

## 사과박의 항산화 활성 및 항산화 성분

이재호 · 김영찬 · 김미연 · 정현식\* · 정신교  
경북대학교 식품공학과, \*경북대학교 농산물가공저장유통기술연구소

### Antioxidative Activity and Related Compounds of Apple Pomace

Jae-Ho Lee, Young-Chan Kim, Mi-Yeon Kim, Hun-Sik Chung\* and Shin-Kyo Chung

Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University

\*Postharvest Technology Reserch Institute, Kyungpook National University

#### Abstract

To enhance the utilization of apple pomace for the functional food resources, we analyzed the useful components and examined the antioxidant activity of apple pomace. The contents of total dietary fiber, total flavonoid, total phenolic acid and vitamine C were 55.56%, 458 mg%, 1048 mg% and 19.8 mg%, respectively. Protocatechuic acid, cinamic acid, caffeic acid, ferulic acid, syringic acid, vanillic acid and p-hydroxybenzoic acid were identified in the apple pomace extract by GC-MS. Phloridzin and quercetin-3-glucoside were identified in the apple pomace extract by HPLC. Ethyl acetate fraction showed the highest antioxidative ability by ferric thiocyanate method. Malondialdehyde(MDA) formation in normal rat liver tissue also showed the lowest in ethyl acetate fraction.

Key words : apple pomace, flavonoid, phenolic acid, antioxidative activity

#### 서 론

사과는 전세계적으로 널리 분포되어 있는 과실로서 기원전부터 유럽과 중앙 아시아 등지에서 재배되기 시작하였으며, 우리 나라에 전래된 시기도 고려 시대 이전인 것으로 문헌상에 나타나 있다. 현재 형태의 사과는 1890년경에 선교사들에 의해 처음으로 국내에 도입되었으며 영양적으로 당, 식이섬유, 칼륨 및 비타민 C 등이 풍부하여 중요한 과실로 취급되고 있다.

우리 나라에서 사과즙스는 1975년 처음 생산된 이래 점진적으로 성장해 왔으며 1990년 25,000톤에서 1996년 36,000톤으로 증가하였다. 사과즙스 생산시 부산물인 사과박은 사과 중량의 20% 정도를 차지하며 탄수화물, 사과산, 식이섬유, 비타민 C 등이 풍부하지만 일부는 가축사료로 사용되나 대부분 폐기처분되고 있다. 사과박에 대한 연구는 사과박 중의 식이섬유<sup>(1)</sup>, 사과박을 이용한 가축 사료<sup>(2)</sup>, 빵 제조시 사과박

의 이용<sup>(3)</sup>, 발효에 의한 ethanol 생성<sup>(4)</sup> 등이 이루어져 있다.

최근 각종 과채류에 다량으로 존재하는 천연물질인 flavonoid가 항알러지성, 항암성, 항산화성 등 다양한 생리활성 기능을 갖고 있는 것으로 밝혀져 이에 관심이 고조되고 있다. 사과박의 주요 flavonoids는 quercetin glycosides, cyanidin glycosides, epicatechin 등이 보고되고 있다<sup>(5,6)</sup>. 그리고 산성 페놀화합물은 강한 항산화력을 가진 것으로 보고되고 있는데 chlorogenic acid는  $1.2 \times 10^{-5}$  M 농도에서 80%의 과산화물 생성 억제능이 있으며 ferulic acid는  $10^{-3}$  M 정도의 농도에서 항산화력을 가진 것으로 보고되고 있다<sup>(7)</sup>.

따라서 본 연구는 사과즙스 가공시 발생하는 부산물인 사과박의 유용 성분을 분석하고 사과박 추출물의 항산화 활성을 측정하여 그 항산화능을 이용한 기능성 식품 개발의 가능성을 제공하고자 하는데 목적이 있다.

