

원저

고추와 Capsaicin의 항산화 효능 비교

• 강현민 · 박희수 · 권기록* · 임태진**
 * 상지대학교 한의과대학 침구학교실
 ** 상지대학교 응용동물과학부

A study on the comparison of antioxidant effects between hot pepper extract and capsaicin

Hyeon Min Gang* · Hee Soo Park* · Ki Rok, Kwon* · Tae Jin Rhim**

* Korean Medical College, Sangji University

** Division of Animal resources and life science, Sangji University

ABSTRACT

- Objective** The objective of this study was to compare the antioxidant effects of hot pepper extract and capsaicin.
- Methods** *In vitro*, antioxidant activities were examined by DPPH radical scavenging activity, total antioxidant capacity(TAC), oxygen radical scavenging capacity(ORAC), inhibition of induced lipid peroxidation using liver mitochondria and total phenolic contents.
- Results**
1. DPPH free radical scavenging activities at the concentrations of both 1 and 10mg/ml were 1.2 to 1.9 times higher in capsaicin than in hot pepper extract. The concentration of capsaicin required for 50% radical scavenging was lower than that of hot pepper extract(3.9 vs 5.9mg/ml), indicating that capsaicin had higher DPPH radical scavenging activity than hot pepper extract.
 2. Total antioxidant capacities of capsaicin at the concentrations of 0.1 and 1mg/ml(13.8 and 41.3 nmol Trolox equivalent) were not significantly different from those at the concentrations of 1 and 10mg/ml(11.4 and 41.2nmol Trolox equivalent), indicating that capsaicin showed 10 times higher ABTS radical scavenging activity compared to hot pepper extract.
 3. ORAC of capsaicin at the concentrations of 1, 5, 10 and 100 mg/ml were 0.04, 0.17, 0.29 and 1.74nmol gallic acid equivalent, respectively. On the other hand, ORAC of hot pepper extract at the concentrations of 1, 5, 10 and 100µg/ml were 0.15, 0.44, 0.75 and 2.49nmol gallic acid equivalent, respectively, indicating that capsaicin showed higher peroxy radical scavenging activity than hot pepper extract.
 4. Inhibition of lipid peroxidation caused by hot pepper extract at the concentrations of 1 and 10mg/ml were 12.2 and 61.4%, respectively. Inhibition of lipid peroxidation caused by capsaicin at the concentrations of 1 and 10mg/ml were 64.0 and 96.8%, respectively. Thus capsaicin showed 10 times stronger effect in inhibition of lipid peroxidation than hot pepper extract.
 5. Total phenolic contents of hot pepper extract at the concentrations of 0.1 and 1mg/ml were 1.4 and 20.8nmol gallic acid equivalent, respectively. Total phenolic contents of capsaicin at the concentrations of 0.1 and 1mg/ml were 6.1 and 55.4 nmol gallic acid equivalent, respectively, indicating that capsaicin had 2.7 to 4.3 times higher total phenolic contents than hot pepper extract.
- Conclusions** In summary, the results of this study demonstrate significant antioxidant activity of hot pepper extract, although the activity was lowered compared to capsaicin, suggesting that hot pepper extract play a role in prevention of oxidative-related diseases.

key words antioxidant activity, hot pepper, capsaicin, TAC, ORAC, DPPH, Total phenolic content, TBARS

I. 서론

고추는 가지과의 한해살이풀에 속하는 고추(*Capsicum annuum* L.) 또는 그 변종의 열매이다¹⁾. 한국인의 기호에 중요한 향신료로서 쓰이고 있으며, 한의학 문헌에는 蕃椒, 苦椒, 秦椒, 辣椒, 辣茄, 辣虎, 臘茄, 海椒, 辣角 등으로 불리우며 氣는 熱하고 味는 辛이며 溫中散寒, 開胃, 消食의 효능이 있어 寒滯腹痛, 嘔吐, 瀉痢, 腫瘡, 癰 등을 치료한다고 하였다²⁾.

국내 문헌 중 고추에 대한 기록은 이수광(1563-1628)의 『芝峰類語』이 최초이며 임진왜란 전후로 중국이나 일본에서 전래된 것으로 알려져 있다³⁾. 주로 음식의 맛을 내는 향신료로서만 사용되어져 왔지만 최근 성인병, well-being에 대한 관심이 높아지면서 다양하게 연구되고 있다.

고추의 주요 성분인 capsanthin, capsaicin, vitamin, capsaicin, 유기산 중에서 매운 맛을 내는 성분은 capsaicin인데, 그중에서도 5종의 동족체 중 capsaicin과 dihydrocapsaicin이 매운맛의 주성분이 된다⁴⁾. capsaicin의 효능에 대한 연구로는 체액성 면역능 향진과 암유전자 발현 조절작용 및 항성인병성 효과⁵⁾, 기능성 소화불량⁶⁾, 에너지 대사율 향진⁶⁾, 살균작용⁷⁾, 3T3-L1 cells에서 세포자멸사 유도과 지방생성억제⁸⁾ 등의 효과가 있음이 보고되고 있다.

