

^{14}C Glycine-Glucose Melanoidin과 양조간장의 대사

문 갑 순

인제대학교 식품영양학과

Metabolism of ^{14}C Glycine-Glucose Melanoidin and Soybean Sauce

Gap-Soon Moon

Dept. of Food Science and Nutrition, Inje University, Kimhae 621 - 749, Korea

Abstract

The metabolic transit of three samples (^{14}C glycine-glucose melanoidin, glycine-glucose melanoidin and soybean sauce) were studied on rats. The radioactivity of various organs and excreta intubated ^{14}C glycine-glucose melanoidin on rats at various intervals (1, 3, 8, 12, 24, 48, 72 and 96 hrs) were detected. And the brown pigment contents and hydrogen donating activities in the excreta which is obtained from three samples were detected during the 7 days after intubated. The total amounts of ^{14}C excreted in the fecese were 53% meaning that the rest of 47% melanoidin seemed to be retained in the body or metabolized. The radioactive compound showed a small retention in the liver and kidney. The brown pigment contents and hydrogen donating activities in the urine and feces increased proportionally to the activity of ^{14}C . When the soybean sauce and glycine glucose melanoidin were intubated, the brown pigment contents excreted in the feces were found to be the highest after 1st day of intubation. In the urine, the model melanoidin was excreted mostly after 3 days of intubation. The brown pigment contents and hydrogen donating activities of three samples of excreta agreed with each other. The soybean sauce retained longer than model melanoidin in the body is telling that it might have antioxidative activity *in vivo*.

Key words : melanoidin, metabolic transit, soybean sauce, brown pigment, hydrogen donating activity

서 론

당과 아미노기 사이에서 일어나는 비효소적 갈변반응의 최종생성물인 melanoidin은 불포화지방산의 산화에 대해 강력한 항산화 효과를 나타냄이 알려져 있다¹⁾. Melanoidin의 항산화 효과의 원인에 대해서는 여러가지로 생각되고 있으나 Maillard 초기반응에서 생성되는 reducton 구조로 인한 환원작용과 금속 chelating 작용 등이 중요한 원인으로 지적되고 있다²⁾. Melanoidin은 강력한 항산화효과를 나타낼 뿐만 아니라 BHT나 BHA 등의 기존의 페놀계 항산화제에 비하여 안전성이 높고 열 등에도 안정한 특성을 가지고 있는 화합물이다. 따라서 이러한 melanoidin의 항산화적 특성을 이용하여 새로운 천연 항산화제로의 이용을 적극 검토할 수 있을 것이다. 본인 등에 의한 이전의 연구²⁻⁴⁾에서 양조간장도 강력한 항산화 효과를 나타내었고 간장의 항산화 효과의 주요 원인 물질은 간장의 색소

성분인 melanoidin으로 밝혀진 바 있다. 간장은 아시아 지역의 중요 조미료로 사용되고 있고 그 섭취량도 결코 무시할 수 없으므로 간장 섭취가 이 지역인들의 영양 생리에도 상당한 영향을 미칠 것으로 여겨진다. 그런데 melanoidin은 상당히 큰 분자이고 *in vivo*에서 항산화 효과를 나타내기 위해서는 체내에서 흡수되는 것이 바람직하므로 melanoidin에 대한 대사과정이 규명되어야 한다. 이에 관한 연구로는 Finot 등⁵⁻⁷⁾과 Na-ir 등⁸⁾ 및 Homma 등^{9,10)}에 의해 연구되었으나 melanoidin의 종류에 따라서 상당히 다른 체내 축적 및 배설을 나타내고 있고 비교적 항산화 효과가 큰 glycine-glucose melanoidin의 *in vivo*에서의 대사경로가 분명히 연구되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 ^{14}C glycine-glucose melanoidin model을 이용하여 흰쥐에서의 대사 과정을 규명하고자 한다. 한편 간장의 경우 biomarker를 만들기 어렵기 때문에 ^{14}C glycine-glucose model system에서 얻어진 melanoidin의 대사 특성을 이용하

도록 하였다. 즉 glycine-glucose model melanoidin과 양조간장을 각각 흰쥐에게 투여하여 배설되는 melanoidin의 양 및 특성들을 ^{14}C glycine-glucose melanoidin과 비교해 봄으로서 간장 갈색물질의 대사과정을 유추해보기로 하였다.

