韓國營養學會誌 34(5) : 513~524, 2001

무, 양파의 시료제조 방법에 따른 흰쥐의 지방대사와 항산화능에 관한 연구

안 소 진§ · 김 미 경

이화여자대학교 식품영양학과

Effect of Dry Powders, Ethanol Extracts and Juices of Radish and Onion on Lipid Metabolism and Antioxidative Capacity in Rats

An, So Jin§ · Kim, Mi Kyung

Department of Food & Nutrition, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea

ABSTRACT

This study was performed to investigate the effects of dry powders, ethanol extracts and juices of radish and onion on lipid metabolism, lipid peroxidation and antioxidative enzyme activity in rats. Forty-nine male Sprague-Dawley rats weighing 157 ± 6g were blocked into seven groups according to body weight and raised for four weeks with diets containing 5%(w/w) dry powders of two different vegetables consumed frequently by Korean-radish(Raphanus sativus L.) and onion(Allium cepa L.), ethanol extracts and juices from equal amount of each dry powder. All the powders, ethanol extracts and juices of radish and onion decreased total lipids, triglycerides and total cholesterol concentrations in plasma and liver. Above all, onion ethanol extract decreased them most remarkably. It was thought that organosulfur compounds and flavonoids extracted from onion by ethanol inhibited biosynthesis and absorption of lipid and promoted degradation of lipid. Radish powder also decreased them by increasing fecal excretions of total lipids, triglycerides and total cholesterol most effectively. Catalase and glutathine peroxidase(GSH-px) activities in red blood cell(RBC) were most remarkably increased by radish powder and onion powder respectively. Superoxide dismutase(SOD), catalase and GSH-px activities in liver were most remarkably increased by onion ethanol extract, radish powder and onion ethanol extract respectively. Xanthine oxidase (XOD) activities in liver were most effectively decreased by ethanol extracts of radish and onion. Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) levels in plasma and liver of experimental groups were significantly lower than those of controls. Above all, onion powder decreased them most effectively. It was thought that vitamin E and high flavonoids in onion powder inhibited lipid peroxidation, promoting liver and RBC SOD, catalase and GSH-px activities and inhibiting XOD activities effectively. Flavonoids in onion ethanol extract inhibited lipid peroxidation, promoting three antioxident enzyme activities and inhibiting XOD activities most remarkably. Also flavonoids and high vitamin C in radish powder inhibited lipid peroxidation, promoting liver and RBC catalase most remarkably and inhibiting XOD activities. In conclusion, radish and onion were effective in lowering lipid levels and inhibiting of lipid peroxidation in animal tissue. From these data, radish and onion can be recommended in the treatment and prevention of diseases such as cardiovascular disease and cancer and in delaying aging. As ethanol extracts from onion were most effective in lowering lipid level and promoting three antioxident enzymes, and inhibited lipid peroxidation as did we should try to utilize onion skin which is discarded though reported to have abundant flavonoids. (*Korean J Nutrition* 34(5) : 513~524, 2001)

KEY WORDS: radish, onion, lipid metabolism, antioxidative capacity.

서 론

우리나라는 1970년대 이후 지속적인 경제성장과 국민소득의 증가로 인해 식물성 식품의 섭취량은 감소한 반면 동물성 식품의 섭취량은 크게 증가하였고,[1] 이와 더불어 암, 순환기계 질병, 당뇨병과 같은 만성퇴행성질환의 발병 및 사망률이 증가하는 추세에 있다.[2] 또한 전반적인 생활수준이 향상되고 의학의 발달, 영양상태의 개선 등으로 평균수명이 증가하여 노령인구가 증가[3]함에 따라서 노인문제가 심각한 사회문제로 대두되고 있으며, 특히 노인의 건강과 영양에 대한 관심이 고조되고 있다.

한편, 여러 역학 조사에서 만성퇴행성 질병예방에 있어서 식이 섬유의 생리대사적 역할이 중요하다고 인식되고 있으며,[4,5] 또한 최근에는 생체 내의 정상적인 대사과정에서 생

접수일 : 2001년 2월 5일
채택일 : 2001년 5월 14일
§To whom correspondence should be addressed.

© 2001 The Korean Nutrition Society

성되는 활성산소들이 세포막, 지질, 단백질의 sulfhydryl (-SH)기 및 DNA의 nucleotide에 작용하여, 지질과산화(lipid peroxidation)와 DNA 손상 등을 일으킴으로써 여러 가지 질병과 노화를 유발시키는 것으로 생각되고 있다.[6] 이러한 과산화적 손상을 완화시킬 수 있는 항산화제에 대한 연구의 일환으로 천연물에 함유되어 있는 항산화 vitamin과 flavonoids에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.[7-9]

채소류에는 식이 섬유와 항산화 vitamin과 flavonoid계 색소, phenol계 및 방향족 amine등 항산화작용을 나타내는 물질이 다량 함유되어 있어 이들 생리활성성분에 대한 연구들[9,10]이 진전되고있다. 특히, 양파와 무는 우리 나라에서 식생활에 빈번히 사용되어 그 수요량이 많으며, 이들의 1999년도 국내 연간생산량은 양파가 약 구십만 톤, 무의 경우 약 백사십만 톤에 달하고 있다.[11] 또한, 국민건강 · 영양조사의 다소비 식품조사[1]에 따르면 양파의 일일 섭취량은 14.6g로 채소류 중 4위를 차지하였고, 무의 경우 40.5g로 배추김치 다음으로 2위를 차지하였다.

양파(Allium cepa L.)는 백합과에 속하는 다년생 식물로 동서를 막론하고 야채와 향신 조미료로서 널리 사용되고 있으며,[12] 항산화 작용을 나타내는 quercetin, quercitrin, rutin 등 flavonoid계 색소와 체내 지방수준 저하에 효과적인 allyl propyl disulfide 및 diallyl disulfide 등이 함유되어 있는 것으로 알려져 있다.[13] 양파에 대한 연구로는 중금속 해독능,[13] 항균효과,[14] 혈당 저하효과,[15] 심혈관계질환 예방효과,[10,16] xanthine oxidase 저해작용,[17] 항산화작용,[9,18] 항암효과[19]에 대한 연구가 보고되어 있다.

무(Raphanus sativus L.)는 십자화과에 속하는 식물로 우리나라에서는 김치의 재료로 사용되어 그 수요량이 많으며 국내 생산 과 · 채류 중 배추와 더불어 총 생산량의 60% 이상을 점하는 매우 중요한 작목이다. 무에는 전분 분해효소인 아밀라아제, 산화효소, 요소를 분해하여 암모니아로 만드는 효소, 과산화수소를 분해하는 카탈라아제 등 생리적으로 중요한 작용을 하는 효소가 매우 많고, 특히 체내 지방배설효과를 가진 식이섬유가 다량 함유되어 있다[12]고 알려져 있다. 최근 연구[20]에 따르면 무에 flavonoid인 kaempferol이 함유되어 있다고 보고하고 있어 무가 항산화능에 있어 좋은 효과를 가질 것으로 기대되고 있다. 그러나, 무에 대한 연구현황을 살펴보면 무즙의 돌연변이 억제효과에 관한 연구[21]가 있을 뿐 무를 대상으로 발표된 자료는 거의 없는 실정이다.

이상에서와 같이 양파를 대상으로 한 연구는 양파 즙[13,16,18]이나 메탄올추출물[9,19]을 대상으로 한 연구가 주를 이루고 있었고, 특히 건분과 즙 및 에탄올추출물을 동시에 비교 분석한 연구는 없었으며, 무에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이었다. 또한, 메탄올추출물의 경우 최종제품의 메탄올 잔류문제가 완전히 해결되지 않는 한 동물 실험의 결과를 인체에까지 확대해석 할 수 없다고 사료된다.

본 실험은 우리나라의 다소비 채소류이며, 공기 중에서 쉽게 갈변되지 않는다는 공통점을 가진 양파와 무가 다양한 생리활성물질을 함유하고 있어 각종 만성 퇴행성질병의 예방이 가능하리라고 보고, 이 두 가지 채소의 유용식물자원으로서의 가능성을 알아보기 위해 실시되었다. 이를 위하여 양파와 무가 지방대사와 항산화능에 미치는 영향을 in vivo에서 살펴보고, 아울러 건분과 에탄올추출물 및 즙의 시료제조방법에 따라 그 효과가 어떠한 양상으로 달라지는지 알아봄으로써 생체 내에서 생리적 활성을 띠는 물질의 특성을 탐색해 보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험식이 시료의 항산화 물질 함량 분석

총 flavonoids의 함량은 Kang 등의 방법[22]을 이용하여 spectrophotometer(Spectronic 301, Milton Roy)로 420 nm에서 흡광도를 측정하였고, β-carotene은 Nilis의 방법[23]으로 High Performance Liquid Chromatography(HPLC: HP 1100 series, Hewlett Packard)을 사용하여 Column: C_{18}(ODS-2, 250×4.6mm 5μ), Mobile phase : acetonitrile : dichloro-methane : methanol = 7 : 2 : 1, Flow rate: 1ml/min, Detector: UV 450nm, Injection volume: 20μl인 조건에서 분석하였다. 총 vitamin C의 함량은 비색법[24]을 사용하여 측정하였고, Vitamin E는 AOAC 공인 방법[25]으로 HPLC(Waters 2690 separations module, Waters)조건 Column: μ-porasil, Mobile phase : hexane : isopropanol : acetic acid = 1000 : 6 : 5, Flow rate: 0.8ml/min, Detector: 형광검출기(Waters 474 scanning flurescence detector, Waters)(excitation 298 nm, emission 324nm), Injection volume: 20μl에서 분석하였고 그 결과를 α-tocopherol equivalent(α-T.E. = 1 × α-tocopherol + 0.5 × β-tocopherol + 0.1 × γ-tocopherol)로 환산하여 나타내었다.