#### 재료 및 방법

##### 실험재료

본 실험에 사용된 재료는 경북능금협동조합에서 생

Corresponding author : Shin-Kyo Chung, Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, 1370 Sankyuk-Dong, Pook-Gu, Taegu, 702-701, Korea  
Tel : 82-53-950-5778  
Fax : 82-53-950-6772  
E-mail : kchung@knu.ac.kr

산하는 사과즙 제조 후 얻어지는 사과박을 사용하였다. 시료 사과박은 1998년 5월경 열풍건조된 것을 경북농업협동조합에서 구하여 분쇄하여 80~100 mesh로 하여 실험에 사용하였으며 수분 함량이 4%인 사과박 분말의 일반성분은 단백질 함량이 6.06%, 조지방 3.60%, 조섬유 19.02%, 조회분 1.85%, 가용성 무질소물 69.47%로 나타났다.

#### 사과박의 성분분석

**Vitamin C 함량 :** Vitamin C 함량은 각 시료 일정에 5% metaphosphoric acid 용액을 가하여 추출한 후 여과한 다음 100 mL로 정용한 것을 측정용 시료로 하여 2,4-dinitrophenylhydrazine(DNP) 비색법<sup>(8)</sup>을 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다.

**식이섬유 함량 :** 식이섬유의 정량은 Asp 등<sup>(9)</sup>과 Helleboom 등<sup>(10)</sup>의 방법에 따라 사과박으로 부터 식이섬유를 정량하였다. 건조 사과박 분말에 체내 소화 효소인  $\alpha$ -amylase, pepsin, pancreatin을 처리하여 가수분해한 후 95% ethanol을 가하여 원심분리하여 침전되는 물질을 분리하여 총식이섬유(total dietary fiber: TDF)로 하고 그 후 중류수를 가하여 이에 녹지 않는 성분을 불용성 식이섬유(Insoluble dietary fiber: IDF)로, 그리고 상정액에 95% ethanol을 가하여 침전되는 성분을 가용성 식이섬유(soluble dietary fiber: SDF)로 하였다.

**총페놀 함량 :** 사과박의 총페놀 함량은 페놀성 물질이 phosphomolybdic acid와 반응하여 청색을 나타내는 것을 이용한 Folin-Denis법<sup>(11)</sup>을 이용하여 측정하였다. 건조 시료 1g에 70% 에탄올 50 mL를 가하여 hot plate 상에서 10분간 2회 반복 추출하여 여과하였다. 시료액 5 mL와 Folin-Denis시약 5 mL를 혼합하여 진탕한 후 실온에서 3분간 방치한 후 10%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  용액 5 mL를 가하여 혼합한 후 실온에서 1시간 정치시킨 후 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 위의 방법에 따라 tannic acid를 이용하여 표준검량곡선을 작성하였다.

**Phenolic acid 분석 :** Phenolic acid 분석은 Senter 등<sup>(12)</sup>의 방법을 이용하였다. 분말시료 10 g을 petroleum ether로 탈지시킨 후 탈지시료를 0.1 M HCl/MeOH로 환류추출한 후 1 M HCl로 가수분해시켜 ethyl acetate로 분획하였다. Ethyl acetate 획분을 5%  $\text{NaHCO}_3$  용액으로 분획한 것을 1 M HCl로 pH 3.5로 맞춘 다음 다시 ethyl acetate 획분을 얻어 분석용 시료로 사용하였다. 시료 1 mg에 N, O-bis-(trimethylsilyl)-acetamide: acetonitrile(1:4, v/v) 용액 1 mL를 가하여 TMS유도체를 조제하였다. 유도체화된 시료를 DB-5 capillary

column를 이용하여 GC-MS로 분석하였다. Column 조건은 초기온도 120°C(3분유지)에서 250°C까지 분당 6°C씩 승온하고 250°C에서 3분 유지하도록 program 하였다. 그리고 injector 온도는 230°C, ion source 온도는 180°C에서 행하였다. 분석된 각 peak는 표준물질의 retention time, spectrum, peak area와 비교하여 정량하였다.

**총플라보노이드 함량 :** 건조 시료 1g에 50% methanol 60 mL를 가하여 80°C에서 1시간 환류 추출, 냉각한 후 50% methanol로 정용하여 여과하여 시료용액으로 하였다. 시료용액 1 mL와 diethylene glycol 10 mL를 혼합한 후 1 N NaOH 1 mL를 가하여 잘 혼합하여 37°C에서 1시간 방치한 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준검량곡선은 naringin을 이용하여 작성하였다.

