한국식생활문화학회지 23(1):55-61, 2008
KOREAN J. FOOD CULTURE 23(1):55-61, 2008

향, 갈변 및 케이킹 억제 가공 처리된 양파의 섭취가 SHR 흰쥐의 혈압에 미치는 영향

최복수[1] · 권지연[1] · 한명륜[2] · 김명환[2] · 김선희[1] · 장문정[1]*
[1]국민대학교 식품영양학과, [2]단국대학교 식품공학과

Effect of Raw versus Flavor, Browning and Caking reduced Onion (*Allium cepa* L.) on Blood Pressure of Spontaneously Hypertensive Rats

Pok-Su Choi[1], Ji-Youn Kwon[1], Myung-Ryun Han[2], Myung-Hwan Kim[2], Sun Hee Kim[1], Moon-Jeong Chang[1]*
[1]*Department of Foods & Nutrition, Kookmin University*
[2]*Department of Food Engineering, Dankook University*

Abstract

Non processed onion (*Allium cepa* L.) powder or onion powder processed with β-cyclodextrin+1% calcium chloride+1% soluble starch solution was added to the diet of 16 week old Wistar and spontaneously hypertensive rats (SHR) for 5 weeks. 36 SHR and Wistar rats were randomly divided into 3 diet groups, each of six. They were named control, NPO (non processed onion), PO (processed onion). The rats of the control group were fed diet without onion powder. To NPO and PO groups were added 5% of non processed onion and processed onion, respectively. Body weight gain, food efficiency ratio (FER), blood pressure, angiotensin converting enzyme (ACE) activity and Na excretion of urine and feces were analyzed. The processed onion and non processed onion diet reduced body weight gain without affecting the total food intake in Wistar rats ($p<0.05$). The body weight gain was lowest in Wistar rats fed with a diet with processed onion powder. The rats fed with diet containing PO or NPO had lower blood systolic blood pressure in SHR ($p<0.05$). The effect of onion powder on decreasing the blood pressure was not significant in Wistar rats. The ACE activity in lung was lowered in the SHR fed with either PO or NPO ($p<0.05$) compared to those fed with control diet. The urinary Na excretion was significantly lower in SHR than Wistar rats. The effects of PO and NPO on increasing the urinary and fecal excretion of Na were significant ($p<0.05$). These results suggest that onion processed with β-cyclodextrin+1% calcium chloride+1% soluble starch solution to reduce volatile flavor, browning and caking preserves an antihypertensive effect of non processed onion.

Key Words : onion, flavor reduction, angiotensin converting enzyme, antihypertensive effect

I. 서 론

우리나라는 염분섭취의 과다 및 환경적 요인에 의해 40대 이후 고혈압 유병률이 증가하고 있으며, 60대 이후 전체 인구의 53.8%가 고혈압을 가지고 있다(KNHANES 2005). 고혈압은 관상동맥 심장질환으로 인한 사망의 가장 주요한 요인으로 간주되고 있다(Forette 1980). 혈액 흐름의 변화가 일어날 때 혈관벽의 내막 근육은 일정한 긴장도 및 혈관내막의 전단응력(shear stress)을 유지하려는 적응현상이 일어나 혈전 형성, 혈관내막의 염증성 반응을 억제한다(Cunningham 등 2005). 고혈압이 지속되면 대동맥벽의 적응력이 저하되어 동맥경화증 및 심근 증식을 유발하여 허혈성 심장질환의 발병을 초래하게 된다(LaPier & Rodnick 2000).

고혈압은 일반적으로 레닌-안지오텐신계(renin-angiotensin system)에 의한 생리 · 생화학적 기전으로 설명되고 있으며(Williams 등 2000), 안지오텐신 전환효소(angiotensin converting enzyme, ACE)는 혈압과 전해질 균형 조절에 중요한 역할을 담당하고 있다. 레닌에 의해 생성된 안지오텐신 I은 비활성형인 반면 ACE 가수분해 작용에 의해 생성되는 안지오텐신 II는 강력한 혈관수축제이다. 안지오텐신 II는 혈관 수축 작용외에도 부신피질을 자극하여 aldosterone의 분비를 촉진하여 나트륨 배설을 억제하는 반면 bradykinin을 불활성화 시킴으로서 혈압을 상승시킨다(Williams 1998). 또한 안지오텐신 II는 세포내 lipoxygenase(LOX)

*Corresponding author: Moon-Jeong Chang, Department of Foods and Nutrition, Kookmin University, 861-1 Chongnung-dong, Songbuk-gu, Seoul, 136-702, Korea
Tel: 82-2-910-4776 Fax: 82-2-910-5249 E-mail: cmoon@kookmin.ac.kr

를 조절하여 저밀도지단백(low density lipoprotein, LDL)의 산화를 촉매하여 동맥경화증 유발의 주요 발병원인이 되고 있다(Abubakar 등 1998). ACE를 억제할 수 있는 물질은 혈관이완제로 작용하며, 안지오텐신 II의 생성을 억제하기 때문에 심근경색증 환자나 심부전 환자의 사망률을 유의하게 감소시키고 있다는 연구결과들이 보고되고 있다(Geisterfer 등 1988; Daemon 등 1991).