또한 항산화와 관련된 연구로는 세포실험시 항산화능을 증가시키는 것으로⁹⁻¹²⁾ 보고되었다. 이러한 연구는 고추의 주성분인 capsaicin의 항산화능에 관련된 것으로, capsaicin의 효능과 비교하여 고추를 한약재로서의 활용 가능성이 있는가에 대하여, 즉 고추와 capsaicin과의 항산화능에 대한 비교연구는 미흡한 실정이다. 이에 고추와 capsaicin의 항산화능을 비교·평가하고자 항산화 측정에서 다용되는 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 소거 활성, total antioxidant capacity(TAC), oxygen radical absorbance capacity(ORAC), 지질 과산화(lipid peroxidation), total phenolic content 등을 측정하여 유의성이 있는 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 재료

1) 시약

Capsaicin은 Fluka Co.(USA)로부터 구입하였으며, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH), pyrogallol, dimethyl sulfoxide(DMSO), 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt(ABTS), fluorescein sodium salt, gallic acid, thiobarbituric acid, 1,1,3,3,-tetraethoxypropane, ferrous ammonium sulfate 등은 Sigma Co.(USA)로부터 구입하였고, Trolox, 2,2'-azobis(2-methylpropion-amidine) dihydrochloride(AAPH) 및 hydrogen peroxide는 Aldrich Co.(USA)로부터 구입하였으며, 96-well microplate는 Cambrex Co.(USA)로부터 구입하여 사용하였다. 생화학적 분석에 사용한 모든 시약과 용매들은 분석급 이상으로 사용하였다.

2) 실험동물

(주)오리엔트바이오로부터 구입한 6주령 수컷 Sprague-Dawley 랫드를 실험동물로 사용하였다. 본 실험실에서 사료와 물은 무제한 공급하였고, 1주일의 적응기간을 거친 다음 간을 절제한 후 Hovius 등¹³⁾의 방법에 따라 미토콘드리아를 분리하였다. 분리된 간 미토콘드리아는 단백질 함량과 지질과산화 측정시까지 -20℃에서 보관하였다.

2. 방법

1) 시료 추출

시료로 사용한 고추는 청양고추로써 시중에서 구입하여 음건에서 건조하였다. 분쇄한 시료 200g을 95% ethanol(HPLC-grade)과 혼합한 후 4시간 가열하여 추출하였다. 이 과정을 3회 반복하여 얻은 추출액을 Whatman No. 2(USA) 여과지로 여과하여 불순물을 제거한 뒤, 여과액을 60℃에서 감압 농축시켰으며, 동결 건조 후 23.89g의 추출물을 회수하였다. 고추 추출물은 200

mg/ml의 농도로 DMSO에 녹여 상온에서 보관하였다. Capsaicin은 natural 형태(65% capsaicin, 35% dihydrocapsaicin)로써 100mg/ml의 농도로 DMSO에 녹여 상온에서 보관하였다.

2) DPPH radical 소거활성 측정

DPPH free radical 소거활성은 Malterud 등¹⁴⁾의 방법에 따라 측정하였다. DPPH 용액(45µg/ml methanol)을 추출물과 혼합한 다음 515nm에서 흡광도의 감소를 30초 간격으로 3분간 측정하였다. Free radical 소거활성은 pyrogallol 용액(125µg/ml DMSO)의 흡광도 감소를 100%로 기준하여 표기하였다.

3) Total antioxidant capacity(TAC) 측정

Total antioxidant status(총항산화능)는 Trolox equivalent antioxidant capacity(TEAC) 방법¹⁵⁾을 수정한 Erel¹⁶⁾의 방법에 따라 TAC를 측정하였다. 산성 pH에서 무색의 환원형 2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazol-6-sulfonate)(ABTS)는 H₂O₂에 의해 청록색의 ABTS⁺로 산화되게 된다. 만일 시료 내에 항산화물질이 존재하게 되면, 이들 농도에 비례하여 ABTS⁺는 탈색되며, 이러한 색 변화반응의 결과는 660nm에서의 흡광도로 조사하였다. 시료 추출물의 TAC 측정을 위해 0, 2.25, 4.5, 9.0, 22.5, 33.75 및 45.0nmol의 Trolox를 표준시약으로 사용하여 표준곡선을 작성하였다. Trolox는 총항산화능 측정에 광범위하게 사용되는 전형적인 표준시약으로, TAC 활성은 nmol Trolox equivalent로 표기하였다.

4) Oxygen radical absorbance capacity(ORAC) 측정

TEAC와 더불어 총항산화능 측정에 널리 사용되고 있는 ORAC assay는 Huang 등¹⁷⁾의 방법에 따라 37°C에서 excitation 파장 485nm와 emission 파장 530nm에서 2분 간격으로 60분 동안 측정하였다. ORAC assay는 형광 표지물질에 대한 free radical의 손상 정도를 측정하는 일종의 inhibition method로써, 형광물질로는 fluorescein을 사용하였으며, peroxy radical을 생성하는 2,2'-azobis(2-amidinopropane) dihydrochloride(AAPH)를 사용하였다. 만일 시료 내에 항산화물질이 존재하게 되면, 이들 농도에 비례하여 free radical 손상이 억제되며, 따

라서 형광도의 변화(감소)가 억제되게 된다. 표준시약으로 0, 0.02, 0.2, 1.0 및 2.0nmol의 gallic acid를 사용하였으며, 표준시약과 시료의 area under the curve(AUC)를 측정하였다. ORAC은 표준시약 농도와 AUC 간의 회귀곡선을 이용하여 nmol gallic acid equivalent로 표기하였다.

