Evaluating The Radioprotective Effect of Avocado Peel Extracts upon Rat Exposed to 6 MV X-Ray

Jang-Oh Kim,[1] Ji-Hye Shin,[1] Do-Young Jung,[1] Chan-hee Jeon,[1] Ji-Eun Lee,[1] Yoon-Ji Lee,[1] Byung-In Min[1,2,*]

[1]Department of Emergency and Disaster Management, Inje University
[2]Department of Nuclear Applied Engineering, Inje University

Received: September 12, 2020. Revised: October 27, 2020. Accepted: October 31, 2020

ABSTRACT

In this study aims to investigate the radiation protection effect of avocado peel extracts on the Sprague-Dawely rats. 52 male rats were randomly classified into 4 groups. NC Group was a normal control group, PA Group was a group injected avocado peel extracts, IR Group was irradiated group, and lastly PA+IR Group was set as an irradiated group after injected of avocado peel extracts. Avocado peel extract was administered orally at 200 mg/kg once a day for 14 days before irradiation, and the radiation dose was systemically irradiated with 6 MV X-ray of 7 Gy. On the 4 and 21 days after irradiation, the experimental animals were sacrificed to evaluate the change in blood cell composition, spleen index, and histopathological evaluation of the liver and small intestine. As a result, the PA+IR Group showed a significantly greater recovery of lymphocytes($p<0.01$), red blood cells($p<0.01$), and platelets($p<0.05$) than the IR Group. It was also confirmed that the activation of Superoxide Dismutase(SOD) was further increased. Histopathologically, observed that nuclei aggregation and cytoplasmic expansion were slightly reduced in the PA+IR Group in the liver. and the damage was significantly reduce($p<0.01$) in the change of villi length due to damage to the small intestine cells. Based on the above results, avocado peel extract can be expected to act as a radiation protection agent that can reduce damage to blood cells and major organs caused by irradiation.

Keywords: RadioProtection, Avocado, Antioxidant, Irradiation, Liver, Villi length

Ⅰ. INTRODUCTION

전리방사선은 산업, 의학, 교육연구 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 방사선의 사용은 사회나 개인이 방사선으로 받을 수 있는 피해를 상쇄할 수 있는 본질적이고 피해 이상의 이익을 가져다주는 정당화를 통하여 적극적인 사용이 이루어지고 있다. 방사선의 활발한 사용에 따라 각국의 규제기관에서는 개인피폭선량의 한도를 설정하여 관리를 하고 있으나, 의료분야에서는 선량한도를 설정하면 의학적 진단 및 치료에 있어서 한계점이 발생함에 따라 선량한도를 설정하지 않고 있다.[1,2]

방사선 진단 및 치료를 받는 환자는 과피폭에 의하여 생체 분자구조의 변형, 정상 조직의 발암 및 중추신경계의 손상을 야기하는데 노출되어있다. 이는 방사선피폭으로 형성된 자유라디칼이 인체 내 미치는 영향으로, 방사선방호제는 자유라디칼을 줄여줌으로써 환자의 피해를 최소화하는데 중요한 역할을 할 수 있다.[2-6] 따라서 방사선방호제의 중요성이 제창되는 가운데 부작용이 많은 화학적 방호제가 아닌 아로니아, 블루베리와 같은 천연물을 활용한 방사선방호제의 연구가 부각되고 있다.[7-10]

본 연구에 사용된 아보카도(Persea Americana Mill)는 Lauraceae과에 속하는 열대지방의 아메리카 원주

* Corresponding Author: Byung-In Min E-mail: rimbi@inje.ac.kr Tel: +82-55-320-3910
Address: 197, Inje-ro, Gimhae-si, Gyeongsangnam-do, Republic of Korea

민 과일이다.[11] 아보카도는 Polyphenol, Flavonoids, Carotenoids, Tocopherols 등 여러 가지 식물성 화학물질을 포함하고 있는 것으로 보고되고 있다.[12-14] 이러한 성분을 가진 아보카도는 민간요법으로 사용되어왔는데 과육, 씨, 껍질에서 항암, 항염증, 항균, 항산화 효과를 나타낼 뿐만 아니라 심혈관질환, 당뇨, 신경학적 항경련 효과를 나타내고 있는 것으로 보고되고 있다.[15-21] 하지만, 광범위한 연구가 진행되었음에도 불구하고 항방사선에 관한 연구는 진행되지 않았다.

본 연구에서는 아보카도의 방사선방호제로서의 가능성을 알아보기 위하여 실험동물에게 아보카도를 사전에 섭취시켜 방사선 피폭에 따른 피폭의 저감 및 회복의 정도를 살펴보고자 한다.

