

# 전자파 조사 환경 간조직의 Mixed Function Oxidase System과 산화적 손상에 미치는 Catechin의 영향\*

김미지 · 이준하\*\* · 이순재<sup>§</sup>

대구가톨릭대학교 식품영양학과, 영남대학교 의료원 생체의공학교실\*\*

## Effects of Catechin on Mixed Function Oxidase System and Oxidative Damage in Rat Liver Exposed to Microwave\*

Kim, Mi-Ji · Lee, Joon-Ha\*\* · Rhee, Soon-Jae<sup>§</sup>

Department of Food Science and Nutrition, Catholic University of Daegu, Kyungsan 713-102, Korea  
Department of Biophysics and Medical Engineering,\*\* Yeungnam University Medical Center, Taegu 705-390, Korea

### ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effects of catechin on the changes of microsomal mixed function oxidase(MFO) system and oxidative damage in rat liver exposed to microwave. Sprague-Dawley male rats weighing  $200 \pm 10$ g body weight were randomly assigned to one normal and microwave exposed groups: microwave exposed groups were divided three groups: catechin free diet(MW)group, 0.25% catechin(MW+0.25C) group and 0.5% catechin(MW+0.5C) group to the levels of dietary catechin supplementation. The rats were irradiated with microwave at frequency 2.45GHz for 15 min and then the changes pattern of mixed function oxidase system and oxidative damage were investigated for 16 days. The activity of XOD in MW group was increased from 4 day to 8 days after irradiation, compared to normal group and decreased to the level of normal group 16 days. But catechin supplementation group were maintained to the normal level. The contents of cytochrome P<sub>450</sub> and NADPH cytochrome P<sub>450</sub> reductase activities in liver of MW group was increased from 4 day to 8 day after irradiation, compared to normal group and decreased to the level of normal group at 16 day. But catechin supplementation group were recovered to the normal level. The contents of superoxide radical in liver of MW group was increased 1.28, 1.25, 1.17 fold of normal group at 4, 6 and 8 days days after irradiation. respectively, but catechin supplementation group were maintained the normal level. The contents of lipifuscin in liver have a same tendency in superoxide radical contents. These result suggested that the supplementation of catechin have control the mixed function oxidase system and oxidative damage and that may help to recover tissues from microwave damage. (*Korean J Nutrition* 34(3) : 299~305, 2001)

KEY WORDS: microwave, MFO system, oxidative damage, catechin.

## 서 론

최근 휴대폰을 비롯한 전자기파를 발생하는 기계들의 사용이 증가되고 전자기파에 노출될 기회가 빈번하게 됨에 따라 전자파의 유해에 대해 많은 관심이 집중되고 있다. 전자기파의 영향은 과거에는 주로 저주파에 의한 것으로 보고되었으나<sup>1)</sup> 현재 전자 및 통신의 발전으로 고주파를 이용한 기

기들의 사용이 증가함에 따라 이에 대한 영향이 주목되고 있다. 특히 마이크로파와 같은 고주파의 경우에는 상당한 양의 에너지를 함유하여 노출될 경우 인체의 조직온도를 상승시키고 특히 세포중식이 활발한 생식기관, 백혈구 등의 세포에 유해하며 뇌의 활동에 영향을 준다고 보고되었으며<sup>2)</sup> 그 외에도 뇌암, 백혈병, 치매, 유산, 남자들에게서의 유방암 발생 등의 보고도 있다.<sup>3,4)</sup>

한편 실험동물을 대상으로 한 연구에서 전자기파는 생체 조직에 노화나 성인병 및 암의 발생요인이 되며 이러한 요인은 전자기파에 의한 유리 산소기(oxygen free radical: 활성산소) 생성과 관련이 있다고 하였다. Barandy와 Cz-erski<sup>5)</sup>는 전자기파에 의한 생물학적 연구로써 세포액으로부터 유해한 유리산소가 생성되어 DNA의 복제 및 호르몬

접수일 : 2001년 3월 21일

채택일 : 2001년 4월 6일

\*This work was supported by grant No(1999-2-220-006-3) from the Basic Research Program of the Korea Science & Engineering Foundation.

<sup>§</sup>To whom correspondence should be addressed.

합성의 이상을 보고하였고 Bavincova<sup>6)</sup>는 2.45GHz대의 전자파 조사시 과산화 지질이 증가되었다고 보고하였다. 전보<sup>7,8)</sup>에서도 흰쥐에 전자기파를 조사했을 때 간조직의 항산화계가 감소하고 조직의 손상을 관찰 한 바 있고 또한 mixed function oxidase system이 현저하게 증가됨으로서 유리기 생성의 가능성을 보고하였다. 이러한 연구들을 미루어 볼 때 전자기파는 생체조직에서의 유리기를 생성하고 그로 인한 산화적 손상을 초래한다고 볼 수 있다.