5) Lipid peroxidation 측정

시료의 지질과산화 억제 효과는 간 미토콘드리아 배양액의 thiobarbituric acid reactive substances(TBARS) 농도를 측정함으로써 결정하였다. 간 미토콘드리아(0.5mg protein/ml)를 10µM FeSO₄와 100µM ascorbic acid와 함께 시료 농도별로 37°C에서 60분 동안 배양하였다. 미토콘드리아 배양액의 지질과산화는 Stacey와 Klaassen의 방법¹⁸⁾에 따라 excitation 파장 530nm와 emission 파장 590 nm에서 형광도를 측정함으로써 결정하였다. TBARS 농도 측정을 위해 0, 0.063, 0.127, 0.253, 0.506, 1.013 및 2.025nmol의 1,1,3,3-tetraethoxypropane을 표준시약으로 사용하여 표준곡선을 작성하였다.

6) Total phenolic contents 측정

시료내 총페놀함량은 Singleton과 Orthofer의 방법¹⁹⁾에 따라 760nm에서 흡광도를 측정함으로써 결정하였다. 시료의 총페놀함량 측정을 위해 0, 4.69, 9.38, 18.75, 37.5, 62.51 및 93.75nmol의 gallic acid를 표준시약으로 사용하여 표준곡선을 작성하였다. Gallic acid는 총페놀함량 측정에 가장 많이 사용되는 전형적인 표준시약으로, 총페놀함량은 nmol gallic acid equivalent로 표기하였다.

7) 단백질 정량

단백질 함량은 bovine serum albumin(BSA)을 표준시약으로 사용하여 Lowry 등²⁰⁾의 방법에 따라 측정하였다.

3. 통계 분석

시료 농도별 항산화 효과는 일원분산분석을 사용하여 조사하였으며, 농도별 평균값의 차이는 Steel과 Torrie²¹⁾의 Duncan's multiple range test를 사용하여 p<0.05에서 유의성을 조사하였다.

III. 결과

1. DPPH Radical 소거활성

DPPH radical은 짝을 이루지 못하는 전자쌍 때문에 진한 자색을 띠게 되며, 515nm에서 45µg/ml 농도의 DPPH의 흡광도는 1.22로 나타났다. DPPH 용액과 신속히 혼합한 시료의 흡광도 감소는 free radical 소거활성을 나타내며, 시료의 free radical 소거활성은 pyrogallol 용액의 흡광도 감소를 100%로 기준하여 표시하였다.

고추 추출물과 capsaicin의 농도별 DPPH free radical 소거활성은 Fig. 1에 나타나 있다. 고추 추출물 0.1, 1.0 및 10.0mg/ml 농도의 radical 소거활성은 10.6, 21.1 및 76.4%로 나타났다. 고추 추출물 농도(X)와 free radical 소거활성(Y) 간의 회귀분석 ($Y=12.2+6.44X$) 결과, 50%의 radical 소거활성에 필요한 고추 추출물의 농도는 5.9mg/ml로 나타났다.

Capsaicin 0.1, 1.0 및 10.0mg/ml 농도의 radical 소거활성은 11.3, 40.6 및 93.8%로 나타났다. Capsaicin 농도 (X)와 free radical 소거활성(Y) 간의 회귀분석 ($Y=21.3+7.35X$) 결과, 50%의 radical 소거활성에 필요한

capsaicin의 농도는 3.9mg/ml로 나타났다.

이와 같이 고추 추출물과 capsaicin 농도가 증가함에 따라 DPPH radical 소거활성도 농도 의존적으로 증가하고 있음을 알 수 있었다. 각 농도별 고추 추출물과 capsaicin의 DPPH radical 소거활성을 비교해 보면, 1.0과 10.0mg/ml 농도에서 capsaicin의 free radical 소거활성이 고추 추출물보다 1.2~1.9배 높게($p<0.05$) 나타났으며, 50%의 radical 소거활성에 필요한 capsaicin의 농도도 고추 추출물에 비해 낮게 나타나 capsaicin의 DPPH radical 소거활성이 고추 추출물에 비해 높음을 알 수 있었다(Table 1).

2. Total Antioxidant Capacity(TAC)

표준시약으로 사용한 Trolox 함량(X)과 660nm에서의 흡광도(Y) 간의 회귀방정식은 $Y=0.9-0.019X$ 이었다. Trolox의 함량이 증가함에 따라 660 nm에서의 흡광도가 유의적으로($r^2=0.992$) 감소하였다.

고추 추출물과 capsaicin의 농도별 총항산화능(TAC)은 Fig. 2에 나타나 있다. 고추 추출물 0.1 및 1.0mg/ml 농도의 총항산화능은 2.9, 11.4nmol Trolox equivalent로 나타났고, capsaicin 0.1 및 1.0mg/ml 농도의 총항산화능은

(Table 1) DPPH radical scavenging activities of hot pepper and capsaicin

Group	Concentration (µg /ml)	DPPH radical scavenging activity* (%)
Hot pepper	0.1	10.6±1.6 ^e
	1.0	21.1±1.6 ^d
	10.0	76.4±1.1 ^b
Capsaicin	0.1	11.3±0.4 ^e
	1.0	40.6±0.2 ^c
	10.0	93.8±0.5 ^a

* Values are presented as the means±SD.
^{a,b,c,d,e} Values with different superscripts are significantly different($p<0.05$).