Ⅱ. MATERIAL AND METHODS

1. 아보카도 껍질 추출물의 준비

본 연구에서의 아보카도는 지역 대형마트에서 구매하여 사용하였다. 선행연구에 따라 과육, 씨, 껍질 중에서 항산화 능력에 기여하는 Polyphenol과 Flavonoids의 함량이 가장 높은 껍질을 시료로 사용하였다.[22] 분리한 껍질은 실온에서 5 일간 공기건조를 시킨 다음 오븐에서 70 ℃로 15 분간 건조시켰다. 건조된 껍질을 분쇄기로 분쇄하여 에탄올:물 80:20 용액에서 추출하였고, 추출액은 여과지 (Whatman International Ltd., Maidstone, UK)로 여과하여 감압농축을 하였다. 그 후 회전증발기 (R-205V, BUCHI, Flawil, Switzerland)를 통해 건조하여 획득한 시료를 사용하였다.[23]

2. 실험동물

2.1 실험동물

실험동물과 관련된 모든 절차는 동물실험윤리위원회(Institutional on Animal Care and Use Ethics Committee)의 승인(승인번호 : 2019-0004)하에 수행되었다. 7주령의 수컷 Sprague-Dawley Rat(하나바이오, Gyeonggi-do, Korea) 52 마리를 사용하였으며, 사육 환경은 온도 21±2 ℃, 습도 55±5 %, 조명시간 12 시간/일 낮/밤 Cycle로 일정하게 유지하였다. 아보카도 껍질 추출물은 선행연구를 참조하여 200 mg/kg의 용량으로 매일 14일간 경구투여하였으며, 종료 시 까지 표준사료와 탈이온수는 자유롭게 섭취하도록 하였다.[23,24]

2.2 실험군의 분류

1 주일 간 새로운 환경에서의 적응기를 마친 후 임의적으로 4 개의 군으로 분류하였다. 일반대조군 (Normal Control Group, 이하 NC Group), 아보카도 껍질 추출물 투여군(Persea Americana Injected Group, 이하 PA Group), 방사선조사군(Irradiated Group, 이하 IR Group), 마지막으로 아보카도 껍질 추출물 투여 후 방사선조사군(이하 PA+IR Group)으로 분류하였으며, 각 군당 방사선조사 후 4 일, 21 일 차로 소분류를 하였다. 분류된 군에 각각 6 마리씩 분류하고, 방사선을 조사하는 군은 방사선 조사에 의한 탈락을 고려하여 1 마리씩 추가하여 구성하였다.

Table 1. Design of the experimental animal.

Group	4 days	21 days
NC	6	6
PA	6	6
IR	7	7
PA+IR	7	7

NC : Normal Control
PA : Persea Americana peel extract 200 mg/kg
IR : Irradiation
PA+IR : Irradiation after Persea Americana peel extract 200 mg/kg

3. 방사선 조사

방사선 조사는 선형가속기(Agility, ELEKTA, Stockholm, Sweden)를 이용하였다. 깊이 1.5 cm에서 D_{max} 지점이 되도록 교정하여 6 MV X-선으로 7 Gy를 1 회 전신조사 하였다.[25]

4. 표본 채취

혈액 및 장기는 방사선 조사 후 4 일, 21 일 간격으로 채취하였다. 2 % Isoflurane을 흡입마취제로 사용하여 마취시킨 후 복대정맥에서 혈액을 채취하였다. 장기조직은 간, 소장, 비장을 적출하여

PBS(Phosphate Buffer saline)으로 세척하였다. 간, 소장은 조직학적 관찰을 위하여 10 % 포르말린(Formalin)에 고정을 하였고, 비장은 비장지수를 분석하기 위하여 건조시켜 무게를 측정하였다. 비장지수는 (비장의 무게/체중) × 100 으로 계산하였다.

5. 혈구 성분의 분석

채취한 혈액은 EDTA Tube에 담아 Coulter mixer에서 혼합하여 동물용 혈구분석기(BC-2800VET, Mindray, Shenzhen, China)를 이용하여 림프구, 적혈구 그리고 혈소판을 분석하였다.

6. SOD 활성 분석

방사선 피폭으로 인하여 발생하는 자유라디칼의 소거능을 확인하기 위하여 SOD(Superoxide Dismutase) 활성도를 분석하였으며, SOD Assay kit - WST (Dojindo Mtolecular Technologies, Inc., Japan)을 사용하여 측정하였다. 시료는 4 ℃에서 600 g로 10 분간 원심분리하여 혈장을 사용하였으며, SOD 활성을 측정하기 위해서 시료를 Dilution buffer로 1, 1/5, $1/5^2$, $1/5^3$, $1/5^4$, $1/5^5$, $1/5^6$의 비율로 희석하였다. 준비된 시료를 판매사에서 제공하는 매뉴얼로 96-well microplate에 분주하고 Spectrophotometer(PowerWave XS2, BioTek, USA)를 이용하여 450 nm에서 흡광도를 측정하여 SOD activity를 계산하였다.

