

배추와 양배추 추출물의 생리활성 물질 및 암세포 증식 억제효과 분석

†황은선 · 흥은영* · 김건희**

한경대학교 영양조리학과, *(주)CJ 식품연구소, **덕성여자대학교 식품영양학과

Determination of Bioactive Compounds and Anti-cancer Effect from Extracts of Korean Cabbage and Cabbage

†Eun-Sun Hwang, Eunyong Hong* and Gun-Hee Kim**

Dept. of Nutrition and Culinary Science, Hankyong National University, Anseong 456-749, Korea

*CJ Food Research Institute, Seoul 152-050, Korea

**Dept. of Food and Nutrition, Duksung Women's University, Seoul 132-714, Korea

Abstract

In this study, we determined total polyphenol content(TPC) and total flavonoid content(TFC) of extracts from Korean cabbage and cabbage using a spectrophotometric method as well as glucosinolates concentration by HPLC. TPCs of Korean cabbage and cabbage extracts were 308.48 μg GAE/g dry weight and 344.75 μg GAE/g dry weight, respectively. TFCs of Korean cabbage and cabbage extracts were 5.33 μg QE/g dry weight and 5.95 μg QE/g dry weight, respectively. We found six different glucosinolates, namely progoitrin, glucoalyssin, gluconapin, glucobrassicinapin, glucobrassicin and 4-methoxyglucobrassicin in the Korean cabbage extract. In the cabbage extract, there was four glucosinolates, namely glucoraphanin, sinigrin, glucobrassicin and 4-methoxyglucobrassicin. We determined the cytotoxic effect of Korean cabbage and cabbage extracts in AGS human stomach cancer cells, HepG2 human hepatic cancer cells and LNCaP human prostate cancer cells by MTT assay. Dose-dependent relationships were found between the extract concentrations and cancer cell growth inhibition. The overall results support that both Korean cabbage and cabbage, the major vegetables in Korea, contain bioactive compounds such as polyphenol, flavonoids as well as glucosinolates and they may play a positive role in cancer prevention.

Key words: Korean cabbage, cabbage, polyphenol, flavonoid, glucosinolate, cancer cells

서 론

십자화과 채소의 일종인 배추(*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*)와 양배추(*Brassica oleracea* var. *capitata*)는 우리나라, 중국, 일본 등지에서 널리 재배되고 있다(McNaughton & Marks 2003). 배추와 양배추에는 glucosinolates라는 독특한 생리활성 물질이 있으며, 이들 성분의 섭취는 소화기계, 폐 등의 암 발생을 억제한다고 보고되고 있으며(Fenwick 등 1983; van Poppel 등 1999), 최근 이들 채소의 섭취가 증가하고 있는

추세이다.

십자화과 채소에 널리 포함된 glucosinolates는 황(sulfur)을 함유하고 있으며, 휘발성이 강한 독특한 매운 향기를 부여한다(Fenwick 등 1983). 현재까지 약 100여종의 glucosinolates가 확인되었으며, 그 중 30여종이 생리적인 활성을 갖고 있는 것으로 알려져 있다(Fahey 등 2001). 손상되지 않은 채소에서 glucosinolate는 비활성인 상태로 존재하지만, 조리나 가공 중에 채소를 자르고, 다지고, 으개는 과정에서 채소 자체에 함유된 myrosinase(thioglycoside glucohydrolase, EC 3.2.3.1)라는 효

† Corresponding author: Eun-Sun Hwang, Dept. of Nutrition and Culinary Science, Hankyong National University, Anseong 456-749, Korea. Tel: +82-31-670-5182, Fax: +82-31-670-5187, E-mail: ehwang@hknu.ac.kr