중등도 이상의 고혈압의 치료는 약물요법이 필수적으로 이뇨제, β-차단제, 교감신경 억제제, 혈관 확장제, Ca-길항제 및 ACE 저해제가 주로 사용되고 있으나 이들 약물은 대부분 혈액점도를 높이거나, 전해질의 불균형유발, 당뇨병 유발, 심부전증 악화, 신장 기능장애, 기억력 감퇴등의 부작용을 초래한다(Waeber & Brunner 1998). 식사와 생활습관의 개선은 고혈압 환자에서 가장 기본적으로 권장되는 방법이며(Guidelines of the Subcommitte of WHO/ISH 1999) 최근 고혈압의 예방 및 치료를 위해 혈압 강하 효과가 있는 기능성 식품에 대한 연구가 활발하게 수행되고 있다(Tsuji 등 1992; Maeno 등 1996; Hernandez-Ledssma 등 2004).

양파는 식품재료, 향신료 및 질병치료를 위한 민간요법으로 널리 사용되어 왔다. 양파는 수확 후 대부분 생체로 소비자에게 공급되고 있으나 생체양파는 수분을 많이 함유한 식품으로서 그 저장성이 매우 약하여 저장기간 중 발아발근 등으로 인하여 품질저하가 심하다. 특히 적절하지 못한 저장조건에서는 맛과 향기의 손실이 심하고 *Botrytis*, *Fusarium*, *Erwinia*, *Bacillus* 및 *Pseudomonas* 등의 부패균에 의하여 부패가 된다. 양파의 가공이나 장기저장 및 유통 중 발생하는 문제점을 개선하기 위하여 건조양파분말 또는 양파농축액의 제조가 이루어지고 있다.

이러한 양파가공처리 후에도 dipropyl tetrasulfide, 1-prophenyl propyl trisulfide, methyl propyl trisulfide, dipropyl trisulfide 등의 향성분이 많이 잔존하여 소비자의 기호도에 부정적인 역할을 한다(Yoo 등 1997). 양파속에 다량 함유된 quercetin과 allyl proppyl disulphide와 같은 함황화합물은 건강에 유익한 성분으로 알려져 있다(Griffiths 등 2002). 함황 화합물은 시스테인 유도체의 형태로 들어있으며 그중 S-alkyl cystein sulfoxides는 추출과정에서 thiosulfinates와 polysulfides와 같은 휘발성 화합물로 분해된다. 이 화합물들은 항당뇨, 항균, 콜레스테롤 저하, 혈전용해와 같은 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(Augusti 1996).

본 연구의 목적은 다양한 식품가공 소재로서의 양파의 활용도를 높이기 위해 양파 분말 제조과정 후에도 잔존하는 향과 양파분말의 저장과정에서 발생하는 갈변현상과 케이킹(caking)을 억제하기 위해 가공 처리한 양파의 섭취가 고혈압 동물모델에서 혈압에 미치는 영향을 비가공 처리한 양파와 비교하여 생리활성을 유지하면서 건강기능성 식품소재로서의 활용도를 높일 수 있는 방법을 모색하고자 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 양파의 전처리 및 건조

본 실험에 사용한 양파(*Allium cepa* L.)는 2007년도 수확한 국내산(전라남도 무안군산) 양파이었다. 박피한 양파를 Kenwood mixer(KM230.250, KENWOOD, England)를 이용하여 3 mm의 두께로 slice한 양파 1.5 kg을 양파 중량의 4배(w/v)에 해당하는 6 L의 침지용액(mixture of 5% β-cyclodextrin+1% calcium chloride+1% soluble starch solution)에 넣고 25°C의 shaking incubator에 150 rpm의 속도로 30분간 교반하면서 침지효율을 높였다. 그 다음 체를 이용하여 1분간 표면 수분을 제거한 다음 70°C의 원적외선 건조기에서 24시간 동안 양파건조물을 제조하였다. 양파 건조물을 막자사발을 이용 분쇄 한 다음 40 mesh 체를 통과한 분말을 식이용 시료로 사용하였다. 건조 후 분말양파의 수분함량은 약 7%(dry basis)이었다. 이 시료는 일반 양파 분말에 비해 갈변도가 56.9%, 케이킹 억제도 83%, dimethyl sulfide, dimethyl disulfide, 2-methyl thiophene, methyl propyl trisulfide, dipropyl trisulfide 등의 휘발성 향 성분이 대조군 양파에 비해 유의하게 감소하였다. 비가공 처리 양파 분말은 생양파를 박피한 후 70°C의 원적외선 건조기에서 24시간 동안 건조하여 양파건조물을 제조하고 막자 사발을 이용 분쇄한 후 40 mesh 체를 통과한 분말을 사용하였다.

2. 실험동물과 실험식이

16주령 본태성 고혈압 동물인 spontaneously hypertensive rat(SHR)과 정상혈압의 Wistar종 흰쥐를 중앙 동물센터에서 구입하여 정상적인 실험실조건(온도 22°C±1, 상대 습도 65±5%, 낮밤주기 12시간)에서 물과 실험 식이를 자유급식으로 사육하였다. 1주일간의 적응 시기를 거친 후 strain과 실험 식이에 따라 6군으로 나누어 대조군은 양파 무첨가군(control), 실험식이군은 비가공처리 양파 분말 첨가군(non-processed onion, NPO)과 5% β-cyclodextrin+1% calcium chloride+ 1% soluble starch solution으로 침지처리를 한 양파 분말 첨가군(processed onion, PO)으로 나누었다. 실험 식이는 American Institue of Nutrition (AIN-93M)식이를 기준으로 〈Table 1〉과 같은 조성으로 조제하여 5주간 공급하였다. 체중은 일주일에 한번 같은 시각에 측정하였으며, 식이 섭취량은 2일에 1번 일정시간에 측정하여 식이 효율을 계산하였다. 식이효율(food efficiency ratio: FER)은 매주별 체중증가량을 같은 기간 동안 섭취한 식이섭취량으로 나누어 산출하였다.