이와 같이 유리기들이나 지질과산화물들은 생체의 정상적인 대사과정 중에서도 이루어지지만 질병이나 혹은 외인적 요인에 의해 끊임없이 생성된다. 생체내 유리기 생성계의 하나인 xanthine oxidase(XOD)는 purine, pyrimidine, pteridine, aldehyde 류 및 heterocyclic compound등의 대사에 관여하는 비특이적 효소로써 생체내에서는 주로 purine체의 대사산물인 hypoxanthine을 xanthine으로, xanthine을 다시 산화시켜 요산을 생성하는 반응의 촉매로 작용한다.<sup>9)</sup> 또 산화적 스트레스에 의한 이러한 유리기들의 발생기전중에는 mixed function oxidase system(MFO계)이란 약물해독 대사계가 있으며 이 효소계는 세포막과 결합된 효소들인 cytochrome P<sub>450</sub>, NADPH-cytochrome P<sub>450</sub> reductase, cytochrome b<sub>5</sub> 등으로 구성되어 있다. MFO 효소계는 독성물질을 해독하는 과정에 유해산소인 유독성의 O<sub>2</sub> 와 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 생성이 가능하고 조직에 과산화 반응이 초래될 수 있으며 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 같은 활성산소는 세포손상을 야기하는 직접적인 인자로서 여러 가지 인간질환의 원인물질로 알려져 있다. 이와 같이 인간질환의 병리생리과정에 유리기에 의한 과산화적 손상이 주요한 원인이 된다고 볼 때 전자파와 같은 산화적 스트레스로부터 생체를 보호하여 유해산소의 생성을 줄일 수 있는 물질의 작용기전을 규명하는 것은 의의있는 연구로 생각된다. 지금까지 이러한 XOD, MFO계의 활성을 저해시키는 물질로는 vitamin E 같은 항산화제가 알려져 있다.<sup>10,11)</sup>

한편 차엽중에 다량 존재하는 polyphenol성 화합물인 catechin은 여러 가지 약리작용이 뛰어나며 특히 항산화성이 우수하여 생체내외의 스트레스에 의해 발생하는 유리기를 제거하는 기능이 있다고 알려져 있다.<sup>12-14)</sup> O<sub>2</sub><sup>-</sup>, OH<sup>-</sup> 및 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 같은 활성산소는 세포막과 DNA에 손상을 줄뿐만 아니라 노화 및 암의 초기단계와 촉진단계에도 영향을 주는 것으로 알려져 있으며 차의 catechin이 이러한 radical등에 대해 강한 소거작용 및 억제작용을 나타낸다고 보고하고 있다.<sup>15)</sup> 또한 박 등<sup>16)</sup>의 연구에서 streptozotocin 유발 당뇨병과 같은 질병상태에서 MFO계와 같은 유리기 생성계의

활성을 catechin이 조절하는 기능이 있음을 보고한 바 있으며 catechin의 polyphenol 구조들이 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>에 의한 세포독성을 억제하는 효과를 가지며 지질과산화의 초기단계에서 singlet oxygen과 유리기 제거역할을 나타내기도 한다고 보고되고 있다. 또한 녹차의 전자파에 대한 해독기능을 연구 보고한 바 있으나<sup>17)</sup> 순수성분으로는 규명한 바 없으므로 상술한 바와 같이 catechin 이 녹차중의 주요 생리기능성분으로 간주하고 catechin 성분만으로 그 영향과 작용기전을 규명하고자 하였다. 따라서 본 연구에서는 점차 증가되고 있는 전자기파의 유해 증후군을 줄이자는 차원에서 항산화적 생리기능이 뛰어난 catechin을 이용하여 전자기파를 조사한 흰쥐 간조직에서 유리기 생성계인 MFO계와 XOD 활성변화 및 이들 변화에 따른 superoxide radical, lipofuscin 생성에 미치는 영향을 관찰코져 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험동물 및 식이

실험동물로는 체중 200g 내외의 흰쥐 수컷을 사용하여 마이크로웨이브를 조사하지 않은 정상군과 전자파를 조사한 군으로 나누고 전자파 조사군은 다시 식이중 catechin 공급수준에 따라 catechin을 넣지 않은 마이크로웨이브군(MW), catechin을 2.5g/kg diet(MW + 0.25C)를 급여한 군, catechin을 5g/kg diet(MW + 0.5C)를 급여한 군으로 나누었다(Table 1). 식이와 음료는 자유섭식 시키면서 2.45GHz대역의 주파수를 15분간 조사한 후 16일 동안 각각 경과 일수별(2일, 4일, 6일, 8일, 16일)로 실험하였다. 실험군의 실험 동물 수는 각각 10마리로 실험하였다.