7. 조직학적 분석

적출된 조직은 10 % 포르말린(Formalin)으로 고정한 후 일반적인 파라핀 절편법(Paraffin method)에 따라 파라핀 블록(Paraffin block)을 제작하였다. 그 후 4 μm 로 박절하여 H&E staining 하였다.

간은 방사선피폭에 의한 간세포의 괴사 및 침윤된 염증세포를 관찰하였고,[26] 소장은 소장움세포의 장해로 인해 발생하는 융모길이의 차이를 관찰하여 각 군간 비교분석하였다.[27]

8. 통계학적 분석

실험결과의 통계는 SPSS 26(IBM, USA)을 이용하였다. T-test를 통한 평균 및 표준편차 (Mean±S.D)로 분석하였으며, $p<0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

Ⅲ. RESULT

1. 혈구성분의 변화

방사선 조사 후 21 일이 경과하였을 때 림프구, 적혈구, 혈소판에서 IR Group에 비하여 PA+IR Group에서 회복의 정도가 빠른 유의한 효과를 나타내었다. 림프구에서 IR Group은 3.26±0.85 10^3/μl로 나타났으며 PA+IR Group에서는 5.2±1.05 10^3/μl로 유의한 회복을 나타냈다.($p<0.01$) 적혈구에서 IR Group은 5.37±0.04 10^3/μl로 나타났으며 IR+PA Group에서는 5.91±0.11 10^3/μl으로 유의한 회복이 나타났다.($p<0.01$) 마지막으로 혈소판에서는 IR Group은 976.5±224.15 10^3/μl로 나타났으며 IR+PA Group에서는 1249.83±63.07 10^3/μl으로 유의한 회복이 나타났다.($p<0.05$), (Fig. 1).

2. SOD 활성 변화

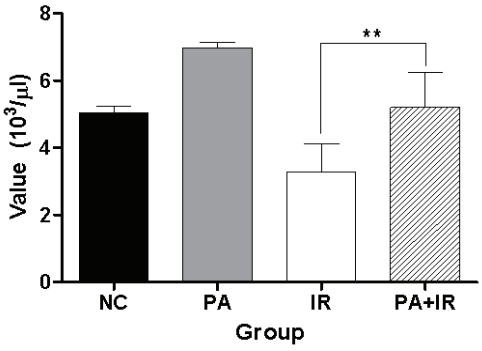
방사선 조사 후 4 일이 경과하였을 때 혈장의 Superoxide 음이온의 환원반응을 억제하는 희석비율은 IR Group보다 PA+IR Group에서 더욱 높게 나타났다.(Fig. 2) 이는 SOD 활성도를 평가했을 때 방사선조사군은 NC Group 만큼의 SOD 활성을 나타내지는 못하였으나, 방사선조사군 간 비교하였을 때 PA+IR Group은 171.18 U/ml의 값으로 IR Group 114.48 U/ml보다 더 높은 SOD 활성을 나타내었다.($p<0.05$), (Table 2)

3. 비장 지수 변화

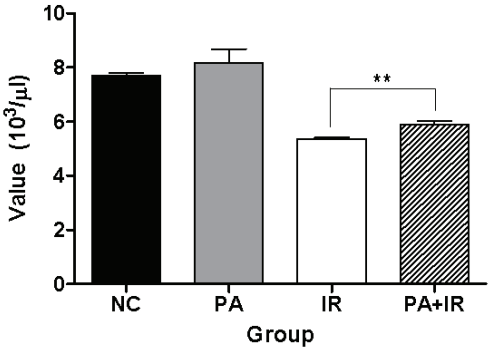
방사선조사 후 21 일이 경과되었을 때 비장의 지수는 IR Group에 비하여 PA+IR Group에서 회복의 정도가 빠른 유의한 효과를 나타내었다.($p<0.05$), (Fig. 3)

Table 2. Changed of SOD activity of blood at 4 days after 7 Gy irradiation.

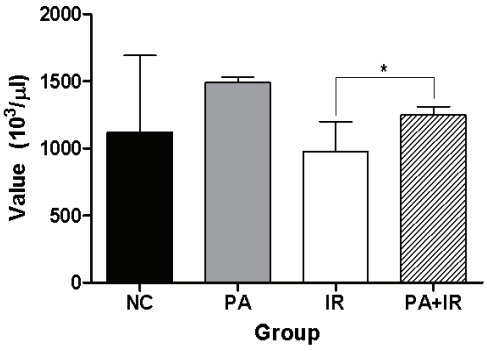
Group	SOD Activity (U/ml)
NC	221.94
PA	404.46
IR	114.48
PA+IR	171.18



(a) Lymphocyte



(b) Red Blood Cell



(c) Platelet

Fig. 1. Change of Blood Corpuscle in Rat at 21 days after 7 Gy irradiation. *p<0.05, **p<0.01, significance level compared to each other.

