

건조 방법 및 감마선 조사에 따른 감초의 미생물 저감효과 및 유효성분 변화

김준희¹, 강병만², 김준용¹, 김류담¹, 황현철¹, 이재웅^{3*}

¹한국한의약진흥원 한약재육성팀, 주임연구원, ²책임연구원, ³선임연구원

Changes of Microorganisms and Active Compounds in Glycyrrhizae Radix as Affected by Drying Method and Gamma Ray Treatments

Joon-Hee Kim¹, Byoung-Man Kang², Jun Yong Kim¹, Ryu-Dam Kim¹,
Hyun Chul Hwang¹ and Jae-Woong Lee^{3*}

¹Researcher, ²Senior Researcher and ³Associate Researcher, Medicinal Herb Research Team,
National Development Institute of Korean Medicine, Jangheung 59338, Korea

Abstract - Glycyrrhizae Radix is an herbal medicine vulnerable to fungi. So there are regulations on mycotoxins. Therefore, in this study, the affect of various drying methods and additional gamma irradiation (10 kGy) was studied to suppress the microbial generation of Glycyrrhizae Radix. As a result of detecting and comparing microorganisms using the dry film method for samples prepared by each of natural, hot air, freezing, microwave drying and gamma irradiation, the affect of reducing microorganisms by microwave drying and gamma irradiation was confirmed. There was no statistically significant change in the content of the active compounds between the treatment groups.

Key words - Gamma irradiation, Glycyrrhizae Radix, Glycyrrhizin, Licoritin, Microorganism reduction

서 언

감초는 콩과에 속하는 다년생 초본으로 예로부터 진해(鎮咳), 해독(解毒), 거담(祛痰), 이뇨(利尿) 작용 등을 치료하기 위해 한방에서 널리 사용되어 왔으며(Lee *et al.*, 2010), 감초(*Glycyrrhiza uralensis* Fischer), 광과 감초(*Glycyrrhiza glabra* Linné), 창과 감초(*Glycyrrhiza inflata* Batal)의 뿌리 및 뿌리 줄기로서 그대로 또는 주피를 제거한 것을 한약재로 이용한다(Ministry of Food and Drug Safety, 2019). 감초의 주요성분으로는 triterpenoid saponin 계통인 glycyrrhizin으로 감초 뿌리에 3~5% 정도 함유되어 있으며, 항알레르기, 항산화, 항염증, 항바이러스, 항암 등과 같은 생리 활성을 가지고 있으며, Flavonoid 계통의 성분인 liquiritigenin, liquiritin, glycyrrin, licoricidin, licoricone 등은 항염증, 항암 등 다양한 효능이 보

고되었으며, 특히 항산화와 깊은 관련성을 있으며, Isoflavonoid 계통의 성분으로는 glabridin, glabrene 등이 있고, phenol 계통인 glycyrcoumarin, licopyranocoumarin과 coumarin 계통인 herniarin과 umbelliferone이 함유되어 있는 것으로 알려져 있다(Kim *et al.*, 2021; Lee *et al.*, 2019). 감초는 당도가 높고 전분이 풍부한 한약재로 곰팡이 생성이 용이하여, 생약의 곰팡이독소 규제 기준이 있는 품목 중 하나로, 가공 및 저장, 유통에서 일반 세균, 진균류 등 미생물에 의한 오염 가능성이 매우 높다(Ministry of Food and Drug Safety, 2010). 진균류의 곰팡이는 동물이나 사람에게서 많은 질병을 유발하는 일련의 이차 대사물을 생성하는데, 이를 통틀어 곰팡이독소라고 하며, 사람이나 동물에게 곰팡이 중독을 일으킨다. 대표적인 곰팡이 독소인 아플라톡신은 자연발생적으로 생성되는 곰팡이독소 중 가장 강력한 간암 유발물질로, 간암 발생과 유해성에 관한 상관관계는 이미 밝혀진 바 있다(Cho *et al.*, 2007; Choi *et al.*, 2011). 아직까지 감초 건조 방법 및 감마선 조사에 따른 미생물 저감화에 대해