식이용 catechin은 Matsuzaki<sup>18)</sup>등의 방법으로 crude catechin 분말을 조제하여 사용하였다. 순도는 68.4%였으며 catechin 종류별 함량은 Epigallo catechin gallate(EGCG)

Table 1. Classification of experimental groups

Groups	Catechin % of diet	Microwave
Normal	0	-
MW	0	+
MW + 0.25C	0.25	+
MW + 0.5C	0.5	+

\*: Irradiated 2.45GHz microwave for 15 min

Normal: microwave no irradiation

MW: microwave irradiation, catechin free diet

MW + 0.25C: microwave irradiation, catechin supplementation (0.25% catechin diet)

MW + 0.5C: microwave irradiation, catechin supplementation (0.5% catechin diet)

38.56%, Epicatechin gallate(ECG) 20.76%, Epigallo catechin(EGC) 4.56%, Epicatechin(EC) 4.52% 순이었다.

## 2. 실험동물의 전자기파 조사장지 및 방법

실험 장비로는 고주파발생장치로 2.45GHz로 발진주파수를 가진 가정용 전자레인지에 개조하여 출력한 및 노출시간을 임의로 설정할 수 있도록 원격조정을 가능하게 제작하였으며 고주파발생장치의 출력 측정은 미국 Hewlett packard사의 EMC analyzer를 이용하여 측정하였다. 방사능의 출력의 측정은 최대 노출시간 15분 이상이 되도록 수차례 거리를 조절하여 출력발생장치의 35cm 거리를 노출점으로 잡고 이점에서의 출력을 측정하여 결과 40mW/cm<sup>2</sup> (172dB $\mu$ V/m)였다.

## 3. 시료채취 및 효소원의 조제

사육한 실험동물을 가벼운 ether 마취하에서 혈액을 채취한 후 간장을 절제하고 0.9% NaCl로 세척한 후 액체질소로 급속냉동 시킨 후 -80℃에 냉동 보관하였다가 실험에 사용하였다. 간장의 microsome 분획은 전보<sup>19)</sup>와 같은 방법을 행하였다.

## 4. 간조직중의 Xanthine oxidase(XOD) 활성 측정

간조직중의 XOD 활성도 측정은 xanthine을 기질로 하여 30℃에서 10분간 반응시켜 생성된 uric acid를 파장 292nm에서 흡광도를 측정하는 Stipe와 Della Corte<sup>20)</sup>의 방법을 이용하였다. 활성도 단위는 간조직의 단백질 1mg이 1분 동안 반응하여 기질로부터 생성된 uric acid량을 nmole 농도로 표시하였다.

## 5. 간조직중의 Mixed function oxidase system 측정

간조직 microsome중의 MFO계중에서 cytochrome P<sub>450</sub> 함량은 Omura와 Sato<sup>21)</sup>의 방법으로 환원형 carbon monooxide complex를 450nm와 490nm에서 spectrophotometer(spectronic genesys)로 측정하였다. 또한 NADPH-cytochrome P<sub>450</sub> reductase 활성은 Master와 Kain<sup>22)</sup>의 방법으로 dichlorophenolindophenol(DCIP)의 흡광도 감소를 600nm에서 1분간 관찰하여 활성도를 측정하였다.

## 6. 간조직중의 Superoxide radical 측정

Superoxide radical 함량은 Azzi<sup>23)</sup>등의 방법에 준해 50mM K.P. buffer(pH7.5) 일정량에 기질인 90mM succinate, 150mM KCl, 30mM KCN, 0.3mM cytochrome c 및 mitochondria 효소원을 첨가하여 최종 반응액이 3.0ml가 되게 하였다. 이 반응액을 37℃에서 2분간 반응시키면서 550nm에서 흡광도의 변화를 측정하여 superox-

ide radical의 함량을 산정하였다. Superoxide radical 함량은 1mg의 단백질이 1분간 생성시킨 reduced cytochrome c의 양을 nmole로 나타내었다.

## 7. 간조직중의 Lipofuscin 함량 측정

생체내에서 말론디알데하이드(malondialdehyde)와 단백질 성분이 결합하여 생성되는 것으로 알려진 소모성 노화 색소인 리포푸신(Lipofuscin)측정은 Fletcher<sup>24)</sup>등의 방법에 따라 측정하였다. 즉 간조직을 일정량을 취하여 1.15% KCl-10mM phosphate buffer with 5mM EDTA solution(pH 7.4)용액으로써 마쇄하였다. 마쇄액의 일부에 chloroform: methanol 혼합액(2 : 1, v/v)와 d-H<sub>2</sub>O를 각각 4ml 넣은 다음 3,000 × g에서 원심분리하여 그 하층액을 spectrofluorometer(Jasco사)로 excitation 345nm와 emission 435nm에서 측정하였고 standard 용액으로는 quinine sulfate를 사용하였다.