재료 및 방법

^{14}C glycine-glucose model melanoidin의 조제

^{14}C glycine과 glucose model melanoidin은 Nair 등⁶⁾의 방법을 개량하여 조제하였다. 즉, glucose (D-glucose anhydrous, Sigma Chem. Co., USA) 901mg과 glycine-(L-glycine, Sigma Chem. Co., USA) 375mg 및 NaHCO_3 42mg을 증류수 5ml에 용해시킨 후 $100\mu\text{Ci}$ 의 ^{14}C glycine ($\text{U-}^{14}\text{C}$ glycine, Aqu. soln. $104\text{mCi}/\text{mmol}$, from Radiochemical Center, Amersham, England) 2ml을 넣고 밀봉하여 dry bath (Thermolyne, USA)에서 4시간 가열하였다. 이것을 Yamaguchi와 Fujimaki의 방법⁷⁾에 따라 Sephadex G-15 (column length : 40cm, column i. d. : 18mm)로 갈색물질을 분리한 후 rotary evaporator에서 농축하였다. 이것을 다시 Sephadex G-15 column에서 rechromatography한 후 rotary evaporator에서 농축하여 시료로 하였다. 이 농축시료 전체의 ^{14}C 함량은 $19.08\mu\text{Ci}$ 로서 수율은 약 19%정도였다.

2M glycine-glucose model melanoidin의 조제

Glycine과 glucose 각각 2mole에 0.2mole의 NaHCO_3 를 가해 dry bath에서 4시간 가열하여 조제하였다.

시료 양조 간장

시료 양조 간장은 본인의 앞 연구⁴⁾에서 시판 양조 간장 중 가장 갈색도가 크고, 항산화 효과 및 total nitrogen함량이 높은 일본 M사의 tamari 간장을 구입하여 사용하였다.

동물실험

체중 100내지 150g 가량의 Wistar Strain 흰쥐 수컷을 한국 화학연구소(대전)에서 구입하여 시판 흰쥐용 고형사료를 먹이면서 일주일 간 적응시킨 후 각 group 별로 oral zonde needle을 사용해 sample을 경구로 강제 투여 하였다. 이때 ^{14}C glycine-glucose melanoidin 투여군은 24시간 절식시킨 후 쥐 1마리당 $1.3\mu\text{Ci}$ 의 radioactivity가 되도록 투여하였다. 나머지 group들은 절

식시키지 않고 6마리는 glycine-glucose melanoidin 투여군으로서 4시간 가열한 2M glycine-glucose melanoidin을 1ml씩 투여하였고 또 다른 6마리는 양조간장 투여군으로 tamari 간장을 1ml씩 투여하였으며 나머지 6마리는 대조군으로 하였다. 이들을 각각 metabolic cage에 한마리씩 넣고 실험 기간 동안 다음과 같이 조제한 식이를 먹였다. 즉 식이의 조성은 casein 200, corn starch 639, corn oil 100, mineral mixture 30, vitamin mixture 10, choline chloride 1, cellulose 20의 비율로 하였다. 이들 조제 식이와 물은 ad libitum으로 공급하였다. ^{14}C glycine-glucose melanoidin 투여군은 투여후 1, 3, 8, 12, 24, 48, 72, 96시간 후 각각 희생시킨 간, 위, 소장, 대장, 신장 등의 조직을 적출하고 소변과 대변을 수집하여 이들의 radioactivity를 측정하였다. 한편 2M glycine-glucose melanoidin 투여군 및 양조간장 투여군은 일주일 간 소변 및 대변을 채집하여 melanoidin의 특성을 보았다. 소변 시료는 채집 후 삼각 flask에 toluene 1방울을 첨가한 후 냉동실에 보관하면서 사용하였고 대변 시료는 매일 동결건조한 후 분말화하여 냉동 보관하였다.

Radioactivity의 측정

^{14}C glycine-glucose melanoidin 투여군에서 적출한 각 조직은 동결 건조하여 분말 시료로 한 후 이중 약 10mg을 취해 standard liquid scintillation cocktail을 10ml 가해 radioactivity를 측정하였다. 소변은 약 0.25ml 취하여 scintillation cocktail 10ml을 가하였고 대변은 동결 건조한 후 분쇄하여 이중 10mg을 취해 scintillation cocktail 10ml을 가해 radioactivity를 측정하였다. 이때 radioactivity의 측정은 Packard 2000CA Try Carb liquid scintillation spectrometer (Packard instrument Co., Inc., USA)를 사용하였다.