*교신저자: E-mail lee0210@nikom.or.kr

Tel. +82-44-202-2591

여 연구된 바 없지만, 감마선 조사는 식품의 저장, 유통을 위해 사용되어 온 화학 훈증제의 사용 금지에 따른 대체 방법으로 각광받고 있으며, 식품의 보존성 향상과 살균, 살충, 저장성 유지를 위해 활용되고 있다(Ministry of Food and Drug Safety, 2015). 식품의 방사선 조사 식품의 건전성에 관해서는 조사식품 공동전문위원회(FAO/IAEA/WHO Expert Committee on the Wholesomeness of Irradiated Foods, JECFI)의 종합평가에서 “평균 10kGy 이하로 조사된 모든 식품은 독성학적으로 안전하며, 영양학적으로도 안전하다”고 결론지어졌고(WHO, 1981), 1992년 WHO에서는 국제소비자연맹(IOCU)의 대표단과 식품조사를 반대하는 식품과학 및 식품화학 전공 교수들의 참여하에 회의를 개최한 결과, 조사식품의 안정성을 재확인하면서 식품을 제조 관리 수칙에 따라 방사선을 조사할 경우 인간의 건강을 해치는 어떠한 성분 변화나 이물질이 생성되지 않으며 미생물학적 위험성을 증가시키지 않는다고 발표하였다(Daferstein, 1992). 또한, 감마선 조사 기술은 잔류독성이 전혀 없고 식품 원래의 품질을 유지하면서 여러 가지 긍정적인 효과가 보고된 바 있으며(Lee *et al.*, 2010), 한약재의 감마선 조사는 항산화 활성 변화에도 큰 영향을 주지 않으며 장기저장을 위해 유용하게 이용될 수 있다(Park *et al.*, 2017). 현재 여러 국가에서 위생과 관련된 내열성균을 다량 함유한 후추, 고추 등의 다양한 분말 형태의 향신료 살균에 상업적으로 적용되고 있다(Kim *et al.*, 2009). 우리나라에서는 식품의 보존성 향상과 안전성 확보를 위해 감마선 조사 처리를 26개 품목만을 허용하고 있어(Ministry of Food and Drug Safety, 2015), 감초 등 한약재에 대한 연구 및 기술 개발이 미비한 실정이다. 이에 본 연구에서는 감초의 취약한 진균 등 미생물을 저감화시킬 수 있는 건조 방법 및 감마선 조사의 효과를 실험하여, 가공 및 저장, 유통의 위생화 기술 개발을 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 시료는 전라남도 장흥군에 위치한 한국한의약진흥원 한약자원개발본부에서 재배하고 있는 감초(*G. uralensis*)를 사용하였다. 수확한 감초는 세척 후 절단하여 300 g씩 나눠서 4가지 건조 방법으로 건조를 진행하였다. 열풍건조는 JEIO TECH 사의 ON-22GW에서 40°C에서 60시간 건조하였고, 마이크로웨이브 건조는 DAEWOO 사의 TMW-110EK를 이용하여 건조 시간을 15초 간격으로 조절하면서 시료를 뒤집어 주며

1시간을 건조하였다. 동결건조는 ILSHIN 사의 LYOPH-PRIDE 20R를 이용하여 -70°C에서 48시간 건조하였다. 자연(상온)건조의 경우 건조망을 이용해서 실온이 25°C 유지되는 실내에서 120시간 건조하였다. 건조 시료 중 일부는 감마선 조사를 진행하였다. 감마선 조사는 (주)쇼야그린텍에 의뢰하였고, 감마선 조사는 MDS-Nordion사의 JS-10000를 이용하였고, 선원은 Co-60 시설을 이용하여 실온에서 5시간 10 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 처리가 완료된 시료를 미생물 검출 및 유효성분 분석에 이용하였다.

미생물(일반 세균, 진균) 검출

미생물 검출은 일반 세균/진균 검출할 수 있는 3M사의 Petri-film (Aerobic/Yeast and Mold Count Plates, 3M, USA)를 이용하여 검출하였다. 멸균된 클린벤치(JSCB-1800SB, JSR, Korea)에서 감초 10 g를 정밀하게 달아 멸균증류수에 10^{-1} ~ 10^{-4} 으로 희석하여 1 mL를 Petrifilm의 중앙에 떨어뜨린 후 누름판을 이용하여 도포한 후 일반 세균(Aerobic)은 35°C, 48시간, 진균(Yeast and Mold)은 25°C, 120시간 배양기(HB-130M, Hanbaek, Korea)에서 배양하였다.

유효성분 분석

기기 및 시약

표준품으로 사용된 Glycyrrhizin, Liquiritin 은 Wako (Osaka, Japan)에서 구입하였다. 정량분석용 이동상에 사용된 용매인 Water, Acetic acid, Acetonitrile (ACN)은 HPLC grade의 J.T. Baker (Phillipsburg, New Jersey, USA) 사의 제품을 사용하였다. 성분분석에 사용된 HPLC는 Agilent 1290(Agilent Technologies, Santa Clara, California, USA) 사의 HPLC 1200을 사용하였다. 시료의 분쇄는 MM200 mixer mill (RETSCH, Dusseldorf, Germany)를 사용하였다.