소에 의해 가수분해되어 thiohydroxamate-O-sulfonate와 같은 불완전한 aglycone 중간체를 형성하며, 이 물질은 즉시 isothiocyanates, thiocyanates, nitriles 등과 같은 안정한 물질로 전환된다(Fenwick 등 1983; Getahun & Chung 1999). 십자화과 채소의 종류에 따라 함유되어 있는 주요 glucosinolate의 종류, 함량 및 이들의 가수분해 물질이 각기 다르게 나타난다(Fenwick 등 1983; Hwang & Jeffery 2003). 십자화과 채소에 함유되어 있는 주요 glucosinolates는 glucobrassicinapin, glucoraphanin, gluconapin 및 sinigrin 등으로, 이들은 채소에 존재하는 myrosinase에 의해 가수분해되어 각각 indone-3-carbinol, sulforaphane, butenyl isothiocyanate 및 allyl isothiocyanate로 전환된다. 십자화과 채소의 항암효과는 glucosinolates의 분해산물인 isothiocyanates에 의한 것으로 알려져 있으며(Talalay 1989; Zhang 등 1994), isothiocyanates는 주로 무독화효소 활성을 증가시키고, 세포예정사(apoptosis) 및 세포주기 억제 기전을 통하여 암을 예방하는 것으로 알려져 있다(Smith 등 2003; Hwang & Lee 2010).

배추와 양배추는 우리나라 사람들이 섭취하는 대표적인 십자화과 채소로, 이들 채소에는 다양한 생리활성 물질이 함유되어 있고, 항산화 및 항암효능이 우수할 것으로 사료된다. 본 연구에서는 배추와 양배추에 함유되어 있는 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량을 비색법을 통해 측정하였고, glucosinolate 함량 및 패턴을 HPLC로 분석하였다. 또한, 동결 건조한 배추와 양배추 에탄올 추출물을 HepG2 인체 간암 세포주, AGS 인체 위암 세포주, LNCaP 인체 전립선암 세포주에 처리하여, 이들 암세포 성장에 미치는 영향을 알아보았다.

재료 및 방법

1. 재료 및 시약

본 실험에 사용한 배추와 양배추를 경기도 평택에서 생산된 것을 2010년 10월 경기도 구리시에 소재한 농수산물시장에서 구입하였다. Folin-Ciocalteu's phenol reagent는 Fluka(Buchs, Switzerland)에서 구입하였고, Sinigrin과 그 외 시약들은 Sigma-Aldrich Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)과 Juncei Chemical Co. Ltd.(Tokyo, Japan)에서 구입하여 사용하였다.

2. 배추와 양배추 에탄올 추출물 제조

배추와 양배추의 이물질을 제거하고, 가식부위를 2×2 cm 크기로 잘라 골고루 잘 섞은 비닐 백에 담아 동결건조(IIShin Biobase, Korea)하고, 분쇄(Hanil, Korea)하여 분석용 시료로 사용하였다. 분쇄한 배추와 양배추 분말을 50배의 70% 에탄올 용액을 가하여 37°C 항온수조에서 24시간 동안 추출하였다. 추출 후 에탄올층(상등액)을 회전감압농축기(EYELA, Rikakiki Co., Tokyo, Japan)로 농축한 후, DMSO 녹여 stock solution을

제조하였다. 제조된 stock solution은 -20°C에 보관하면서 분석방법에 적합하도록 희석하여 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량 및 암세포 증식 억제활성 측정에 사용하였다.

3. 폴리페놀 함량 분석

총 폴리페놀 함량은 페놀성 물질이 phosphomolybdic acid와 반응하여 청색으로 발색되는 원리를 이용한 Folin-Denis 방법에 따라 분석하였다. 1 mg/ml로 제조한 추출물 0.5 ml에 Folin 시액 0.5 ml를 혼합한 뒤 3분간 실온에서 반응시킨 후, 2% Na₂CO₃ 1.5 ml를 첨가한 뒤 2시간 동안 암소에서 반응시킨 뒤 760 nm에서 microplate reader(Spectra MAX M2, Molecular Device, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 시료에 함유된 총 폴리페놀 함량은 gallic acid(6.25~100 µg/ml)의 표준곡선을 통하여 건조시료 g당 gallic acid equivalent(GAE)로 나타내었다.

4. 플라보노이드 함량 분석

1 mg/ml로 제조한 추출물 1 ml에 2% aluminium chloride methanolic solution 1 ml를 혼합한 뒤 15분간 실온에서 반응시킨 후 430 nm에서 microplate reader를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 시료에 함유된 총 플라보노이드 함량은 quercetin (6.25~100 µg/ml)의 표준곡선을 통하여 건조시료 g당 quercetin equivalent(QE)로 나타내었다.

