



국내 유통중인 약용작물의 생물학적 위해요소 모니터링

이영섭* · 이상원* · 김연복* · 김옥태* · 박경훈* · 이재원* · 이대영* · 김금숙* · 권동렬** · 한신희*†

*농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부, **원광대학교 약학대학 한약학과

Monitoring of Biological Hazards in Herbal Crops from Korean Market

Young Seob Lee*, Sang Won Lee*, Yeon Bok Kim*, Ok Tae Kim*, Kyeong Hun Park*, Jae Won Lee*,
Dae Young Lee*, Geum Soog Kim*, Dong Yeul Kwon** and Sin Hee Han*†

*Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

**Department of Oriental Pharmacy, College of Pharmacy, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea.

ABSTRACT

Background: The public has increasing concerns about herbal crops owing to insufficient information on biological hazards such as foodborne pathogens. Therefore, the objective of this study is the development of a herbal crop quality control system through monitoring with biological hazard analysis. Today, it is estimated that millions of people become ill every year from food contamination. The public demands agricultural products of stable and consistent quality. Governments have the responsibility of establishing the standards, legislation and enforcement programs necessary to control food quality and safety. However, research on the biosafety of herbal crop products is still insufficient. Therefore, the implementation of monitoring systems with high standards is critical for public safety.

Methods and Results: In this study, we collected 52 samples of herbal crop products, and conducted both quantitative and qualitative biological hazard analysis. With biological hazard analysis, aerobic bacteria, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, Coliforms, and *Listeria* spp. could be detected.

Conclusions: Herbal crops were found to be contaminated with aerobic bacteria at 3.69 ± 0.32 log CFU/g. *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, Coliforms, and *Listeria* spp. were not detected in any of the samples. This research suggests that continuous monitoring of biological hazards is required to improve the quality of herbal crops.

Key Words: Biological Hazard Analysis, Food Safety, Herbal crops, Natural Product

서 언

2015년 통계청에서 발표한 “2014년 사망원인통계”에 따르면, 우리나라 국민의 사망원인 중 47.7%를 차지하고 있는 3대 사인은 악성신생물(암), 뇌혈관 질환, 심장질환 순이며, 이러한 질병의 발생과 진행에 선진국형 경제사회적 구조에 의한 식생활의 변화, 환경오염 그리고 스트레스 등과 같은 생활 양식의 변화에 큰 영향이 있으므로, 오늘날 성인병 내지 생활 습관병으로 부른다 (Sung *et al.*, 2004; Han *et al.*, 2006; Ryu *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2014a). 우리나라는 의료수준향

상으로 평균수명이 증가하고 고령화 사회로 변화하면서, 과거와는 다르게 물질만능주의에서 개인의 건강을 더 중시하는 웰빙 (well being)이 시대적 트렌드로 부상하고 있으며, 치료의 개념이 더해진 힐빙 (heal being)으로 점차 확대되고 있다 (Lee, 2013; Lee *et al.*, 2014b). 힐빙의 주역으로 주목받고 있는 약용식물은 식약동원 (食藥同源)의 개념과 함께 식의약 소재로 발전되어왔으며, 최근에는 차, 음료수 또는 간편한 식사대용품과 함께 과학적 근거를 통한 천연물신약으로서 새로운 가치를 인정받고 있다 (Lee, 2013; Park *et al.*, 2012, 2015).

†Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5545 (E-mail) herbman@Korea.kr

Received 2016 February 2 / 1st Revised 2016 February 29 / 2nd Revised 2016 March 10 / 3rd Revised 2016 March 21 / Accepted 2016 March 29
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

그러나 일정기간 보관되었다가 한약재 등으로 공급되는 약용작물은 성상, 순도, 유효성분 등의 품질규격화 연구에만 초점이 맞추어져 왔으며, 재배, 수확 후 저장, 가공, 포장, 유통 등의 과정에서 비의도적으로 발생할 수 있는 미생물에 의한 품질하락에 대해서는 아직 연구가 미진한 실정이다 (Kim, 2006; Park *et al.*, 2012). 특히 농식품은 수확 후 흙이 묻어 있는 상태로 보관 또는 유통될 수 있으며, 건조가 제대로 안되거나 수분이 다시 흡수될 경우에는 주변 환경을 통한 오염 가능성이 매우 높다 (Choi *et al.*, 2000; Park *et al.*, 2012).