**Flavonoid 분석 :** Flavonoid의 분석은 Lister 등<sup>(13)</sup>의 방법에 따라 수행하였다. Ethyl acetate 획분 1 mg을 methanol 1 mL에 녹인 후 0.45  $\mu\text{m}$  filter로 여과한 후 분석용 시료로 사용하였다. HPLC는 LC-10A (Schimadzu Co., Japan)를 Column은 ODS-5(250×4.6 mm id, Nomura chemical Co., Japan)를 사용하였으며 용매조건은  $\text{H}_2\text{O}$ (pH 3.0 with acetic acid) 100%에서 MeOH(pH 3.0 with acetic acid) 100%로 60분간 분당 0.8 mL로 흘러 분석하고 280 nm와 350 nm 파장에서 측정하였다. HPLC에 의해 분리된 flavonoid 화합물은 표준품의 머무름 시간과 비교하여 동정하였고 각 표준품의 검량선을 작성하여 각각의 함량을 산출하였다.

#### 사과박의 항산화 활성

**조추출물 및 용매분획의 조제 :** 시료에 3배 가량의 methanol을 가하고 2시간 동안 3회 반복 환류추출한 후 용매를 감압농축하여 조추출물을 얻었다. 조추출물을 10% methanol에 현탁시킨 후 용매의 극성에 따라 계통분획하여 chloroform, ethyl acetate, butanol 및 물층을 얻고 실온에서 감압농축하여 용매를 완전히 제거한 후 활성 측정용 시료로 사용하였다.

**Ferric thiocyanate(TCA)법에 의한 항산화 시험 :** Nakatani와 Kikuzaki<sup>(14)</sup>의 방법에 따라 80% 에탄올에 녹인 시료액을 2.51% linoleic acid, 40 mM phosphate buffer(pH 7.0)와 혼합한 후 40°C에서 incubation 하였다. 시료액을 75% 에탄올에 희석한 후 30% ammonium thiocyanate 용액을 가하고 3분 후 20 mM  $\text{FeCl}_3/3.5\%$  HCl을 가하여 강하게 진탕시킨 다음 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. 생성되는 과산화물량은 시료 무첨가구의 흡광도가 1.0에 이르는 시점을 경시적으로

측정하여 이때의 시료 첨가구의 흡광도를 측정하였다. 이 때 과산화물 생성 억제활성은 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{Inhibition (\%)} = \frac{(\text{Abc} - \text{Abs})}{\text{Abc}} \times 100$$

Abc : absorbance of treated control at 500 nm

Abs : absorbance of treated sample at 500 nm

**원위 간 조직을 이용한 과산화지질 생성 억제 시험 :**

과산화지질 함량 측정은 Ohkawa 등<sup>(15)</sup>의 방법에 따라 원위 간조직에 0.9% NaCl을 첨가하여 균질화 한 후 이 균질액에 8.1% sodium dodecyl sulfate(SDS)와 시료를 첨가하여 37°C에서 6시간 동안 incubation 시켰다. 여기에 20% acetic acid와 0.8% TBA 용액을 첨가한 뒤 100°C에서 30분 동안 가열하였다. 이것을 식힌 후 2500 rpm에서 15분 동안 원심분리하여 상정액을 532 nm에서 흡광도를 측정하였다.

**결과 및 고찰**

**사과박의 성분분석**

**비타민 C, 총플라보노이드, 총페놀 함량 :** 사과박의 항산화 성분으로 비타민 C, 총플라보노이드, 총페놀 함량을 정량하였으며 각각의 함량은 Table 1과 같다. Vitamin C 함량은 19.8 mg%로 함량이 적게 나타났다. 이는 vitamin C가 수용성이므로 착즙시 많은 함량이 주스로 추출되었기 때문으로 생각된다.

사과박의 총플라보노이드는 458 mg%, 총페놀 함량은 1048 mg%로 Bruda 등<sup>(16)</sup>과 김<sup>(17)</sup>이 조사한 사과의

페놀성 물질의 함량과 비교하였을 때 약 70% 정도이었다. 따라서 사과 주스 가공 후에도 상당히 많은 양의 phenolic 물질이 잔존함을 알 수 있었다.