Glycine-glucose melanoidin과 양조간장의 섭취 전후의 특성 비교

HPLC에 의한 각 시료의 분리 패턴과 분자량의 측정

2M Glycine-glucose model melanoidin과 양조간장 갈색물질의 특성을 비교하기 위하여 high performance gel permeation chromatography로 양 시료를 분리하여 그 분리 패턴 및 분자량을 측정하였다. 이 때 사용한 HPLC는 Hitachi L-6000 (Japan)이었으며 column은 TSK G 3000 PW column ($7.5 \times 600\text{mm}$)이었으며 TSK PWH ($7.5 \times 75\text{mm}$)를 guard column으로 사용하였다. Det-

ector는 UV-VIS detector로서 280nm에서 측정하였다. Melanoidin의 분자량 측정의 markers로는 aprotinin(6,500), cytochrome C(12,400), carbonic anhydrase(29,000), albumin(66,000)을 사용하였다.

갈색도의 측정

2M glycine-glucose model melanoidin과 tamari 간장의 갈색도는 각 시료 100배 희석액의 420nm에서의 흡광도로 측정하였다. 대변중의 갈색도의 측정은 동결 건조한 대변 100배 희석액을 여과(Toyo filter paper No.1)한 후 420nm에서의 흡광도로 측정하였다. 소변속의 brown pigment는 소변을 원심분리(3000rpm에서 10분)한 후 0.45µm chromatodisc(クラボウ, Japan)에 통과시켜 420nm에서의 흡광도를 측정하였다.

DPPH에 의한 수소 공여성의 측정

2M glycine-glucose model melanoidin과 tamari 간장의 수소공여성 및 이들을 투여한 흰쥐 배설물 중의 수소공여성은 김 등¹²⁾의 방법에 따라 측정하였다. 이때 glycine-glucose melanoidin과 양조간장은 100배 희석액의 수소공여성을 측정하였고 대변과 소변 중의 수소공여성은 갈색도 측정을 위해 만든 용액으로 측정하였다. 이때 대변 추출액은 200µl를 urine은 50µl를 취하여 525nm에서 5분간의 흡광도의 변화를 측정하였다.

결과 및 고찰

Glycine-glucose 및 양조간장의 특성

각 시료들의 100배 희석액의 갈색도는 glycine-glucose melanoidin이 2.8이며, tamari 간장은 1.080로서 model melanoidin의 색도가 2.6배 정도 높았다.

HPLC에 의한 glycine-glucose melanoidin 및 tamari 간장의 분리 패턴은 Fig. 1과 같았고 양시료 모두 여러 개의 peak가 보였는데 양조간장의 경우 보다 많은 peak가 나타났다. 이는 양조간장의 재료가 되는 대두 및 소맥의 성분 및 그 분해물, 여러가지 첨가제들의 존재 때문으로 여겨진다. 이 최대 peak top에 따른 평균 분자량의 분포는 model melanoidin의 경우 약 12,000 정도였고 tamari 간장은 약 9,800정도였다.

한편 2M glycine-glucose melanoidin 및 tamari 간장의 100배 희석액의 DPPH에 의한 수소공여성은 Fig. 2와 같아서 갈색도는 glycine-glucose melanoidin이 높았으나 수소공여성은 tamari에서 높았다. 수소공여성

은 갈색물질의 환원력과 관계있는 성질로서 간장 항산화 효과의 주요 원인의 하나로 생각된다.

¹⁴C glycine-glucose melanoidin의 대사

¹⁴C glycine-glucose melanoidin을 투여한 흰쥐의 각 조직 및 소변과 대변 시료속의 경시적인 ¹⁴C 함량을 Table 1에 나타내었다. ¹⁴C activity는 분변으로 가장 많이 배설되어 4일간 약 53%가 배설되었고 소변으로 약 15%가 배설되어 섭취된 ¹⁴C activity의 약 47%는 어떠한 형태로든 흡수된 것으로 보인다. 투입 8시간 후 radioactive compound가 대장에 도달하기 전 투입 activity의 4분의 3이 소화관에서 사라져서 대부분의 radioa-