## 8. 단백질 함량 측정

간조직 microsome의 단백질 함량은 bovine serum albumin을 표준용액으로 하여 Lowry<sup>25)</sup> 방법에 의해 측정하였다.

## 9. 통계처리

모든 실험결과에 대한 통계처리는 각 실험군별로 평균치가 있는 가를 검증하기 위하여 분산분석(ANOVA 검증)을 수행하였으며 분산분석의 결과 유의성이 발견된 경우 Tukey's- HSD test(honestly significant difference test)에 의해 처리되었다.

# 결 과

## 1. 간조직중의 Xanthine oxidase 활성의 변화

Xanthine을 기질로 하여 요산을 생성하는 과정에서 superoxide radical을 생성하는 효소로 알려진 XOD 활성변화를 관찰한 결과는 Fig. 1과 같다. MW군은 정상군에 비해 마이크로웨이브 조사 후 4일째부터 8일째까지 유의적으로 증가하였으며 16일째에 정상군 수준으로 회복되었다. 그러나 catechin 공급군은(MW + 0.25C, MW + 0.5C) 전 실험기간 동안 정상군 수준을 유지하였다.

## 2. 간조직중의 Mixed function oxidase system의 변화

MFO계중에서 hemoprotein으로 MFO계의 중심이며 여러 형태로 존재하여 기질에 대한 특이성의 폭이 넓어 체내물질과 외부의 여러가지 환경물질을 기질로 하여 산화 환원반응에 관여하는 cytochrome P<sub>450</sub> 함량을 관찰한 결과는

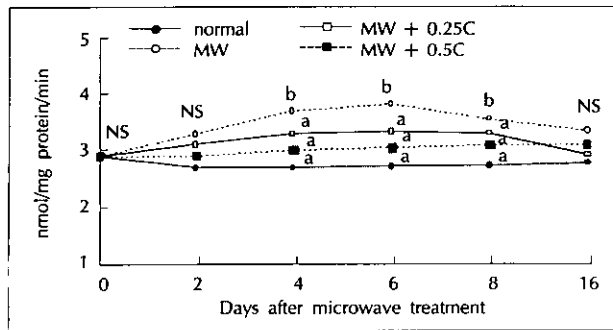


Fig. 1. Effects of green tea catechin on hepatic microsomal xanthine oxidase activities in rat liver exposed to microwave. Different letter(a - b) on the top of the line indicates significantly different among group's by Tukey's test  $p < 0.05$  (n = 10). NS: Not Significant. The experimental conditions are the same as Table 1.

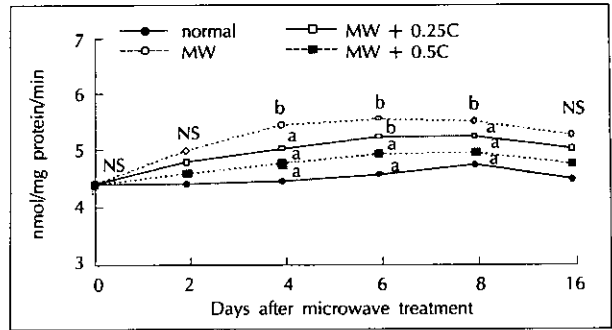


Fig. 3. Effects of green tea catechin on hepatic microsomal NADPH cytochrome P<sub>450</sub> reductase activities in rat liver exposed to microwave. Different letter(a - b) on the top of the line indicates significantly different among groups by Tukey's test  $p < 0.05$  (n = 10). NS: Not Significant. The experimental conditions are the same as Table 1.

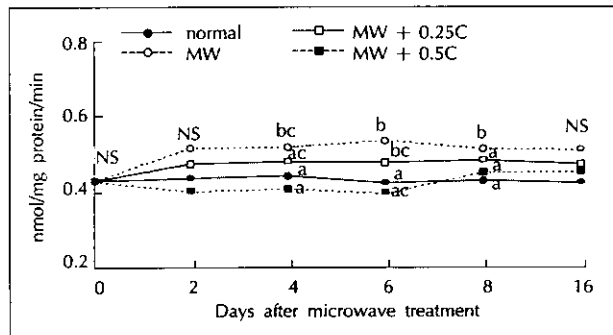


Fig. 2. Effects of green tea catechin on hepatic microsomal cytochrome P<sub>450</sub> contents in rat liver exposed to microwave. Different letter(a - c) on the top of the line indicates significantly different among groups by Tukey's test  $p < 0.05$  (n = 10). NS: Not significant. The experimental conditions are the same as Table 1.