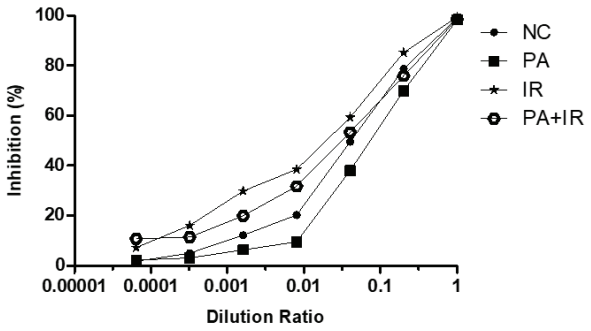


Fig. 2. Inhibition curve of blood for analysis SOD activity.

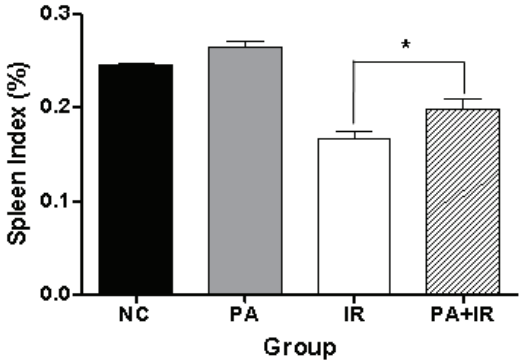
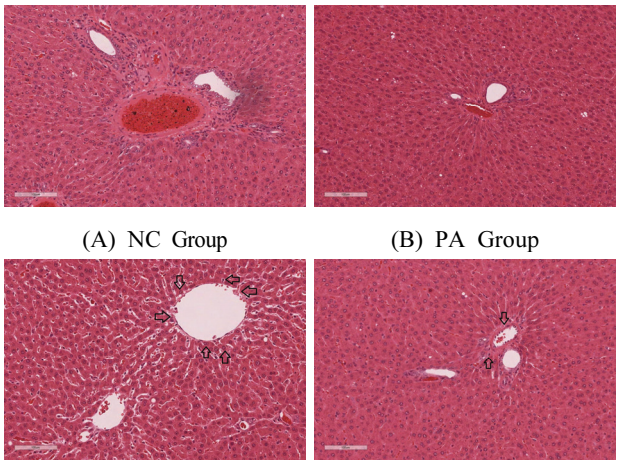


Fig. 3. Changed Spleen Index at 21 days after 7 Gy irradiation. *p<0.05.

4. 조직학적 관찰

4.1 간의 조직학적 관찰

방사선조사 후 21 일이 경과되었을 때 NC Group과 PA Group에서는 핵, 핵막 및 세포질 등 대부분의 주요세포들이 규칙적인 정상배열을 유지하고 있었다. 방사선이 조사된 IR Group과 PA+IR Group에서는 간 손상을 의미하는 세포질의 팽창과 염증세포가 침윤되는 염증반응이 관찰되었다. 두 그룹 간의 비교를 통해 PA+IR Group에서 핵의 응집, 세포질의 팽창 등이 소폭 감소된 것이 관찰되었다. 이는 Fig. 4와 같다.



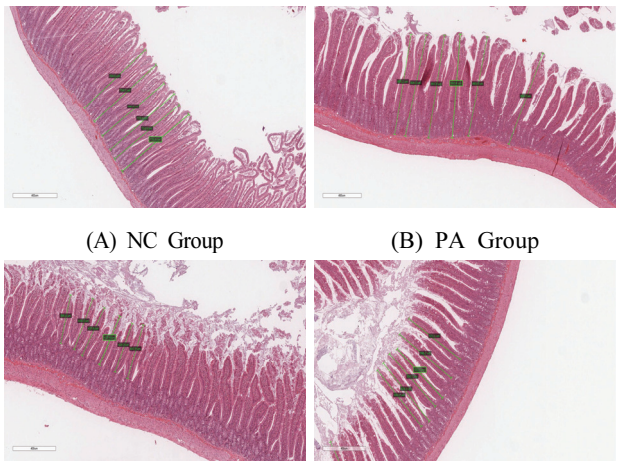
(A) NC Group (B) PA Group

(C) IR Group (D) PA+IR Group

Fig. 4. Photomicrographs of the rat's liver on H&E stained by optical. (A) NC; (B) PA; (C) IR; (D) PA+IR