5. Glucosinolates 함량 분석

배추와 양배추의 glucosinolates 함량은 국제표준화기구의 공인된 방법으로 분석하였다(ISO 1992). 동결건조시킨 배추와 양배추 분말 50 mg을 70%의 boiling 에탄올과 섞어 70°C water bath에서 5분간 반응시킨 후 4°C에서 20분간 13,000×g에서 원심분리하였다. 1 ml blue tip으로 미니컬럼을 만들어 DEAE-Sephadex A-25를 충전 후 원심분리한 시료를 loading 한 후 75 µl의 aryl sulfatase(28.7 unit) 용액을 loading 하였다. 실온에서 over night 방치하면서 desulfate 시켰다. 증류수 3 ml를 3회 반복하여 loading 하면서 desulfo glucosinolates를 분리해냈다. 분리한 desulfo glucosinolates는 HPLC(Dionex, Sunnyvale, CA, USA)로 분석하였다.

Inertsil ODS2(C₁₈) column(4.6×250 mm, GS Science, Tokyo, Japan)을 사용하였고, column oven의 온도는 35°C, 이동상의 유속은 분당 1.0 ml로 variable wavelength detector를 사용하여 227 nm에서 분석하였다. 이동상은 deionized water(solvent A)와 20% acetonitrile(solvent B)를 이용하여 linear gradient로 1~99% solvent B를 18분 동안, 99% solvent B를 11분간, 99~1% solvent B를 3분 동안 주입하면서 분석하였다. HPLC 분석을 통해 얻은 주요 peak에 대한 mass spectrum을 LC-MS-QToF

(Waters, Milford, MA, USA)로 분석하여 분자량을 확인하고 glucosinolates을 확인하였다.

6. 암세포 배양 및 세포 증식 저해활성 측정

암세포 억제활성을 측정하기 위하여 AGS 인체 위암세포주, HepG2 인체 간암세포주, LNCaP 인체 전립선암 세포주를 한국세포주은행(KCLB)으로부터 분양받아 사용하였다. 세포 배양액으로는 10% FBS와 1% penicillin-K-streptomycin이 첨가된 RPMI 1640을 사용하였다. 배양액에 분주된 세포주는 37°C, 5% CO₂ 조건에서 배양하여 실험에 사용하였다.

배추 및 양배추 에탄올 추출물이 암세포 성장에 미치는 영향을 MTT assay로 측정하였다. 일정한 농도(1×10^4 cells/ml)로 희석한 암세포 180 μ l를 96 well plate의 각 well에 분주하여 5% CO₂ 배양기에서 37°C로 24시간 선배양하였다. 선배양 후, 각 well의 배지 80 μ l를 제거한 다음 시료 100 μ l를 첨가하여 같은 조건의 CO₂ 배양기에서 24시간과 48시간 동안 배양하였다. 그 후, 각 well에 MTT 용액 20 μ l를 첨가하여 4시간 배양한 후 배양액을 제거하였다. 각 well에 DMSO:EtOH (1:1, v/v) 용액 150 μ l를 첨가한 다음 진탕배양기에서 30분간 교반한 후 ELISA reader(Versamax, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다.

7. 통계분석

모든 결과는 3회 반복실험에 대한 평균(mean) \pm 표준편차(standard deviation)로 나타내었다. 실험결과에 대한 통계처리는 SPSS software package(Version 17.0)를 이용하여 평균과 표준편차로 나타내었고, 각 처리군 간의 유의성에 대한 검증은 ANOVA를 이용하여 유의성을 확인한 후, $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple test를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량 분석

배추와 양배추 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량은 건조 중량 1 g 당 gallic acid를 기준으로 하여 각각 308.48 μ g과 344.75 μ g으로 나타났고, 총 플라보노이드 함량은 quercetin을 기준으로 건조 중량 1 g 당 각각 5.33 μ g과 5.95 μ g으로 나타났다(Table 1). 배추와 양배추 추출물 모두에서 총 플라보노이드 함량에 비해 총 폴리페놀 함량이 높았고, 배추보다는 양배추에서 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 높게 나왔다. 배추에는 hydroxy benzoic acid, hydroxy cinamic acid, keampferol, quercetin과 같은 플라보노이드 물질과 각종 폴리페놀 물질이 함유되어 있으며, 항산화 활성이 있는 것으로 알려져 있다(Cheigh & Park, 1994). 이들 폴리페놀과 플라보노이드는 식

Table 1. Total polyphenol and flavonoid contents of Korean cabbage and cabbage extracts