식이섬유질 함량은 AOAC 공인 방법인 Lee 등의 방법[26]으로 정량하였다. 건조 시료에 차례로 α-amylase, protease, amyloglucosidase를 첨가하여 여과한 후 crucible에 남은 residue를 건조하여 불용성 식이섬유질(insoluble dietary fibers, IDF)의 양으로 간주하였고, 또한 여과액에 60℃ ethanol을 여과액 부피의 4배만큼 가하여 실온에서

1시간 동안 침전시킨 후 재여과하여 건조한 것을 수용성 식이 섬유(soluble dietary fibers, SDF)의 양으로 간주하였다. 이렇게 하여 얻어진 IDF와 SDF의 양을 합하여 총식이섬유질(total dietary fibers, TDF)의 양으로 간주하였다. 모든 시료의 항산화 물질의 함량은 양파 또는 무 건분 1g에 해당하는 값으로 환산하여 나타내었다.

2. 실험동물의 사육 및 식이

생후 4주된 Sprague-Dawley종 수컷 흰쥐 49마리를 구입하여 실험 시작 전 1주일간 고형배합사료(삼양사료)로 적응시켰다. 적응기간 후 체중이 157 ± 6g인 쥐들을 체중에 따라 난괴법(randomized complete block design)에 의해 7마리씩 7군으로 분류하여 22~25℃, 습도 40%, 12hr : 12hr light-dark cycle이 유지되는 조건하에서 4주간 사육하였다. 실험동물은 한 마리씩 분리하여 stainless steel cage에서 사육하였고, 식이와 물은 자유롭게 먹도록 하였다.

본 실험에서 사용한 식이의 구성성분은 Table 1과 같았다. 식이의 탄수화물 급원으로는 옥수수전분(corn starch, 신동방)을, 지방 급원으로는 옥수수유(corn oil, 해표)를 사용하였고, 단백질 급원으로는 casein(edible acid casein, Murry Goulburn Co-operative Co., Australia)을 사용하였다. 무기질과 vitamin은 시약급을 사용하여 혼합한 것(AIN-76)을 각각 식이 무게의 4%와 1% 수준으로 식이에 섞어 공급하였다. 건분군은 건분의 무게가 식이무게의 5%가 되도록 하였는데, 에탄올 추출물군의 경우 식이무게의 5%에 상응하는 건분을 95% 에탄올로 추출하여 동결 건조한 것을 식이에 첨가하였고, 즙군은 건분군에서 사용된 건조분말의 원재료와 동량의 재료로 즙을 내어 동결 건조한 것을 식이에 섞어 사용하였다. 이때 생기는 건분량과의 무게 차이는 옥수수전분을 첨가하여 보충하였다.

양파(제주도 2000년 산)와 무(전남 송정리 2000년 산)는 경동시장에서 구입하였으며, 건분의 경우 수세 후 껍질을 제거하고 일정한 크기로 잘라 동결건조 한 후 40 mesh의 체를 통과할 정도로 분말화하였다. 각 시료의 에탄올추출물은 강 등의 방법[36]을 변형하여 준비하였다. 즉, 양파와 무의 건분을 각각 15배량의 95% 에탄올에 현탁시켜 80℃에서 1시간동안 환류추출한 후 여과시키고, 잔사는 95% 에탄올로 2회 반복하여 추출한 후 여과액을 얻은 다음 여과액전량을 모아 30분간 10,000rpm에서 원심분리한 후 그 상층액을 감압농축한 것을 실험식이에 섞어 사용하였다. 즙은 수세 후 껍질을 벗기고 절단한 다음 녹즙기(KJ-9303, Kwang Jin)를 사용하여 즙을 내어 동결 건조한 후 건분, 에탄올추출물과 같은 방법으로 분말화하였다.

Table 1. Composition of experimental diets(g/ kg diet)

	Experimental diets[1,2]						
	C	OP	OE	OJ	RP	RE	RJ
Ingredients							
Corn starch	698	648	681	666	648	682	655
Casein	150	150	150	150	150	150	150
Corn oil	100	100	100	100	100	100	100
Salt mixture[3]	40	40	40	40	40	40	40
Vitamin mixture[4]	10	10	10	10	10	10	10
Choline chloride	2	2	2	2	2	2	2
Plant powder	0	50	0	0	50	0	0
Plant ethanol extract	0	0	17	0	0	16	0
Plant juice	0	0	0	32	0	0	43

1) C: Control group, OP: Onion Powder, RP: Radish Powder, OE: Onion Ethanol Extract, RE: Radish Ethanol Extract, OJ: Onion Juice, RJ: Radish Juice

2) Diets of powder groups contain 5%(w/w) each dry powder, and ethanol extracts and juices are obtained from equal amount of onion and radish used for making each dry powder and then added in diets

3) *AIN-76* salt mixture(g/kg mixture): Calcium phosphate, dibasic ($CaHPO_4 \cdot 2H_2O$) 500, Sodium chloride(NaCl) 74, Potassium citrate, monohydrate($K_3C_6H_5O_7 \cdot H_2O$) 220, Potassium sulfate(K_2SO_4) 52, Magnesium oxide(MgO) 24, Manganous carbonate(43 – 48 %, Mn) 3.5, Ferric citrate(16 – 17% Fe) 6, Zinc carbonate(70% ZnO) 1.6, Cupric carbonate(53 – 55% Cu) 0.3, Potassium iodate(KIO_3) 0.01, Sodium selenite($Na_2SeO_3 \cdot 5H_2O$) 0.01, Chromium potassium sulfate($CrK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) 0.55, Sucrose, finely powdered to make 1000gram

4) *AIN-76* vitamin mixture(mg/kg mixture): Thiamine HCl 600, Riboflavin 600, Pyridoxine HCl 700, Nicotinic acid 3000, D-Calcium Pantothenate 1600, Folic acid 200, D-Biotin 20, Cyannocobalamine(vitamin B_{12}) 1, Retinyl palmitate(vitamin A) 120,000 retinol equivalents, DL-α-Tocopheryl acetate(vitamin E) 5,000IU vitamin E activity, Cholecalciferol 2.5(100,000IU, powder form), Menadione(vi-tamin K) 5.0, Sucrose, finely powdered to make 1,000gram

식이섭취량은 일주일에 3회 일정한 시각에 측정하여 사육기간동안의 일일 평균 식이섭취량을 계산하였고, 체중은 일주일에 1회 같은 시각에 측정하였으며, 식이 섭취에서 오는 갑작스런 체중의 변화를 막기 위하여 체중 측정 2시간 전에 식이 공급을 중단하였다.

3. 변, 혈액과 장기의 채취

실험동물을 희생하기 4일전부터 12시간씩 2회에 걸쳐 대사장(metabolic cage)에서 24시간 동안의 변을 채취하였는데, 식이에 의해 변의 성분이 오염되는 것을 막기 위하여 대사장에는 식이 그릇을 넣어주지 않았다. 즉, 오후 10시부터 오전 10시까지 대사장에서 변을 채취한 후 다음 날 오전 10시부터 다시 12시간동안 대사장에서 변을 채취하였다. 이 기간중 물은 자유롭게 먹도록 했으며, 채취한 변은 무게를 측정한 후 −20℃ 냉동실에 보관하였다.

사육기간이 종료된 실험동물은 12시간 절식시킨 후 diethyl ether로 마취시켜 개복한 후 주사기를 사용하여 심장에서 혈액을 채취하였다. 채취한 혈액은 응고되는 것을 방지하기 위해 EDTA(Ethylene Diamine Tetra Acetate)가 들어있는 polystylene 원심분리관에 담아 ice bath에 20분간 방치한 후 원심분리기(refrigerated multy purpose centrifuge union 55R Hanil)로 2,800rpm, 4℃에서 30분간 원심분리하여 아래층의 적혈구와 위층의 혈장을 분리하고, 혈장은 혈장 내 지질과산화물양과 지방수준을 측정하기 위해 −70℃ deep freezer에 보관하였다.

적혈구는 동량의 ice cold saline을 첨가하여 원심분리기로 2,800rpm, 4℃에서 10분간 원심분리하는 과정을 세 차례 반복하여 세척하였고, 이렇게 하여 얻어진 적혈구는 0.9% NaCl 용액과 부피비가 1 : 1이 되도록 희석하여 50% hematocrit suspension을 만든 후 항산화 효소의 활성을 측정하기 전까지 −70℃ deep freezer에 보관하였다.