4.2 소장의 조직학적 관찰

방사선으로 피폭되면 감수성이 높은 소장(소장움)의 융모길이에서 반응이 확연히 드러난다. 방사선조사 후 21 일이 경과되었을 때 IR Group은 소장움 세포의 사멸로 융모길이가 424.48±18.29 μm로 NC Group의 융모길이 711.51±16.25 μm에 비하여 매우 짧아졌다. 반면에 PA+IR Group은 595.23±16.3 μm로 IR Group에 비교하였을 때 피해가 유의하게 감소한 것으로 나타났다.($p<0.01$), (Fig. 5)



(A) NC Group (B) PA Group

(C) IR Group (D) PA+IR Group

Fig. 5. Photomicrographs of rat's small intestine(villi length) on H&E stained by optical. (A) NC; (B) PA; (C) IR; (D) PA+IR

Ⅳ. DISCUSSION

인체는 방사선으로부터 피폭이 발생하면 주로 자유라디칼에 의한 세포손상 메커니즘을 진행하게 된다. 따라서 자유라디칼을 소거할 수 있는 물질을 이용한 방사선방호제 개발은 중요한 연구과제로 볼 수 있다.[28,29] 본 연구는 Polyphenol, Flavonoids, Carotenoids, Tocopherols과 같이 자유라디칼 소거 기능을 하는 것으로 알려진 식물성 화학물질을 함유하고 있는 아보카도 껍질추출물을 이용하여 방사선 방호효과를 탐색하였다.

방사선 피폭에 대한 아보카도의 방사선 방호효과를 탐색하기 위하여 아보카도 껍질 추출물을 Sprague-Dawley Rat에 경구투여 한 후 7 Gy의 6 MV X-ray를 전신조사 하였다. 방사선조사를 받은 IR Group과 PA+IR Group의 혈구성분은 PA+IR Group의 림프구($p<0.01$), 적혈구($p<0.01$), 혈소판($p<0.05$)에서 유의하게 회복하는 결과가 나타났다. 그리고 SOD 활성도 측정에서 WST-1과 Superoxide 음이온의 환원반응을 억제하는 샘플 용액 20 μl의 효소의 양을 SOD의 단위로 정의하였으며, WST-1의 환원반응에 대한 IC50으로 측정하였다.[30]

SOD 활성은 PA+IR Group(171.18 U/ml)이 IR Group(114.48 U/ml)보다 더 높은 활성도를 나타냄으로써 방사선 피폭으로 인하여 발생한 자유라디칼을 아보카도가 소거하는 것을 확인하였다.

방사선이 전신에 조사되면 비장은 민감한 조혈기관으로서 림프구의 괴사, 염증반응 등에 의해 중량이 감소하는 경향이 있다.[31] 방사선 조사 후 21 일이 경과되었을 때 비장 지수는 PA+IR Group이 0.198±0.02 %로 IR Group 0.167±0.02 % 보다 유의하게 높게 나타나 방사선에 대한 방호효과를 확인하였다.($p<0.05$)

또한, 본 연구를 통하여 방사선이 간과 소장움 세포에 영향을 미친다는 것을 확인하였다. 간은 방사선의 영향으로 IR Group과 PA+IR Group에서 중심정맥을 중심으로 세포막이 분리되어 불규칙적인 모양과 세포가 침윤되는 염증반응 및 핵의 응집과 같은 괴사가 관찰되었다.[26,32] 하지만 PA+IR Group에서 IR Group보다 세포막의 분리, 세포 침윤현상,

응집된 핵의 수가 다소 감소하여 아보카도가 방사선 피폭에 의한 간 손상을 줄이는 효과를 확인하였다. 그리고 소장의 융모를 형성하는 소장움 세포는 방사선에 감수성이 높은 것으로 알려져 있다.[27] 본 연구에서 PA+IR Group의 융모길이는 IR Group의 융모길이보다 길게 관찰됨으로써 방사선에 의한 길이 감소가 완화된 것을 관찰하였다. 이는 아보카도 껍질추출물이 항산화 역할을 수행함으로써 방사선 방호기작에 의한 결과로 분석된다.

Ⅴ. CONCLUSION

아보카도 껍질추출물의 방사선 방호효과를 확인하고자 7 Gy의 6 MV X-ray를 실험동물에 조사하여 실험군을 모델링하였다. 아보카도 껍질추출물 섭취 후 방사선조사를 받은 군은 방사선 조사만 받은 군에 비하여 혈구 성분과 비장 지수의 감소가 완화되고 SOD가 활성화되는 것을 확인하였다. 조직학적 관찰에서는 간 손상의 감소, 소장움세포의 피해가 완화되는 것을 확인하였다.