**식이섬유 함량 :** 사과박의 식이섬유 함량은 Table 2와 같다. 사과박의 식이섬유는 가용성 pectin과 gum류가 주를 이루는 가용성 식이섬유가 14.20%, cellulose와 불용성 pectin이 주를 이루는 불용성 식이섬유가 41.36%로 사과박 성분 중 식이섬유 함량이 55.56%를 차지하고 있다. 이 등<sup>(18)</sup>은 한국산 과실들의 식이섬유 함량을 조사하여 감과실이 2.9%(wet basis)로 가장 높은 식이섬유 함량을 나타내었고 대부분의 과실이 1.0~1.5%(wet basis)이었다고 보고하였다. 사과박의 식이섬유 함량은 은 등<sup>(19)</sup>이 조사한 굴피의 식이섬유 함량과 거의 유사한 함량을 나타내었다.

Baker 등<sup>(20)</sup>은 식품 중 식이섬유는 체내 cholesterol 함량을 낮추고 항암효과 등 다양한 생리활성을 가지고 있다고 보고하였으며 Carson 등<sup>(21)</sup>은 사과박을 식이섬유 첨가 대체물로 이용하여 cookie와 pie 제조에 이용하였다. 따라서 사과 주스 가공 후 부산물로 얻어지는 사과박이 식이섬유 자원으로 그 이용 가능성이 높다는 것을 알 수 있다. 사과재배시 사용되는 농약은 거의 대부분 수용성이며 또한 수확 후 주전에는 거의 살포하지 않으나 향후 사과박의 활용면에서 중금속 및 잔류 농약의 함량도 면밀한 조사가 필요할 것으로 생각된다.

**Phenolic acids 분석 :** Fig. 1은 사과박의 페놀성 물

**Table 1. The contents of vitamin C, total flavonoid and total phenolic compound in apple pomace**

Components	Content (mg%, dry basis)
Vitamin C	19.8 ± 2.1
Total flavonoid	458.3 ± 25.3
Total phenolic compounds	1048.7 ± 32.1

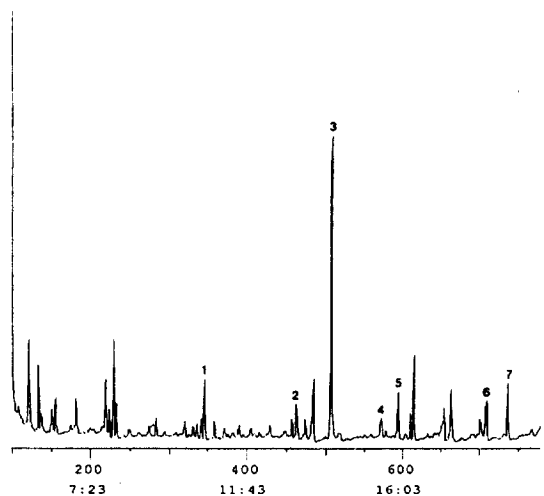
Values are mean ± standard deviation(n=3)

**Table 2. The content of dietary fiber in apple pomace**

Components	Content(%, dry basis)
TDF	55.5 ± 0.7
SDF	14.2 ± 1.6
IDF	41.3 ± 1.1

TDF: Total dietary fiber, SDF: Soluble dietary fiber, IDF: Insoluble dietary fiber.

Values are mean ± standard deviation(n=3)



**Fig. 1. Gas chromatogram of phenolic acids of apple pomace.**

1: p-hydroxybenzoic acid, 2: vanillic acid, 3: protocatechuic acid, 4: syringic acid, 5: cinamic acid, 6: ferulic acid, 7: caffeic acid

**Table 3. The contents of phenolic acid and flavonoid of apple pomace**

Phenolic acid	contents(mg%)
Protocatechuic acid	3.51
p-hydroxybenzoic acid	0.72
Vanillic acid	0.61
Syringic acid	0.27
Cinamic acid	0.89
Ferulic acid	0.61
Caffeic acid	0.68
Flavonoid	
Phloridzin	48.87
Quercetin-3-glucoside	16.22