혈액을 채취한 후 ice bath위에서 즉시 간을 적출하여 ice cold saline에 넣어 세척한 다음 여지로 물기를 제거한 후 무게를 측정하고 바로 −70℃ deep freezer에 보관하여 과산화지질함량과 효소활성 측정에 사용하였다.

4. 생화학적 분석

혈장의 총지방 농도는 Frings의 방법[27]으로 간과 변의 총지방농도는 Bligh와 Dyer의 방법[28]을 이용하여 측정하였고, 혈장, 간, 변의 중성지방농도와 콜레스테롤농도 및 혈장의 HDL-콜레스테롤 농도는 효소법을 이용한 kit(영동제약)를 사용하여 spectrophotometer(HP 8453, Hewlett Packard)로 각각 파장 546, 500, 500nm에서 비색정량하였다.

혈장의 과산화지질 함량(Thiobarbituric Acid Reactive Substances: TBARS values)은 Yagi법[29]으로 luminescence spectrometer(Perkin Elmer, LS50)로 excitation 515nm, emission 553nm에서 정량하였으며, 간의 TBARS 함량은 Buckingham법[30]을 이용하여 spectrophotometer(Spectronic 301, Milton Roy)로 파장 532nm에서 비색정량하였다.

적혈구와 간의 superoxide dismutase(SOD) 활성은 Floh 등의 방법[31]을 이용하여 ferric cytochrome C의 환원이 방해되는 정도를 550nm에서 비색정량(HP 8453, Hewlett Packard)하였다. 적혈구와 간의 catalase 활성은 Johansson과 Hkan법[32]에 의해 측정하였고, glutathione peroxidase(GSH-px) 활성은 Floh 등의 방법[33]을 이용하여 파장 365nm에서 분당 산화되는 NADPH의 흡광도를 측정하였다.

간 조직의 xanthine oxidase(XOD)활성 측정은 Stripe와 Della Corte의 방법[34]을 이용하였으며, 각 효소들의 활성을 계산하는 데에 필요한 효소원의 단백질 함량은 Lowry법[35]에 준하여 측정하였다.

5. 통계처리

본 연구의 모든 동물 사육 실험 결과는 실험군당 평균과 표준오차를 계산하였고, 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 한 후 $\alpha = 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test에 의하여 각 실험군 평균치간의 유의성을 검정하였다. 시료의 항산화물질 함량 측정결과는 duplicate한 값의 평균으로 나타내었다.

실험 결과

1. 실험식이 시료의 항산화 물질 함량

본 실험에서 사용한 양파와 무의 에탄올추출물의 추출수율 및 건분, 에탄올추출물과 즙에 함유된 flavonoids와 항산화 vitamin인 β-carotene, vitamin C, vitamin E 및 식이섬유질의 함량은 Table 2와 같았다.

총 flavonoids의 양은 양파건분(4.41mg/g plant powd-

Table 2. Contents of flavonoids, β-carotene, vitamin C, vitamin E and Total dietary fiber and Yields of powder, ethanol extracts and juice

	Groups					
	OP	OE	OJ	RP	RE	RJ
Constituents						
Total flavonoids(mg/g plant powder)	4.41	2.98	2.62	3.67	1.24	2.25
β-carotene(μg/g plant powder)	N.D[1)]	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Vitamin C(mg/g plant powder)	4.93	3.19	6.29	6.96	4.02	10.38
Vitamin E(α-T.E.μg/g plant powder)	0.61	0.23	0.17	0.30	0.20	0.22
Total dietary fibers(mg/g plant powder)	178.6	32.5	70.9	269.4	34.5	116.7
IDF(insoluble dietary fibers)(mg/g plant powder)	131.4	22.8	44.2	197.5	26.1	71.4
SDF(soluble dietary fibers)(mg/g plant powder)	47.2	9.7	26.7	71.9	8.4	45.3
Yields(%)	9.7	3.4	6.3	6.8	2.2	5.8

1) N.D: Not-Detected

er)이 가장 많았으며, 그 다음으로는 무건분(3.67mg/g), 양파에탄올추출물(2.98mg/g)의 순으로 많게 나타났다. 각 시료 내의 총 flavonoids 중에서 에탄올에 녹는 flavonoids의 비율은 양파가 67.57%, 무가 33.79%였으며, 육질을 제외한 즙에 포함된 flavonoids는 양파가 59.41%, 무가 61.31%로 나타났다. β-carotene은 양파 시료와 무 시료 모두에서 검출되지 않았으며, Vitamin C의 함량은 무즙(10.38mg/g)이 가장 많았고, 다음으로는 무건분(6.96mg/g), 양파즙(6.29mg/g)의 순으로 많게 나타났다. Vitamin E 의 함량은 양파 시료와 무 시료 모두 그 함량이 미미하였는데, 그 중 양파건분(0.61μg/g)이 가장 높았다. 아울러 예비실험결과 에탄올추출 반복횟수에 따라 vitamin E의 함량이 달라지므로 본 실험의 시료준비조건들이 실험결과에 영향을 미치며, 실제로 건분의 vitamin E 함량은 Table 2에서 제시한 수치보다 더욱 높을 것으로 추정된다. 총식이섬유질은 양파와 무 시료 모두 건분(178.6mg/g, 269.4 mg/g)이 가장 높았으며, 특히 무건분의 식이섬유질 함량이 가장 높았다. 또한, 모든 시료에서 대체로 불용성 식이섬유질의 함량이 수용성 식이섬유질 보다 약 3배 정도로 높은 경향을 보였으나, 즙에서는 그 차이가 줄어드는 것으로 나타났다.

Table 3. Food intake, body weight gain and food efficiency ratio[1]

Groups	Food intake (g/day)	Body weight gain	Food efficiency ratio
C	20.4 ± 0.5[NS2)]	183.7 ± 6.9[NS]	0.32 ± 0.02[NS]
OP	21.0 ± 0.4	186.1 ± 4.7	0.32 ± 0.01
OE	22.4 ± 1.0	195.1 ± 14.2	0.36 ± 0.05
OJ	20.9 ± 0.8	201.5 ± 11.6	0.32 ± 0.01
RP	21.6 ± 0.8	204.0 ± 9.6	0.33 ± 0.01
RE	22.3 ± 0.5	177.5 ± 8.8	0.30 ± 0.01
RJ	21.2 ± 0.6	186.8 ± 7.9	0.31 ± 0.01

1) Mean ± Standard Error(n = 7)
2) Not significant at α = 0.05 by Duncan's multiple range test

2. 식이섭취량, 체중증가량

실험동물의 하루 평균 식이섭취량, 실험기간동안의 체중증가량은 Table 3과 같았다.

하루 평균 식이섭취량과 실험기간동안의 체중증가량은 α = 0.05 수준에서 군 간에 아무런 유의적인 차이를 보이지 않아 양파와 무의 식이가 흰쥐의 성장에는 별다른 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

3. 지방대사

1) 혈장의 지방농도

혈장의 총지방, 중성지방, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 분석결과 및 총콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비율은 Table 4와 같았다.

혈장의 총지방농도는 세 가지 양파실험군이 대조군 보다 유의적으로 낮았고, 특히 양파에탄올추출물군, 양파즙군이 가장 낮은 수준을 보였으며, 무실험군의 경우 유의적이진 않으나 대조군보다 낮은 경향을 나타내었다. 혈장의 중성지방농도와 총콜레스테롤 농도는 모든 실험군들이 대조군보다 유의적으로 낮았으며, 양파와 무 각각의 세 실험군들 간의 비교에서는 양파에탄올추출물군과 무건분군이 각각 가장 낮게 나타났으며, 특히 양파에탄올추출물군이 가장 낮았다. 혈장의 HDL-콜레스테롤 농도는 양파건분군을 제외한 나머지 실험군들은 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 대체로 대조군보다 높은 경향을 나타내었고, 혈장의 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비율은 모든 실험군이 대조군보다 유의적으로 높았으며, 같은 채소실험군들 간의 비교에서는 총지방, 중성지방, 총콜레스테롤의 결과에서와 같이 양파에탄올추출물군과 무건분군이 각각 가장 효과적 이었다. 또한 전체적으로 혈장의 지질농도저하효과는 양파식이가 무식이보다 상대적으로 높게 나타났다.