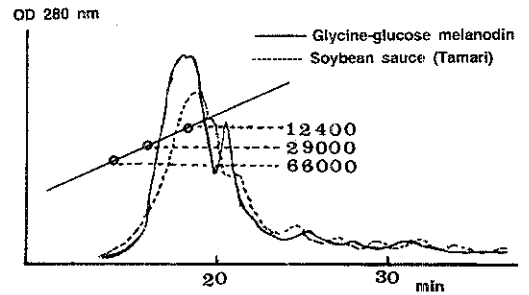


Fig. 1. Elution profiles of glycine-glucose melanoidin and soybean sauce (tamari, Japan M's product) by HPLC. Mobile phase : phosphate buffer (pH 7.0, 0.05M), flow rate : 1ml/min, chart speed : 2cm/min, glycine-glucose melanoidin : 10µl, AUF 1.0, soybean sauce (tamari, Japan M's product) : 30µl, AUF 1.0.

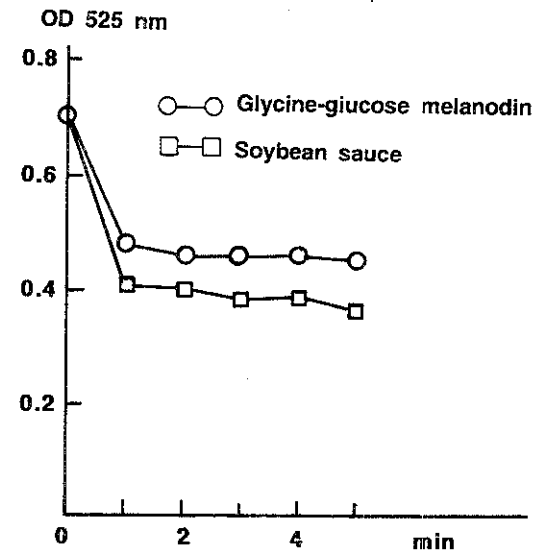


Fig. 2. Electron donating activities of glycine-glucose melanoidin and soybean sauce (tamari, Japan M's product).

Table 1. Absorption and distribution of radioactive ^{14}C glycine-glucose melanoidin in rats

Organ	Measured activity as % of intubated activity (after various intervals (hr) following intubation)							
	1	3	8	12	24	48	72	96
Liver	0.34	1.36	2.22	1.14	0.25	0.68	0.17	0.22
Stomach	14.70	7.35	8.05	3.92	3.26	0.68	0.49	0
Small intestine	20.76	31.14	27.09	3.84	0.80	0.64	0.53	0.21
Large intestine	0	0.5	2.11	21.25	10.80	0.62	1.39	0.63
Kidney	0.20	0.28	0.37	0.15	0.09	0.05	0.17	0.07
Urine	-	0.10	2.31	6.72	2.60	0.54	0.39	0.19
Feces	-	-	-	-	12.56	21.54	12.84	6.42

ctive compound가 소장에서 흡수된 것으로 보인다. 24시간 후 측정된 소변의 radioactivity가 14%에 달해 흡수된 상당량의 radioactive compound가 대사되었음을 나타낸다. Homma 등¹⁰⁾은 nondialyzable ^{15}N melanoidin을 이용한 동물 실험에서 대부분의 ^{15}N 은 분변 중으로 배설되어 melanoidin 급여후 이틀째에 가장 많은 양인 41%가 배설되었고 4일간에 총급여량의 78%가 배설되었으며 소변으로는 1.5%정도 만이 배설되어 분자량이 큰 nondialyzable melanoidin은 체내 보유율이 낮았으나 섭취된 melanoidin의 약 20%는 배설되지 않고 남아있는 것으로 나타났다. 이와는 달리 Nair 등¹¹⁾의 보고에 의하면 water soluble low molecular melanoidin을 흰쥐에 투여하였을 때 사후간의 대변 중의 배설이 15.2%였고 소변 중의 배설이 13.7%로서 저분자 melanoidin의 경우 대변으로의 배설이 상대적으로 적어서 섭취한 melanoidin의 상당량이 대사됨을 시사하고 있다. 이러한 결과는 Finot와 Magnenat⁹⁾가 초기 Maillard 반응 생성물과 advanced Maillard 반응 생성물을 각각 투여한 흰쥐의 72시간 후의 소변과 대변중의 radioactivity를 측정할 결과 초기 Maillard 반응 생성물의 소변과 대변중의 함량이 14%와 23%인데 반하여 advanced의 경우 각각 52%와 15%로서 분자량이 큰 melanoidin일수록 대변으로 배설되는율이 높다고 보고하였다. 신장, 간, 근육 등의 조직중에 함유된 radioactive 물질의 함량도 초기 melanoidin의 경우 advanced보다 1.5내지 2.4배 정도 높아 저분자의 melanoidin은 장관에서 흡수되어 조직중에 분포하고 있음을 보고하였다.