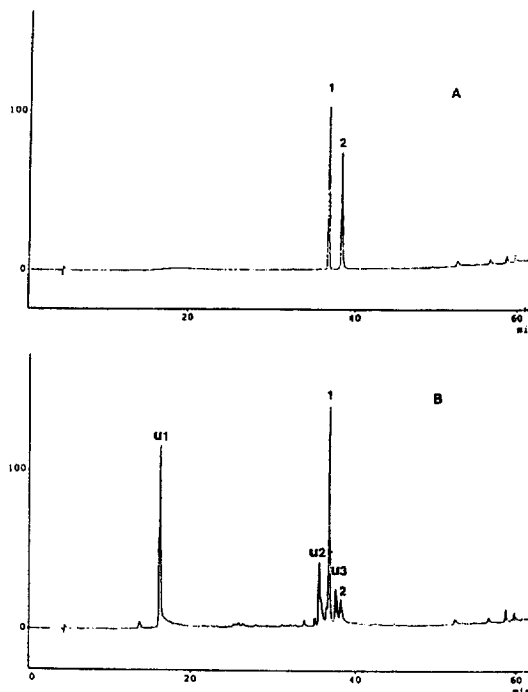
질을 GC-MS를 이용하여 표준품과의 retention time (Rt), mass spectrum을 비교하여 확인한 chromatogram이며 phenolic acids 함량은 Table 3과 같다. Protocatechuic acid, p-hydroxybenzoic acid, vanillic acid, syringic acid, cinamic acid, ferulic acid, caffeic acid가 확인되었다. 이 중 protocatechuic acid의 함량이 가장 높았으며 chlorogenic acid의 경우 사과와 사과 주스에서는 존재하지만 사과박에서는 존재하지 않았다. Nicholas 등<sup>22)</sup>은 caffeic acid, ferulic acid, protocatechuic acid, cinnamic acid 등 phenolic acids의 2,2'-azinobis(ethylbenzothiazoline-6-sulfonate)에 대한 라디칼 소거능을 시험한 결과 이 phenolic acids가 ascorbic acid 보다 뛰어난 항산화 활성을 가지고 있음을 보고하였다. 따라서 사과박에 잔존하는 이러한 phenolic acids가 사과박의 항산화능에 영향을 줄 것으로 사료된다.

**Flavonoids 분석** : Fig. 2는 표준품 flavonoids와 사과박 추출물의 HPLC chromatogram으로 사과박의 주요 flavonoids인 phloridzin과 quercetin-3-glucoside가 확인되었다.

Phloridzin이 48.87 mg% 로 높은 함량을 나타내며 quercetin-3-glucoside는 16.22 mg%로 상대적으로 낮은 값을 나타내었다. 이는 사과박 중 polyphenols 함량을 조사한 Yinrong 등<sup>23)</sup>의 조사와 유사한 결과를 보이고 있다. Phloridzin의 경우 주스 제조 전 함량의 40% 정도 유지하고 있었다. Sluis 등<sup>24)</sup>도 사과주스 가공 후 사과박에 80% 이상의 quercetin이 잔존함을 보고한 바 있다.

#### 사과박의 항산화 활성

**Linoleic acid 지질계에서의 항산화능** : 지질 산화에 의해 생성되는 과산화물, 저분자 지방족 카르보닐 화합물 및 활성라디칼 화합물은 생체내에서 단백질 변

**Fig. 2. HPLC chromatogram of standard flavonoids(A) and apple pomace extract(B).**

1: phloridzin, 2: quercetin-3-glucoside, U1, U2, U3: unknown peak

성, DNA 손상 등 생체 대사 조직에 중요한 장애를 야기하여 노화, 동맥경화증, 당뇨병, 뇌졸중, 암 등의 원인이 되고 있다.

사과박 메탄올 추출물과 용매 분획한 획분의 과산화지질 억제 효과를 ferric thiocyanate법에 의해 실험한 결과는 Fig. 3과 같다.