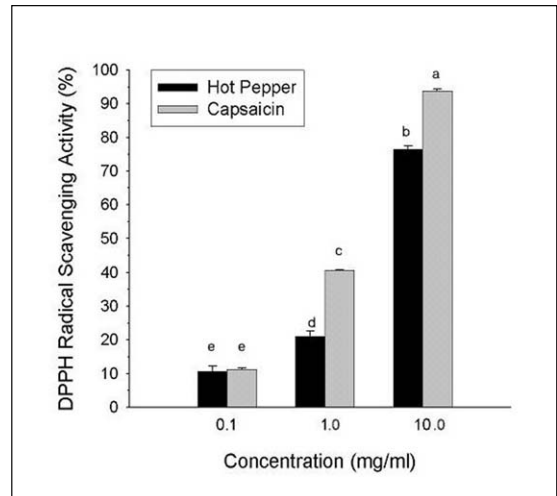


Fig. 1. DPPH radical scavenging activities of hot pepper extract and capsaicin. Data results were expressed as percent. Each bar represents the mean±SD.

13.8 및 41.3nmol Trolox equivalent로 나타났다. 이와 같이, capsaicin 0.1mg/ml 농도의 총항산화능은 고추 추출물 1.0mg/ml 농도의 총항산화능과 동등한 항산화능을 나타내어, capsaicin이 고추 추출물에 비해 ABTS radical 소거 활성이 10배 정도 높음을 알 수 있었다(Table 2.).

3. Oxygen Radical Absorbance Capacity(ORAC)

ORAC assay는 AUC를 측정함으로써, free radical 손상에 대한 억제 시간과 억제율을 모두 반영하는 항산화능의 측정 방법이다.

표준시약으로 사용한 gallic acid 함량(X)과 형광도의 AUC(Y) 간의 회귀방정식은 $Y=294721+380662X$ 이었다. Gallic acid의 함량이 증가함에 따라 형광도의 AUC도 유의적으로($r^2=0.987$) 증가하였다.

고추 추출물과 capsaicin 농도별 ORAC는 Fig. 3에 나타나 있다. 고추 추출물 1.0, 5.0, 10.0 및 100.0 μ g/ml 농도의 ORAC는 각각 0.04, 0.17, 0.29 및 1.74nmol gallic acid equivalent로 나타났으며, capsaicin의 ORAC은 각각의 농도에서 0.15, 0.44, 0.75 및 2.49nmol gallic acid equivalent로 나타났다. 이와 같이, 모든 농도에서 capsaicin의 항산화능이 고추 추출물 보다 1.4~2.6배 유

의적으로($p<0.05$) 높게 관찰되어, capsaicin이 고추 추출물에 비해 AAPH에 의해 생성된 peroxy radical 소거 활성이 높음을 알 수 있었다(Table 3.).

4. Lipid Peroxidation

미토콘드리아는 과산화 연구에 주요한 모델로 사용되고 있다²⁹. 본 연구에서는 rat의 간에서 미토콘드리아를 적출하여 시료가 지질과산화에 미치는 영향을 조사하였다. 지질과산화는 hydroxyl radical을 생성하는 $FeSO_4$ /ascorbic acid로 유발시켰으며, TBARS 농도를 측정함으로써 결정하였다. 표준시약으로 사용한 1,1,3,3-tetraethoxypropane의 함량(X)과 excitation 파장 530 nm/emission 파장 590nm에서의 형광도(Y) 간의 회귀방정식은 $Y=3.03+117.21X$ 이었다. TBARS 농도가 증가함에 따라 형광도도 유의적으로($r^2=0.985$) 증가하였다.

고추 추출물과 capsaicin 농도별 지질과산화 억제효과는 Fig. 4에 나타나 있다. 시료를 첨가하지 않았을 경우, 즉 0mg/ml 농도에서 10 μ M $FeSO_4$ 와 100 μ M ascorbic acid에 의해 유도된 지질과산화는 1.89nmol의 TBARS를 생성시켰다.

고추 추출물 0.1, 1.0 및 10.0mg/ml 농도 첨가에 의해

(Table 2) Total antioxidant capacities of hot pepper and capsaicin

Group	Concentration (mg/ml)	DPPH radical scavenging activity* (nmol Trolox equivalent)
Hot pepper	0.1	2.9 \pm 1.3 ^d
	1.0	11.4 \pm 0.5 ^c
Capsaicin	0.1	13.8 \pm 0.3 ^b
	1.0	41.3 \pm 0.5 ^a

* Values are presented as the means \pm SD.

^{a,b,c} Values with different superscripts are significantly different($p<0.05$).

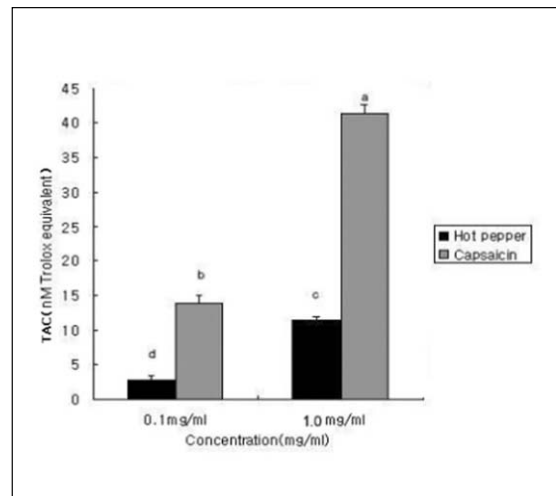


Fig. 2. Total antioxidant capacities of hot pepper extract and capsaicin. Data results were expressed as in terms of nmol Trolox equivalent. Each bar represents the mean \pm SD.