Sample	Total polyphenol contents ¹⁾ (μ g GAE/g dry weight)	Total flavonoid contents ²⁾ (μ g QE/g dry weight)
Korean cabbage	308.48 \pm 0.18 ^a	5.33 \pm 0.01 ^a
Cabbage	344.75 \pm 0.12 ^b	5.95 \pm 0.02 ^b

¹⁾ Data were the means \pm S.D. of triplicate experiment and gallic acid was used as a standard(GAE=gallic acid equivalent),

²⁾ Data were the means \pm S.D. of triplicate experiment and quercetin was used as a standard(QE=quercetin equivalent),

Values with the different superscript within the same column are significantly different at $p < 0.05$.

자화과 채소의 주요 생리활성 물질로 알려진 glucosinolates와 함께 항산화 및 항암 활성에 기여할 것으로 사료된다.

2. Glucosinolates 함량 분석

배추와 양배추의 glucosinolates는 HPLC chromatogram의 retention time과 LC-MS 분석을 통한 fragmentation 패턴과 비교하여 분석하였다. Fig. 1은 신선한 배추에서 얻은 LC-MS

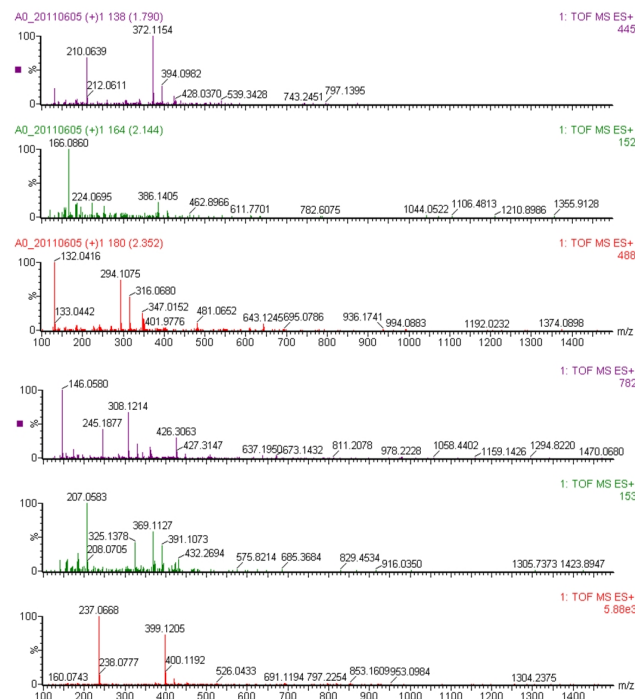


Fig. 1. The representative LC-MS spectra for glucosinolates identified in Korean cabbage. The capillary temperature of 250°C, source temperature of 100°C, desolvation temperature of 300°C, capillary voltage of 2,800V, and sample cone voltage of 28V.

spectrum이다. 신선한 배추와 양배추의 glucosinolates 함량을 분석한 결과, 배추는 progoitrin, glucoalyssin, gluconapin, glucobrassicinapin, glucobrassicin, 4-methoxyglucobrassicin 등 총 6종이, 양배추는 glucoraphanin, sinigrin, glucobrassicin 및 4-methoxyglucobrassicin 등 총 4종의 glucosinolates를 확인하였다. 배추에 함유된 glucosinolates 종류와 함량은 Table 2와 같이 나타났으며, 검출된 glucosinolates는 기능기에 따라 aliphatic group과 indole group으로 분류할 수 있으며, aliphatic group에 속하는 progoitrin, glucoalyssin, gluconapin, glucobrassicinapin과 indole group에 속하는 glucobrassicin과 4-methoxyglucobrassicin이 검출되었다. 배추에는 4-methoxyglucobrassicin가 4.57 $\mu\text{mol/g}$ 으로 가장 많은 양이 검출되었으며, gluconapin, glucobrassicinapin 및 glucoalyssin이 각각 4.09, 3.25 및 0.94 $\mu\text{mol/g}$ 순으로 나타났다. 양배추에 함유된 glucosinolates 종류와 함량은 Table 3과 같이 나타났으며, aliphatic group에 속하는 glucoraphanin, sinigrin과 indole group에 속하는 glucobrassicin, 4-methoxyglucobrassicin이 검출되었다. 양배추에서는 sinigrin 함량이 4.5 $\mu\text{mol/g}$ 으로 가장 많은 양이 검출되었으며, 이어 glucobrassicin, 4-methoxyglucobrassicin 및 glucoraphanin이 각각 3.63, 2.30 및 2.05 $\mu\text{mol/g}$ 으로 나타났다. 십자화과 채소 중에 함유되어 있는 glucosinolates의 종류는 채소에 따라 다르며, 같