사과박 각 분획물을 100 ppm, 10 ppm 농도로 첨가하였을 때 ethyl acetate 획분, butanol 획분이 다른 획분에 비해 항산화능이 뛰어났으며 특히 ethyl acetate 획분의 경우 10 ppm 농도에서  $\alpha$ -tocopherol과 거의 유사한 항산화능을 보였다. Afanas 등<sup>25)</sup>은 rutin, quercetin 등의 flavonoid가 지질과산화 중의 free radical을 소거하여 항산화능을 가진다고 하였고, Inatani 등<sup>26)</sup>도 rosemary에서 분리한 페놀화합물과 그 유도체들의 linoleic acid system에서의 항산화활성을 보고하였다. 따라서 사과박 중의 quercetin-3-glucoside와 같은 flavonoid와 phenolic acid가 항산화 작용을 하여 지질과산화를 억제하는 것으로 생각된다.

**간조직내의 과산화지질 함량** : 생체내에서 과산화반응은 지질 산화효소인 lipoxygenase에 의해서 생성되며 이때 생성되는 지질 과산화물 및 그 분해물인 MDA

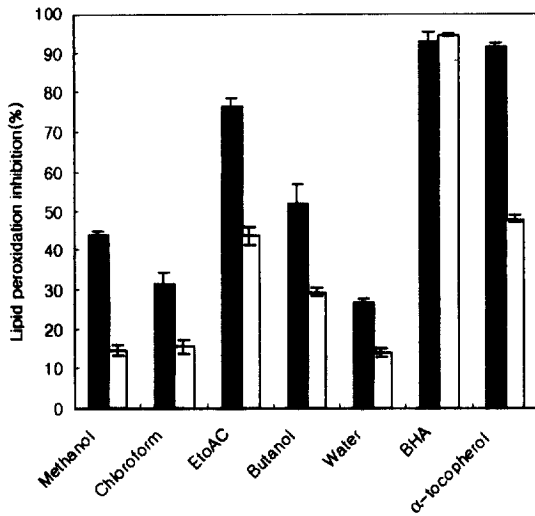


Fig. 3. Antioxidative activities of each solvent fractions of apple pomace by ferric thiocyanate method.

■ : 100 ppm, □ : 10 ppm.

Table 4. The inhibitory effect of each solvent fractions from apple pomace on hepatic lipid peroxide content in normal rat

Sample	Concentration (ppm)	Malondialdehyde ( $\mu\text{moles/g tissue}$ )	Relative MDA formation rate(%)
Control		$3.28 \pm 0.03$	100
MeOH ext.	10	$3.03 \pm 0.80$	$92.3 \pm 24.3$
	100	$6.86 \pm 1.20$	$209.1 \pm 36.5$
$\text{CHCl}_3$ fr.	10	$3.33 \pm 1.06$	$101.5 \pm 32.3$
	100	$6.78 \pm 1.27$	$206.7 \pm 38.7$
EtOAc fr.	10	$2.82 \pm 0.10$	$85.9 \pm 3.04$
	100	$2.31 \pm 0.12$	$70.4 \pm 3.65$
BuOH fr.	10	$3.78 \pm 1.20$	$115.2 \pm 36.5$
	100	$2.99 \pm 0.82$	$91.2 \pm 25.0$
Water fr.	10	$3.49 \pm 0.07$	$106.4 \pm 2.1$
	100	$3.38 \pm 0.71$	$103.0 \pm 21.6$
BHA	10	$1.99 \pm 0.44$	$60.7 \pm 13.4$
	100	$1.68 \pm 0.40$	$51.2 \pm 12.2$
$\alpha$ -tocopherol	10	$1.77 \pm 0.47$	$53.9 \pm 14.3$
	100	$1.50 \pm 0.08$	$45.7 \pm 2.4$

Values are mean  $\pm$  standard deviation(n=3)

는 단백질이나 핵산의 아민기와 반응하여 복잡한 복합체를 생성한다. 사과박 추출물의 용매 분획물의 건조조직내에서 MDA 생성 억제에 대한 실험결과를 Table 4에 나타내었다. 10 ppm의 사과박 추출물 농도에서 BHA와  $\alpha$ -tocopherol과 비교할 때 거의 모든 획분에서 MDA 함량이 높게 나타났으며 특히 butanol층에서  $3.78 \pm 1.20 \mu\text{moles/g}$ 으로 가장 많은 양의 MDA량을 나타내었다. Ethyl acetate 획분에서 control 구와 비교할 때 85.9%의 MDA를 생성하였으나 다른 획분에서는 큰 차