<Table 1> composition of experimental diets

Ingredients(g/Kg diet)	Control[1)]	NPO	PO
Casein	140	140	140
Cornstarch	590.62	540.62	536.62
Sucrose	100	100	100
Soybean oil	70	70	70
Cellulose powder	50	50	50
AIN-93 mineral mixture[2)]	35	35	35
AIN-93 vitamin mixture[3)]	10	10	10
Choline bitartrate	2.5	2.5	2.5
tert-Butylhydroquinone	0.08	0.08	0.08
L-cystein	1.8	1.8	1.8
Onion powder	0	50	50
Total mass	1000	1000	1000

[1)]control: no onion supplemented group, NPO: non-processed onion supplemented group, PO: processed onion supplemented group

[2)]Mineral mixture: AIN-93G mineral mixture (g/kg mix)
Calcium carbonate, anhydrous 357.00: Potassium phosphate, monobasic 196.00: potassium citrate, tri-potassium, monohydrate 70.78: Sodium chloride 74.00: potassium sulfate 46.60: Magnesium oxide 24.00: ferric citrate 6.06: Zinc carbonate 1.65: manganous carbonate 0.63: Cupric carbonate 0.30: Potassium iodate 0.01: Sodium selenate, anhydrous 0.01025: Ammonium paramolybdate, 4 hydrate 0.00795: Sodium meta-silicate, 9 hydrate 1.45: Chromium potassium sulfate, 12 hydrate 0.275: Lithium chloride 0.0174: Boric acid 0.0815: Sodium fluoride 0.0635: Nickel Carbonate 0.0318: Ammonium vanadate 0.0066: Powdered sucrose 221.026

[3)]Vitamin mixture: AIN 93G Vitamin mixture 9 g/kg mix) nicotinic acid 3.000: Ca panthothenate 1.600: Pyridoxine-HCl 0.700: Thiamin-HCl 0.600: Riboflavin 0.600: Folic acid 0.200: D-Biotin 0.020: Vitamin B12 (cyanocobalamin) 2.500: Vitamin E (all-rac-α-tocopheryl acetate, 500IU/g) 15.000: Vitamin A (all-trans-retinyl palmitate, 500,000IU/g) 0.800: Vitamin D3 (cholecalciferol, 400,000IU/g) 0.250: Vitamin K9phylloquinone) 0.075: Powdered sucrose 974.65

$$\text{식이효율(FER)} = \frac{\text{각 1주간의 체중증가량(g)}}{\text{각 1주간의 식이 섭취량(g)}}$$

3. 혈압측정

꼬리동맥의 혈압을 tail-cuff 방법으로 실험동물용 혈압 측정기(Non invasive blood pressure, Panlab, Spain)를 사용하여 수축기 혈압을 측정하였다. 안정된 조건에서 혈압을 측정하기 위해 실험동물을 보정틀에 고정시키고 37°C에서 15분간 안정시키는 적응 훈련을 1주일간 하였다, 혈압 측정시 실험동물을 37°C에 15분간 안정을 시킨 후 09:00과 11:00 사이에 3회 반복 측정하여 평균치를 산출하였다.

4. 실험동물의 희생 및 시료채취

실험식이 급여 4주째 실험동물을 대사장에 1마리씩 옮겨서 대변과 소변을 48시간 동안 수집하였다. 소변은 총부피를 측정하고 50 mL로 희석하였고, 대변은 털과 이물질을 제거한 후 총 무게를 측정하였다. 사육기간이 끝난 실험동물을 16시간 절식시킨 후 단두하여 혈액을 채취하였으며 3,000 rpm에서 30분간 원심 분리하여 혈청을 채취하고, 신장, 폐를 즉시 꺼내어 드라이아이스에 급속 냉동하였다. 모든 시료는 분석 전까지 −50°C에서 냉동 보관하였다.

5. 생화학적 분석

혈청의 angiotensin converting enzyme(ACE) 활성은 Hugo 등의 방법(Hugo 등 1983)을 사용하였고 신장과 폐의 ACE활성은 100 mg의 조직에 borate buffer(pH 8.3) 5 mL을 넣고 homogenizer 로 균질화시킨 다음 33,000 g에서 10분간 원심분리 하였다. 상등액을 새로운 시험관에 옮긴 후, 나머지 침전물은 증류수 2 mL을 넣고 다시 균질화한 후 33,000 g에서 원심분리한 뒤 상등액을 처음 상등액과 합하여 혈액의 ACE 활성 측정과 동일한 방법으로 분석하였다.