Table 2. Glucosinolate contents ($\mu\text{mol/g}$) in Korean cabbage

Glucosinolates		Retention time (min)	Concentration ($\mu\text{mol/g}$)
	Progoitrin	7.8	0.29±0.05
Aliphatic group	Glucoalyssin	9.4	0.94±0.11
	Gluconapin	12.4	4.09±0.47
	Glucobrassicinapin	16.6	3.25±0.37
Indole group	Glucobrassicin	18.7	0.41±0.04
	4-Methoxyglucobrassicin	20.9	4.57±0.40
Total			13.55±1.43

Data were the mean±S.D. of triplicate experiment.

Table 3. Glucosinolate contents ($\mu\text{mol/g}$) in cabbage

Glucosinolates		Retention time (min)	Concentration ($\mu\text{mol/g}$)
Aliphatic group	Glucoraphanin	7.0	2.05±0.11
	Sinigrin	8.9	4.54±0.15
Indole group	Glucobrassicin	19.0	3.63±0.09
	4-Methoxyglucobrassicin	21.3	2.30±0.06
Total			12.52±0.25

Data were the mean±S.D. of triplicate experiment.

은 품종이라도 재배되는 토양, 기후, 보관온도 및 조리·가공 정도에 따라 달라진다(Fenwick 등 1983; Rungapanmestry 등 2007). 배추와 양배추에 포함된 glucosinolate의 종류와 함량에 차이를 보였다. 배추에는 4-methoxyglucobrassicin이 가장 많이 함유되어 있었으며, 이는 Hong(2010)의 결과와 유사한 반면, 양배추에는 sinigrin이 주요 glucosinolate로 나타났다. Pellegrini 등(2008)은 십자화과 채소의 종류에 따라 포함된 주요 glucosinolates의 종류와 양이 다르며, broccoli는 glucoraphanin을 Brussels sprouts와 caluiflower는 glucobrassicin을 가장 많이 함유하는 것으로 보고하였다.

3. 암세포 성장 억제 활성 측정

배추와 양배추 70% 에탄올 추출물이 암세포 증식에 미치는 영향을 MTT assay를 통해 알아본 결과는 Fig. 2와 같이 나타났다. 배추와 양배추 에탄올 추출물을 농도별(0~250 ppm)로 AGS 인체 위암세포주, HepG2 인체 간암세포주, LNCaP 인체 전립선암 세포주에 24 및 48시간 동안 처리한 후 각각의 암세포 증식을 관찰하였다. 저농도의 배추 에탄올 추출물(0~31.25 ppm)에서는 암세포 증식 억제가 비교적 낮게 나타났으나, 추출물의 농도가 증가함에 따라 농도 의존적으로 암세포 증식 억제 효능도 증가하였다. 또한 배추 에탄올 추출물을 24시간 처리한 실험군에 비해 48시간 동안 처리한 실험군에서 암세포 성장 억제 효능이 증가하였다. 배추 에탄올 추출물 250 ppm을 HepG2 간암 세포주에 처리하고 24시간 및 48시간 동안 배양하였을 경우, 각각 35.7 및 42.4%의 암세포 성장 억제효과를 관찰하였다. 양배추 추출물은 배추 추출물에 비해 다소 높은 암세포 증식 억제효능을 나타냈다. 양배추 추출물 250 ppm을 HepG2 세포주에 24 및 48시간 동안 처리하고 배양한 결과, 각각 45.3 및 55.3%의 성장 억제효과를 보였다(Fig. 2A).

Fig. 2B는 배추 에탄올 추출물을 AGS 인체 위암세포주에 처리하고, 24 및 48시간 동안 배양한 결과이다. 배추 에탄올 추출물은 62.5 및 125 ppm을 처리하고 48시간 동안 배양한 경우, 각각 12.6 및 18.4%의 암세포 성장 억제효과를 나타냈다. 배추 추출물과 동일한 농도(62.5 및 125 ppm)의 양배추 추출물을 AGS 세포주에 처리하고 48시간 배양한 결과, 각각 22.1 및 30.9%의 암세포 성장 억제를 나타냈다. 배추와 양배추 추출물의 농도와 처리 시간이 증가함에 따라 농도 의존적으로 암세포 성장 억제 효과도 증가함을 관찰하였다.