본 실험에 사용된 ^{14}C glycine-glucose melanoidin은 Finot와 Magnenat⁹⁾의 advanced melanoidin의 대사 형태와 매우 유사한 결과였고 Homma 등¹⁰⁾이 보고한 nondialyzable melanoidin 보다는 조직중의 보유량이나 소변중으로의 배설량이 큰 melanoidin이었다. Table 1에서 알 수 있는 바와 같이 간 속에 상당량의 radioactive

compound가 존재하고 있었고 신장에도 약간의 radioactive compound의 존재를 확인할 수 있었다.

배설되지 않고 체내에 보유된 melanoidin의 일부는 그대로 흡수되거나 장관내에서 미생물의 분해작용을 받아 약간은 흡수될 것으로 추측된다. 특히 저분자의 melanoidin은 그대로 흡수되거나 미생물의 작용으로 분해, 흡수될 가능성이 매우 크다. 저분자의 Maillard 반응 생성물의 대사에 관해서 여러 연구자들이 상반된 결과를 보고하고 있는데 Perkins 등¹²⁾은 Amadori compound의 흡수율이 대단히 낮고 이들 물질의 흡수에는 장내 미생물이 관여하고 있음을 보고하고 있다. Germond 등¹³⁾은 hydroxymethyl furfural (HMF)의 경우 거의 대부분이 즉시 대사되어 소변으로 완전히 배설된다고 하여 약 50%가 체내에 보유된다고 한 Jellum 등¹⁴⁾의 결과와 상반된 보고를 하고 있다. Finot 등⁶⁾은 단백질과 결합한 Amadori compound의 경우 약 12%는 흡수되고 흡수되지 않는 부분들은 장내 세균에 의해 완전히 대사되었다고 보고하고 있다. Tanaka 등¹⁵⁾도 초기 Maillard 반응 생성물이 대장내 세균에 의해 분해 흡수됨을 보고하고 있다. 이에 대해 Homma 등¹⁰⁾은 체내에 보유된 melanoidin은 위산에 의해 불용성의 덩어리를 만들거나 금속 ion과 chelate작용을 하여 장관벽에 붙어있을 가능성을 제시하고 있다. Gomy와 Miura¹⁷⁾은 melanoidin이 소화되기 어려운 다량체이며 위산에 의해 겔을 형성하는 성질이 있다는 점에서 섬유질과 유사한 역할을 한다고 보고한 바 있다. 또한 그들은 고 cholesteol diet에 melanoidin을 첨가하여 쥐에게 섭취시킨 결과 혈장기간의 cholesterol level을 현저하게 감소시켰고 melanoidin이 cholesterol의 배설을 현저하게 촉진시켰다고 보고하고 있어¹⁸⁾ melanoidin을 투여하면 장관내의 환경에 여러가지 변화가 일어날 수 있음을 시사하고 있다. 그런데 저분자의 melanoidin은 *in vitro*상에서 항산화효과가 큰 것으로 보고되어 있으므로¹⁹⁾ 흡수된 melanoidin은 체내에서도 항산화 효과를 가질 것으로 예상된다.

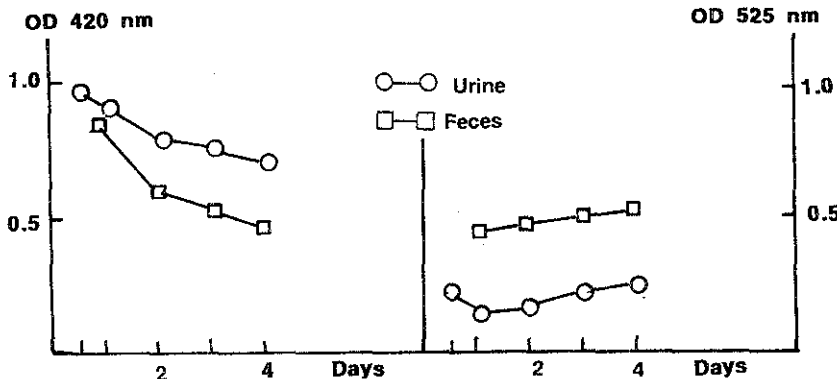


Fig. 3. Brown pigment contents (left) and hydrogen donating activities (right) in the excreta of rats intubated ¹⁴C glycine-glucose model melanoidin.