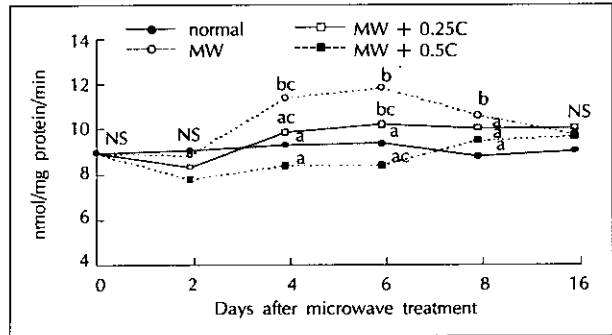


Fig. 4. Effects of green tea catechin on hepatic superoxide radical contents in rat liver exposed to microwave. Different letter(a - c) on the top of the line indicates significantly different among groups by Tukey's test  $p < 0.05$  (n = 10). NS: Not Significant. The experimental conditions are the same as Table 1.

Fig. 2와 같다. 정상군에 비해 MW군에서는 마이크로웨이브 조사 후 4일부터 8일까지 유의적으로 증가하였으며 16일째에 정상군 수준으로 회복되었다. 그러나 MW + 0.25C군은 6일까지는 증가되었으나 8일째 정상수준으로 회복됨으로써 catechin 비공급군에 비해 회복속도가 2배나 빨랐으며 MW + 0.5C군은 전 실험기간 동안 정상군 수준을 유지하였다.

또한 Flavoprotein으로 FAD와 FMN을 각각 한분자씩 갖고 있으며 전자를 NADPH에서 cytochrome P<sub>450</sub>으로 전달하는 촉매 역할을 하는 간조직중의 NADPH-cytochrome P<sub>450</sub> reductase 활성을 관찰한 결과(Fig. 3) cytochrome P<sub>450</sub>과 같이 정상군에 비해 MW군에서는 마이크로웨이브 조사 후 4일부터 유의적으로 증가하였으며 16일째에 정상군 수준으로 되었다. 그러나 MW + 0.25C군은 6일째 일시적으로 증가후 8일째 정상수준으로 되어 cytochrome P<sub>450</sub>과 같이 MW군에 비해 회복속도가 2배 빨랐으며 MW + 0.5C군은 전 실험기간 동안 정상군 수준을 유지하였다.

### 3. 간조직중의 Superoxide radical 함량

노화나 성인병의 원인물질중의 하나인 superoxide radical 생성을 관찰한 결과는 Fig. 4와 같다. MW군은 마이크로웨이브 조사 후 4일, 6일 및 8일에 각각 정상군에 비해 128%, 125% 및 117%씩 증가하였으나 16일째에는 정상군 수준으로 회복되었다. 그러나 MW + 0.25C군은 마이크로웨이브 조사 후 6일째에 정상군 보다 109% 증가되었으나 8일째에는 정상군 수준으로 되어 비공급군에 비해 회복이 2배나 빨랐으며 MW + 0.5C군은 전 실험기간동안 정상군 수준을 유지하였다.

### 4. 간조직중의 Lipofuscin 함량

생체노화의 중요한 지표로 사용되고 있는 lipofuscin 생성에 미치는 catechin의 효과를 관찰한 결과는 Fig. 5와 같다. MW군은 마이크로웨이브 조사 후 4일, 6일 및 8일에 각각 정상군에 비해 155%, 147% 및 113%씩 증가되었으나 16일째에는 정상군 수준으로 회복되었다. 그러나 catechin 공급군은 전 실험기간동안 정상군 수준을 유지하였다.

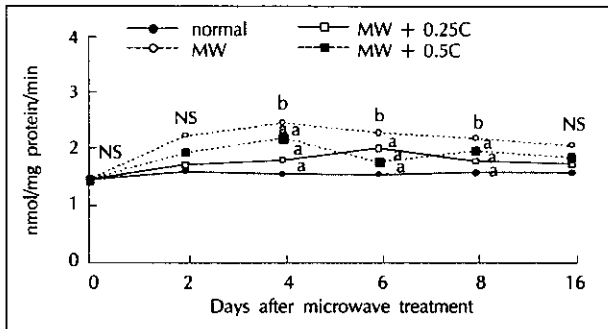


Fig. 5. Effects of green tea catechin on hepatic lipofuscin contents in rat liver exposed to microwave. Different letter(a - b) on the top of the line indicates significantly different among groups by Tukey's test  $p < 0.05$  ( $n = 10$ ). NS: Not Significant. The experimental conditions are the same as Table 1.

## 고 찰

본 연구는 생체가 전자파에 노출될 경우 간조직의 유리기 생성체인 mixed function oxidase system과 XOD 활성 및 이들로 인해 생성되는 superoxide radical, lipofuscin 함량에 미치는 catechin의 영향을 관찰코져 하였다.