분석 조건

감초 유효성분인 Glycyrrhizin과 Liquiritin의 함량 분석을 위해 Seo *et al.* (2014)의 포제(炮製)에 따른 감초 중 Liquiritin, Glycyrrhizin 및 Glycyrrhetic acid의 함량분석 방법을 이용하여 Table 1의 조건에 따라 HPLC를 이용하여 분석하였다. 유효성분은 5개의 농도(5, 10, 50, 100, 500 $\mu\text{g/mL}$)를 사용하여, 검량선을 구하였으며, 시료의 면적비를 검량선에 대입하여 성분 함량을 계산하였다.

Table 1. HPLC condition for quantitative analysis

Item	Condition
Detector (nm)	254(glycyrrhizin), 275(liquiritin)
Column	Gminin C18 (5 μ m, 4.6 \times 250 mm)
Column oven (°C)	40
Flow rate (mL/min)	1.0
Injection volume (μ L)	10.0
Mobile phase	A : 1.0% acetic acid in water B : 1.0% acetic acid in acetonitrile 0-20 min, 15-40% B, 20-40 min, 40-55% B, 40-45 min, 55-100% B, 45-50 min, 100% B, 50-55 min, 100-15% B

표준액 및 검액 조제

Glycyrrhizin, Liquiritin 표준품에 대한 표준용액은 무게를 정확하게 측정하고 후 메탄올로 녹여 모두 1.0 mg/mL의 농도로 조제한 후 4°C에 보관하면서 사용 전에 희석하여 사용하였다. 검액은 감초 분말 약 200 mg을 정밀하게 달아 70% 에탄올을 넣어 20 mL로 한 후 60분간 초음파 추출한 후 0.2 μ m syringe filter (SmartPor, Woongki Science, Seoul, Korea)로 여과하여 검액으로 하였다.

결 과

미생물(일반 세균, 진균) 검출

일반 세균 검출

감초의 건조 시료와 감마선 처리 시료의 일반 세균 배양 결과는 다음과 같다. 열풍건조의 경우 일반 세균은 800 CFU/g 검출되었고, 마이크로웨이브 건조는 0 CFU/g, 동결건조의 경우 500 CFU/g, 자연건조는 6,500 CFU/g 검출되었다. 마이크로웨이브 건조를 제외하고는 자연건조, 열풍건조, 동결건조 순으로 일반 세균이 다량 검출되었다. 마이크로웨이브 건조의 경우 일반 세균이 사멸의 효과를 확인하였으며, 가장 일반적으로 사용하는 자연건조의 경우에는 다른 건조 방법과 비교하여 월등히 높은 일반 세균이 검출되었다. 4가지 건조 방법으로 건조된 감초 시료를 10 kGy 감마선을 조사한 결과, 모든 건조 시료에서 일반 세균이 사멸한 것을 확인하였다. 자연건조의 경우 한약재를 장기 보관하는 것은 부적합할 것으로 판단되며, 다른 건조 방법도

Table 2. Effect of aerobic bacteria on simple drying and additional gamma irradiation

Drying method	Simple drying sample (CFU/g)	Gamma-irradiated sample (CFU/g)
Hot air drying	800	0
Microwave drying	0	0
Freeze drying	500	0
Natural drying	6,500	0