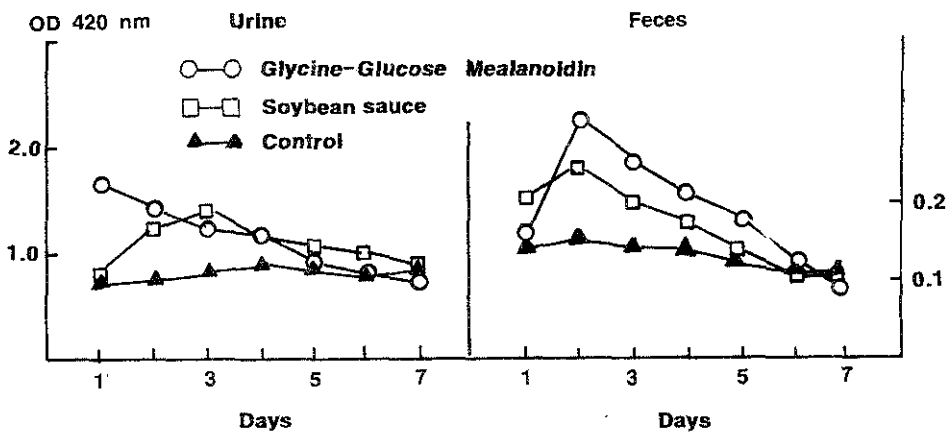


Fig. 4. Changes in the content of brown pigment contents in the excreta of rats intubated glycine-glucose melanoidin and soybean sauce (tamari, Japan M's product).

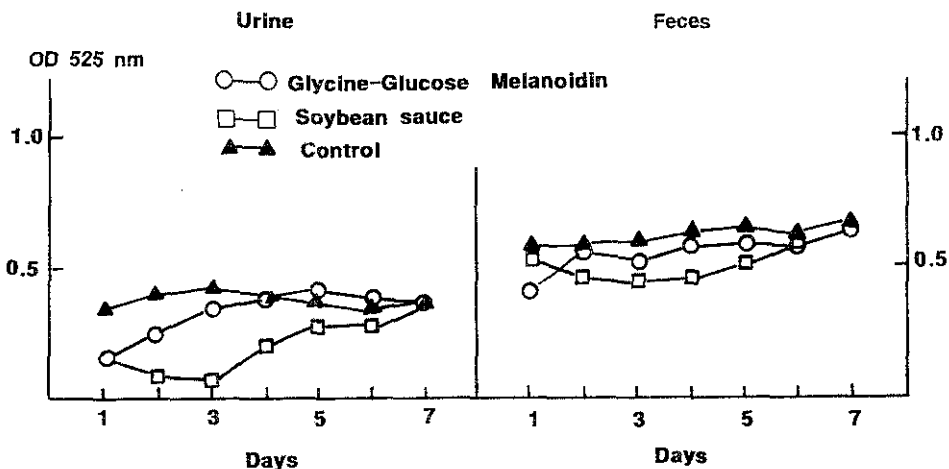


Fig. 5. Hydrogen donating activities in the excreta of rats intubated glycine-glucose melanoidin and soybean sauce (tamari, Japan M's product).

Chuyen 등²⁰에 의하면 Maillard reaction products (MRPS)가 흰쥐의 *in vivo*에서도 항산화 효과를 나타내었고 이들 MRPS는 tocopherol과 상승 효과를 나타내었다고 보고하고 있다. 따라서 식품으로 섭취하는 일부 melanoidin은 흡수되어 그 자신이 항산화효과를 나타내거나 생체내 다른 항산화물질들의 상승제 역할을 할 것으로 기대된다. 한편 ¹⁴C glycine-glucose model melanoidin을 투여한 쥐의 대소변 중의 brown pigment 및 DPPH에 의한 수소공여성은 Fig. 3과 같이 배설되는 ¹⁴C의 함량과 brown pigment의 함량 및 DPPH에 의한 수소공여성이 거의 일치함을 알 수 있었다.

양조간장 및 glycine-glucose melanoidin의 대사

양조간장의 대사과정을 유추하기 위하여 2M glycine-glucose melanoidin과 양조 간장을 투여한 흰쥐의 일주일간의 소변과 대변 중의 brown pigment의 함량과 DPPH에 의한 수소공여성의 변화를 Fig. 4, 5에 나타내었다.