대변과 실험 식이는 수분을 제거시키기 위해 105°C 건조기에서 무게 변화가 없을 때 까지 건조시킨 후 0.3 g을 취해 550~600°C 회화로에서 15시간 회화시켜 회분을 얻었다. 회분에 3 N HCl 용액 3 mL을 넣어 용해시킨 후 15시간 후 filter paper(ashless, Whatman #40)로 여과하였다. 이 용액 10 μL에 0.01 N HCl 용액 2990 μL로 희석하였고, 소변은 10 μL에 0.01 N HCl로 최종 부피 3 mL로 맞춘 후 Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS, Agilent 7500a, USA)로 나트륨(Na)을 분석하였다. 각 대사 실험기간 중 대변과 소변 중 24시간 배설량으로 계산하였다.

6. 자료의 처리 및 분석

본연구의 모든 실험결과는 SPSS 12.0 for windows package를 이용하여 각 실험군의 평균과 표준편차를 구하고, Wistar종과 SHR간의 유의적 차이는 student t-test에 의해, 실험식이군간의 평균의 비교는 Duncan의 다중검정에 의해 유의수준 $\alpha = 0.05$ 수준에서 통계적 유의성을 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 체중 및 혈압

〈Table 2〉에서와 같이 SHR의 체중은 동일한 주령대의 Wistar 종 흰쥐에 비해 유의적으로 낮았다($p<0.01$). Endemann 등의 연구에서도 같은 주령의 Wistar종에 비해 SHR 의 체중이 유의하게 낮았다고 보고하였다(Endemann 등 1999). Wistar 쥐에서 양파분말 또는 향과, 갈변, 케이킹을 억제하기 위해 β-cyclodextrin+1% calcium chloride +1% soluble starch 용액으로 침지 처리하여 가공한 양파분말 섭취군에서 체중증가량이 양파 무첨가군에 비해 낮았으며, NPO의 체중 증가량도 양파무첨가군에 비해 낮았다. SHR에서 양파무첨가군과 PO섭취군은 체중증가량에서 유의

<Table 2> Total food intake, Inital body weight, body weight gain and food efficiency ratio (FER) of SHR and Wister rats

Group		Initial body weight (g)	Body weight gain (g)	Total food intake (g)	FER
Wistar	Control[1)]	323.3 ± 3.1[NS2)3)]	91.1 ± 11.7[b4)]	689.1 ± 22.8	0.13 ± 0.01
	NPO	326.6 ± 3.0	78.4 ± 14.1[ab]	713.6 ± 30.6	0.11 ± 0.01
	PO	329.2 ± 5.4	73.2 ± 12.0[a]	702.2 ± 27.4	0.10 ± 0.02
SHR	Control	263.6 ± 19.7	65.0 ± 7.2	709.6 ± 14.5	0.09 ± 0.01
	NPO	280.7 ± 12.4	55.4 ± 5.0	680.2 ± 27.9	0.08 ± 0.01
	PO	272.9 ± 19.7	66.7 ± 6.9	713.3 ± 23.5	0.10 ± 0.01

1)control: no onion supplemented group, NPO: non-processed onion supplemented group, PO: processed onion supplemented group
2)Means±SD for 6 rats per group
3)NS: not significant
4)Values with different superscripts are significantly different as assessed by Duncan's multiple range test ($p<0.05$)
5)†: $p<0.001$ vs Wistar counterpart

<Table 3> Systolic blood pressure of Wistar and SHR maintained on non processed and processed onion diets

Group		Systolic blood pressure (mmHg)					
		o wk	1st wk	2nd wk	3rd wk	4th wk	5th wk
Wistar	Control[1)]	107.2 ± 6.7[ns2)3)]	103.9 ± 1.6[ns]	104.1 ± 1.8[ns]	103.1 ± 2.6[ns]	102.6 ± 3.5[ns]	103.0 ± 3.2[ns]
	NPO	108.0 ± 4.8[ns]	107.0 ± 3.0	104.0 ± 3.1	102.1 ± 2.8	100.8 ± 1.1	98.3 ± 1.9
	PO	109.2 ± 3.9[ns]	103.4 ± 4.2	100.8 ± 2.9	100.7 ± 2.0	100.9 ± 2.5	99.9 ± 2.6
SHR	Control	185.7 ± 7.0[ns†5)]	191.4 ± 9.4[ns]	191.6 ± 7.3	191.0 ± 4.6[a4)]	188.8 ± 2.6[a]	189.2 ± 2.7[a]
	NPO	185.5 ± 7.5	183.1 ± 7.6	176.8 ± 2.7	176.7 ± 4.6[b]	172.8 ± 5.3[b]	170.3 ± 4.9[b]
	PO	184.2 ± 6.1	182.6 ± 5.3	178.2 ± 5.2	177.9 ± 2.8[b]	173.0 ± 2.6[b]	169.6 ± 4.6[b]

1)control: no onion supplemented group, NPO: non-processed onion supplemented group, PO: processed onion supplemented group
2)Means±SD for 6 rats per group
3)NS: not significant
4)Values with different superscripts are significantly different as assessed by Duncan's multiple range test ($p<0.05$)
5)†: $p<0.001$ vs Wistar counterpart

적인 차이가 없었으나, NPO섭취군의 체중증가량이 가장 낮았고, 따라서 식이효율도 유의하게 낮은 경향이었다. 식이섭취량은 Wistar 종이나 SHR 군에서 모두 유의적인 차이가 없었음에도 불구하고 β-cyclodextrin+1% calcium chloride+1% soluble starch 용액으로 침지 처리한 양파분말이 Wistar종에서 체중 증가를 유의하게 억제하는 것을 알 수 있었다. 양파는 소화관내에서 소화를 촉진시키고, 장내 머무는 시간을 감소시켜 영양소 흡수율을 감소시키는 효과가 있는 것으로 보고된 바 있었으며 본 연구에서도 양파분말이나 가공양파 분말도 유사한 효과가 있었으며 이 결과는 Wistar 종에서 더 유의한 것으로 나타났다(Platel & Srinivasan 2001).