2) 간의 지방농도

간의 총지방, 중성지방 및 총콜레스테롤 농도는 Table 5

Table 4. Plasma lipid concentrations and HDL: total cholesterol ratio[1]

Groups	Plasma lipids(mg/100ml)				HDL: total cholesterol ratio
	Total lipids	Triglycerides	Total cholesterol	HDL-cholesterol	
C	226.17 ± 12.47$^{a2)}$	252.89 ± 17.42^{a}	77.96 ± 6.66^{a}	17.47 ± 1.30^{b}	0.24 ± 0.02^{c}
OP	185.64 ± 10.80^{bc}	113.20 ± 8.20^{c}	47.68 ± 3.78^{bcd}	23.72 ± 1.97^{a}	0.54 ± 0.04^{ab}
OE	168.51 ± 11.71^{c}	105.93 ± 7.40^{c}	37.21 ± 2.76^{d}	21.36 ± 1.68^{ab}	0.59 ± 0.05^{a}
OJ	171.09 ± 18.54^{c}	143.59 ± 19.55^{bc}	39.94 ± 3.08^{cd}	22.38 ± 1.90^{ab}	0.52 ± 0.06^{ab}
RP	194.56 ± 9.92^{abc}	153.58 ± 23.08^{bc}	41.08 ± 3.82^{bcd}	20.22 ± 1.04^{ab}	0.53 ± 0.07^{ab}
RE	191.75 ± 11.41^{abc}	158.56 ± 10.56^{bc}	53.23 ± 2.94^{b}	21.23 ± 2.40^{ab}	0.40 ± 0.04^{b}
RJ	212.63 ± 6.93^{ab}	155.28 ± 34.52^{bc}	51.65 ± 4.86^{bc}	23.00 ± 2.37^{ab}	0.50 ± 0.04^{ab}

1) Mean ± Standard Error(n = 7)
2) Values with different alphabet within the column are significantly different at α = 0.05 by Duncan's multiple range test

와 같았다.

간의 총지방농도는 모든 실험군들이 대조군보다 유의적으로 낮았고, 특히 양파에탄올추출물군이 가장 낮았으며, 무실험군들 중에서는 즙군이 가장 낮게 나타났다. 간의 중성지방농도는 무에탄올추출물군을 제외한 모든 실험군들이, 총콜레스테롤 농도는 모든 실험군들이 대조군보다 유의적으로 낮았으며, 두 가지 지방 농도 또한 총지방농도와 마찬가지로 양파에탄올추출물군에서 가장 낮았다. 이와 함께 시료의 제조방법별로 양파와 무를 비교 시 건분과 즙의 경우에는 차이가 없었으나 에탄올추출물에서는 양파군이 무군에 비하여 세 가지 지방농도 모두에서 유의적으로 낮았다.

3) 변의 지질 배설량

일일 평균 변무게와 변의 총지방과 중성지방, 총콜레스테롤의 배설량은 Table 6과 같았다.

일일 평균 변무게는 젖은 무게와 건조 무게 모두 무건분군과 무즙군만이 대조군에 비해 유의적으로 높았고, 나머지 실험군들은 대조군과 유의적인 차이가 없었다. 양파의 경우에는 에탄올추출물군이 가장 높았으며, 무의 경우에는 건분군이 가장 높았다. 변으로의 일일 총지방 배설량은 모든 실험군들이 대조군보다 높았고, 특히 무건분군과 양파에탄올추출물군이 대조군에 비하여 유의적으로 높았다. 변의 중성지방 배설량에서는 양파에탄올추출물군이 대조군에 비해 유의적으로 높게 나타났으며, 나머지 군들도 유의적은 아니나 높은 경향이었다.

변의 총콜레스테롤 배설량은 양파즙군과 무에탄올추출물군을 제외하고는 나머지 모든 실험군들이 대조군보다 높았고, 특히 무건분군과 양파에탄올추출물군이 많은 양의 콜레스테롤을 배설하였는데, 무건분군은 다른 실험군들과 비교시에도 유의적인 차이를 보였다.

Table 5. Total lipids, triglycerides and total cholesterol concentrations in liver[1] (mg/g wet weight)

Groups	Total lipids	Triglycerides	Total cholesterol
C	53.54 ± 1.80[a2]	7.31 ± 0.70[a]	2.99 ± 0.42[a]
OP	43.07 ± 2.81[bc]	5.00 ± 0.41[bc]	1.97 ± 0.41[bc]
OE	37.14 ± 2.43[c]	3.46 ± 0.48[c]	1.23 ± 0.11[c]
OJ	41.31 ± 2.00[bc]	3.90 ± 0.63[bc]	1.57 ± 0.24[bc]
RP	43.60 ± 1.16[bc]	5.14 ± 0.45[bc]	2.03 ± 0.17[bc]
RE	44.60 ± 1.92[b]	5.79 ± 0.69[ab]	2.13 ± 0.17[b]
RJ	41.84 ± 2.03[bc]	5.11 ± 0.75[bc]	2.09 ± 0.16[b]

1) Mean ± Standard Error(n = 7)
2) Values with different alphabet within the column are significantly different at α = 0.05 by Duncan's multiple range test

4. 항산화능

1) 혈장과 간의 과산화지질 함량

혈장과 간의 TBARS 함량을 측정한 결과는 Table 7과 같았다.

혈장과 간의 과산화지질 함량은 모든 실험군들이 대조군보다 유의적으로 낮았고, 실험군들간에는 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 양파와 무의 실험군 모두 건분군들이 가장 낮았으며, 특히 양파건분군이 가장 낮았다. 시료제조방법별 비교시 양파군이 무군보다 낮은 경향을 보였다.

2) 적혈구내 항산화 효소 활성

적혈구의 대표적인 항산화 효소인 SOD와 catalase, GSH-px의 활성을 측정한 결과는 Table 8과 같았다.

적혈구의 SOD 활성은 모든 군간에 유의적인 차이가 없었으나, 모든 실험군들이 대조군보다 약간 높은 경향이었고 그 중 양파에탄올추출물군과 무즙군이 가장 높았다. 적혈구의 catalase 활성은 모든 실험군들이 대조군에 비해 유의적으로 높았으며, 같은 채소시료 실험군들 내에서는 양파의 경우 에탄올추출물군과 즙군이 건분군에 비해 다소 높았고, 무의 경우 건분군이 에탄올추출물군과 즙군보다 높은 경향을 보였다. 적혈구의 GSH-px 활성은 대조군보다 모든 실험군들이 유의적으로 높았고, 그 중에서 양파건분군이 가장 높았으나 채소실험군들간에는 유의적인 차이가 없었다.

Table 6. Fecal weight and lipids excretions[1]

Groups	Fecal weight(g/day)		Fecal excretions(mg/day)		
	Wet weight	Dry weight	Total lipids	Triglycerides	Total cholesterol
C	0.84 ± 0.05[c2]	0.49 ± 0.03[c]	28.97 ± 3.35[c]	0.17 ± 0.02[b]	1.02 ± 0.08[c]
OP	0.89 ± 0.11[c]	0.61 ± 0.06[bc]	43.94 ± 5.89[abc]	1.01 ± 0.56[ab]	2.31 ± 0.32[b]
OE	1.11 ± 0.15[bc]	0.57 ± 0.08[bc]	52.56 ± 6.00[ab]	1.88 ± 0.91[a]	2.45 ± 0.20[b]
OJ	0.94 ± 0.06[c]	0.61 ± 0.04[bc]	46.64 ± 3.91[abc]	1.00 ± 0.56[ab]	1.95 ± 0.17[bc]
RP	1.64 ± 0.15[a]	0.90 ± 0.09[a]	61.15 ± 9.08[a]	1.09 ± 0.43[ab]	3.48 ± 0.48[a]
RE	0.89 ± 0.14[c]	0.51 ± 0.06[c]	39.96 ± 5.25[bc]	0.48 ± 0.09[ab]	1.65 ± 0.45[bc]
RJ	1.34 ± 0.19[ab]	0.72 ± 0.08[ab]	46.16 ± 5.84[abc]	0.94 ± 0.41[ab]	2.13 ± 0.44[b]

1) Mean ± Standard Error(n = 7)
2) Values with different alphabet within the column are significantly different at α = 0.05 by Duncan's multiple range test

Table 7. TBARS concentrations in plasma and liver[1]

Groups	Plasma (nmol/100ml plasma)	Liver (nmol/g wet liver)
C	143.86 ± 23.48[a2]	10.52 ± 0.88[a]
OP	76.55 ± 6.47[b]	7.58 ± 0.90[b]
OE	90.07 ± 5.24[b]	7.89 ± 0.22[b]
OJ	96.67 ± 3.28[b]	8.48 ± 0.24[b]
RP	89.78 ± 3.84[b]	8.32 ± 0.45[b]
RE	109.35 ± 7.17[b]	8.52 ± 0.35[b]
RJ	108.60 ± 8.55[b]	8.33 ± 0.34[b]

1) Mean ± Standard Error(n = 7)
2) Values with different alphabet within the column are significantly different at α = 0.05 by Duncan's multiple range test

Table 8. Antioxidative enzyme activities in erythrocytes[1]

Groups	SOD (u/min/mg protein)	Catalase (nmole/mg protein)	GSH-px (u/min/mg protein)
C	8.31 ± 0.49[NS2]	4099.8 ± 576.3[c3]	0.183 ± 0.01[b]
OP	9.47 ± 0.58	7868.4 ± 560.0[b]	0.273 ± 0.03[a]
OE	10.81 ± 0.73	9631.7 ± 1237.9[ab]	0.270 ± 0.01[a]
OJ	8.82 ± 0.86	9543.4 ± 889.6[ab]	0.264 ± 0.02[a]
RP	9.70 ± 1.12	11003.7 ± 916.7[a]	0.240 ± 0.01[a]
RE	9.04 ± 0.69	9438.0 ± 942.4[ab]	0.250 ± 0.01[a]
RJ	10.50 ± 1.63	9559.9 ± 1312.1[ab]	0.243 ± 0.02[a]