본 연구는 아보카도의 껍질 내 구성성분이 방사선 피폭에 따른 방호기작에 기여하는 것을 확인한 것으로, 아보카도의 세부 주요물질을 다루지 못한 한계점이 존재한다.

Reference

[1] International Commission on Radiological Protection, "Annuals of the ICRP Publication 103", pp. 125-129, 2007.

[2] M.Z. Kamran, A. Ranjan, N. Kaur, S. Sur, V. Tandon, "Radioprotective Agents: Strategies and Translational Advances", Medicinal Research Reviews, Vol. 36, No. 3, pp. 461-93, 2016. http://dx.doi.org/10.1002/med.21386

[3] M.I. Koukourakis, "Radiation Damage and Radioprotectants: New Concepts in The Era of Molecular Medicine", The British Journal of Radiology, Vol. 85, No. 1012, pp. 313-330, 2012. http://dx.doi.org/10.1259/bjr/16386034

[4] S. Golfier, G. Jost, H. Pietsch, P. Lengsfeld, F. Eckardt-Schupp, E. Schmid, M. Voth, "Dicentric Chromosomes and Gamma-H2AX Foci Formation in Lymphocytes of Human Blood Samples Exposed to a CT Scanner: A Direct Comparison of Dose Response Relationships", Radiation Protection Dosimetry, Vol. 134, No. 1, pp. 55-61, 2009. http://dx.doi.org/10.1093/rpd/ncp061

[5] H. B. Forrester, R. F. Yeh, W. C. Dewey, "A Dose Response for Radiation-induced Intrachromosomal DNA Rearrangements Detected by Inverse Polymerase Chain Reaction", Radiation Research, Vol. 152, pp. 232–238, 1999. http://dx.doi.org/10.2307/3580322

[6] M. P. Hande, T. V. Azizova, C. R. Geard, L. E. Burak, C. R. Mitchell, V. F. Khokhryakov, E. K. Vasilenko, D. J. Brenner, "Past Exposure to Densely Ionizing Radiation Leaves a Unique Permanent Signature in The Genome", The American Journal of Human Genetics, Vol. 72, No. 5, pp. 1162–1170, 2003. http://dx.doi.org/10.1086/375041

[7] S. J. Hosseinimehr, "Trends in The Development of Radioprotective Agents", Drug Discovery Today, Vol. 12, No. 19, pp. 794-805, 2007. http://dx.doi.org/10.1016/j.drudis.2007.07.017

[8] S. V. Gudkov, N. R. Popova, V. I. Bruskov, "Radioprotective Substances: History, Trends and Prospects", Biophysics, Vol. 60, No. 4, pp. 659-667, 2015. http://dx.doi.org/10.1134/S0006350915040120

[9] J. H. Lee, “The Radioprotection Effect of Aronia on Livers of Laboratory RatsRadiated to 6 MV X-ray of Linear Accelerator”, Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 14, No. 2, pp. 97-104, 2020. https://doi.org/10.7742/jksr.2020.14.2.97

[10] S. I. Jang, J. H. Lee, "Radioprotective Effects of Blueberry on the Liver of Radiation Irradiated Rats," Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 7, No. 3, pp. 239-244, 2013. http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2013.7.3.239

[11] W. B. Storey, B. Bergh, G. A. Zentmyer, "The Origin, Indigenous Range, and Dissemination of the Avocado", California Avocado Society, Vol 70, pp. 127-133, 1986.

[12] J. A. Vinson, X. Su, L. Zubik, P. Bose, "Phenol Antioxidant Quantity and Quality in Foods: Fruits", Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol. 49, No. 11, pp. 5315-5321, 2001. http://dx.doi.org/10.1021/jf0009293

[13] A. F. Vinha, J. Moreira, S. V. P. Barreira, "Physicochemical Parameters, Phytochemical Composition and Antioxidant Activity of the Algarvian Avocado (Persea americana Mill.)", Journal of Agricultural Science, Vol. 5, No. 12, pp. 100-109, 2013. http://dx.doi.org/10.5539/jas.v5n12p100

[14] Q. Y. Lu, J. R. Arteaga, Q. Zhang, S. Huerta, V. Liang, D. Heber, "Inhibition of Prostate Cancer Cell Growth by an Avocado Extract: Role of Lipid-soluble Bioactive Substances", Journal of Nutritional Biochemistry, Vol. 16, No. 1, pp. 23-30, 2005. http://dx.doi.org/10.1016/j.jnutbio.2004.08.003