배추와 양배추 에탄올 추출물을 LNCaP 인체 전립선암 세포주에 농도별로 처리하고, 24 및 48시간 동안 배양한 결과는 Fig. 2C와 같다. 양배추 에탄올 추출물은 62.5 및 125 ppm을 처리하고 24시간 동안 배양한 경우, 각각 25.3 및 36.6%의 암세포 성장 억제효과를 나타냈다. 동일한 농도(62.5 및 125

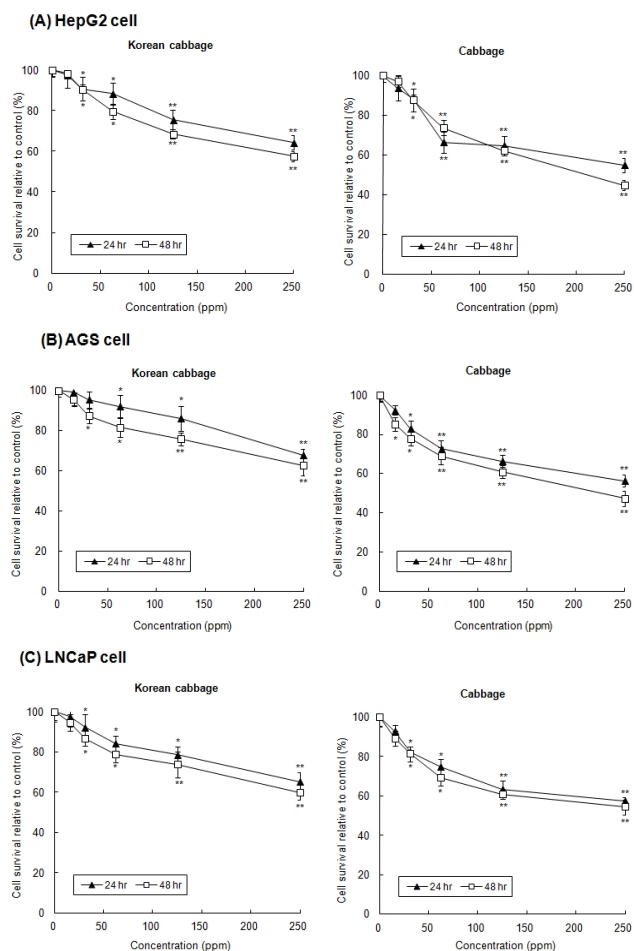


Fig. 2. Effect of Korean cabbage and cabbage on HepG2, AGS and LNCaP cancer cell proliferation as measured by the MTT assay. The optical density was determined at 570 nm, and is expressed as cell survival relative to control. Data are mean \pm S.D. values from three independent experiments. The asterisk symbol indicates that the means are significantly different from the control ($p < 0.05$).

ppm)의 양배추 추출물을 처리하고 48시간 배양한 결과, 각각 30.8 및 39.3%의 LNCaP 세포주의 증식 억제를 보여 양배추 추출물의 처리시간이 길어질수록 암세포 증식 억제 효과도 증가하는 것을 관찰하였다. 배추 추출물을 62.5 및 125 ppm 48시간 배양한 결과, 각각 21.1 및 26.1%의 암세포 성장 억제를 나타냈다. 배추 추출물 250 ppm을 LNCaP 세포주에 24 및 48시간 동안 처리하고 배양한 결과, 각각 34.7 및 40.1%의 성장 억제효과를 보였다. 양배추 추출물 250 ppm을 24 및 48시간 동안 LNCaP 세포주에 처리하고 배양한 결과, 각각 42.8 및 45.6%의 성장 억제효과를 보여 LNCaP 세포주에서도 다른 세포주와 동일하게 양배추 추출물이 배추 추출물에 비해 다소 높은 암세포 증식 억제효과를 나타냄을 확인하였다.