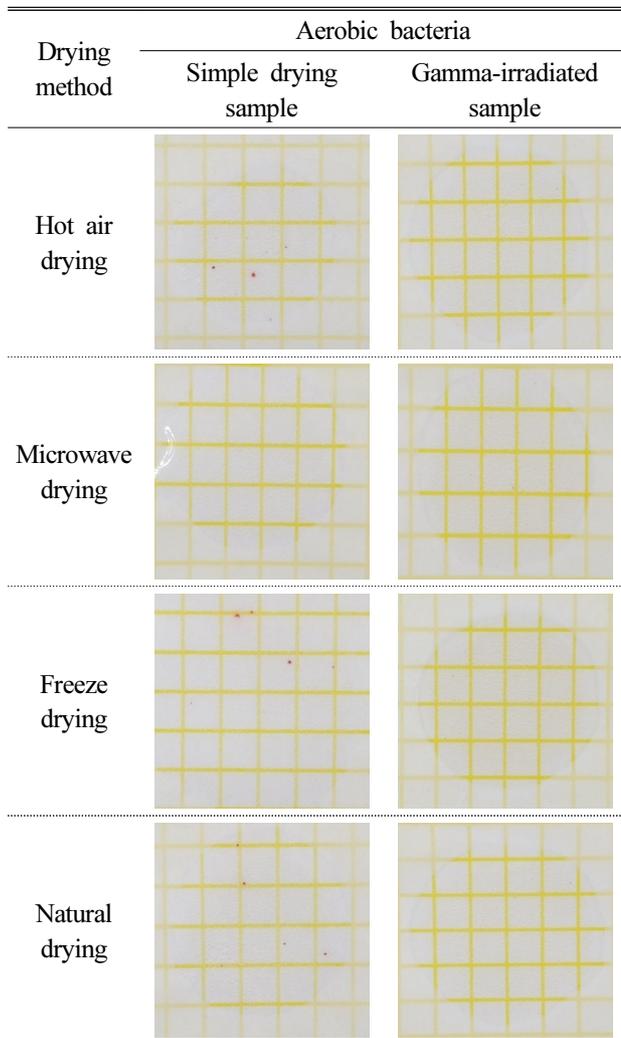


Fig. 1. Formation of aerobic bacteria colonies by simple drying and additional gamma irradiation.

포장 및 저장 과정에서 외부에 노출될 경우가 생길 수 있기 때문에, 건조된 한약재를 포장한 후 감마선 처리를 하여서 보관하는 것이 안전한 한약재를 소비자에게 공급하는 방법이 될 것으로 판단된다(Table 2, 또는 Fig. 1).

진균(효모, 곰팡이) 검출

감초의 건조 시료와 감마선 처리 시료의 진균 배양 결과는 다음과 같다. 열풍건조의 경우 총 진균은 450 CFU/g 검출되었고, 그중 yeast는 350 CFU/g, mold는 100 CFU/g 검출되었고, 마이

Table 3. Effect of fungi (yeast and mold) on simple drying and additional gamma irradiation

Drying method	Simple drying sample (CFU/g)	Gamma-irradiated sample (CFU/g)
Hot air drying	450(350,100)	0
Microwave drying	0	0
Freeze drying	250(250,0)	0
Natural drying	1,050(400,650)	0

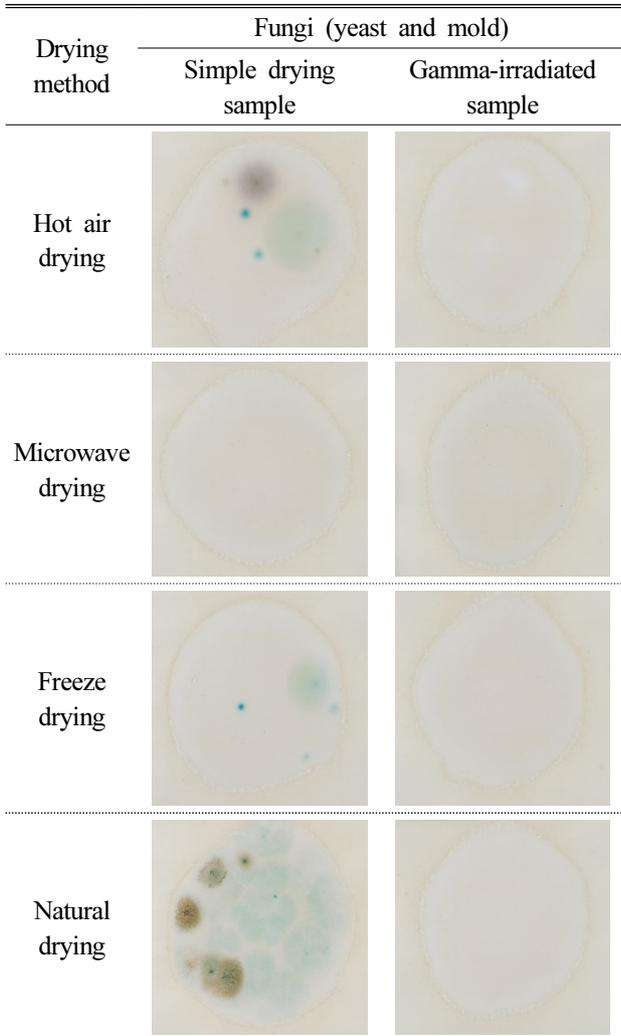


Fig. 2. Formation of fungi colonies by simple drying and additional gamma irradiation.