[15] P. Jimenez, P. Garcia, V. Quitral, K. Vasquez, C. P. Ruiz, M. R. Farias, D. F. G. Diaz, P. Robert, C. Encina, J. S. Covasich, "Pulp, Leaf, Peel and Seed of Avocado Fruit : A Review of Bioactive Compounds and Healthy Benefits", Food Revies International, 2020. http://dx.doi.org/10.1080/87559129.2020.1717520

[16] M. A. Tremocoldi, P. L. Rosalen, M. Franchin, A. P. Massarioli, C. Denny, E. R. Daiuto, J. augusto, R. Paschoal, P. S. Melo, S. M. de Alencar, "Exploration of Avocado by-Products as Natural Sources of Bioactive Compounds", PLoS One, Vol. 13, No. 2, pp. 1-12, 2018. http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0192577

[17] D. Haiming, H. Chunhua, G. Dongmei, C. Y. Won, Y. Ding, A. D. Kinghorn, S. M. D. Ambrosio, "Selective Induction of Apoptosis of Human Oral Cancer Cell Lines by Avocado Extracts Via a ROS-Mediated Mechanism", Nutrition and Cancer, Vol. 61, No. 3, pp. 348-356, 2009. http://dx.doi.org/10.1080/01635580802567158

[18] J. J. Guzmán-Rodríguez, R. López-Gómez, L. M. Suárez-Rodríguez, R. Salgado-Garciglia, L. C. Rodríguez-Zapata, A. Ochoa-Zarzosa, J. E. López-Meza, "Antibacterial Activity of Defensin PaDef from Avocado Fruit (Persea Americana Var. Drymifolia) Expressed in Endothelial Cells against Escherichia Coli and Staphylococcus Aureus", Biomed Research International, Vol. 2013, pp. 1-9, 2013. http://dx.doi.org/10.1155/2013/986273

[19] O. P. Méndez, L. G. Hernández, "High-density Lipoproteins(HDL) Size and Composition are Modified in the Rat by a Diet Supplemented with "Hass" Avocado (Persea Americana Miller)", Archivos de Cardiologia de Mexico, Vol. 77, No. 1, pp. 17-24, 2006. PMID : 17500188

[20] U. S. Mahadeva Rao, "Salutary Potential of Ethanolic Extract of Avocado Fruit on Anomalous Carbohydrate Metabolic Key Enzymes in Hepatic and Renal Tissues of Hyperglycaemic Albino Rats", Chinese Journal of Integrative Medicine, 2017. http://dx.doi.org/10.1007/s11655-017-2784-2

[21] J. A. O. Ojewole, G. J. Amabeoku, "Anticonvulsant effect of Persea americana Mill (Lauraceae) (Avocado) leaf aqueous extract in mice", Phytotherapy Research, Vol. 20, No. 8, pp. 696-700, 2006. http://dx.doi.org/10.1002/ptr.1940

[22] S. G. Lee, M. H. Yu, S. P. Lee, I.S. Lee, "Antioxidant Activities and Induction of Apoptosis by Methanol Extracts from Avocado", Journal of Korean Society of Food Science and Nutrition, Vol. 37, No. 3, pp. 269-275, 2008. http://dx.doi.org/10.3746/JKFN.2008.37.3.269

[23] O. Ilochi, A. N. Chuemere, "Neuroprotective Potential of Avocado Peel Correlates with Antioxidant Status in Starvation and Refeeding In Wistar Rats", World Wide Journal of Multidisciplinary Research and Development, Vol. 5, No. 1, pp. 70-74, 2019.

[24] M. J. Cires, P. Navarrete, E. Pastene, C.Carrasco-Pozo, R. Valenzuela, D.A. Medina, M. Andriamihaja, B. Martin, B. Francois, M. Gotteland, "Effect of a proanthocyanidin-rich polyphenol extract from avocado on the production of amino acid-derived bacterial metabolites and the microbiota composition in rats fed a high-protein diet", Food & Function, Vol 10, No. 7, pp. 4022-4035, 2019. http://dx.doi.org/10.1039/C9FO00700H

[25] O. Gencel, M. Naziroglu, O. Celik, K. Yalman, D. Bayram, “Selenium and Vitamin E Modulates Radiation-Induced Liver Toxicity in Pregnant and Nonpregnant Rat: Effects of Colemanite and Hematite Shielding”, Biological Trace Element Research, Vol. 135, pp. 253-263, 2010. http://dx.doi.org/10.1007/s12011-009-8513-8

[26] M. J. Cheong, K. A. Chung, "Effects of Lespedeza Caneata ethanol extract on the liver of alcohol administered Mice", Journal of the Korea

Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 17, No. 10, pp. 432-438, 2016. http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.10.432