현재까지 발표된 연구결과는 배추와 양배추 추출물을 직접 암세포에 처리하여 암세포 증식에 미치는 효능을 평가하기 보다는 이들 채소에 함유된 glucosinolates의 가수분해 물질을 대상으로 암세포 증식 억제에 미치는 영향을 살펴본 연구가 대부분이다. 선행연구(Hu 등 2003; Pullar 등 2004; Hwang & Lee 2010)에서 gluconasturtiin의 가수분해 물질인 phenylethyl isothiocyanate는 전립선암, 유방암, 대장암, 간암 등 다양한 암세포주의 성장을 억제함을 확인하였다. 대부분의 십자화과 채소에 존재하는 sinigrin과 glucotropaeolin 가수분해 산물인 allyl isothiocyanate과 benzyl isothiocyanate도 폐암, 간암, 대장암, 전립선암 세포주의 증식을 억제하였다(Hwang & Lee 2006; Tan 등 2010). 또한, 인체를 대상으로 한 임상실험이나 역학조사에서도 십자화과 채소의 섭취와 암 발생이 반비례 관계에 있음이 발표되었다(Truong 등 2010; Annema 등 2011).

본 실험에 사용한 배추와 양배추 에탄올 추출물은 마쇄된 가루를 70% 37°C 에탄올 용액에서 24시간 추출하여 사용하였다. 이 추출과정 중에 이들 채소에 함유된 glucosinolate가 가수분해되어 암세포 성장 억제에 직접적인 영향을 주었을 것으로 사료된다. 또한, 본 실험에서 배추와 양배추 추출에 사용한 37°C는 myrosinase의 활성을 높여 glucosinolate의 가수분해를 촉진했을 것으로 사료된다.

요 약

본 연구에서는 배추와 양배추 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량을 측정하고, glucosinolates 함량을 HPLC로 분석하였다. 또한, MTT assay를 통한 암세포 증식 억제 활성을 측정하였다. 배추와 양배추 에탄올 추출물의 항산화물질로 알려진 총 폴리페놀 함량은 각각 308.48 및 344.75 μ g GAE/g dry weight으로 나타났으며, 총 플라보노이드 함량은 각각 5.33 및 5.95 μ g QE/g dry weight으로 나타났다. 배추 추출물에서는 progoitrin, glucoalyssin, gluconapin, glucobrassicinapin, glucobrassicin, 4-methoxyglucobrassicin의 총 6개 glucosinolates를 확인하였다. 양배추 추출물에서는 glucoraphanin, sinigrin, glucobrassicin 및 4-methoxyglucobrassicin의 총 4개 glucosinolates를 확인하였다. 배추와 양배추 에탄올 추출물이 AGS 인체 위암세포주, HepG2 인체 간암세포주, LNCaP 인체 전립선암 세포주 증식에 미치는 영향을 MTT assay를 통해 알아보았다. 배추와 양배추 추출물의 농도가 증가함에 따라 농도 의존적으로 암세포 증식 억제 효능이 증가하였다. 또한, 배추와 양배추 추출물을 암세포에 처리하고 배양하는 시간이 24시간에서 48시간으로 길어질수록 암세포 성장 억제 효능도 증가하였다. 배추와 양배추의 추출과정 중에 생성된 glucosinolate 가수분해 산물과 폴리페놀, 플라보노이드 등의

생리활성 물질들이 암세포 성장 억제에 직접적인 영향을 주었을 것으로 사료된다. 한국인들이 자주 섭취하고 있는 배추와 양배추에는 주요 생리활성 물질인 글루코시놀레이트뿐 아니라 폴리페놀, 플라보노이드가 함유되어 있으며, 이들 추출물들은 암세포 증식 억제 효능이 있음을 보여주었다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2010-0022137).