크로웨이브 건조에서는 진균이 검출되지 않았다. 열풍건조의 경우 총 진균 250 CFU/g 검출되었고, 그중 yeast 250 CFU/g, mold는 검출되지 않았다. 자연건조의 경우 총 진균1,050 CFU/g 검출되었고, 그중 yeast 400 CFU/g, mold 650 CFU/g 검출되었다. 마이크로웨이브 건조를 제외하고는 자연건조, 열풍건조, 동결건조 순으로 진균이 다량 검출되었다. 마이크로웨이브 건조의 경우 진균의 사멸의 효과를 확인하였고, 가장 일반적으로 사용되는 자연건조의 경우에는 다른 건조 방법과 비교하여 월등히 높은 진균이 검출되었다. 4가지 건조 방법으로 건조된 감초 시료를 10 kGy 감마선을 조사한 결과, 모든 건조 시료에서 진균이 사멸한 것을 확인하였다. 감초의 경우 진균류의 곰팡이 발생으로 생기는 곰팡이 독소에 대하여 규제가 있는, 곰팡이의 취약한 한약재 중 하나이다. 소량이라도 이미 진균이 검출된 것은 향후 곰팡이 발생은 피할 수 없다. 또한 진균이 검출되지 않은 마이크로웨이브 건조의 경우에도 포장 및 저장 과정에서 공기 중의 진균에 노출될 경우가 생길 수 있기 때문에 마이크로웨이브 건조도 안전한 방법은 아니라고 판단된다. 곰팡이 독소는 곰팡이균이 사멸한 후에도 잔류하기 때문에, 감마선 처리로 곰팡이 독소를 저감화하는 것보다 한약재를 가공 및 포장한 다음 감마선 조사를 통해 진균을 사멸시킨 후 저장하여 유통하는 방법이 가장 효율적이고 안전한 한약재를 소비자에게 공급하는 방법이 될 것으로 판단된다(Table 3, 또는 Fig. 2).

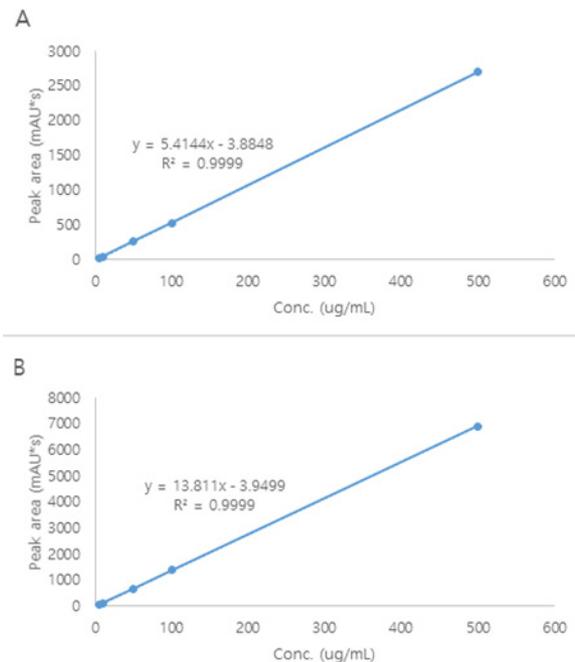


Fig. 3. Calibration curve of glycyrrhizin (A) and liquiritin (B).

유효성분 분석

분석 조건 및 표준곡선

Glycyrrhizin 표준품을 5개의 농도(5, 10, 50, 100, 500 $\mu\text{g}/\text{mL}$) 별로 3회 반복 분석하여 검량선 및 직선성의 결정 계수(R^2)를 계산해본 결과 5~500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 범위에서 결정 계수가 0.9999 이상인 직선성을 확보할 수 있었다(Fig. 3). Liquiritin 표준품을 5개의 농도(5, 10, 50, 100, 500 $\mu\text{g}/\text{mL}$) 별로 3회 반복 분석하여 검량선 및 직선성의 결정 계수(R^2)를 계산해본 결과 5~500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 범위에서 결정 계수가 0.9999이상인 직선성을 확보할 수 있었다(Fig. 3). 두 성분 모두 농도 범위 5 ~ 500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 사이의 직선성은 모두 결정 계수가 0.9999 이상이었다.