수축기 혈압은 동일한 주령의 Wistar쥐에 비해 SHR에서 유의하게 높았다($p<0.01$). SHR은 어린시기부터 혈압이 증가하여 고혈압이 발생하며 선행연구에서 3주령의 SHR에서 고혈압이 발생하고, 6주령부터 급속히 증가하기 시작하여 11주-12주까지 증가한 뒤 고혈압을 유지하는 것으로 보고된 바 있다(Gray 1984; Endemann 등 1999). 본 연구에서 사용된 쥐는 16주령으로 고혈압 유지기에 속하는 시기였다. 〈Table 3〉에 나타난 바와 같이 Wistar 종에서 양파나 가공양파 분말의 섭취는 5주 섭취하는 동안 수축기 혈압에 유의적인 영향을 주지 않았으나 섭취기간이 길어지면서 약간 감소하여 섭취 5주째 양파의 섭취시 10 mmHg의 혈압 강하효과가 있었다(108.0 mmHg vs 98.3 mmHg, 109 mmHg vs 99.9 mmHg). SHR에서 양파의 섭취시 혈압이 감소하여 섭취 3주째부터 유의적인 혈압강하효과가 나타났으며 섭취기간이 길어질수록 계속 감소하였다($p<0.05$). 그러나 비가공양파 분말과 가공양파 분말 섭취군간의 차이는 나타나지 않았다. Kawamoto 등은 생양파의 섭취는 SHR에서 혈압을 내리는 효과가 있었으며 익힌 양파의 혈압 강하효과는 없었다고 보고하였으며(Kawamoto 등 2004), Kiviranta 등은 고혈압 쥐에서 정상적인 나트륨 섭취나 고나트륨 식이를 섭취하는 동안 양파의 ethanol 추출물의 섭취가 혈압에 영향을 주지 않았다고 보고한 바 있어 본 연구결과와는 다른 결과였다(Kiviranta 등 1989). 반면 Sanchez 등은 고혈압 쥐에서 양파에 다량 함유된 quercetin과 methylation된 대사체인 isorhamnetin이 안지오텐신 II에 의해 유도된 혈간내막세포의 기능손상을 예방하여 혈압을 억제할 수 있다고 보고하였다(Sanchez 2007). 선행연구에서 마늘이나 양파의 생리적, 의학적 치료기능은 alliin, γ-glutamylcysteines와 같은 S-Alk(en)yl-L-cystein sulphoxides 유기함황화합물과 allicin, diallyl sulphitide, dially disulphide와 같은 휘발성 향 성분의 효과라고 보고하였다(Augusti & Mathew 1974; Lancaster & Shaw 1989; Lanzotti 2006).

<Table 4> The activities of angiotensin converting enzyme of Wistar and SHR maintained on non processed and processed onion diets

	Group	ACE activity		
		Serum[1] (mg/min/mL)	Kidney (mg/min/mg protein)	Lung (mg/min/mg protein)
Wistar	Control[1]	359.5 ± 9.25[NS2)3)]	31.7 ± 2.4[ns]	222.3 ± 6.7[ns]
	NPO	336.3 ± 13.4	28.4 ± 2.1	227.3 ± 20.7
	PO	344.5 ± 12.3	33.0 ± 2.8	230.4 ± 18.5
SHR	Control	315.2 ± 15.0[ns]	32.3 ± 6.6[ns]	297.0 ± 17.0[a4)]
	NPO	306.0 ± 9.1	25.6 ± 1.8	247.5 ± 14.4[b]
	PO	311.3 ± 11.8	25.6 ± 1.8	245.2 ± 13.2[b]

[1)]control: no onion supplemented group, NPO: non-processed onion supplemented group, PO: processed onion supplemented group
[2)]Means±SD for 6 rats per group
[3)]NS: not significant
[4)]Values with different superscripts are significantly different as assessed by Duncan's multiple range test ($p<0.05$)

이 성분들이 양파의 향과 냄새의 특성을 갖게 하며, 가공 처리 후에도 dipropyl tetrasulfide, 1-prophenyl propyl trisulfide, methyl propyl trisulfide, dipropyl trisulfide 등의 향 성분이 많이 잔존하여 소비자의 기호도에 부정적인 역할을 한다(You 등 1997). 본 연구에서는 소비자의 기호도에 부정적인 영향을 주는 향성분을 제거하기 위해 β-cyclodextrin +1% calcium chloride+1% soluble starch 용액으로 침지처리한 가공양파 분말의 섭취도 가공처리하지 않은 양파분말과 유사하게 SHR에서 수축기 혈압을 유의하게 낮추는 결과를 나타내었다. 양파는 휘발성 성분이 제거된 후에도 플라보노이드, fructan, lectin 등도 들어 있어 체내에 유익한 효과를 나타내었을 가능성이 있다(Fenwick & Hanley 1985; Amgase 등 2001). Edwards 등은 수축기 혈압 148 mmHg 이상의 고혈압환자와 수축기 혈압 137 mmHg의 전고혈압(prehypertensive)단계의 남녀에서 28일간 730 mg의 quercetin섭취는 고혈압환자에서는 유의하게 혈압을 감소시켰지만 전고혈압단계의 사람에서는 혈압의 변화를 유도하지 않았다고 보고하였다(Edwards 등 2007). 본 연구에서도 비가공양파 분말이나 가공양파 분말은 Wistar종에서는 유의적인 혈압변화가 나타나지 않았으나 SHR에서는 유의하게 감소하여 이 결과와 일치하는 경향이었다.