(Table 3) Oxygen radical absorbance capacities of hot pepper and capsaicin

Group	Concentration (ug/ml)	DPPH radical scavenging activity* (nmol gallic acid equivalent)
Hot pepper	1.0	0.04±0.05 ^a
	5.0	0.17±0.03 ^c
	10.0	0.29±0.05 ^e
	100.0	1.74±0.05 ^b
Capsaicin	0.1	0.15±0.05 ^f
	1.0	0.44±0.04 ^d
	10.0	0.75±0.03 ^e
	100.0	2.49±0.14 ^a

*Values are presented as the means±SD.
^{a,b,c,d,e,f,g} Values with different superscripts are significantly different(p<0.05).

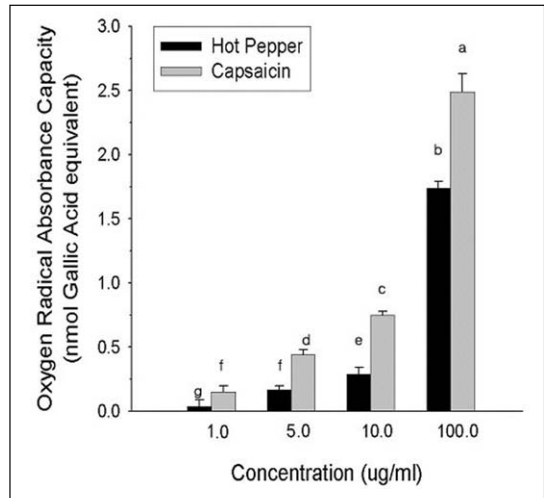


Fig.3. Oxygen radical absorbance capacities of hot pepper extract and capsaicin. Data results were expressed as in terms of nmol gallic acid equivalent. Each bar represents the mean±SD.

(Table 4) Inhibition of hot pepper and capsaicin on lipid peroxidation

Group	Concentration (ug/ml)	TBARS* (nmol)
Control	0	1.89±0.06 ^a
Hot pepper	0.1	1.87±0.09 ^a
	1.0	1.66±0.02 ^b
	10.0	0.73±0.02 ^c
Capsaicin	0.1	1.87±0.09 ^a
	1.0	1.66±0.02 ^b
	10.0	0.73±0.02 ^c

* Values are presented as the means±SD.
^{a,b,c} Values with different superscripts are significantly different(p<0.05).

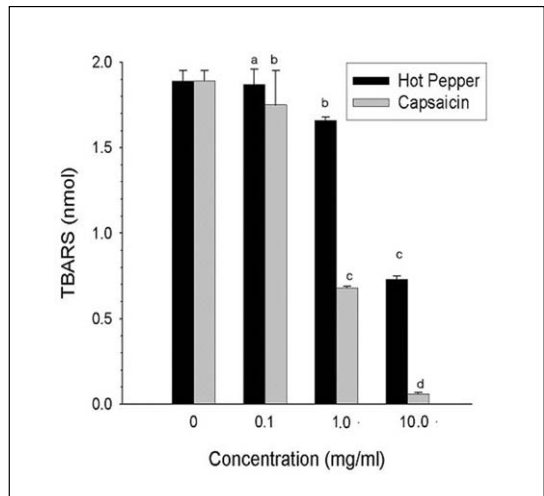


Fig. 4. The effects of hot pepper extract and capsaicin on inhibition of lipid peroxidation in rat liver mitochondria. Rat liver mitochondria were incubated with FeSO₄/ascorbic acid in the absence or presence of various concentrations of the sample. Lipid peroxidation was determined by measuring the release of TBARS. Each bar represents the mean±SD.

(Table 5) Total phenolic contents of hot pepper and capsaicin

Group	Concentration (µg/ml)	Total phenolic contents* (nmol gallic acid equivalent)
Hot pepper	0.1	1.4±0.7 ^c
	1.0	20.8±0.9 ^c
Capsaicin	0.1	6.1±1.0 ^c
	1.0	55.4±1.4 ^a

* Values are presented as the means±SD.

^{a,b,c} Values with different superscripts are significantly different(p<0.05).

생성되는 TBARS는 1.87, 1.66 및 0.73nmol로 나타나, 지질과산화를 각각 1.1, 12.2 및 61.4% 억제시켰다.

반면에, capsaicin 0.1, 1.0 및 10.0mg/ml 농도 첨가는 1.75, 0.68 및 0.06nmol의 TBARS를 생성시켜, 지질과산화를 각각 7.4, 64.0 및 96.8% 억제시켰다.

이와 같이, capsaicin 0.1 및 1.0mg/ml 농도의 지질과산화 억제효과는 고추 추출물 1.0 및 10.0mg/ml 농도의 억제효과와 비슷하게 나타나(p>0.05), capsaicin이 고추 추출물에 비해 지질과산화 억제 효과가 10배 정도 높음을 알 수 있었다(Table 4.).

5. Total Phenolic Contents (TPC)

Phenolic compound는 식물에 존재하는 대표적인 항산화물질이다. 총페놀함량 측정을 위해, 표준시약으로 사용된 gallic acid 함량(X)과 760nm에서의 흡광도(Y) 간의 회귀방정식은 $Y=0.055+0.018X$ 이었다. Gallic acid의 함량이 증가함에 따라 760nm에서의 흡광도도 유의적으로 ($r^2=0.995$) 증가하였다.