건조 방법 및 감마선 처리에 따른 감초의 성분 함량 변화 감초의 건조 시료와 감마선 처리 시료의 유효성분 분석 결과는 다음과 같다(Table 4). Glycyrrhizin 함량의 경우 열풍건조는 13.27 mg/g에서 감마선 처리 후 13.28 mg/g 검출되었고, 마이크로웨이브 건조는 12.91 mg/g에서 감마선 처리 후 13.02 mg/g, 동결건조는 13.18 mg/g에서 감마선 처리 후 13.16 mg/g, 자연건조는 13.15 mg/g에서 감마선 처리 후 13.1mg/g 검출되었다(Fig. 4). Liquiritin 함량의 경우 열풍건조는 2.92 mg/g에서 감마선 처리 후 2.99 mg/g 검출되었고, 마이크로웨이브 건조는 3.14 mg/g에서 감마선 처리 후 3.13 mg/g, 동결건조는 3.02 mg/g에서 감마선 처리 후 3.03 mg/g, 자연건조의 경우 3.03 mg/g에서 3.00 mg/g 검출되었다(Fig.

Table 4. Change of active components by simple drying and additional gamma irradiation

Drying method	Irradiation dose (kGy)	Glycyrrhizin (mg/g)	Liquiritin (mg/g)
Hot air drying	0	13.27±0.02	2.92±0.03
	10	13.28±0.02	2.99±0.02
Microwave drying	0	12.91±0.02	3.14±0.02
	10	13.02±0.02	3.13±0.01
Freeze drying	0	13.18±0.01	3.02±0.01
	10	13.16±0.03	3.03±0.01
Natural drying	0	13.15±0.01	3.03±0.01
	10	13.12±0.02	3.00±0.01

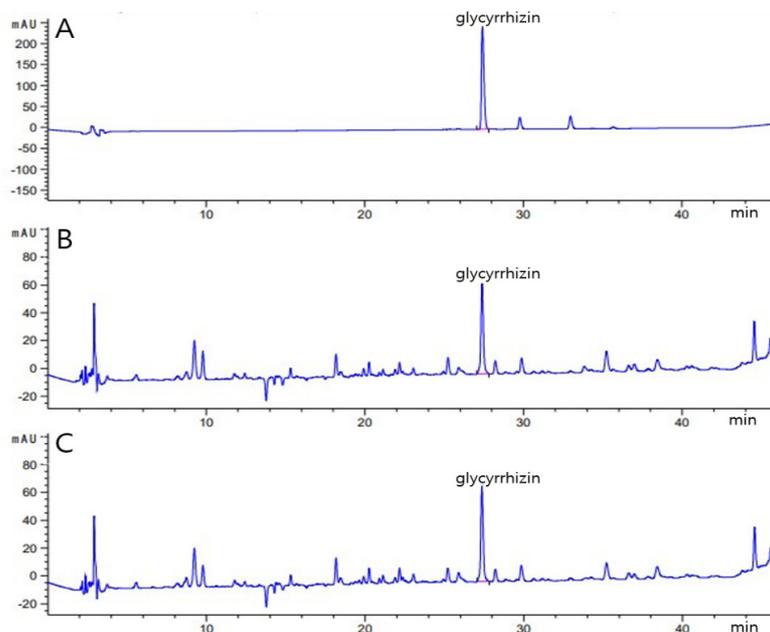


Fig. 4. HPLC chromatograms of standard compounds (glycyrrhizin) (A), microwave drying (B), microwave drying and gamma-irradiation (C).

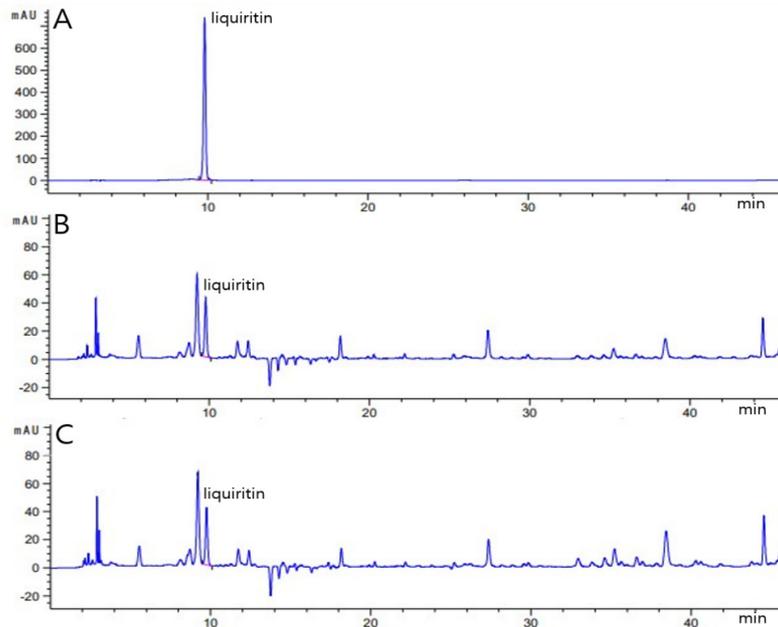


Fig. 5. HPLC chromatograms of standard compounds (liquiritin) (A), microwave drying (B), microwave drying and gamma-irradiation (C).