유리기 생성 효소로 알려진 xanthine oxidase는 주로 purine 체의 대사산물인 hypoxanthine을 xanthine으로 xanthine을 다시 산화시켜 요산을 생성하는 반응의 촉매로 작용하며 특히 virus등의 감염 및 xenobiotics의 중독에 의한 간손상시 그 활성이 증가하여 superoxide radical을 생성한다. 본 연구에서 XOD는 정상군에 비해 MW군은 마이크로웨이브 조사 4일째부터 8일째까지 증가하였으며 16일째에 정상군수준으로 회복되었다. 그러나 catechin 공급군은 전 실험기간동안 정상수준을 유지하므로써 catechin 공급이 XOD활성을 억제함을 관찰하였다. 이러한 결과는 이 등<sup>26)</sup>의 연구결과에서처럼 전자기파 조사로 XOD 활성이 증가되어 산화적 손상요인으로 작용하였으나 강력한 항산화제인 녹차를 공급함으로써 XOD 활성을 저해하는 효과가 있음이 입증되었다. 이러한 결과는 산화적 스트레스가 높은 당뇨병과 같은 질병상태에서도 catechin이 XOD 활성을 저해하는 효과가 있는 것과 일맥상통한다고 볼 수 있다.

간조직의 약물대사 및 기타독성물질 대사의 2상중에 1상(phase I) 변형 과정에 관여하는 효소로써 간세포의 소포체막에 지방산, steroid등의 내인성 물질과 약물이나 발암물질등 외부로부터 유입된 물질들을 대사시키는 cytochrome P<sub>450</sub> 의존성 mixed function oxidase system(MFO 계)은 일련의 전자전달계 효소군으로 이 효소계는 독성물질을 해독하는 과정에서 O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 생성하여 조직의 과산화를 초래한다.<sup>27)</sup> 본 실험에서 마이크로웨이브에 노출되었을 때

MFO계의 하나인 cytochrome P<sub>450</sub>은 정상군에 비해 MW군에서는 마이크로웨이브 조사 후 4일부터 8일까지 유의적으로 증가되었으며 16일째에 정상군 수준을 유지하였다. 그러나 MW + 0.25C군은 6일까지는 증가되었으나 8일째 정상수준으로 회복됨으로써 catechin 비공급군에 비해 회복속도가 2배나 빨랐으며 MW + 0.5C군은 전 실험기간 동안 정상군 수준을 유지하였다. 이는 생체내의 steroid, hormone의 변화나 혹은 외부의 독소 및 발암물질이 들어왔을 때 cytochrome P<sub>450</sub>이 활성화되어 이들을 기질로 해서 결합하고 NADPH와 NADPH-cytochrome P<sub>450</sub> reductase에 의해 전자를 공여받아 환원되는 데 마이크로웨이브 조사시와 같은 stress에도 그 활성이 유도된 것을 볼 수 있다.

또한 NADPH-cytochrome P<sub>450</sub> reductase는 endogenous substance와 이물질의 대사에 많은 작용을 하고 분자내 산화, 환원 반응에 있어서 요구되는 두 개의 전자중 하나를 운반하며 flavoprotein component로서 전자를 terminal oxidase인 cytochrome P<sub>450</sub>로 전달되는데 촉매역할을 담당하고 있다. 본 실험에서 NADPH-cytochrome P<sub>450</sub> reductase 활성도 cytochrome P<sub>450</sub>과 거의 같은 경향이었다. 이러한 결과는 생체가 cytochrome P<sub>450</sub>과 함께 생체내에 변화된 hormone, steroid 및 기타 독소물질이 들어있을 때 해독작용에 관여하는 효소의 활성을 증가시켜 생체를 보호하려는 기능이라 생각되며 catechin이 항산화제로 작용하여 독성을 다소 완하시킴으로써 MFO계 활성이 감소되었을 것으로 여겨진다.<sup>10)</sup>

노화나 성인병의 원인물질로 알려진 여러가지 free radical중에서 superoxide radical 함량을 측정된 결과 정상군에 비해 MW군에서는 마이크로웨이브 조사 후 4일, 6일 및 8일에 각각 정상군에 비해 128%, 125% 및 117%씩 증가되었으나 16일에 정상군 수준으로 되었으며 catechin 공급군은 실험기간중 정상군 수준을 유지하였다. 또한 노화의 정도를 평가하는 지표인 소모성 노화색소인 lipofuscin 생성량 역시 MW군은 마이크로웨이브 조사 후 4일, 6일 및 8일에 각각 정상군에 비해 155%, 147% 및 113%씩 증가되었으며 16일째에 정상군 수준으로 회복되었으나 catechin 공급군은 전 실험기간동안 정상군과 차이가 없었다. 이러한 결과는 전자기파 조사로 인한 산화적 스트레스의 증가로 free radical 생성 효소로 알려진 XOD와 MFO계 활성이 이들 기간중에 증가되어 이들 대사과정에서 superoxide radical 생성량이 증가된 것으로 본다. 그러나 항산화력이 뛰어난 catechin을 다량 공급함으로써 이들 활성이 저해됨에 따라 superoxide radical이 감소되고 또 lipofuscin 생성도 병행되어 감소된 것으로 사료된다. 이러한 li-