고추 추출물과 capsaicin의 농도별 총페놀함량은 Fig. 5에 나타나 있다. 고추 추출물 0.1 및 1.0mg/ml 농도의 총페놀함량은 각각 1.4 및 20.8nmol gallic acid equivalent

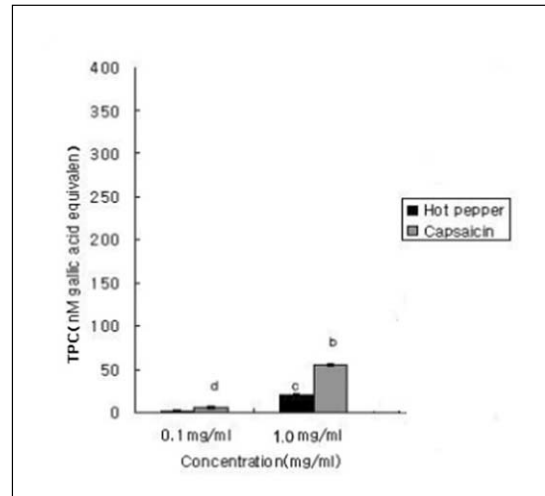


Fig. 5. Total phenolic contents of hot pepper extract and capsaicin Data results were expressed as in terms of nmol gallic acid equivalent. Each bar represents the mean±SD.

로 나타났고, capsaicin 0.1 및 1mg/ml 농도의 총페놀함량은 6.1 및 55.4nmol gallic acid equivalent로 나타나, 동일 농도에서 capsaicin이 고추 추출물에 비해 2.7~4.3배 정도 총페놀함량이 높음을 알 수 있었다(Table 5.).

IV. 고찰

고추(*Capsicum annuum L.*)는 남미가 원산지로서 우리나라를 비롯한 동남아 지방에서 일반적으로 음식의 맛을 내는 향신료로서 애용되어 왔다. 고추에서 매운 맛 성분은 현재까지 14종류로 분리되었는데 capsaicin과 dihydrocapsaicin이 80~90%를 차지하고 나머지는 nordihydrocapsaicin이 속한다²²⁾.

고추는 주로 향신료로만 사용되었기 때문에 고추의 매운 맛을 내는 주성분인 capsaicin에 대한 연구가 활발히 이루어지지는 않았으나 최근 비만과 노화 등의 질병에 관한 연구가 활발해지면서 주목받고 있다. Capsaicin의 효능에 대한 연구로는 진통과 항염증 효과가 있는 것으로 알려져 있다²³⁾. Capsaicin은 에너지섭취를 줄여주는 것으로 보고되었고²⁴⁾, 지방조직량을 줄이고 에너지대사증가를 통해 혈청 triacylglycerol량도 줄이는 것으로 보고되었다²⁵⁾.

또한, 다양한 악성 무한증식세포를 억제하고²⁶⁾ 형질전환세포에서 세포자멸사를 유도하는 것으로 보고되었다²⁷⁾. Hsu 등⁹⁾은 capsaicin이 3T3-L1 cells에서 세포자멸사 유도과 지방세포전구물질로의 변환을 억제한다고 보고하였다.

Free radical(활성산소)은 인체의 노화와 질병을 유발하는 주요 원인으로서 세포와 조직에 해로운 독성을 일으켜 질병을 유발하는 것으로 알려져 있고²⁸⁾, free radical을 억제하는 생리작용으로는 전자공여작용, SOD(superoxide dismutase) 유사활성 등이 있다. 전자공여작용은 산화성 free radical에 전자를 공여하여 산화를 억제하는 것을 말하고, SOD 유사활성은 생체 내에서 생성되고 전자 환원으로 반응성과 파괴성이 매우 큰 superoxide anion radical을 정상상태의 산소로 전환시켜주는 것으로 알려져 있다²⁹⁾. 따라서 활성산소를 방어하는 항산화물질을 흡수를 통한 인체 내의 산화작용으로 인한 노화 및 질병의 예방이 중요시되고 있다.

활성산소를 방어하는 항산화물질의 capsaicin에 대한 연구가 진행되고 있는데, 이 등⁹⁾과 박 등¹⁰⁾은 고추 capsaicin의 항산화 작용에 대하여 연구하였고, 이 등¹⁰⁾과 장 등¹²⁾은 HepG2 세포와 MBT-2 세포에서 capsaicin이 활성산소종 생성의 감소와 아포토시스 유도에 미치는 영향에 대하여 보고하였다. 이러한 항산화 연구는 capsaicin의 항산화능에만 집중되어 있었고 capsaicin과 고추 추출물과 비교하여 항산화능에 어떠한 차이가 있는가에 대한 연구는 미진하다. 이에 저자는 고추 추출물이 capsaicin과 어떠한 차별화된 항산화능을 나타내는지, capsaicin의 효능과 비교해서 한약재로서의 고추에 대한 활용 가능성을 확인하고자 본 연구를 시도하였다.

1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)는 hydroxy radical(OH-)을 시험관에서 만든 후 얼마나 시험액이 이를 소거할 수 있는가를 관찰하는 항산화 실험방법이다. Malterud¹⁴⁾ 등의 방법에 따라 DPPH를 측정된 결과 고추 추출물과 capsaicin의 농도가 증가함에 따라 DPPH free radical 소거활성도 농도 의존적으로 증가하고 있음을 알 수 있었다. 각 농도별 고추 추출물과 capsaicin의 DPPH radical 소거활성을 비교해 보면, capsaicin의 DPPH radical 소거활성이 고추 추출물에 비해 높음을 알 수 있었다.