2. ACE 활성

ACE 활성은 hippuryl-L-histidyl-L-leucine을 ACE의 기질로 사용하여 생성되는 hippuric acid의 농도를 측정한 값으로 나타내었다(Table 4). Wistar 종에서 비가공처리된 양파분말이나 가공 처리된 양파분말의 섭취시 혈청, 신장, 폐에서의 ACE 활성은 유의적인 차이가 나타나지 않았다. SHR에서 혈청과 신장조직내 ACE 활성의 유의적인 차이가 없었으나 폐에서는 양파분말 또는 β-cyclodextrin+1% calcium chloride+1% soluble starch 용액으로 처리하여 가공한 양파 분말 섭취군에서 ACE 활성이 유의하게 감소되었다(Table 3). 폐의 ACE 활성이 유의하게 감소한 것은 폐가 얇은 점막조직으로 구성되어 있으며, 구강과 인접하여 양파를 섭취시 양파에 함유된 휘발성 성분에 노출되기 쉬운 조직이었기에 신장에 비해 더 많은 영향을 받았기 때문으로 생각된다(Lybarger 등 1982). Yamamoto 등은 고설탕 섭취군에서 녹색의 Welsh종 양파가 ACE의 활성을 억제하였으며 혈압의 상승을 억제하였다고 보고하여 본 연구결과와 일치하였다(Yamamoto 등 2005). ACE에 의해 생성되는 안지오텐신 II는 혈관수축반응을 유도하여 고혈압을 유발한다(Williams 1998). 본 연구에서 비가공 처리된 양파 분말과 가공처리된 양파분말의 섭취는 정상혈압군에서 ACE 활성에 영향을 주지 않으나 고혈압군에서 활성을 억제하는 효과가 있었다. Edemann 등의 연구에서 안지오텐신 II는 정상혈압군의 동맥 조직에 비해 SHR의 동맥의 조직에서 수축력이 유의하게 증가하였고, 이로 인해 고혈압이 유발한다고 보고한 바 있다(Edemann 등 1999). Alexander는 ACE의 억제가 혈압상승원을 제거할 뿐 아니라 혈관확장제인 bradykinin을 증가시키고 신장혈관을 확장시켜 Na 배설을 촉진하므로서 혈압을 강하시킨다고 보고한바 있다(Alexander 1995). Sanchez 등은 안지오텐신 II가 세포막의 NADPH oxidase 활성을 조절하고 superoxide 생성을 증가시키는 p47(phox)의 유전자 발현을 증가시켜 혈관내막의 기능을 손상시키는 데, 양파에 들어 있는 quercetin이 p47의 유전자 발현을 억제하여 혈압을 감소시킨다고 보고하였다(Sanchez 등 2007). 본 연구에서 비가공 처리 양파와 가공양파 분말의 섭취군 모두에서 폐의 ACE 활성을 억제하여 안지오텐신 II의 생성의 억제를 통해 혈압을 강하시키는 데 영향을 주었을 것으로 생각된다.

3. Na 배설량

〈Table 5〉에 제시한 바와 같이 Wistar종에 비해 SHR의 소변의 Na 배설량이 유의하게 낮았다(156 mg vs 61.2 mg). Wistar종의 소변 Na 배설량은 양파분말의 섭취시 증가하는 경향이었으나 유의적인 차이가 없었다. SHR에서 비가공 처리된 양파분말과 가공처리된 양파분말의 섭취로 인해 소변

Table 5. Urinary and Fecal Na excretion of Wistar and SHR maintained on non processed and processed onion diets

	Group	Na excretion (mg/day)	
		Urine	Feces
Wistar	Control[1)]	156.6 ± 23.0[NS2)3)]	48.6 ± 7.2
	NPO	176.8 ± 27.6	53.2 ± 13.0
	PO	185.9 ± 53.6	63.0 ± 14.6
SHR	Control	61.2 ± 19.4[a]	90.3 ± 12.6[a4)]
	NPO	143.9 ± 23.9[b]	103.2 ± 14.7[a]
	PO	124.9 ± 17.6[b]	170.0 ± 24.0[b]

[1)]control: no onion supplemented group, NPO: non-processed onion supplemented group, PO: processed onion supplemented group
[2)]Means±SD for 6 rats per group
[3)]NS: not significant
[4)]Values with different superscripts are significantly different as assessed by Duncan's multiple range test ($p<0.05$)
[5)]†: $p<0.001$ vs Wistar counterpart