5). 건조 방법 및 감마선 조사의 따른 성분 함량의 유의성 검정을 위하여 Microsoft 사의 Excel 통계프로그램을 이용하였다. t-검정:쌍체비교 분석 결과 감초의 유효성분인 Glycyrrhizin과 Liquiritin은 건조 방법 및 감마선 조사에 따른 함량의 변화는 통계적으로 유의성 있는 수치 변화는 나타나지 않았다.

고 찰

한약재를 보관하는데 가장 중요한 것은 미생물의 발생과 번식을 막는 것이다. 본 연구는 감초에서 발생하기 쉬운 진균 등 미생물을 저감 시킬 수 있는 건조 방법 및 감마선 조사의 효과를 확인하여, 가공 및 저장, 유통의 위생화 기술 개발을 위한 기초 자료로 이용하기 위하여 실행되었다. 감초를 다양한 방법으로 건조 후 일반 세균과 진균의 발생을 확인한 결과, 마이크로웨이브 건조를 제외한 건조 방법에서는 미생물이 검출되었으며, 자연건조의 경우 다른 건조 방법보다 월등하게 많은 양의 미생물이 검출되었다. 미생물 번식을 막기 위해서는 빠르게 수분을 제거해야 하지만 자연건조의 경우 건조 시간도 다른 건조 방법에 비하여 오래 걸리고, 외부환경에 많이 노출되어 있었기 때문에 판단된다. 그러나 설비 가격 등의 문제로 인해 동결건조나 마이크로웨이브 건조보다 열풍건조, 자연건조를 주로 이용하고 있는 상황이며, 미생물 저감화를 위하여 마이크로웨이브 건조

나 동결건조를 하더라도 건조 후 포장하는 과정에서 외부 미생물에 노출될 가능성이 있으며, 보관하는 과정에서 미생물이 다시 번식할 여지가 있다. 이에, 유해균의 사멸에 효과적인 감마선 조사를 이용하여 감초에 발생한 미생물 억제효과를 확인하였으며, 한약재로 사용 가능 여부를 확인하고자 감마선 조사에 따른 성분의 변화를 분석하였다. 다양한 조건으로 건조한 감초를 감마선 조사 처리하였을 때 미생물이 모두 사멸한 것을 확인하였으며, 감마선 조사의 경우 건조 및 포장한 후 감마선 처리를 하므로 내용물인 한약재와 포장 속까지 멸균처리가 되어, 향후 장기 보관하는 과정에서도 미생물이 다시 번식할 가능성이 없어, 자연건조 및 열풍건조에도 적용할 수 있다. 또한 건조 방법 및 감마선 처리 시료에 대해서 성분 분석을 진행한 결과 유의적인 성분의 변화는 관측되지 않았지만, 감마선 조사한 감초를 한약재로 사용하기 위해서는 추가적인 안전성 및 유효성에 대한 연구가 필요하다고 판단된다. 그리고 진균류의 곰팡이가 발생한 후 생기는 2차 산물인 곰팡이 독소는 강력한 발암물질이며, 열에 안정하여 가공 처리 후에도 존재하는 경우가 많고, 감마선 조사로 저감화 시킬 수 있지만 완벽한 제거가 어렵다(Kwon *et al.*, 2019; Nam *et al.*, 2010). 그래서 초기에 곰팡이 발생을 억제하는 것이 중요한데 감초, 결정자, 반하 등 곰팡이 독소 규제가 있는 한약재의 경우 감마선 조사가 허용된다면 초기에 곰팡이의 발생을 억제하여 곰팡이 독소 잔류의 위험이 없는 안전한

한약재를 소비자에게 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

적 요

감초의 건조 방법 및 감마선 조사를 이용하여 미생물 저감화 효과를 확인하였다. 또한 감마선 조사 때문에 성분 변화가 있는지 확인하기 위해서 HPLC를 이용하여 유효성분인 Glycyrrhizin, Liquiritin의 성분 변화를 확인하였다. 건조 방법으로는 마이크로웨이브 건조, 동결건조, 열풍건조, 자연건조 순으로 미생물 저감화에 효과적이었고, 감마선 조사 후에는 모든 건조 시료에서 미생물이 사멸되었음을 확인하였으며, 감마선 조사에 따른 유효성분 함량의 수치 변화는 있었으나 통계적으로 유의성이 없게 나타났다.