Erel¹⁶⁾의 방법에 따라 시료에 대한 Total antioxidant capacity(TAC)를 측정된 결과 고추 추출물 및 capsaicin의 농도가 증가함에 따라 TAC도 비례적으로 증가하여 농도 의존적으로 ABTS(2,2,2'-azinobis(3-ethylbenzothi-

azoline-6-sulfonate)) radical 소거활성을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 각 농도별 고추 추출물과 capsaicin의 TAC를 비교해 보면, capsaicin이 고추 추출물에 비해 ABTS radical 소거활성이 10배 정도 높음을 알 수 있었다.

ORAC(oxygen radical absorbance capacity) assay는 형광 표지물질에 대한 free radical의 손상 정도를 측정하는 일종의 inhibition method로서 추출물 내에 항산화물질이 존재하게 되면 이들 농도에 비례하여 free radical 손상에 대한 억제 시간과 억제율을 모두 반영하는 항산화능 측정 방법이다. 각 농도별 고추 추출물과 capsaicin의 ORAC를 측정된 결과 모든 농도에서 capsaicin이 고추 추출물에 비해 AAPH에 의해 생성된 peroxy radical 소거활성이 높음을 알 수 있었다.

Lipid Peroxidation은 활성산소 매개체가 세포자멸사의 국소적인 방어 기전을 초과함으로써 발생하는 세포손상의 주된 형태로 $\cdot\text{OH}$ -, $\cdot\text{O}_2$, H_2O_2 등이 지질과산화를 유발하는 것으로 보고되었다³⁰⁾. 고추 추출물과 capsaicin의 지질과산화 억제효과를 측정된 결과 모든 시료에서 농도가 증가함에 따라 지질과산화는 농도 의존적으로 억제되었다. capsaicin 0.1 및 1.0mg/ml 농도의 지질과산화 억제효과는 고추 추출물 1.0 및 10.0mg/ml 농도의 억제 효과와 동일한 결과를 나타내어 capsaicin이 고추에 비해 10배정도 지질과산화 효과가 높음을 알 수 있었다.

Phenolic compound는 식물에 존재하는 대표적인 항산화물질로, 항산화, 항암작용, 항에이즈, 충치예방, 혈압강하 등의 다양한 생리활성을 가지는 것으로 알려져 있다³¹⁾. Total phenolic content를 측정된 결과 고추 추출물 및 capsaicin 농도가 증가함에 따라 총 phenol 함량도 농도 의존적으로 증가하였다. 동일 농도에서 capsaicin이 고추 추출물에 비해 2.7-4.3배 정도 총 페놀함량이 높음을 알 수 있었다.

이상의 내용을 종합해보면, 고추 추출물과 capsaicin의 항산화능 비교에서는 DPPH radical 소거활성, 총항산화능(ABTS radical 소거활성), ORAC(peroxy radical 소거활성) 및 지질과산화 억제 등에서 capsaicin의 항산화능이 고추 추출물보다 우수하였으며, 고추 추출물에 비해 capsaicin의 항산화 효과가 높은 이유는 시료 내 존재하는 총 페놀함량의 차이에 기인하는 것으로 사료된다. 따라서 고추 추출물의 항산화 효능이 검증되었으며 capsaicin에 비해 효과가 낮지만 가격이 낮고 구하기 용이해 산화기전으로 인한 질병의 예방을 목적으로 사용할 한약재로서 적

합할 것으로 판단된다. 향후 실험모형을 바탕으로 이에 대한 후속 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

V. 결론

고추 추출물과 capsaicin의 항산화 효능을 비교 연구하고자 DPPH free radical 소거활성, 총항산화능, ORAC, 간 미토콘드리아를 이용한 지질과산화 억제 및 총 페놀함량 등을 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 농도별 고추 추출물과 capsaicin의 DPPH free radical 소거활성 비교에서 capsaicin이 고추 추출물보다 1.2~1.9배 높게 나타났다.

2. capsaicin과 고추 추출물의 총항산화능 비교에서 capsaicin이 고추 추출물에 비해 ABTS radical 소거활성이 10배 정도 높게 나타났다.

3. ORAC의 비교에서 capsaicin이 고추 추출물에 비해 AAPH에 의해 생성된 peroxy radical 소거활성이 높게 나타났다.

4. 지질과산화 억제 효과에서 capsaicin이 고추 추출물에 비해 10배 정도 높게 나타났다.

5. 총페놀함량은 동일 농도에서 capsaicin이 고추 추출물에 비해 2.7~4.3배 높게 나타났다.

이상의 결과를 종합해보면 capsaicin이 고추 추출물보다 항산화능이 우수하였다. 하지만 고추 추출물도 우수한 항산화능을 나타내었고, 기초대사량의 증가나 소화흡수의 촉진 등 다양한 효능이 보고되어 이에 대한 적절한 응용이 필요하다고 사료된다.

VI. 참고문헌

1. 농촌진흥청 농업생명공학연구원. 유전자원 특성조사 및 관리요령 RED PEPPER 고추, 2004; 3.
2. 중앙대사전편찬위원회. 완역중앙대사전 권2, 정담, 1997; 668-670.
3. 이충영, 우상규, 이은수, 권익부. 고속 액체크로마토

그래피에 의한 고추중의 신미성분분석. 한국식품위생안전성학회지, 1989; 4(3): 191-198.