Na 배설량이 유의하게 증가하였으며 비가공 처리된 양파분말 섭취시 소변 Na 배설량이 가장 높았다. 대변 Na 배설량은 Wistar 종에서 유의적인 차이가 없었으나 SHR에서 가공 처리한 양파분말 섭취시 Na의 배설을 유의하게 증가시켜 Na의 체내 흡수율을 감소시키는 효과가 있었다. 고혈압 발생이 만성적인 Na의 과잉 섭취와 밀접한 관계가 있음은 이미 보고된 사실이며 Cutler는 저염식을 장기간 지속하였을 때 혈압이 강하하였음을 보고한 바 있다(Cutler 1997) Williams의 연구에서 안지오텐신 II가 부신피질을 자극하여 aldosterone의 분비를 촉진하여 소변을 통한 Na 배설을 억제하여 혈압을 상승시킨다고 보고한 바 있다(Willams 1998). 본 실험에서 Wistar쥐와는 달리 SHR에서 비가공 처리된 양파나 가공 처리한 양파분말의 섭취가 폐의 ACE를 억제하여 안지오텐신 II의 생성을 억제한 결과를 나타내었으며 이로 인해 Na 소변 배설이 증가에 영향을 주었을 가능성이 있다. 생리활성물질이 함유된 채소나 과일등의 생리활성은 조리나 가공방법에 의해 달라져 유기 용매 추출 또는 증기 증류시 생리활성 성분에 영향을 줄 수 있다(Kleijnen 등 1989). 그러나 본 실험에서 사용한 β-cyclodextrin+1% calcium chloride+1% soluble starch 용액으로 가공처리한 양파 분말의 경우 향, 갈변, 케이킹이 억제되었으나 ACE 활성, 소변, Na 배설량에 영향을 주어 혈압을 감소시키는 효과가 유지되는 것으로 나타났다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 양파 및 양파를 이용한 식품가공시 소비자의 관능적 기호에 부정적인 영향을 주는 향, 갈변, 케이킹을 억제하기 위해 β-cyclodextrin+1% calcium chloride +1% soluble starch 용액으로 가공 처리한 양파 분말의 섭취가 혈압에 미치는 영향을 비교하였으며 양파의 항고혈압 기전을 구명하고자 하였다. 생후 16주령된 정상혈압군인 Wistar종 쥐와 선천적 고혈압유발군인 SHR쥐를 이용하여 비가공 처리한 양파분말과 가공 처리한 양파분말을 실험식이의 무게의 5%비율로 첨가하여 5주간 사육한 결과는 다음과 같다.

비가공 처리 양파 및 가공 처리된 양파의 섭취시 식이 섭취량은 유의적인 차이가 없었으나 Wistar쥐에서 가공처리 방법에 상관없이 양파 무첨가군에 비해 체중증가량이 낮았으며 식이효율도 낮아졌다. 혈압은 Wistar쥐에 비해 SHR에서 유의하게 높았으며 Wistar쥐에서 양파분말의 섭취는 혈압에 영향을 주지 않았다. SHR에서 양파분말 및 가공 처리된 양파분말의 섭취시 혈압이 감소하기 시작하여, 섭취 3주부터 유의적인 혈압의 감소가 있었으나 양파의 가공처리 조건에 의한 차이는 없었다. Wistar쥐에서 혈청, 신장, 폐의 ACE 활성은 각 실험식이군에서 유의적인 차이가 없었으나 SHR에서 양파 분말 섭취군의 ACE활성이 유의하게 감소되었다. 소변 및 대변의 Na 배설량은 양파분말의 섭취로 인해 증가하였으며 SHR에서는 통계적으로 유의하게 증가하여 체내 Na 보유량을 감소시켰다.

본 연구결과 식이 무게의 5% 첨가한 양파분말의 섭취는 고혈압군에서 혈압을 감소시키는 효과가 있었으며, β-cyclodextrin+1% calcium chloride+1% soluble starch 용액으로 가공 처리한 양파 분말도 휘발성 향성분이 억제되었음에도 불구하고 ACE 활성, 소변, Na 배설량에 영향을 주어 혈압을 감소시키는 효과가 유지되는 것으로 나타났다. 따라서 β-cyclodextrin+1% calcium chloride+1% soluble starch 용액으로 가공 처리한 양파 분말을 이용하여 제조한 식품도 고혈압 환자의 혈압 강하에 도움을 줄 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 2007년도 농촌진흥청 현장협력기술개발과제사업 지원(20070401080030)에 의하여 수행된 연구로 이에 감사드립니다.

■ 참고문헌

Abubakar A, Saito T, Kitazawa H, Kawai Y, Itoh T. 1998. Structural analysis of new antihypertensive peptides derived from cheese whey protein by proteinase K digestion. J. Dairy Sci. 81:3131-3138

Alexander RW. 1995. Hypertension and the pathogenesis of atherosclerosis. Hypertens. 25:155-161

Amagase H. 2006. Clarifying the real bioactive constituents of garlic. J. Nutr. 136:716S-725S

Augusti K. 1996. Therapeutic values of onion (*Allium cepa* L.) and garlic (*Allium sativum* L.) Indian J. Exp. Biol. 34:634-640

Augusti KT, Mathew PT. 1974. Lipid lowering effect of allicin(diallyl

disulfide oxide) on long-term feeding in normal rats. Experientia 30:468-470

Cunningham KS, Gotlieb AI. 2005 The role of shear stress in the pathogenesis of atherosclerosis. Lab Inves. 85:9-23

Cutler JA. 1997. Randomized trials of sodium reduction: an overview. Am. J. Clin. Nutr. 65(2sup):643S-651S