1) Mean ± Standard Error(n = 7)
2) Not significant at α = 0.05 by Duncan's multiple range test
3) Values with different alphabet within the column are significantly different at α = 0.05 by Duncan's multiple range test

Table 9. Antioxidative enzyme activities in liver[1]

Groups	SOD (u/min/mg protein)	Catalase (nmole/mg protein)	GSH-px (u/min/mg protein)
C	8.55 ± 0.89[b2]	8480 ± 1274.6[c]	0.111 ± 0.08[c]
OP	15.53 ± 0.91[a]	15951 ± 3591.3[bc]	0.327 ± 0.05[b]
OE	18.29 ± 1.22[a]	17577 ± 1475.8[b]	0.460 ± 0.02[a]
OJ	17.37 ± 1.25[a]	12552 ± 3674.0[bc]	0.151 ± 0.04[c]
RP	17.49 ± 0.69[a]	32002 ± 1304.1[a]	0.150 ± 0.02[c]
RE	16.36 ± 1.00[a]	28230 ± 2220.3[a]	0.159 ± 0.02[c]
RJ	15.58 ± 1.42[a]	14951 ± 1893.3[bc]	0.133 ± 0.00[c]

1) Mean ± Standard Error(n = 7)
2) Values with different alphabet within the column are significantly different at α = 0.05 by Duncan's multiple range test

3) 간내 항산화 효소 활성

간의 항산화 효소인 SOD, catalase, GSH-px의 활성을 측정한 결과는 Table 9와 같았다.

간의 SOD 활성은 실험군들이 대조군에 비하여 유의적으로 높았으며, 실험군간에는 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 적혈구에서와 마찬가지로 양파에탄올추출물군에서의 효소활성이 가장 컸다. 간의 catalase 활성 또한 실험군들이 대조군보다 높았는데, 특히 무건분군과 무에탄올추출물군, 양파에탄올추출물군이 대조군 보다 유의적으로 높았으며, 그 중에서도 무건분군과 무에탄올추출물군은 나머지 실험군에 대해서도 유의적인 차이를 보였다. 같은 채소실험군들 내에서는 양파군의 경우 에탄올추출물군이, 무군의 경우 건분군의 활성이 가장 높게 나타남으로써 적혈구에서의 결과와 비슷한 양상을 보였다. 간의 GSH-px 활성은 양파에탄올추출물군과 양파건분군이 대조군에 비하여 유의적으로 높았는데, 특히 가장 높았던 양파에탄올추출물은 양파건분군과도 유의적인 차이를 보였고, 양파건분군 또한 나머지 다른 실험군 보다 유의적으로 효소활성이 높았다. 그 외의 나머지 군들은 유의적이지는 않으나 대조군보다 다소 높은 경향을 나타내었다. 또한 전체적으로 SOD, GSH-px활성은 양파실험군에서, catalase활성은 무실험군에서 각각 상대적으로 높게 나타나 적혈구에서와 비슷한 양상을 보였다.

Table 10. Xanthine oxidase activities in liver[1]

Groups	XOD
C	9.04 ± 1.34[a]
OP	4.38 ± 0.89[b]
OE	3.80 ± 0.81[b]
OJ	4.25 ± 0.86[b]
RP	4.82 ± 0.84[b]
RE	3.88 ± 0.97[b]
RJ	4.43 ± 1.09[b]

1) Mean ± Standard Error(n = 7)
2) Values with different alphabet within the column are significantly different at α = 0.05 by Duncan's multiple range test

4) 간내 Xanthine oxidase 활성

간의 XOD 활성을 측정한 결과는 Table 10과 같았다.

간의 XOD 활성은 모든 실험군들이 대조군보다 유의적으로 낮았고, 특히 양파와 무 실험군 모두에서 에탄올추출물군들이 가장 낮았으며, 시료제조방법별로 비교했을 때 양파가 무보다 다소 낮은 경향을 보였다.

고 찰

본 연구는 우리나라 다소비채소류인 양파와 무의 유용식물자원으로서의 가능성을 조사하는 데에 그 목적이 있었다. 이를 위하여 양파와 무가 흰쥐의 지방대사 및 항산화능에 미치는 영향을 알아보고, 나아가 이러한 효과를 나타내는 성분의 검색을 위하여 양파와 무의 건분과 에탄올추출물 및 즙을 비교하였다.

1. 지방대사

양파와 무의 건분과 에탄올추출물 및 즙이 흰쥐의 지방대

사에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험동물의 혈장, 간, 변의 총지방, 중성지방 및 총콜레스테롤과 혈장의 HDL-콜레스테롤 농도를 측정하였다.

혈장과 간의 총지방, 중성지방 및 콜레스테롤 농도는 양파와 무 식이 섭취의 영향을 받아 모든 실험군들이 대조군에 비해 낮았는데, 특히 혈장에서 가장 낮은 지방 수준을 보였던 양파에탄올추출물이 간에서의 지방축적 또한 가장 효과적으로 억제하였다.

Sheo와 Jung의 연구[16]에 따르면 식이의 10%에 해당하는 양파즙의 섭취가 지방섭취로 인한 혈 중 중성지방와 콜레스테롤농도의 증가를 효과적으로 낮춘다고 보고하였으며, Kang과 Kang의 연구[10]에서도 양파건분의 첨가식이가 혈 중 중성지방을 감소시키고, 콜레스테롤식이로 인한 혈 중 콜레스테롤농도의 증가를 억제한다고 밝히고 있어 본 실험과 일치된 결과를 보였다. 또한 양파가 마늘과 함께 체내 지방 분해효과 및 콜레스테롤 농도 저하효과를 갖는다는 보고[36]를 볼 수 있는데, 이와 같은 양파의 혈 중 지질저하효과는 마늘에도 함유되어 있는 함황화합물에 의한 효과를 중심으로 보고되어 왔다. 그러나 최근에는 양파에 함황화합물뿐 아니라 식이섬유질[37] 및 quercetin, quercitrin, rutin 등의 flavonoids[38]가 다량으로 함유되어 있다고 알려진 바 있어, 이들의 체내지방 저하효과도 생각해 볼 수 있다.

변무게와 변의 총지방, 중성지방 및 총콜레스테롤 배설량은 모든 실험군이 대조군에 비하여 높은 경향을 보였으며, 특히 불용성 및 수용성 식이섬유질의 함량이 가장 높았던 무건분군은 변을 통해 가장 많은 양의 지질을 배설하여 혈장과 간의 지방수준을 저하시킴으로써 무건분의 체내 지방저하효과는 주로 식이섬유질에 의한 영향으로 생각될 수 있으나 무 내에 함유된 *kaempferol*을 비롯한 *flavonoids*의 생리적 효과도 있었을 것으로 사료된다.

인간의 소화효소로서 소화되지 않는 난 소화성 다당류의 총체로 정의[39]되는 식이섬유질은 그 성질에 따라 크게 수용성 성분과 불용성 성분으로 나누어지는데, 수용성 식이섬유질은 체내 지방질과 콜레스테롤의 수준을 낮추는데 효과적이라고 보고되어 왔다.[40,41] 이와 관련하여 가능한 기작으로는 첫째, 식이섬유질이 소화기관에서 수용되면서 점도가 증가되거나 gel matrix를 형성하여 영양소의 확산을 저해하여 지질흡수를 감소시킴으로써 혈장과 간의 콜레스테롤농도를 낮추는 것과 둘째, 소장에서의 콜레스테롤 및 담즙산을 흡착하여 변으로 배설시킴으로써 체내 콜레스테롤 pool의 크기를 감소시키는 것과 세째, propionate와 같이 대장에서의 식이섬유 발효부산물인 short chain fatty acid가 콜레스테롤합성의 rate limiting enzyme인 HMG CoA reductase(β-hydroxy-3-methyl glutaryl coenzyme A reductase)의 활성을 억제하여 콜레스테롤 합성능을 감소시키는 것을 들 수 있다.[42] 한편 불용성 식이섬유질은 물을 흡수하여 팽창하며 대장 내 미생물의 작용을 적게 받아 비발효잔사로 남게되는데, 이렇게 유지된 식이섬유 matrix는 대장의 근육을 자극하여 장관통과시간을 단축시킴으로써 지방의 배설량을 증가시키는 동시에 체내 지방저하효과를 발휘할 수 있다.[5]

한편, 양파에탄올추출물군은 건분군보다 식이섬유질과 총flavonoids의 함량이 낮음에도 불구하고 혈장과 간의 총지방, 중성지방, 총콜레스테롤의 농도저하에 있어서 그 효과가 가장 높게 나타나 식이섬유질 뿐 아니라 에탄올에 녹는 quercetin, kaempferol 등의 flavonoids에 의한 효과도 생각해 볼 수 있다. 고지방식이를 먹인 흰쥐에게 flavonoid를 식이의 0.1% 수준으로 투여한 연구[43]에서 혈장과 간의 총콜레스테롤함량이 대조군보다 낮았고, HMG CoA reductase의 활성 또한 대조군에 비해 감소하였다. 또 다른 연구[44]에서도 flavonoid인 quercetin과 catechin이 콜레스테롤을 섭취시킨 흰쥐의 혈청과 간의 콜레스테롤 및 중성지방수준을 저하시키는 효과를 보였다. 또한 양파에 다량으로 함유되어 있는 quercetin은 in vitro에서 항산화효과 및 LDL산화억제능력이 확인된 바 있으며 더욱이 산화된 LDL이 동맥경화성 플라그형성의 주요한 중간물질임을 생각할 때 flavonoids가 관상동맥질환을 효과적으로 예방할 것으로 기대되고 있다.[45] 또한 flavonoids는 그 화학구조에 따라 용해되는 용매와 정도가 달라지는데,[46] 양파 flavonoids의 80%이상을 차지한다고 알려져 있는 quercetin은 alcohol, glacial acetic acid에는 녹으나 물에는 거의 녹지 않으며, kaempferol은 물이나 뜨거운 alcohol, ether 또는 alkalies에 녹는다고 보고되어 있다.[38,47,48] 이로써 양파에탄올추출물군이 양파즙군에 비해서도 상대적으로 높은 체내 지방저하효과를 보인 것이 각 시료에 함유된 flavonoids의 양과 질의 차이로 설명될 수 있겠다.