4. 유리나, 김치내 고추가루 매운성분(캡사이신)의 면역증강 및 항성인병성 효과. 김치의 과학과 기술 권1, 1995; 143-144.
5. 손정일, 고추가루를 이용한 기능성 소화불량의 치료. 대한소화관운동학회지, 2002; 8(2): 208-209.
6. 임기원, 서혜정, 이수천. 운동선수에 있어서 고추가루 섭취가 안정시 에너지대사에 미치는 영향. 운동영양학회지, 1997; 1(1): 61-67.
7. 정영옥, 유태중. 고추에서 분리한 미생물의 발육과 capsaicin의 분해에 관한 연구. 한국영양학회지, 1976; 9(3): 18-25.
8. Chin-Lin Hsu, Gow-Chin Yen. Effect of capsaicin on induction of apoptosis and inhibition of adipogenesis in 3T3-L1 cells. J. Agric. Food Chem. 2007; 55: 1730-1736.
9. 이지호, 최병규, 김천제, 최도영, 정구용, 임성천. 베이컨 육에 있어서 고추 Capsaicin 및 Oleoresin의 항산화 작용에 관한 연구. 한국식품과학회지, 1994; 26(5): 496-499.
10. 박정순, 이진옥, 유리나. 고추의 매운맛 성분 Capsaicin의 항산화 활성. 식품산업과 영양, 1997; 2(2): 93.
11. 이용수, 강영신, 이지선, 세브달리나, 니콜로바, 김정애. HepG2 사람 간암세포에서 캡사이신에 의한 아포토시스에 있어서 NADPH 옥시다제-매개로 생성된 활성산소종의 관련성. 영남대학교 약품개발연구소 연구업적집, 2004; 14(0): 146-153.
12. 장중선, 이지선, 이지열, 김정애. 캡사이신에 의한 MBT-2 방광암세포에서의 활성산소종 생성의 감소와 아포토시스 유도에 관한 연구. 영남대학교 약품개발연구소 연구업적집, 2005; 15(0): 37-43.
13. Hovius, R., H. Lambrechts, K. Nocolay and B. de Kruijff. Improved methods to isolate and subfractionate rat liver mitochondria. Lipid composition of the inner and outer membrane. Biochim. Biophys. Acta. 1990; 1021: 217-226.
14. Malterud, K.E., T.L. Farbrot, A.E. Huse and R.B. Sund. Antioxidant and radical scavenging effects of anthraquinones and

- anthrones. *Pharmacology* 1993; 47: 77-85.
15. Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang and C. Rice-Evans. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.* 1999; 26: 1231-1237.
 16. Erel, O. A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable ABTS radical cation. *Clin. Biochem.* 1999; 37: 277-285.
 17. Huang, D., B. Ou, M. Hampsch-Woodill, J. A. Flanagan and R. L. Prior. High-throughput assay of oxygen radical absorbance capacity (ORAC) using a multichannel liquid handling system coupled with a microplate fluorescence reader in 96-well format. *J. Agric. Food Chem.* 1999; 50: 4437-4444.
 18. Stacey, N.H. and C.D. Klaassen. Inhibition of lipid peroxidation without prevention of cellular injury in isolated rat hepatocytes. *Toxicol. Appl. Pharm.* 1999; 58: 8-18.
 19. Singleton, V.L. and R. Orthofer. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.* 1999; 299: 152-178.
 20. Lowry, O.H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr and R.J. Randall. Protein measurements with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 1951; 193: 265-275.
 21. Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. Principles and procedures of statistics, 2nd ed, McGraw-Hill, New York, 1999; 186-187.
 22. 정천순, 유근창, 김종화, 김학기. HPLC에 의한 고추의 capsaicin 측정. *강원대학교 농업과학연구소 논문집.* 1995; 6(1): 9-14.
 23. Surh, Y. J. Anti-tumor promotion potential of selected spice ingredients with antioxidative and-inflammatory activities: a short review. *Food Chem. Toxicol.* 2002; 40: 1091-1097.
 24. Yoshioka, M.; St-Pierre, S; Drapeau, V.; Dionne, I.; Doucet, E.; Suzuki, M.; Tremblay, A. Effects of red pepper on appetite and energy intake. *Br. J. Nutr.* 1999; 82: 115-123.
 25. Kawada, T.; Hagihara, K. I.; Iwai, K. Effects of capsaicin on lipid metabolism in rats fed a high fat diet. *J. Nutr.* 1986(a); 116: 1272-1278.
 26. Morre, D. J.; Cheuh, P. J.; Morre, D. M. Capsaicin inhibits preferentially the NADH oxidase and growth of transformed cells on culture. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A* 1995; 92: 1831-1835.
 27. Macho, A.; Sancho, R.; Minassi, A.; Appendino, G.; Lawen, A.; Munoz, E. Involvement of reactive oxygen species in capsaicinoid-induced apoptosis in transformed cells. *Free Radical Res.* 2003; 37: 611-619.
 28. Devy, C. and Gautier, R. New perspectives on the biochemistry of superoxide anion and the efficiency of superoxide dismutase. *Biochem. Pharmacol.* 1990; 39: 399-405.
 29. Kuramoto, T. Development and application of food materials from plant extracts such as SOD. *Up to date Food Processing.* 1992; 27: 22-23.
 31. Fridovich, I. Biological effects of the superoxide radical. *Adv. Enzymol.* 1986; 58: 62.
 31. Yoshizawa, S., Horiuchi, T., Yoshida, T., Okuda, T. Antitumor promoting activity of (-)-epigallocatechin gallate, the main constituent of tannin in green tea. *Phytother. Res.* 1987; 1: 44-47.