델 수용액에서 감마선 조사에 의한 갈변도 변화 및 화학적 특성을 연구한 결과 감마선 조사에 의한 비효소적 갈변반응은 당 및 아미노산 단독 환경에서는 일어나지 않았으며, 당-아민 환경에서 진행되는 것으로 나타났다. 당-lysine 혼합용액의 감마선 조사에 의한 갈변 반응성은 당의 종류에 따라 다르게 나타났으나, 당의 감소와 갈변도 사이의 상관관계는 없었다. 비환원당인 sucrose는 감마선 조사에 의해 환원력이 생성되었으며, 다른 당에 비해 높은 갈변 반응성을 나타냈다.

Table 2. Remaining sugar (mg/mL) of the sugar-amino acid solution¹⁾ after irradiation

	Irradiation dose (kGy)				SEM ²⁾
	0	10	20	30	
Sucrose	16.99 ^{a3)}	16.06 ^b	15.50 ^c	15.15 ^c	0.239
Glucose	8.95 ^a	7.95 ^{bc}	7.66 ^{bc}	7.45 ^c	0.265
Fructose	8.93 ^a	8.40 ^{ab}	8.18 ^c	7.92 ^c	0.238
Xylose	7.40 ^a	7.13 ^{ab}	6.88 ^{ab}	6.70 ^b	0.189
Arabinose	7.46 ^a	7.29 ^b	7.11 ^c	6.96 ^d	0.067

¹⁾Sugar-amino acid solution: the samples contained sugar (sucrose, glucose, fructose, xylose or arabinose) and lysine at molar ratio of 1:1, a final concentration of 0.05 M in deionized distilled water.

²⁾SEM: pooled standard error of the mean (n=15).

³⁾Different letters within a row differ significantly (p<0.05).

Table 3. Changes of the reducing level (%) in the sugar solution (1.0 M) after gamma-irradiation

	Irradiation dose (kGy)				SEM ¹⁾
	0	10	20	30	
Sucrose	0.00 ^{c2)}	1.06 ^b	1.61 ^{ab}	2.06 ^a	0.236
Glucose	18.44	18.40	18.28	18.17	0.271
Fructose	18.03 ^a	17.59 ^a	17.15 ^{ab}	16.55 ^b	0.312

¹⁾SEM: pooled standard error of mean (n=12).

²⁾Different letters within a row differ significantly (p<0.05).

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

문 헌

- Loaharanu P. 1989. Worldwide Status of Food Irradiation and FAO/IAEA/WHO/ITC-UNCTAD/GATT International Conference on the Acceptance: control of and Trade in Irradiated Food. *Radiat Phys Chem* 34: 1013-1030.
- Ahn DU, Jo C, Olson DG. 2000. Analysis of volatile components and the sensory characteristics of irradiated raw pork. *Meat Sci* 54: 209-215.
- Zhu MJ, Mendoca A, Ahn DU. 2003. Effect of irradiation on the quality of turkey ham during storage. *Meat Sci* 66: 63-68.
- Prakash A, Manley J, De Costa S, Caporaso F, Foley D. 2002. The effect of gamma irradiation on the micro-biological, physical and sensory qualities of diced tomatoes. *Radiat Phys Chem* 68: 387-390.
- Yoon KS. 2003. Effect of gamma irradiation on the texture and microstructure of chicken breast meat. *Meat Sci* 66: 273-277.
- Fan X, Thayer DW. 2002. Gamma radiation influences browning, antioxidant activity, and malondialdehyde level

- of apple juice. *J Agric Food Chem* 50: 710-715.
7. Kim JH, Ahn HJ, Yook HS, Kim KS, Rhee MS, Ryu GH, Byun MW. 2004. Color, flavor, and sensory characteristics of gamma-irradiated salted and fermented anchovy sauce. *Radiat Phys Chem* 69: 179-187.
 8. Roushdi M, Harras A, El-Meligi A, Bassim M. 1981. Effect of high dose of gamma rays on corn grains. I. Influence on the chemical composition of whole grains and the technological process of starch and by-product isolation. *Cereal Chem* 58: 110-112.
 9. Lee YS, Oh SH, Lee JW, Kim JH, Rhee CO, Lee HK, Byun MW. 2004. Effects of gamma irradiation on quality of cooked rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 582-586.
 10. Friedman M, Finot PA. 1990. Nutritional improvement of bread with lysine and gamma-glutamyllysine; studies in mice. *J Agric Food Chem* 38: 2011-2020.
 11. Martins SIFS, Jongen WMF, van Boekel MAJS. 2001. A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modeling. *Trends Food Sci Technol* 11: 364-373.
 12. Mauron J. 1981. The Maillard reaction in food; a critical review from the nutritional standpoint. *Prog Food Nutr Sci* 5: 5-35.
 13. Hodge JE. 1953. Dehydrated foods: Chemistry of browning reactions in model systems. *J Agric Food Chem* 1: 928-943.
 14. Koehler PE, Mason ME, Newell JA. 1969. Formation of pyrazine compound in sugar amino acid model systems. *J Agric Food Chem* 17: 393-396.
 15. Pomeranz Y, Johnson JA, Shellenberger JA. 1962. Effect of various sugar on browning. *J Food Sci* 27: 350-354.
 16. Ahn MW. 1984. Effect of reaction temperature, time and presence of organic acids or their salts on the antioxidant activity of caramerization mixtures. *PhD Dissertation*. Korea University.
 17. Yang R, Shin DB. 1980. A study on the amino-carbonyl reaction. *Korean J Food Sci Technol* 12: 88-92.
 18. Fernández-Artigas P, Guerra-Hernández E, García-Villanova B. 1999. Browning indicators in model systems and baby cereals. *J Agric Food Chem* 47: 2872-2878.
 19. Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic reagent for determination of reducing groups. *Anal Chem* 31: 426-428.
 20. Liu SC, Chang HM, Wu JSB. 2003. A study on the mechanism of browning in mei liqueur using model solutions. *Food Res Int* 36: 579-585.
 21. SPSS. 1999. SPSS for windows Rel. 10.05. SPSS Inc., Chicago, USA.
 22. Spark AA. 1969. Role of amino acids in non-enzymatic browning. *J Sci Food Agric* 20: 306-316.
 23. Naranjo GB, Malec LS, Vigo MS. 1998. Reducing sugars effect on available lysine loss of casein by moderate heat treatment. *Food Chem* 62: 309-313.
 24. Raffi J, Agnel JP, Boizot C, Thiéry C, Vincent P. 1985. Glucose oligomers as models to elucidate the starch radiolysis mechanisms. *Starch* 37: 228-231.

(2006년 3월 15일 접수; 2006년 4월 19일 채택)