결론적으로 양파와 무의 식이는 체내 지방수준을 저하시키는데, 특히 무건분군은 플라보노이드의 효과보다는 주로 식이섬유질의 영향으로 변을 통해 지방을 다량으로 배설함으로써, 양파에탄올추출물군은 식이섬유질의 효과보다는 flavonoids 등의 영향으로 콜레스테롤과 지방의 합성 및 흡수를 저해하고 분해를 촉진함으로써 혈장과 간의 지방농도를 저하시켰다고 볼 수 있다. 그러나, 양파와 무에는 식이섬유질과 flavonoids등과 같은 생리활성물질이 다양하게 함유되어 있으므로 체내지방 수준의 저하가 이 중에 어느 특정성분에 기인하는 것이라고 단정지을 수는 없다. 그러나

혈 중 콜레스테롤농도의 증가는 흡연, 비만, 고혈압, 당뇨, 스트레스와 함께 관상동맥질환의 주요위험인자라는 점을 감안할 때, 양파와 무의 섭취는 관상동맥질환의 예방과 치료에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 양파의 경우 에탄올추출물의 체내 지방저하효과가 가장 컸다는 것으로 미루어 보아 에탄올에 용출되는 flavonoids 등의 생리활성효과가 뛰어난 것으로 생각된다. 아울러 양파의 주요 flavonoids인 quercetin류가 다량으로 함유되어 있다고 밝혀진 양파껍질[49]을 이용하여 농축된 고기능성 양파가공식품을 개발하는 일은 양파의 활용성을 높일 수 있는 좋은 방법으로 생각된다.

2. 항산화능

양파와 무의 건분과 에탄올추출물 및 즙의 첨가 식이가 흰쥐의 항산화능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 혈장과 간의 지질과산화물함량과 적혈구와 간의 항산화 효소인 SOD, catalase, GSH-px의 활성과 간에서의 XOD의 활성을 측정하였다.

혈장과 간의 지질과산화물 생성량은 모든 채소실험군들이 대조군보다 유의적으로 낮았고, 특히 양파건분군, 양파에탄올추출물군이 가장 낮은 수준을 보였는데, 이는 에탄올과 양파즙을 병합하여 흰쥐에 투여시킨 Park 등의 연구[18]에서 양파즙이 간의 과산화지질 생성을 현저하게 감소시켰다는 보고와 flavonoids인 quercetin이 흰쥐의 간 TBARS 함량을 효과적으로 감소시켰다고 보고한 Igarashi와 Ohmuna의 연구[40]와 일치된 결과라 하겠다.

일반적으로 생체 조직세포의 손상은 생체막의 구성성분인 다중 불포화 지방산의 과산화가 하나의 원인으로 알려져 있는데, 지질과산화는 생체외적인 요인뿐만이 아니라 내적인 요인(oxygen free radical generating system)에 의해 생성된 oxygen free radical이 관여함으로써 야기된다.[50] 이러한 free radical은 생체의 정상적인 대사과정에서 끊임없이 생성되는 물질이나, 생체 내에서 그 자체의 방어기전을 벗어나게 되면 지질의 과산화반응, glycosaminoglycan의 분해, 단백질 특히 효소의 sulfhydryl기의 산화 및 DNA의 손상을 일으켜 생체에 비가역적인 상해를 초래한다.[51] 그러나 생체는 이들 free radical들을 조절할 수 있는 다양한 항산화계가 존재하여 free radical들을 효율적으로 제거하므로 생체의 항상성을 유지하고 있다. 항산화계는 크게 SOD, catalase, GSH-px 등이 관여되는 항산화 효소와 vitamin A, vitamin C, vitamin E 등의 비효소성 항산화제로 구성되어 있다.[52] 항산화 효소 중에서 SOD는 산화적 스트레스로부터 세포나 호기성 유기체를 보호하기 위하여 free radical 생성과정의 초기단계에서 생성되어 superoxide anion radical($O_2 \cdot$)을 H_2O_2로 전환시키며,[53] Catalase는 SOD로 인해 생성된 H_2O_2에 작용하여 산소와 물로 분해시키고,[53,54] GSH-px는 지질과산화물과 H_2O_2를 동시에 환원시키는 효소로서 주로 과산화물에 의한 산화로부터 세포막지질과 hemoglobin을 보호하는 역할을 한다.[50,55]

적혈구와 간의 세 가지 항산화 효소들의 활성은 대체로 모든 실험군에서 대조군에 비하여 증가하였는데, 적혈구의 경우 catalase와 GSH-px가 민감하게 반응하여 모든 실험군들의 활성이 대조군에 비하여 유의적으로 높았고 특히, GSH-px의 경우 혈장 내 과산화지질의 농도가 가장 낮았던 양파건분군에서 그 활성이 가장 높게 나타났으며, 가장 높은 catalase활성을 보인 무건분군의 과산화지질함량은 양파건분군에 이어 두 번째로 가장 낮았다. 간 내의 항산화 효소들 중 SOD는 모든 실험군들의 활성이 대조군에 비하여 유의적으로 높았으며 그 중 양파에탄올추출물군이 가장 높았고, catalase의 경우 무건분과 무에탄올추출물군의 효소활성이 유의적으로 증가하였으며, GSH-px의 활성은 양파에탄올추출물군과 양파건분군에서 대조군보다 유의적으로 높게 나타났다. Catalase의 경우 SOD와 GSH-px와는 달리 무군들의 활성이 양파군들보다 월등히 증진되었는데, 이는 무가 자체적으로 다량의 catalase를 함유하고 있다는 보고[12]와 관련이 있을 지도 모르나 무를 건조하는 과정 혹은 생체 내에서 소화, 흡수되는 과정에서의 catalase 파괴여부에 관해서는 좀 더 정확한 연구가 행해져야 할 것으로 보인다.

즉, 모든 실험군들의 체내 과산화지질함량저하는 적혈구와 간의 항산화 효소들의 활성증진으로 일부분 설명될 수 있을 것으로 사료되나, 본 실험에서 과산화지질의 생성억제효과가 가장 뛰어났던 양파건분군에서 항산화 효소활성은 가장 높지 않았던 것으로 보아 양파건분군에 가장 많이 함유되었던 flavonoids와 vitamin E가 비효소적 방법으로도 작용하여 과산화지질의 생성을 현저히 감소시켰을 것으로 생각된다. 또한, 무건분군의 경우 catalase의 활성 증진과 함께 vitamin C 및 flavonoids의 비효소적 항산화 효과가 동시에 나타남으로써 체내 지질과산화물의 생성을 효과적으로 억제하였다고 사료된다.

이러한 비효소적 항산화제로 flavonoids와 항산화 vitamin등을 들 수 있는데,[52] Flavonoids는 SOD, catalase, GSH-px 등의 항산화 효소 활성을 증진시키거나, 직접 free radical scavenger로 작용함으로써 체내 과산화지질의 생성을 억제하게된다.[56,57] Vitamin A, vitamin C, vitamin E와 같은 항산화 vitamin들은 항산화 효소체계와 함께 free radical로부터 조직을 보호해 주는 역할을 하는데, 먼저

vitamin A는 singlet oxygen이나 free radical을 포착함으로써 지질산화의 개시단계를 방해하고,[58] vitamin C는 수용성 상태에서 전자를 내어줌으로써 환원제로 작용하여 지질과산화의 연쇄반응을 차단하며, α-tocopherol과 β-carotene과 같은 지용성 항산화제의 재생을 돕고,[59] vitamin E는 free radical의 공격으로부터 세포막 지질의 불포화지방산을 직접 보호해 주는 방어제로 작용한다[60]고 알려져 있다.