참고문헌

- Annema N, Heyworth JS, McNaughton SA, Iacopetta B, Fritschi L. 2011. Fruit and vegetable consumption and the risk of proximal colon, distal colon and rectal cancers in case-control study in Western Australia. *J Am Diet Assoc* 111: 1479-1490
- Ch Leigh HS, Park KY. 1994. Biochemical, microbiological, and nutritional aspects of kimchi(Korean fermented vegetable products). *Crit Rev Food Sci Nutr* 34:175-203
- Fahey JW, Zalcmann AT, Talalay P. 2001. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochem* 56:5-51
- Fenwick GR, Griffiths NM, Heaney RK. 1983. Bitterness in Brussels sprouts(*Brassica oleracea* L. var. *gemmifera*): the role of 126 glucosinolates and their breakdown products. *J Sci Food Agric* 34:73-80
- Getahun SM, Chung FL. 1999. Conversion of glucosinolates to isothiocyanates in humans after ingestion of cooked watercress. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 8:447-451
- Hong EY. 2010. Study on analysis of major glucosinolates and enzymatic hydrolysis products and their biological activity in Korean Chinese cabbage(*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*). Ph.D. Thesis, Duksung Women's Univ. Seoul. Korea
- Hu R, Kim BR, Chen C, Hebbar V, Kong AN. 2003. The roles of JNK and apoptotic signaling pathways in PEITC-mediated responses in human HT-29 colon adenocarcinoma cells. *Carcinogenesis* 24:1361-1367
- Hwang ES, Lee HJ. 2006. Allyl isothiocyanate and its N-acetylcysteine conjugate suppress metastasis via inhibition of invasion, migration and matrix metalloproteinase-2/-9 activities in SK-Hep1 human hepatoma cell. *Exp Biol Med* 231:421-430
- Hwang ES, Lee HJ. 2010. Effects of phenylethyl isothiocyanate and its metabolite on cell-cycle arrest and apoptosis in LNCaP human prostate cancer cells. *Int J Food Sci Nutr* 61:324-336
- Hwang ES, Jeffery EH. 2003. Evaluation of urinary N-acetylcysteinyl allyl isothiocyanate as a biomarker for intake and bioactivity of Brussels sprouts. *Food Chem Toxicol* 41:1817-1825
- International Standard Organization. 1992. Rapeseed: determination of glucosinolates content-Part 1: Method using high performance liquid chromatography. ISO 9167-1: 1992(E), pp. 1-9, Geneva, Switzerland
- McNaughton SA, Marks GC. 2003. Development of a food composition database for the estimation of dietary intakes of glucosinolates, the biologically active constituents of cruciferous vegetables. *Br J Nutr* 90:687-697
- Pellegrini N, Chiavaro E, Gardana C, Mazzeo T, Contino D, Gallo M, Riso P, Fogliano V, Porrini. 2008. Effect of different cooking methods on color, phytochemical concentration, and antioxidant capacity of raw and frozen brassica vegetables. *J Agric Food Chem* 56:139-147
- Pullar JM, Thomson SJ, King MJ, Turnbull CI, Midwinter RG, Hampton MB. 2004. The chemopreventive agent phenethyl isothiocyanate sensitizes cells to Fas-mediated apoptosis. *Carcinogenesis* 25:765-772
- Rungapamestry V, Duncan AJ, Fuller Z, Ratcliffe B. 2007. Effect of cooking brassica vegetables on the subsequent hydrolysis and metabolic fate of glucosinolates. *Proc Nutr Soc* 66:69-81
- Smith TK, Mithen R, Johnson IT. 2003. Effects of brassica vegetable juice on the induction of apoptosis and aberrant crypt foci in rat colonic mucosal crypts *in vivo*. *Carcinogenesis* 24:491-495
- Talay P. 1989. Mechanisms of induction of enzymes that protect against chemical carcinogenesis. *Adv Enzyme Regul* 28: 237-250
- Tan XL, Shi M, Tang H, Han W, Spivack SD. 2010. Candidate dietary phytochemicals modulate expression of phase II enzymes GSTP1 and NQO1 in human lung cells. *J Nutr* 140:1404-1410
- Truong T, Baron-Dubourdieu D, Rougier Y, Guénel P. 2010. Role of dietary iodine and cruciferous vegetables in thyroid cancer: a countrywide case-control study in New Caledonia. *Cancer Causes Control* 21:1183-1192

van Poppel G, Verhoeven DT, Verhagen H, Goldbohm RA. 1999. Brassica vegetables and cancer prevention. Epidemiology and mechanisms. *Adv Exp Med Biol* 472:159-168

Zhang Y, Kensler TW, Cho C-G, Posner GH, Talalay P. 1994. Anticarcinogenic activities of sulforaphane and structurally related synthetic norbomyl isothiocyanates. *Proc Natl Acad*

Sci USA 91:3147-3150

접 수 : 2012년 3월 5일
최종수정 : 2012년 5월 13일
채 택 : 2012년 5월 14일