우리 주변 환경에서 흔히 존재하는 식중독균인 황색포도상구균 (*Staphylococcus aureus*)의 경우, 80°C에서 30분간 가열하면 사멸되기 때문에 탕제나 가공 후 사용되는 약용작물은 미생물에 대하여 안전하다고 오인될 수 있으나, 황색포도상구균이 생산한 장독소 (enterotoxin)는 100°C에서 30분간 가열하더라도 파괴되지 않고 건조, 냉장, 냉동, 상온 등의 대부분의 유통 조건에서 안정하며 방사선에 의해서도 잘 파괴되지 않는다 (Hwang *et al.*, 2010; Oh and Kim, 2013; Ryu and Lee, 2011). 또한 황색포도상구균은 거의 모든 종류의 항생제에 광범위한 내성을 획득한 메티실린-내성 황색포도상구균 (Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*) 등의 슈퍼박테리아로 발달된 경우가 많으므로 품질관리에 신중을 기해야 할 것으로 사료되며, 미생물에 의한 품질저하는 약용작물에 대한 소비자의 신뢰를 하락시킬 수 있고 소비위축과 생산재배의 감소 등의 부정적인 영향을 초래할 수 있다 (Hwang *et al.*, 2010; KFDA, 2010; Kim and Park, 2015). 또한 지구 온난화 등의 기후변화에 따라 농작물에 고온 및 염류장에 발생으로 인한 생산량과 품질이 크게 변화할 가능성이 있으므로 품질하락이 발생되지 않도록 보관조건에 따른 분석연구가 필요하며 품질을 관리하고 향상시키기 위해서는 각 생산 단계별 품질관리를 위한 별도의 기술개발이 시급히 요구된다 (Jo *et al.*, 2014).

그러므로 본 연구에서는 약용작물 품질향상기술개발을 위하여 2013년부터 2015년까지 시중에 한약규격품으로 유통 중인 한약재를 선별하여 세균수 측정을 통한 품질 모니터링을 실시하고 세균을 분리 및 동정하여 안전한 식의약소재로 개발하기 위한 기초자료를 확보하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 전처리

실험에 사용된 약용작물은 국내에서 판매되는 한약규격품을 유통구조와 경제성을 고려하여 제약회사를 구분하지 않고 한국생약협회 및 서울 경동시장 등에서 한약규격품으로 구입하여 사용하였다. 즉, 일반 소비자가 구입하는 방법과 최대한 동일하게 원산지로서 생산국가에 대해서만 구분하였고 생산자나 유통업자, 제조회사에 대한 조사는 있었으나 농가보호차원에

서 이번 연구에서는 공개하지 않았다. 따라서 원산지별 구분은 총 52품목 중 국산이 12품목, 중국산 37품목, 기타 3품목이며, 식물부위별 구분은 aerial part (지상부), leaf, whole pant (전초) 각 2품목, seed 5품목, bark 4품목, fruit 10품목, fruit pell, spike, flower, stem, stem 및 rhizome, tuber는 각 1품목으로서, 국립원예특작과학원 약용작물과 냉동고에 보관하면서 사용하였다. 구입된 모든 시료는 biosafety cabinet (Labconco Co., Kansas City, MO, USA)에서 무균적으로 처리되었으며, 모든 검체는 멸균한 시약스폰이나 멸균한 가위를 이용하였다.