이를 나타내지 못했다. 100 ppm 농도에서는 10 ppm에서와 마찬가지로 ethyl acetate 획분에서  $2.31 \pm 0.12 \mu\text{moles/g}$ 으로 가장 낮은 MDA 함량을 나타내었으며 이는 대조구의 70%의 MDA 생성량에 해당한다. 이것은 BHA나  $\alpha$ -tocopherol에 비교할 때는 많은 양의 MDA 생성량이지만 대조구나 다른 획분에 비해서는 상당히 적은 양을 나타내고 있다. 그리고 100 ppm 농도에서 methanol 획분과 chloroform 획분에서 대조구보다 높은 양의 MDA 생성량을 보인 것은 박 등<sup>(27)</sup>의 보고에서 처럼 이들 획분이 항산화능보다 산화능을 많이 가져 세포내에서 세포독성을 일으켜서 생긴 것으로 생각된다. 그러나 세포내에서의 항산화능과 산화능, 세포독성과 산화생성물 사이의 정확한 메커니즘의 구명이 되지 않아 이 부분에 대해서는 향후 좀더 검토가 이루어져야 할 것으로 생각된다. 이처럼 사과박 추출물의 건조질 과산화 억제작용은 사과박의 quercetin-3-glucoside와 같은 flavonoid 물질과 caffeic acid 등의 phenolic acid에 의한 작용으로 생각된다.

## 요 약

사과주스 제조 후 대부분 폐기 처분되고 있는 사과박의 이용성을 증대하기 위해 사과박의 유용성분을 분석하고 사과박 추출물의 항산화 활성을 조사하였다. 사과박의 총플라보노이드 함량은 458 mg%, 총페놀 함량은 1048 mg%, 비타민 C 함량은 19.8 mg%로 나타났으며 사과박의 식이섬유 함량은 총식이섬유 55.56%, 수용성 식이섬유 14.20%, 불용성 식이섬유 41.36%로 나타났다. 사과박의 phenolic acid는 protocatechuic acid가 3.51 mg%로 가장 높은 함량을 나타내었으며 사과박의 flavonoid를 HPLC로 분석하였을 때 phloridzin과 quercetin-3-glucoside가 확인되었으며 각각의 함량은 48.87 mg%, 16.22 mg%로 나타났다. 사과박의 각 분획별 항산화능 시험에서 지용성 모델제에서 BHA와  $\alpha$ -tocopherol보다는 낮지만 ethyl acetate 획분이 높은 항산화능을 나타내었을 뿐만 아니라 쥐 건조조직을 기질로한 과산화지질 생성억제 시험에서도 ethyl acetate 획분이 가장 낮은 값을 나타내었다.

## 문 헌

1. Walter, R.H., Rao, M.A., Sherman, R.M., and Cooley, H.J.: Edible fibers from apple pomace. J. Food Sci. 50: 747-749 (1985)
2. Joshi, V.K. and Sandhu, D.K. Preparation and evaluation of an animal feed byproduct produced by solid-