간의 XOD활성은 모든 실험군들이 대조군보다 유의적으로 낮았고, 특히 양파와 무의 에탄올추출물군들이 가장 낮았다. 생체내의 free radical 생성계의 하나인 XOD는 purine, pyrimidine, pteridine, aldehyde류 및 heterocyclic compound 등의 대사에 관여하는 비특이적 효소로 생체 내에서는 주로 purine체의 대사산물인 hypoxanthine을 산화시켜 요산을 생성하는 반응의 촉매로 작용하며,[61] 이 때 H_2O_2를 생성한다.[62] Flavonoids류는 XOD의 활성을 저해하는데,[17] flavonoids들의 분자 내 hydroxy기의 위치에 따라 그 저해효과가 다르고,[63] 특히 gallate기를 함유한 flavonoids가 XOD의 활성을 효과적으로 저해한다[64]고 보고되고 있다. Ra 등의 연구[17]에 의하면 양파껍질에서 분리한 flavonoids인 quercetin-4′-glucoside와 quercetin이 XOD의 활성을 저해한다고 하였으며, 이러한 연구결과는 flavonoids인 myricetin, kaempferol과 quercetin이 xanthine oxidase에 대해 비경쟁적 저해와 무경쟁적 저해의 혼합형임을 보고한 Ilo 등의 보고[65]와 일치하였다. 따라서 본 실험에서 양파와 무의 에탄올추출물군의 XOD 활성이 가장 낮았던 것은 양파에탄올추출물에 함유되어 있는 quercetin, kaempferol 등의 추출 가능한 특정 flavonoids의 효과로 설명될 수 있겠다.

요약 및 결론

본 연구에서는 우리나라 다소비채소류인 양파와 무가 지방대사와 항산화능에 미치는 영향을 알아보고, 나아가 이러한 효과를 나타내는 성분의 검색을 위하여 양파와 무의 건분과 에탄올추출물 및 즙을 비교하였다. 혈장과 간, 변의 총지방 및 중성지방, 총콜레스테롤을 분석하여 지방대사를 알아보았고, 혈장과 간의 TBARS 함량 및 적혈구와 간의 SOD, catalase, GSH-px의 활성과 간의 XOD 활성을 측정함으로써 항산화능에 미치는 영향을 살펴보았다.

총 flavonoids는 양파건분이 가장 많았으며, 그 다음으로는 무건분, 양파에탄올추출물의 순으로 많게 나타났다. 모든 시료에서 β-carotene은 검출되지 않았으며, vitamin C의 함량은 양파와 무 모두에서 즙, 건분, 에탄올추출물의 순으로 많게 나타났다. Vitamin E의 경우 모든 시료에서 그 함량이 미미하였는데, 양파건분이 그 중 가장 높았다. 총식이 섬유 함량은 무 시료가 양파시료보다 일률적으로 높게 나타났으며, 특히 무건분군이 가장 높았다.

식이섭취량과 체중증가량은 군간에 아무런 유의적인 차이를 보이지 않아 양파와 무의 식이가 흰쥐의 성장에는 별다른 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다.

혈장과 간의 총지방, 중성지방 및 총콜레스테롤 농도는 양파와 무 식이 섭취의 영향을 받아 모든 실험군들이 대조군에 비해 낮았는데, 그 중에서도 특히 양파에탄올추출물이 가장 현저하게 체내 지방수준을 낮추는 것으로 나타났다. 변무게와 변의 총지방, 중성지방 및 총콜레스테롤 배설량은 모든 실험군이 대조군에 비하여 높은 경향을 보였으며 특히 무건분군이 변을 통해 가장 많은 양의 지질을 배설하였고, 그 다음이 양파에탄올추출물군이었다. 즉, 양파에탄올추출물군은 식이섬유질의 영향보다는 에탄올에 녹는 flavonoids의 영향으로, 무건분군은 무 내의 flavonoids의 효과보다는 식이섬유질의 영향으로 변을 통해 지방을 다량으로 배설하므로써 혈장과 간의 지방수준을 저하시켰다고 볼 수 있다.

혈장과 간의 과산화지질 생성량은 모든 양파와 무의 실험군들이 대조군보다 유의적으로 낮았고, 특히, 양파건분군이 가장 낮았으며 그 다음으로 혈장의 경우 무건분군이, 간의 경우 양파에탄올추출물군이 낮은 수준을 보였다. 적혈구와 간의 세 가지 항산화 효소들의 활성은 모든 실험군에서 대조군에 비하여 증가하였으며, 적혈구의 경우 특히 catalase와 GSH-px가 민감하게 반응하여 모든 실험군들의 활성이 대조군에 비하여 유의적으로 높았는데, catalase의 활성은 무건분군에서, GSH-px의 활성은 양파건분군에서 가장 높았다. 간의 SOD는 모든 실험군들의 활성이 대조군에 비하여 유의적으로 높았으며 그 중 양파에탄올추출물군이 가장 높았고, GSH-px의 활성은 양파에탄올추출물군과 양파건분군에서, catalase 활성은 무건분과 무에탄올추출물군에서, 대조군보다 유의적으로 높게 나타났다. 또한, 간의 XOD활성은 모든 실험군들이 대조군보다 유의적으로 낮았고, 특히 양파와 무의 에탄올추출물군들이 가장 낮았다. 따라서, 혈장과 간의 과산화지질의 수준이 가장 낮았던 양파건분군은 SOD, catalase, GSH-px 등의 항산화 효소의 활성을 증가시키는 동시에 양파건분에 가장 많이 함유되어 있는 flavonoids 및 vitamin E가 비효소적 항산화제로도 기능하여 직접 free radical scavenger로 작용함으로써 지질과산화를 현저히 억제하는 것으로 보이고, 전반적으로 항산화 효소 활성이 가장 높았던 양파에탄올추출물군에서 나

타난 과산화지질 생성 및 XOD 활성의 억제효과는 주로 에탄올에 녹는 특정 flavonoids에 의한 효과로 생각되며, 무 건분군의 경우 catalase의 활성 증진과 함께 vitamin C 및 flavonoids의 비효소적 항산화 효과가 동시에 나타남으로써 체내 과산화지질의 생성을 효과적으로 억제하였다고 사료된다.

이상에서와 같이 양파와 무의 식이가 체내 지방수준을 저하시키고, 항산화능을 증진시키는 것으로 나타났는데, 양파의 경우 건분보다 오히려 에탄올추출물이 체내 지방수준을 더 효과적으로 감소시켰고, 항산화 효소활성도 더 증진시켰으며, 양파건분과 마찬가지로 혈장과 간에서의 지질과산화도 효과적으로 억제함으로써 에탄올에 용출되는 flavonoids 등의 효과를 생각해 볼 수 있었다. 무의 경우에는 건분군이 식이섬유질의 영향으로 변을 통해 다량의 지질을 배설함으로써 체내지방수준을 감소시켰고, 혈장에서의 과산화지질 생성을 가장 효과적으로 억제하였다. 또한, 전반적으로 지방대사와 항산화능 모두에 있어 양파의 생리활성효과가 무보다 더 높은 것으로 나타났다.