[27] D. Y. Jung, H. S. Choi, J. O. Kim, J. H. Shin, J. H. Kim, G. J. Park, B. I. Min, "Radiation Protective Effect of Selenium and Folic Acid Mixtures in the Development of Congenital Anomalies Following Radiation Exposure to the Fetus of Perinatal Female White Rats", Journal of Radiological Science and Technology, Vol. 41, No. 2, pp. 157-162, 2018. http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2018.41.2.157

[28] G. P. Joshi, W. J. Nelson, S. H. Revell, C. A. Shaw, "X-ray-induced Chromosome Damage in Live Mammalian Cells, and Improved Measurements of Its Effects on Their Colony-forming Ability", International Journal of Radiation Biology, Vol. 41, No. 2, pp. 161-242, 1982. http://dx.doi.org/10.1080/09553008214550171

[29] J.G Sohn, "Effect of trace elements in alcohol beverages on the type of radiation-induced cell death", Journal of Radiation Protection, Vol. 35, No. 2, pp. 49-56, 2010.

[30] J. H. Kim, S. B. Sohn, S. K. Kim, Y. B. Hur, "Effects on hematological parameters, antioxidant and immune responses, AChE, and stress indicators of olive flounders, Paralichthys olivaceus, raised in bio-floc and seawater challenged by Edwardsiella tarda", Fish and Shellfish Immunology, Vol. 97, pp. 194-203, 2020. http://dx.doi.org/10.1016/j.fsi.2019.12.011

[31] K. C. Chang, D. U. Lee, "Vasodilatory effect of the alkaloid component from the roots of Cynanchum wilfordi Hemsley", Korean Journal of Life Science, Vol. 10, No. 6, pp. 584-590, 2000. KMID : 0613820000100060584

[32] S. Mahgoub, A. O. Sallam, H. K. A. Sarhan, A. A. A. Ammar, S. H. Soror, "Role of Diosmin in protection against the oxidative stress induced damage by gamma-radiation in Wistar albino rats", Regulatory Toxicology and Pharmacology, Vol. 113, 104622, 2020. http://dx.doi.org/10.1016/j.yrtph.2020.104622

6 MV X-ray에 피폭된 흰쥐에 대한 아보카도 껍질 추출물의 방사선방호효과 평가

김장오,[1] 신지혜,[1] 정도영,[1] 전찬희,[1] 이지은,[1] 이윤지,[1] 민병인[1,2,*]

[1]인제대학교 재난관리학과
[2]인제대학교 원자력응용공학부

요 약

본 연구의 목적은 Sprague-Dawley Rat을 통하여 아보카도 껍질추출물의 방사선방호효과를 조사하는 것이다. 52 마리의 수컷 Rat을 무작위로 4개의 그룹으로 분류하였다. NC Group은 일반대조군, PA Group은 아보카도껍질추출물 투여군, IR Group은 방사선조사군 마지막으로 PA+IR Group은 아보카도 껍질추출물 투여 후 방사선조사군으로 설정하였다. 아보카도 껍질추출물은 방사선 조사전 14 일동안 1 일 1 회 200 mg/kg으로 경구투여를 하였으며, 방사선량은 7 Gy의 6 MV X-선을 전신조사하였다. 방사선 조사 후 4일, 21일에 실험동물을 희생하여 혈구성분, 비장 지수의 변화 및 간과 소장의 조직병리학적 평가를 수행하였다. 실험 결과, 혈구성분은 PA+IR Group이 IR Group보다 림프구($p<0.01$), 적혈구($p<0.01$), 혈소판($p<0.05$)가 유의하게 회복하는 결과가 나타났다. 또한 Superoxide Dismutase(SOD) 활성화도 더 증가하는 것으로 확인하였다. 조직병리학적으로 간에서는 PA+IR Group에서 핵의 응집, 세포질의 팽창 등이 소폭 감소된 것이 관찰되었으며, 소장움세포의 피해에 따른 융모길이 변화에서도 유의하게 피해가 감소($p<0.01$)하는 것으로 나타났다. 위의 결과를 토대로 아보카도 껍질추출물은 방사선 조사에 따른 혈구 및 주요 장기의 피해를 감소시킬 수 있는 방사선방호제 역할을 기대할 수 있다.

중심단어: 방사선방호, 아보카도, 항산화, 방사선조사, 간, 융모길이

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	김장오	인제대학교 재난관리학과	박사수료
(공동저자)	신지혜	인제대학교 재난관리학과	석사
	정도영	인제대학교 재난관리학과	박사
	전찬희	인제대학교 재난관리학과	석사과정
	이지은	인제대학교 재난관리학과	석사과정
	이윤지	인제대학교 재난관리학과	석사과정
(교신저자)	민병인	인제대학교 원자력응용공학부	교수