2. 총호기성균 (Total aerobic bacteria) 정량분석

총호기성균의 정량분석은 petrifilm aerobic count plate (3M Co., St. Paul, MN, USA)를 사용하여 제조사에서 제공한 실험방법에 따라 수행하였다. 수집된 약용작물의 시료를 무균적으로 균질화한 뒤에 채취된 검체 25 g에 225 ml의 Buffered Peptone Water (BPW, KisanBio, Seoul, Korea)를 가하여 stomach (Daihan Scientific, Wonju, Korea)를 이용하여 2분간 균질화하였고 1 ml을 취하여 9 ml의 BPW를 사용하여 단계별로 10배 계열 희석하였다. BPW의 용량은 (시료의 무게 × 희석배수)-시료의 무게로 계산하였다. 이후, 각 단계의 희석액에서 1 ml씩을 3개의 plate에 무균적으로 분주하였고 37°C에서 28시간에서 48시간 배양 후 plate에 포함되어 있는 Triphenyl-Tetrazolium Chloride (TTC) 지시약에 의하여 산화환원 반응으로 생성된 붉은색 집락을 계수하였다. 또한 하나의 plate 위에 30-300개의 집락이 있는 plate만을 계수하였으며 시료로 사용된 약용작물 1g당 세균 집락 수 [Colony Forming Units (CFU)/g = plate 위에 형성된 평균 집락 수 시료의 희석 배수]로 계산하였다. 시료의 특성에 따라 수화 (liquefier)현상이 나타날 경우 petrifilm rapid aerobic count plate (3M Co., St. Paul, MN, USA)를 이용하여 24시간 배양 후 평균 집락 수를 계산하였다.

3. 대장균 및 대장균군 정량분석

대장균 (*Escherichia coli*) 및 대장균군 (Coliform)의 정량분석은 E. coli/Coliform count plate petrifilm (3M Co., St. Paul, MN, USA)를 사용하였다. 약용작물을 분쇄한 시료 25 g에 225 ml BPW를 가한 후 stomach를 이용하여 2분 동안 균질화 하였다. plate에 균질화한 시료 1 ml를 접종한 후 35°C에서 24시간 배양 후 plate에 포함되어 있는 TTC 지시약에 의하여 산화환원 반응으로 생성된 붉은색 집락 중 주위에 기포를 형성하고 있는 집락수를 계산하고, 그 평균 집락 수에 희석배수를 곱하여 대장균군의 개수를 산출하였고 24-48시간 배양한 후 plate에 포함되어 있는 5-Bromo-4-Chloro-3-Indoxyl-β-D-Glucuronide (BCIG) 지시약에 의하여 생성된 푸른 집락중

Table 1. The aerial parts of herbal crop for investigation of microorganism contamination.