lipofuscin 생성의 감소는 이의 합성의 주원료인 지질과산화물의 생성이 억제된 데 기인한다고 볼 수 있다. 이를 뒷받침해줄 수 있는 근거로는 전보에서<sup>26)</sup> 간조직에서의 유리기 생성과 관련이 있는 효소의 활성변화와 조직의 산화적 손상의 지표가 되는 TBARS 농도와 비슷한 양상으로 나타남으로써 이들 상호간의 관련성을 확인할 수 있었다.

이상을 종합해 볼 때 본 연구에서는 마이크로웨이브 조사 후 4일에서 6일째 유리기 생성이 크게 증가하고 산화적 손상이 현저하게 나타났으나 16일째에 정상군 수준으로 회복되었다. 그러나 0.25%의 catechin을 공급함으로써 산화적 손상자재가 경할 뿐 아니라 8일째 거의 정상수준으로 회복됨으로써 회복기간이 2배로 감소되고 0.5% catechin 공급시는 거의 손상이 없음을 알 수 있었다.

결론적으로 마이크로웨이브에 조사되었을때는 간조직에서 유리기 생성체인 XOD 및 MFO계가 활성화되고 superoxide radical 및 lipofuscin 등의 생성이 증가되었으나 catechin을 공급함으로써 유리기 생성계의 활성을 저해시키고 산화적 손상을 현저하게 억제시킴을 알 수 있었다.

## 요약 및 결론

본 연구는 흰쥐에 전자파를 노출시킬 경우 유리기 생성계와 산화적 손상에 미치는 catechin의 영향을 관찰하고자 시행하였다. 실험동물은 체중 200g 내외의 Sprague-Dawley종 흰쥐를 정상군과 마이크로웨이브 실험군으로 나누고 마이크로웨이브군은 식이중 catechin 공급수준에 따라 catechin을 공급하지 않은 군(MW군), 0.25% 공급 군(MW + 0.25C군) 및 0.5% 공급 군(MW + 0.5C군)으로 나누었다. 식이와 음료는 자유섭취시키면서 2.45GHz대역의 주파수의 마이크로웨이브를 15분간 조사 후 16일 동안 기간별(2일, 4일, 6일, 8일, 16일)로 실험하였다. XOD 활성은 정상군에 비해 MW군에서는 마이크로웨이브 조사 후 4일째부터 8일째까지 증가되었으며 16일째에 정상군 수준으로 회복되었으며 catechin 공급군은 전 실험기간동안 정상군 수준을 유지하였다. Cytochrome P<sub>450</sub> 함량과 NADPH-cytochrome P<sub>450</sub> reductase 활성은 정상군에 비해 MW군은 마이크로웨이브 조사 후 4일부터 8일까지 유의적으로 증가되었으나 16일째에 정상수준으로 회복되었으며 MW-0.25C군은 마이크로웨이브 조사 6일째에 증가되었으나 8일째 정상수준으로 회복됨으로써 catechin 비공급군에 비해 회복속도가 2배나 빨랐으며 MW + 0.5C군은 전 실험기간 동안 정상군 수준을 유지하였다. Superoxide radical 생성은 정상군에 비해 MW군은 마이크로웨이브 조사 후 4일, 6일 및

8일에 각각 정상군에 비해 128%, 125% 및 117%씩 증가하였으며 16일째에는 정상군 수준으로 회복되었다. 그러나 catechin 공급군은 전 실험기간동안 정상군 수준을 유지하였다. Lipofuscin 함량 역시 superoxide radical 과 거의 같은 경향이었다. 결론적으로 생체가 전자파에 노출될 경우 간조직의 MFO계가 활성화되고 superoxide radical 및 lipofuscin 생성이 증가되었으나 catechin 공급시 MFO계의 활성이 억제되고 간조직의 손상도 현저하게 완하됨을 알 수 있었다.