Literature cited

1) Ministry of Health and Welfare. 1998 Yearbook of Health and nutrition Statistics, 2000
2) Statistic Office. 1998 Yearbook of Death Cause Statistics, 1999
3) Ministry of Health and Welfare. Yearbook of Health and social Statistics, 1994
4) Lee HS. Dieatary fiber intake of Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25 (2): 540-548, 1997
5) Gordon DT. The importance of total dietary fiber in human nutrition and health. *Korean J Nutr* 25(1): 75-76, 1992
6) Barry H. Free radicals, antioxidants, and human disease: curiosity, cause, or consequence? *Lancet* 344: 721-724, 1994
7) Terao J. Antioxident activity of β-carotene-realated carotenoids in solution. *Lipids* 24: 657-661, 1989
8) Kim NE, Kim WK. Effects of antioxident vitamins supplementation on antioxidative status and plasm lipid profiles in korea NIDDM patient. *Korean J Nutr* 32(7): 775-780, 1999
9) Son JY, Son HS, Cho WD. Antioxident Effect of onion skin extract. *Korean J Soc Food Sci* 14(1): 16-20, 1998
10) Kang JA, Kang JS. Effect of garlic and onion on plasma and liver cholesterol and triacylglycerol and platelet aggregation in rats fed basal or cholesterol supplemented diets. *Korean J Nutr* 30(2): 132-138, 1997
11) Korea statistical year book. National statistical office, Republic of Korea, 1999
12) Park YK. Source and processing technology of vegetable juices and the trend of study. *Bulletin of Food Technology* 8(3): 59-68, 1995
13) Park PS, Lee BR, Lee MY. Effects of onion diet on carbon tetrachloride toxicity of rats. *J Korean Soc Food Nutr* 20(2): 121-125, 1991
14) Kim JH. Antibacterial action of onion(Allium cepa L.) extract against oral pathogenic bacteria. Thesis for doctor's degree, Japan University, 1997
15) Sheela CG, Kumud K, Augusti KT. Antidiabetic effects of onion and garlic sulfoxide amino acids in rats. *Planta-Med* 61: 356-357, 1995
16) Sheo HJ, Jung DL. the effects of onion Juice on serum lipid levels in rats. *J Korean Soc Food Nutr* 25(6): 1164-1172, 1997
17) Ra KS, Chung SH, Suh HJ, Son JY, Lee HK. Inhibitor of xanthine oxidase from onion Skin. *Korean J Food Sci Technol* 30(3): 697-701, 1998
18) Park PS, Lee BR, Lee MY. Effects of onion juice on ethanol-induced hepatic lipid peroxidation in rats. *J Korean Soc Food Nutr* 23(5): 750-756, 1994
19) Lee CJ, Kim HD, Choung EH, Suh JK, Park CW, Ha YL. Reduction effect of carcinogenesis by the extract of onion wastes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29(3): 525-530, 2000
20) Ryu BH. Antioxidative effects of flavonoids toward modification of human low density lipoprotein. *Korean J Food & Nutr* 12(3): 320-327, 1999
21) Kim SJ, Jin JS, Kim DM, Kim Kh. Inhibitory effect of radish Juice on the mutagenicity and its characteristics. *Korean J Food Sci Technol* 24 (3): 193-198, 1992
22) Kang YH, Park YK, Ha TY, Moon KD. Effects of Pine Needle Extracts on Serum and Liver Lipid Contents in Rats Fed High Fat Diet. *J Korean Soc Food Nutr* 25(3): 367-373, 1996
23) Nilis HJCF. Isocratic nonaqueous reversed-phase liquid chromatography of carotenoids. *Anal Chem* 55: 270-275, 1983
24) The Guide to Hygienic Experimental Method. Japan Drug Association. Kumwon Press, Japan, 1995
25) Official methods of analysis. 16th Ed. AOAC international USA, 1995
26) Lee SC, Prosky L, DeVries JW. Determination of total, soluble and insoluble dietary fiber in food-enzymetic gravimatric method. MES-TRIS buffer:Collaborative study. *J Assoc Of Anal Chem* 75: 395-416, 1992
27) Frings CS, Dunn RT. A colorimetric method for determination of total serum lipid based on the sulfuric-phospho-vanillin reaction. *Am J Clin Nutr* 53: 89, 1970
28) Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37: 911-917, 1959
29) Yagi K. Assay for Blood Plasma or Serum. Methods in Enzymology Academic Press Inc. NY Vol. 105: 328-331, 1984
30) Buckingham KW. Effect of Dietary Polysaturated/Saturated Fatty Acid Ratio and Dietary Vitamin E on Lipid Peroxidation in the Rat. *J Nutr* 115: 1425-1435, 1985
31) Floh L, Becker R, Brigelius R, Lengfelder E, Tting F. Convenient Assays for Superoxide Dismutase. *CRC Handbook of free Radicals and Antioxidants in Biomedicine*, pp.287-293, 1992
32) Johnsson LH, Hkan Borg LA. A Spectrophotometric Method for Determination of Catalase Activity in Small Tissue Samples. *Anal Biochem* 174: 331-336, 1988
33) Floh L. Determination of Glutathione Peroxidase. *CRC Handbook of Free Radicals and Antioxidations in Biomedicine*, pp.281-286, 1992
34) Stripe F, Della Corte E. The regulation of rat liver xanthine oxidase. *J Biol Chem* 244: 3855-3863, 1969
35) Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL and Randall RJ. Protein measurement with folin phenol reagent. *J Biol Chem* 193: 265-275, 1951
36) Block E. The organosulful chemistry of genus allium-implication for the organic chemistry of sulfur. *Angewandte Chemie J Gesellschaft Deutsher Chemikal* 31: 1135-1138, 1992
37) Hwang SH, Kim JI, Sung CJ. Analysis of Insoluble(IDF) and soluble dietary fiber(SDF) content of common Korean foods consumed by Korean male college students. *Korean J Nutr* 29(3): 278-285, 1996
38) Leighton T, Ginther C, Fluss L, Harter WK, Cansado J, Nortario V. Molecular characterization of quercetin and quercetrin glycosides in Allium vegetables, phenolic compounds in food and their effects on health Ⅱ, ACS. Washington, D.C. pp.221-229, 1992
39) Nishimure T, Sumimoto T, Yakusiji T, Kunita N. Determination of total dietary fiber in japanese foods. *J Assoc Off anal Chem* 74: 350-359, 1991

40) Kim MJ, Jang JY, Lee MK, Park JY, Park EM. Effect of fiber on lipid concentration in hypercholesterolemic rat. *Korean J Food & Nutr* 12 (1): 20-25, 1999
41) Nishina PM, Schneeman BO, Freedland RA. Effects of dietary fibers on non fasting plasma lipoprotein and apolipoprotein levels in rats. *J Nutr* 121(4): 431-437, 1991
42) Yang JL, Suh MJ, Song YS. Effects of dietary fiber on cholesterol metabolism in cholesterol-fed rats. *J Korean Soc Food Nutr* 25(3): 392-398, 1996
43) Lee SH, Park YB, ChoiMS. The Effect of Dietary citrus flavonoids supplementation on cholesterol biosynthesis control in rats. The Autumnal Symposium of Korea Nutr Associ pp.79, 1998
44) Igarashi K, Ohmuna M. Effects of isohamnetin, rhamnetin, and quercetin on the concentrarions of cholesterol and lipoperoxide in the serum and liver and on the blood and liver antioxidative enzyme activities or rats. *Biosci Biochem* 59(4): 595-601, 1995
45) Hollman PC, Katan MB. Absorption, metabolism and health effects of dietary flavonoids in man. *Biomed Pharmacother* 51(8): 305-310, 1997
46) Bravo L. Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism, and Nutritional Significance. *Nutr Reviews* 56(11): 317-333, 1998
47) Bravo L, Abio R, Eastwood MA, Saura-calixto F. Degradation of polyphenols(catechin and tannic acid) in the rat intestinal tract. Effect on colonic fermantation and fecal output. *Bris Nutr* 71: 933-946, 1994
48) Park YG. Flavonoids of Fruits. *Bulletin of Food Technology* 8(2): 76-91, 1995
49) Patall BS, Pike LM. Distribution of quercetin content in different rings of various coloured onion(Allium cepa L.) cultivars. *J Horticultural Science* 70: 643-650, 1995
50) Han EG, Cho SY. Effect of codonopsis lanceolata water extract on the activities of antioxidative enzymes in carbon tetrachloride treated rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr 26(6): 1181-1186, 1997*
51) Kang HK, NO JK, Soung DY, Kim ND, Lee KH, Kim KW, Choi WC, Lim WK, Yu BP, Chung HY. Effects of aging and dietary restriction on free radical generation and GSH/GSSG level in rat testis. *Kor J Gerontol* 7(3): 92-97, 1997
52) Chung HY, Kim YK. Age associated alteration in the hepatic superoxide generation and antioxidant activities in the senescence-accelerated mice. *Yakhak Hoeji 36: 460-466, 1992*
53) Park GY, Rhee SJ. Effect of dietary polyunsaturated fatty acid and α-tocopherol on lipid peroxidation in rat liver. *Korean J Nutr* 21(5): 295-304, 1988
54) Kim YJ. Biological defence against free radical reaction and faiure of defence. *Bulletin of Food Technology* 10(2): 4-26, 1997
55) Kim AR, Chung HY. Role of glutathione against cytotoxicity of t-butyl hydroperoxide in cultured liver cell. *Kor J Gerontol* 5(2): 53-58, 1995
56) Haenen GR, Paquay JB, Korthouwer RE, Bast A. Peroxynitrite scavenging by flavonoids. *Biochem Biophys Res Commun* 236(3): 591-593, 1997
57) Morel I, Lescoat G, Cogrel P, Sergent O, Pasdeloup N, Brissot P, Cillard P, Cillard J. Antioxidant and Iron-chelating Activities of the Flavonoids Catechin, Quercetin and Diosmetin on Iron-loaded rat hepatocyte cultures. *Biochem Pharmacol* 45: 13-19, 1993
58) Ahn YJ, Park HY. Levels and factors affecting serum carotenoids concentrations of adults living in rural area of korea. *Korean J Nutr* 30(5): 489-498, 1997
59) Lee JW, Lee TY, Mo SM, LeeJH, Lee DH, Park SN, Lee BK. Effects of L-ascorbic acid on the plasma thiobarbituric acid(TBA) value, prostagladin biosynthesis, photohemolysis, superoxide dismutase, and catalase activities in guinea pigs. *Kor Biochem J 20(4): 378-388, 1987*
60) Chow CK. Vitamin E and Oxidative stress. *Free Radical Bio Med* 11: 215-232, 1991
61) Hollman PC, van Trijp JM, Buysman MN, van der Gaag MS, Mengelers MJ. Relative bioavailability of the antioxident flavonoid quercetin from various foods in man. *FEBS Letters* 418(1-2): 152-156, 1997
62) Lehninger AL, Lenson DL, Cox MM. Principles of biochemistry, second edition. Worth Publishers, pp.728, 1993
63) Hayashi T, Sawa K, Kawasaki M, Arisawa M, Shimizu M, Morita M. Inhibition of cow's milk xanthine oxidase by flavonoids. *J Natural Products* 51: 345-348, 1988
64) Htano T, Yashimura T, Yoshihara R, Ikegami Y, Matsuda M, Yazaki K, Agata I, Nishibe S, Noro T. Inhibitory effects of galloylated flavonoids on xathine oxidase. *Plant Med* 57: 83-84, 1991
65) Ilo M, Moriyama A, Matsumoto Y Takaki N, Fukumoto M. Inhibition of xanthine oxidase by flavonoids. *Agric Biol Chem* 49: 2173-2178, 1985