| Medicinal part | Samples | | Country of origin | Official compendium | |
|------------------|-----------------------------|---|---|---------------------|-----|
| | Latin name | Scientific name | | | |
| Aerial part | Equiseti Herba | <i>Equisetum hyemale</i> | China | KHP ¹⁾ | |
| | Aloe | <i>Aloe barbadensis, Aloe ferox, Aloe africana, Aloe spicata</i> | Vietnam | KHP | |
| Leaf | Eriobotryae Folium | <i>Eriobotrya japonica</i> | China | KP ²⁾ | |
| | Mori Folium | <i>Morus alba, Morus bombycis</i> | Korea | KHP | |
| Seed | Dolichoris Semen | <i>Dolichos lablab</i> | China | KP | |
| | Arecae Semen | <i>Areca catechu</i> | Indonesia | KP | |
| | Coicis Semen | <i>Coix lacryma-jobi</i> | China | KP | |
| | Alpiniae Katsumadai Semen | <i>Alpinia katsumadai</i> | China | KP | |
| | Armeniaca Semen | <i>Prunus armeniaca, Prunus mandshurica, Prunus sibirica</i> | China | KP | |
| | Bark | Eucommiae Cortex | <i>Eucommia ulmoides</i> | China | KHP |
| Bark | Mori Radicis Cortex | <i>Morus alba</i> | China | KHP | |
| | Albizziae Cortex | <i>Albizia julibrissin</i> | China | KHP | |
| | Phellodendri Cortex | <i>Phellodendron amurense, Phellodendron chinense</i> | China | KP | |
| | Fruit | Vitidis Fructus | <i>Vitex rotundifolia, Vitex trifolia</i> | China | KP |
| Fruit | Chaenomelis Fructus | <i>Chaenomeles sinensis, Chaenomeles speciosa</i> | China | KHP | |
| | Amomi Fructus Rotundus | <i>Amomum kravanh, Amomum compactum</i> | Indonesia | KP | |
| | Amomi Fructus | <i>Amomum villosum</i> | China | KP | |
| | Corni Fructus | <i>Cornus officinalis</i> | Korea | KP | |
| | Forsythiae Fructus | <i>Forsythia viridissima, Forsythia suspensa</i> | China | KP | |
| | Arctii Fructus | <i>Arctium lappa</i> | China | KP | |
| | Ponciri Fructus Immaturus | <i>Poncirus trifoliata</i> | China | KP | |
| | Carthamus tinctorius fruit | <i>Carthamus tinctorius</i> | China | KHP | |
| | Xanthii Fructus | <i>Xanthium strumarium</i> | China | KP | |
| | Fruit peel | Citri Unshius Pericarpium | <i>Citrus unshiu, Citrus reticulata</i> | Korea | KP |
| | Spike | Prunellae Spica | <i>Prunella vulgaris</i> | China | KP |
| Flower | Chrysanthmi Flos | <i>Chrysanthemum indicum</i> | China | KHP | |
| Stem | Ephedrae Herba | <i>Ephedra sinica, Ephedra intermedia, Ephedra equisetina</i> | China | KP | |
| Stem and Rhizome | Sinomenii Caulis et Rhizoma | <i>Sinomenium acutum</i> | China | KP | |
| Tuber | Asparagi Tuber | <i>Asparagus cochinchinensis</i> | China | KP | |
| Whole plant | Houttuyniae Herba | <i>Houttuynia cordata</i> | China | KHP | |
| | Taraxaci Herba | <i>Taraxacum platycarpum, Taraxacum officinale, Taraxacum ongolicum, Taraxacum coreanum</i> | China | KHP | |

¹⁾KHP; Korean Herbal Pharmacopoeia, ²⁾KP; Korean Pharmacopoeia.

기포를 주위에 형성하고 있는 집락수를 계산하고 그 평균 집락수에 희석배수를 곱하여 대장균의 개수를 산출하였다.

4. 황색포도상구균 정량분석

황색포도상구균 (*Staphylococcus aureus*)의 정량분석은 Staph express count plates and disk (3M Co., St. Paul, MN, USA)를 사용하였다. 약용작물을 분쇄한 시료 25 g에 225 ml BPW를 가한 후 stomach를 이용하여 2분 동안 균질화 하였다. plate에 균질화한 시료 1 ml를 접종한 후 35°C에서 24시간 배양하였다. 배양 후 plate 위에 적자색 집락이 있을 경우, 황색포도상구균의 Deoxyribonuclease (DNase)생성을 확

인할 수 있는 디스크를 이용하여 다시 35°C에서 3시간 배양 후에 plate에 포함되어 있는 toluidine blue-O 지시약에 의하여 핑크색으로 변환된 집락을 계수하였다. 약용작물 1 g당 세균 집락 수 (CFU)/g = plate위에 형성된 평균집락 수 × 시료의 희석 배수로 계산하였다.

5. 살모넬라 정량분석

살모넬라 (*Salmonella* spp.)의 정량분석은 Salmonella express count plates and disk (3M Co., St. Paul, MN, USA)를 사용하였다. 약용작물을 분쇄한 시료 25 g에 225 ml BPW를 가한 후 stomach를 이용하여 2분 동안 균질화 하였다.