Daemon M, Lombardi D, Bosman F. Schwartz S. 1991. Angiotensin II induces smooth muscle cell proliferation in the normal and injured rat arterial wall. Circular Res. 68:450-456

Edwards RL, Lyon T, Litwin SE, Rabovsky A, Symons JD, Jalili T. 2007. Quercetin reduces blood pressure in hypertensive subjects. J. Nutr. 137:2405-2411

Endemann D, Touyz RM, Li JS, Deng LY, Schiffrin EL. 1999. Altered angiotensin II-induced small artery contraction during the development of hypertension in spontaneously hypertensive rats. Am. J. Hypertens. 12:716-723

Fenwick GR & Hanley AB. 1985. The genus Allium. CRC. Critical Rev. Food Sci. Nutr. 22:199-377

Forette, B. 1980 Hypertension in very old subjects. Clin. Exp. Hypertens. 21:917-925

Geisterfer A, Peach M, Owens G. 1988. Angiotensin II induces hypertrophy of cultured rat aortic smooth muscle cells. Circular Res. 62:749-756

Gray SD. 1984. Spontaneously hypertension in the neonatal rat. Clin. Exp. Hypertens. A6:7555-781

Griffiths G. Trueman L. Crowther T. Thomas B. 2002. Onions: a global benefit to health. Phytotherapy Res. 17:603-615

Guideline Subcommitte of WHO/ISH. 1999. World Health Organization-International Society of Hypertension guidelines for the management of hypertension. J. Hypertens. 17:165-166

Hernandez-Ledesma B, Amigo L. Ramos M. Recio I. 2004. Angiotensin converting enzyme inhibitory activity in commercial fermented products. Formation of peptides under simulated gastrointestinal digestion. J. Agr. Food Chem. 85:1041-1048

Hugo M, Neels ME, Van Sancle, Simon LS. 1983. Sensitive colorimetric assay for angiotensin converting enzyme in serum. Clin. Chem. 29(7):1399-1403

Kawamoto E, Sakai Y, Okamura Y, Yamamoto Y. 2004. Effects of boiling on the antihypertensive and antioxidant activities of onion. J. Nutr. Sci. Vitaminol. 50(3):171-6.

Kiviranta J, Huovinen K, Seppanen-Laakso T, Hiltunen R, Karppanen H, Kilpelainen M. 1989. Effects of onion and garlic extracts on spontaneously hypertensive rats. Phytotherapy Res. 3:132-135

Kleijnen J, Knipschild P, Terriet G. 1989. Garlic, onions and cardiovascular risk factors. A review of the evidence from human experiments with emphasis on commercially available preparations. Br. J. Clin. Pharmacol. 28:535-544

Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES). 2005

Lancaster JE. Shaw ML. 1989. G-Glutayl peptides in the biosynthesis of S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides (flavor precursors) in Allium. Phytochem. 28:455-460

Lanzotti V. 2006. The analysis of onion and garlic. J. Chromatograph. A 1112:3-22

LaPier TL, Rodnick KJ. 2000. Changes in cardiac energy metabolism during early development of female SHR. Am. J. Hypertens. 13:1074-1081

Lybarger JA, Gallagher JS, Pulver DW, Litwin A, Brooks S, Bernstein IL. 1982. Occupational astham induced by inhalation and ingestion of garlic. J. Aller. Clin. Immunol. 69:448-454

Maeno M, Yamamoto N. Takano T. 1996. Identification of an antihypertensive peptide from casein hydrolysate produced by a proteinase from Lactobacillus helveticus CP790. J. Dairy Sci. 79:1316-1321

Platel K. Srinivasan K. 2001. Studies on the influence of dietary spices on food transit time in experimental rats. Nutr. Res. 21:1309-1314

Sanchez M, Lodi F, Vera R, Villar IC, Cogolludo A, Jimenez R, Romero L, Romero M, Tamargo J, Perez-Vizcaino F, Duarte J. 2007. Quercetin and Isorhamnetin Prevent Endothelial Dysfunction, Superoxide Production, and Overexpression of p47 phox Induced by Angiotensin II in Rat Aorta. J. Nur. 137:910-915

Tsuju K. Ichikawa T. Tanabe N. Abe S. Tarui S. Nakagawa Y. 1992. Antihypertensive activities of Beni-Koji extracts and γ-aminobutyric acid in spontaneously hypertensive rats. Jpn. J. Nutr. 50:285-291

Waeber B, Bruner HR. 1998 A look through the new therapeutic window. J. Hypertension Supl. 16:S11-S16

Williams AG, Rayson MP, JUbb M, World M, Wood D, Hayward M, Martin J, Humphries SE, Montgomery HE. 2000. The ACE gene and muscle performance. Nature 403:614

Williams GH. 1998. Converting enzyme inhibitors in the treatment of hypertension. New Engl. J. Med. 319:1517-1525

Yamamoto Y. Aoyama S. Hamaguchi N. Rhi GS. 2005. Antioxidative and antihypertensive effects of Welsh onion on rats fed with a high-fat high-sucrose diet. Biosci. Biotechnol. Biochem. 69:1311-1317

Yoo KW, No DU, Suh HJ, 1997. Effect of Steeping on Browning of Onion Hydrolysate. J. Korean Food Nutr. 10(2):382-386

(2007년 9월 5일 접수, 2007년 12월 24일 채택)