¹⁴C glycine-glucose model melanoidin에서 확인한 바와 같이 배설물 중의 brown pigment의 함량은 배설되는 melanoidin의 양에 비례하므로 glycine-glucose melanoidin과 양조간장 투여군의 배설물 중의 brown pigment의 함량으로 melanoidin의 거동을 유추하였다. Glycine-glucose melanoidin은 모두 1일째에 소변과 대변으로 가장 많이 배설되었고 점차 그 양이 줄어 5일 이후에서는 거의 대조군과 유사하였다. 양조간장의 경우는 소변에서는 3일째에, 대변에서는 2일째에 가장 많이 배설되어 glycine-glucose melanoidin 보다 좀더 지체되었다가 배설되는 패턴을 보여 주었다. 이러한 현상은 DPPH에 의한 수소공여성의 측정에서도 동일하게 나타나서 glycine-glucose melanoidin의 경우 소변과 대변에서 모두 배설 1일째에 가장 높았고 점차 수소공여성이 떨어져 4일 이후에는 대조군과 거의 유사하였다. 반면 양조간장 투여군은 소변과 대변 모두 3일째의 수소공여성이 가장 높았고 상당히 오랫동안 수소공여성이 유지되어 간장의 갈색물질이 보다 오래 체내에 보유되며 그것은 간장 갈색물질의 분자량이 melanoidin보다 작고 간장의 단백질 성분과 결합되어 존재하고 간장 속에 함께 존재하는 여러 성분들의 영향을 받기 때문이 아닌가 보여지지만 이에 관해서는 계속적인 연구가 필요하다 하겠다. 간장의 이러한 체내보유 기간이 길고 수소공여성이 오래 유지되는 성질은 간장의 *in vivo*에서의 강력한 항산화 효과를 낼 것으로 기대되므로 이에 대한 연구가 더 필요하다.

요 약

Maillard 반응 생성물인 melanoidin은 항산화 효과를 가지고 있음이 알려져 있고 양조 간장 갈색물질도 강력한 항산화 효과를 나타낸다. Melanoidin의 대사 과정을 추적하기 위하여 ¹⁴C glycine-glucose model melanoidin을 조제하여 흰쥐에게 투여한 결과 ¹⁴C activity는 투여 4일간 약 53%가 대변으로 배설되었고 약 15%는 소변으로 배설되어 47% 정도는 체내에 보유되었거나 대사된 것으로 보였다. 간 및 신장 등의 조직에서도 약간의 ¹⁴C activity가 검출되었다. 흰쥐 대소변 중의 brown pigment content 및 DPPH에 의한 수소공여성은 배설되는 ¹⁴C 함량과 비례하였다. 양조간장 갈색물질의 대사과정을 유추하기 위하여 갈색도 및 항산화 효과가 가장 큰 일본 M사의 tamari 간장을 흰쥐에게 강제 투여하고 대소변 중의 brown pigment의 함량과 수소공여성을 측정하여 다음 2 M glycine-glucose model melanoidin의 배설 pattern과 비교해 본 결과 대변에서는 model melanoidin과 간장 모두 1일째에 가장 많이 배설되었으나 소변에서는 model melanoidin의 경우 투여 1일째에 가장 많이 배설되었다. 그리고 간장 투여군은 저장 3일째에 가장 많이 배설되었고 이것은 수소공여 능력과도 일치하는 것으로 나타났다. 따라서 간장 갈색물질의 일부는 대변으로 배설되고 일부는 흡수되어 체내에 보유되었다가 배설되는 것으로 밝혀졌고 간장의 강력한 환원력과 항산화 효과로 말미암아 간장 섭취가 체내의 항산화 효과에 상당히 기여하리라고 생각된다.