Conflicts of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

References

- Cho, S.Y., I.H. Kang, Y.H. Shim, D.H. Yang, S.W. Oh, B.H. Lee, S.Y. Hyeon, S.Y. Chang, C.S. Jeong, Y.S. Lee, Y.S. Kim and S.J. Kang. 2007. Contamination and detoxification of aflatoxins. Korean J. Pharmacogn 38(3):205-216 (in Korean).
- Choi, H.J., T.J. An, Y.S. Ahn, C.B. Park, J.I. Kim, H. Yang, S.H. Park, K.H. Do and Y. Moon. 2011. Safety evaluation from aflatoxin risk of Korean *Angelicae gigantis Radix* based on critical control points. Korean J. Medicinal Crop Sci. 19(1):47-53 (in Korean).
- Daferstein, F.K. 1992. Food irradiation, The position of the world health organization. 36th General Conference of the International Atomic Energy Agency, Scientific session, Austria.
- Kim, M., M. Kang, J. Lee, K.H. Leem, H.J. An, J.S. Jin, J.H. Lee, J. Chang, S. Seong and W. Kim. 2021. Antioxidant activity and cytotoxicity against human cancer cells of *Glycyrrhiza* new varieties : A comparison with *Glycyrrhiza* official compendia. Korean J. Herbol. 36(3):15-24 (in Korean).
- Kim, S.I., J.N. Park, W.J. Cho, B.S. Song, J.H. Kim, M.W. Byun, H.S. Lee and J.W. Lee. 2009. Microbiological and sensory qualities of *Musaengchae* (radish salad) with gamma-irradiated red pepper powder added prior to storage. Korean J. Food Preserv. 16:160-165 (in Korean).
- Kwon, Y.O., Y.J. Ryu, N.Y. Seo, S.G. Namkoong and G.M. Yoon. 2019. A survey on the contamination of mycotoxins of agricultural products and processed foods. The Report of Chungcheongbuk-do Research Institute of Health & Environment 20:80-110 (in Korean).
- Lee, J.R., M.J. Jo, S.M. Park, S.C. Kim and S.J. Park. 2010. Establishment of UPLC method for analysis of liquiritigenin and studies on the processing of licorice for enhancement of liquiritigenin content. Korean J. Oriental Medical Prescription 18:145-154 (in Korean).
- Lee, K.W., J.I. Kim, S.Y. Lee, K.M. Choi, Y.T. Oh and J.W. Jeong. 2019. Induction of apoptosis by water extract of *Glycyrrhizae radix* in human bladder T24 cancer cells. Korean J. Plant Res. 32(4):255-263 (in Korean).
- Ministry of Food and Drug Safety. 2010. Manual of mycotoxin test method of herbal medicine. Korea.
- _____. 2015. Guidelines for analysis of irradiated food III. Korea.
- _____. 2019. The Korean pharmacopoeia twelfth edition. Korea.
- Nam, B.R., K. Kim, H.J. Ryu, M. Nam, W.B. Shin, Y. Yoon, J.H. Kim, J.W. Lee, M.W. Byun and D.H. Chung. 2010. Influence of gamma-irradiation on the growth of *Aspergillus* spp. on feeds for ensuring feed safety. Korean J. Food Sci. Technol. 42(3):317-322 (in Korean).
- Park, H.J., E.J. Hong, S.H. Hong and Y.J. Cho. 2017. Comparison of anti-oxidative activities of gamma-irradiated *Aralia continentalis* extracts for long-term storage of oriental medicine. J Korean Soc. Food Sci. Nutr. 46(1):46-55 (in Korean).
- Seo, C.S., J.H. Kim, H.K. Shin, S.Y. Hwang and B.S. Kim. 2014. Quantitative analysis of the marker components in *Glycyrrhizae Radix et rhizoma* by processing method. Journal of Haehwa Medicine 23(1):93-104 (in Korean).
- WHO. 1981. Wholesomeness of Irradiated Food. Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee on the Wholesomeness of Irradiated Food Technical Report Series 659, Switzerland.

(Received 15 February 2022 ; Revised 6 April 2022 ; Accepted 11 May 2022)