## Literature cited

- 1) Lerner EJ. Electromagnetic hazard. RF radiation: Biological effects. *IEEE Spectrum* 18: 5, 1980
- 2) Mack W, Preston S, Peter JM. Astrocytoma risk related to job exposure to electric and magnetic fields. *Bioelectric Magnetics* 12(1): 57-66, 1991
- 3) Aurell E, Tengroth B. Lenticular and retinal changes secondary to microwave exposure. *Acta Ophthalmol(Copenh)* 51(6): 764-771, 1973
- 4) Dermers PA, Thomas DB, Rogenblatt KA. Occupational exposure to electromagnetic fields and breast cancer in men. *Am J Epidemiol* 134: 340-349, 1991
- 5) Barandy S, Czernski P. Biological effects of microwave. Stroudsburg Pa Dowden, Hutchinson and Ross Inc, 1976
- 6) Bavincova M. Microwave-induced lipid peroxidation in liposome. *Folia Biol Praha* 39(5): 250-255, 1993
- 7) Choi JH, Shin HJ, Lee JH, Rhee SJ. Peroxidative damage in rat liver exposed to microwave. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27(6): 1262-1266, 1998
- 8) Choi JH, Rhee SJ, Kim JH, Kim SY. Cytochrome P<sub>450</sub> contents and NADPH-cytochrome P<sub>450</sub> reductase of liver in rat exposed to microwaves. *Kor J Gerontol* 7(3): 42-47, 1997
- 9) Duke EJ, Joyce P, Ryan P. Characterization of alternative molecular forms of xanthine oxidase in the mouse. *J Biochem* 131: 187-190, 1973
- 10) Shin JY, Rhee SJ. Effects of vitamin E on microsomal mixed function oxidase system of kidney in streptozotocin-induced diabetic rats. *The Kor Soc Nutr* 33(6): 619-624, 2000
- 11) Park YR, Rhee SJ, Lim YS, Joo GJ. Effects of dietary vitamin E on the microsomal mixed function oxidase system of liver and lung in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25(6): 969-975, 1996
- 12) Muramatzu K, Fukuyo M, Hara Y. Effects of green tea catechin on plasma cholesterol fed rats. *J Nutr Vitaminol* 32: 613-622, 1986
- 13) Kazuko N, Midor Y, Chikusa T, Michido I, Mitsuo N. Platelet aggregation inhibitory activity of tea extracts. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 38: 189-195, 1995
- 14) Matsusaki T, Hata Y. Antioxidative activity of tea leave catechin. *Nippon Nogeikagaku Kaishi* 59: 129-134, 1985
- 15) Nakayama T. Suppression of hydroperoxide induced cytotoxicity by poly phenol. *University of Shizuoka Japan* 7: 1991-1993, 1994
- 16) Park GY, Rhee SJ, Im JG. Effects of green tea catechin on cytochrome P<sub>450</sub>, xanthine oxidase activities in liver and liver damage in streptozotocin induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 901-907, 1997
- 17) Rhee SJ. Effects of green tea on antioxidative defense system and lipid peroxidation in Rat liver exposed to Microwaves. *Kor J Gerontol* 10(1): 7-13, 2000
- 18) Matsuzaki T, Hata Y. Antioxidative activity of tea leaf catechins. *Nip-*

- pon Nogeikagaku Kaishi* 59: 129-134, 1985
- 19) Choi JH, Rhee SJ, Kim JH, Kim SY. Cytochrome P<sub>450</sub> contents and NADPH-cytochrome P<sub>450</sub> reductase of liver rat exposed to microwaves. *Kor J Gerontol* 7: 42-47, 1997
  - 20) Stripe J. Della Corte: The regulation of rat liver xanthine oxidase. *J Biol Chem* 244: 3855-3863, 1969
  - 21) Omura T, Sato R. The carbon monoxide binding pigment of liver microsome II. Solubilization, purification and properties. *J Biol Chem* 239: 2379-2385, 1964
  - 22) Masters BSS, Williams CH, Karmin H. The preparation and properties of microsomal TPNH-cytochrome C reductase from pig liver. *Me-th Enzymol* 10: 551-573, 1967
  - 23) Azzi A, Montecucco C, Richter C. The Use of acetylated ferricytochrome c for the detection of superoxide radicals produced in biological membrane. *Biochem and Biophys Res* 65(2): 597-603, 1975
  - 24) Fletcher BL, Dillard CJ, Tappel ALT. Measurement of Fluorescent lipid peroxidation products in biological systems and tissues. *Analytical Biochemistry* 52: 1-9, 1973
  - 25) Lowry OH, Roseborough NJ, Farr LA, Randall RJ. Protein measurement with the folin-phenol reagent. *J Biol Chem* 193: 265-275, 1951
  - 26) Lee YH, Rhee SJ. Effects of green tea on mixed function oxidase system and xanthine oxidase activities in rat liver exposed to Microwaves. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29(1): 168-173, 2000
  - 27) Rhee SJ, Shin JY, Cha BG. Effect of Green-Tea catechin on microsomal mixed function oxidase system kidney and brain in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26(5): 901-907, 1997