감사의 글

본 연구는 1991년도 교육부 지원 한국학술진흥재단의 지방대학 육성 과제 학술연구 조성비에 의하여 수행된 연구의 일부이며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Namiki, M. : Rescent studies on the browning reaction mechanism and the development of antioxidants and mutagens. *Adv. Food Res.*, **32**, 116 (1988)
2. 문갑순, 최홍식 : 우육지방질의 산화에 미치는 간장의 항산화 작용에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **18**, 313 (1986)
3. 최홍식, 이정수, 문갑순, 박건영 : 지방산의 산화에 대한 양조간장의 항산화특성. *한국식품과학회지*, **22**, 332 (1990)

4. 문갑순 : 간장제품의 종류에 따른 항산화능의 비교. *한국영양식량학회지*, **20**, 582 (1991)
5. Finot, P. A. and Magnenat, E. : Metabolic transit of early and advanced Maillard products. In "*Maillard reactions in food*" Erksso, C.(ed.), Pergamon Press, Oxford, p.193 (1981)
6. Finot, P. A., Deutsch, R. and Bujard, E. : The extent of the Maillard reaction during the processing of milk. *Prog. Fd. Nutr. Sci.*, **5**, 345 (1981)
7. Finot, P. A. and Furniss, D. E. : Metabolic transit and toxicity of Maillard reaction products. In "*The Maillard reaction in aging, diabetes, and nutrition*" Baynes, J. W. and Monnier, V. M. (eds.), Alan R. Liss, New York, p.343 (1989)
8. Nair, B. M., Oste, R., Asp, N. G. and Pernemalm, P. A. : Absorption and distribution of a C¹⁴ glucose lysine reaction mixture in the rat. In "*Maillard reactions in food*" Erksso, C. (ed.), Pergamon Press, Oxford, p. 217 (1981)
9. Homma, S. and Fujimaki, M. : Growth response of rats fed a diet containing nondialyzable melanoidin. In "*Maillard reactions in food*" Erksso, C. (ed.), Pergamon Press, Oxford, p.217 (1981)
10. Homma, S., Endo, Y. and Fujimaki, M. : Determination of excreted ¹⁵N in rats fed on nondialyzable melanoidin prepared from a model system of glucose and ¹⁵N-glycine. *Agric. Biol. Chem.*, **53**, 1861 (1989)
11. Yamaguchi, N. and Fujimaki, M. : Studies on browning reaction products from reducing sugars and amino acids. Part 11. Fractionation of browning reaction products on sephadex column and antioxidative activity of the fractioned material. *J. Fd. Sci. Tech. (Tokyo)*, **17**, 142 (1970)
12. 김상달, 도재호, 오훈일 : 고려 인삼 갈변 물질의 항산화 효과. *한국농화학회지*, **24**, 161 (1981)
13. Perkins, E. G., Baker, D. H., Johnson, G. H. and Makowski, E. : The metabolism of fructose-phenylalanine in the rat. In "*Maillard reactions in food*" Eriksson, C.(ed.), Pergamon Press, Oxford, p.229 (1981)
14. Germond, G. E., Philipposian, G., Richli, U., Bracco, I. and Arnaud, M. J. : Rapid and complete urinary elimination of (¹⁴C) 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde administered orally or intravenously to rats. *J. Toxicol. Env. Health*, **22**, 79 (1987)
15. Jellum, E., Borreson, H. C. and Eldjarn, L. : The presence of furan derivatives in patients receiving fructose-containing solution intravenously. *Clin. Chim. Acta*, **47**, 191 (1973)
16. Tanaka, M., Lee, T. C. and Cheichr, C. O. : Nutritional consequences of the Maillard reaction. The adsorption of fructose-L-tryptophan in the large intestine of the rat. *J. Nutr.*, **105**, 989 (1975)
17. Gomyo, T. and Miura, M. : Effect of melanoidin on the digestion and absorption of disaccharides in the small intestine biological of rats. In "*Amino carbonyl reactions in food and biological systems*" Fujimaki, M., Namiki, M. and Kato, H.(eds.), Elsevier, Amsterdam, p.549 (1986)
18. Miura, M. and Gomyo, T. : Effect of melanoidin on cholesterol in plasma, liver and feces in rats fed a high cholesterol diet. In "*The Maillard reaction in food processing, human nutrition and physiology*" Finot, P. A. (ed.), Birkhauser Verlag, Basel, p.291 (1990)
19. Park, C. K. and Kim, D. H. : Relationship between fluorescence and antioxidant activity of ethanol extracts of a Maillard reaction production. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **60**, 98 (1983)
20. Chuyen, N. V., Utsunomiya, N., Hidaka, A. and Kato, H. : Antioxidative effect of Maillard reaction products *in vivo*. In "*The Maillard reaction in food processing, human nutrition and physiology*" Finot, P. A. (ed.), Birkhauser Verlag, Basel, p.285 (1990)

(1994년 1월 18일 접수)