Table 2. The subterranean parts of herbal crop for investigation of microorganism contamination.

| Medicinal part | Samples | | Country of origin | Official compendium |
|------------------------------------|-------------------------------|---|--|---------------------|
| | Latin name | Scientific name | | |
| Rhizome | Rhei Undulatai Rhizoma | <i>Rheum undulatum</i> | China | KHP ¹⁾ |
| | Anemarrhenae Rhizoma | <i>Anemarrhena asphodeloides</i> | China | KP ²⁾ |
| | Alismatis Rhizoma | <i>Alisma orientale</i> | China | KP |
| | Cyperi Rhizoma | <i>Cyperus rotundus</i> | Korea | KP |
| Root | Euphorbiae Kansui Radix | <i>Euphorbia kansui</i> | China | KHP |
| | Sophorae Radix | <i>Sophora flavescens</i> | China | KP |
| | Trichosanthis Radix | <i>Trichosanthes kirilowii</i> , <i>Trichosanthes rosthornii</i> | Korea | KP |
| | Salviae Miltiorrhizae Radix | <i>Salvia miltiorrhiza</i> | Korea | KP |
| | Angelicae Gigantis Radix | <i>Angelica gigas</i> | Korea | KP |
| | Codonopsis Pilosulae Radix | <i>Codonopsis pilosula</i> , <i>Codonopsis tangshen</i> | China | KP |
| | Saposhnikoviae Radix | <i>Saposhnikovia divaricata</i> | Korea | KP |
| | Cynanchi Wilfordii Radix | <i>Cynanchum wilfordii</i> | Korea | KHP |
| | Angelicae Dahuricae Radix | <i>Angelica dahurica</i> | China | KP |
| | Clematidis Radix | <i>Clematis manshurica</i> , <i>Clematis hexapetala</i> , <i>Clematis chinensis</i> | China | KHP |
| | Adenophorae Remotiflori Radix | <i>Adenophora triphylla</i> , <i>Adenophora stricta</i> | China | KHP |
| | Rehmanniae Radix | <i>Rehmannia glutinosa</i> | Korea | KP |
| | Morindae Radix | <i>Morinda officinalis</i> | China | KP |
| | Polygoni Multiflori Radix | <i>Polygonum multiflorum</i> | Korea | KP |
| | Root and Rhizome | Osterici seu Notopterygii Radix et Rhizoma | <i>Ostericum koreanum</i> , <i>Notopterygium incisum</i> , <i>Notopterygium forbesii</i> | Korea |
| Asiasari Radix et Rhizoma | | <i>Asiasarum heterotropoides</i> , <i>Asiasarum sieboldii</i> | China | KP |
| Gentianae Scabrae Radix et Rhizoma | | <i>Gentiana scabra</i> , <i>Gentiana triflora</i> , <i>Gentiana manshurica</i> | China | KP |

¹⁾KHP; Korean Herbal Pharmacopoeia, ²⁾KP; Korean Pharmacopoeia.

plate에 균질화한 시료 1 ml를 접종한 후 35°C에서 24시간 배양 후 생성된 집락수를 계수하고 평균 집락 수에 희석배수를 곱하여 균수를 산출하였다. 또한 약용작물을 분쇄한 시료를 무균적으로 균질화한 뒤 25 g을 취해서 BPW 225 ml에 넣은 뒤 24시간 배양하였다. 선택배양은 증균 배양액 10 µl를 취해서 각 선택배지에 도말하고 18-24시간 배양하였다. 의심집락은 API test (bioMerieux, Marcy l'Etoile, France), Latex test (Oxoid Ltd., Basingstoke, Hampshire, England), PCR, 16s rRNA sequencing을 수행하여 동정하였다.

6. 리스테리아 및 대장균 O157의 정성 분석

약용작물에서 리스테리아 (*Listeria* spp.) 및 대장균 O157 존재여부를 확인하기 위하여 BioSign™ *Listeria* 및 BioSign™ *E. coli* O157 Kit (Princeton BioMeditech Co., Princeton, NJ, USA)를 이용하였다. 이들 키트는 1.7 × 10⁴/ml 이상 시 검출되며, 식품공전에 의한 검사법과 비교 시 sensitivity는 평균 91.8%, specificity는 평균 94.1%, accuracy는 평균 92.7%로

보고되어 있다 (Yu *et al.*, 2011).