- state fermentation of apple pomace. *Bioresource Technology* 56: 251-255 (1996)
3. Wang, H.J. and Thomas, R.L. Direct use of apple pomace in bakery products. *J. Food Sci.* 54: 618-620 (1989)
  4. Ngadi, M.O. and Correia, L.R. Solid state ethanol fermentation of apple pomace as affected by moisture and bioreactor mixing speed. *J. Food Sci.* 57: 667-670 (1992)
  5. Wang, H., Cao, G. and Prior, R.L. Total antioxidant capacity of fruits. *J. Agric. Food. Chem.* 44: 701-705 (1996)
  6. Van der Sluis, A.A., Dekker, M. and Jongen, W.M.F. Flavonoids as bioactive components in apple products. *Cancer Letters*. 114: 107-108 (1997)
  7. Choi, S. W., Osawa, T., Kawakishi, S. and Tashiro, T. Antioxidative activity of anthocyanin pigments in black rice seeds. Special Presentation, Korean Soc. Food Sci. and Technol. May 28-29, Pusan, Korea (1994)
  8. Mill, M.B., daron, C.M. and Roe, J.H. Ascorbic acid, dehydroascorbic acid and diketogluonic acid in fresh and processed foods. *Anal. Chem.* 29: 707-710 (1949)
  9. Asp, N.G., Johansson, C.G., Hallmer, H. and Siljestrom, M. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *J. Agric. Food Chem.* 31: 476-482 (1983)
  10. Hellendoorn, E.W., Maria, G., and Slagman, N.J. Enzymatic determination of the indigestible residue(dietary fibre) content of human food. *J. Sci. Food. Agric.* 26 (1975)
  11. Singleton, V.L., and Rossi, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* 16: 44-158 (1965)
  12. Senter, S.D., Horvat, R.J. and Forbus, W.R. Comparative GLC-MS analysis of phenolic acids of selected tree nuts. *J. Food Sci.* 48: 798-799 (1983)
  13. Lister, C.E., Lancaster, J.E. and Sutton, K.H. Developmental changes in the concentration and composition of flavonoids in skin of a red and a green apple cultivar. *J. Sci. Food Agric.* 64: 155-161 (1994)
  14. Nakatani, N., and Kikuzaki, H. A new antioxidative glucoside isolated oregano(*Origanum vulgare* L.). *Agric. Biol. Chem.* 51: 2727-2731 (1987)
  15. Ohkawa, H., Ohishi, N., and Yagi, K. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Anal. Biochem.* 95: 351-358 (1979)
  16. Bruda, S., Oleszek, W. and Lee, C. Y. Phenolic compounds and their changes in apples maturation and cold storage. *J. Agric. Food Chem.* 38: 945-948 (1990)
  17. Kim, Y.C. Functional properties and stabilities of apple polyphenol extract(APE) isolated from fallen and thined-out apples. M.S. Thesis, Kyungpook Nat'l Univ., Taegu, Korea (1998)
  18. Lee, K.S. and Lee, S.R. Analysis of dietary fiber content in Korean vegetable foods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 25: 225-231 (1993)
  19. Eun, J.B., Jung, Y.M. and Woo, G.J. identification and determination of dietary fibers and flavonoids in pulp and peel of Korean tangerine(*Citrus aurantium* var.). *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 371-377 (1996)
  20. Baker, R.A. Potential dietary benefits of citrus pectin and fiber. *Food Technology* 11 (1994)
  21. Carson, K.J., Collins, J.L. and Penfield, M.P. Unrefined, dried apple pomace as a potential food ingredient. *J. Food Sci.* 59: 1213-1215 (1994)
  22. Nicholas, J.M., Anthony, T.D. and Catherine, A.R. Evaluation of the total antioxidant activity as a marker of the deterioration of apple juice on storage. *J. Agric. Food Chem.* 43: 1794-1801 (1995)
  23. Lu, Y. and Foo, L.Y. Identification and quantification of major polyphenols in apple pomace. *Food Chem.* 59: 187-194 (1997)
  24. A.A. van der Sluis, Dekker, M. and Jongen, W.M.F. Flavonoids as bioactive components in apple products, *Cancer Letter* 114: 107-108 (1997)
  25. Afanas, I.B., Dorozhko, A.I., Brodskn, A.V., Kostyuk, V.A., and Potapovitch, A.L. Chelating and free radical scavenging mechanisms of inhibitory action of rutin and quercetin in lipid peroxidation. *Biochem. Pharma.* 38: 1763-1769 (1989)
  26. Inatani, R., Nakatani N. and Fuwa, H. Antioxidative effect of the constituents of rosemary(*Rosmarinus officinalis* L.) and their derivatives. *Agric, Biol, Chem.* 47: 521-523 (1983)
  27. Park, J.C., Choi, J.S. and Choi, J.W. Effects of fractions from the leaves, fruit, stems and roots of *Cudrania tricuspidata* and flavonoids on lipid peroxidation. *Kor. J. Pharmacogn.* 26: 377-384 (1995)