리스테리아의 경우, 약용작물을 분쇄한 시료 25 g을 LEB (*Listeria* Enrichment Broth) 225 ml와 혼합한 후 30°C에서 48시간 동안 배양하였고, 배양액 0.1 ml를 10 ml의 Fraser배지에 첨가하여 35°C에서 24-48시간동안 다시 배양하였다. 배양 후 kit에 동봉된 점적기를 이용하여 배양액 2-3 방울 (약 100 µl) 점적한 다음 5-10분 사이에 결과를 판독하였으며, 양성인 경우는 2개의 밴드 (대조부위 밴드와 실험부위 밴드)를 볼 수 있으며, 음성인 경우에는 1개의 밴드만 볼 수 있었다 (Yu *et al.*, 2013).

대장균 O157의 경우에도, 약용작물을 분쇄한 시료 25 g과 Modified *E. coli* broth with 0.02% Novobiocin을 broth 225 ml과 섞어 37°C에서 16-24시간 배양하였고, kit에 동봉된 점적기를 이용하여 배양액 2 방울 (약 80 µl)을 점적한 다음 5-10분 사이에 결과를 판독하였다. 결과의 판정은 리스테리아와 동일하였다.

Table 3. Levels of total aerobic bacteria in aerial parts of herbal crop.

| Medicinal part | Samples (log CFU/g) | | Country of origin | Part mean ± SD |
|------------------|-----------------------------|-------------|-------------------|----------------|
| | Latin name | Mean ± SD | | |
| Aerial part | Equiseti Herba | 6.04 ± 0.17 | China | 4.53 ± 0.31 |
| | Aloe | 3.03 ± 0.44 | Vietnam | |
| Leaf | Eriobotryae Folium | 4.25 ± 0.41 | China | 3.11 ± 0.25 |
| | Mori Folium | 1.97 ± 0.09 | Korea | |
| Seed | Dolichoris Semen | 3.00 ± 0.03 | China | 3.30 ± 0.28 |
| | Arecae Semen | 2.36 ± 0.33 | Indonesia | |
| | Coicis Semen | 2.65 ± 0.52 | China | |
| | Alpiniae Katsumadai Semen | 5.68 ± 0.25 | China | |
| | Armeniaca Semen | 2.80 ± 0.25 | China | |
| Bark | Eucommiae Cortex | 2.90 ± 0.20 | China | 3.82 ± 0.22 |
| | Mori Radicis Cortex | 4.50 ± 0.12 | China | |
| | Albiziae Cortex | 3.56 ± 0.31 | China | |
| | Phellodendri Cortex | 4.33 ± 0.23 | China | |
| Fruit | Vitidis Fructus | 3.64 ± 0.92 | China | 4.03 ± 0.32 |
| | Chaenomelis Fructus | 3.31 ± 0.17 | China | |
| | Amomi Fructus Rotundus | 7.25 ± 0.25 | Indonesia | |
| | Amomi Fructus | 3.87 ± 0.44 | China | |
| | Corni Fructus | 1.77 ± 0.26 | Korea | |
| | Forsythiae Fructus | 3.83 ± 0.06 | China | |
| | Arctii Fructus | 5.36 ± 0.50 | China | |
| | Ponciri Fructus Immaturus | 2.82 ± 0.14 | China | |
| | Carthamus tinctorius fruit | 2.66 ± 0.46 | China | |
| | Xanthii Fructus | 4.38 ± 0.16 | China | |
| Fruit peel | Citri Unshius Pericarpium | 2.69 ± 0.10 | Korea | 2.69 ± 0.10 |
| Spike | Prunellae Spica | 3.44 ± 0.25 | China | 3.44 ± 0.25 |
| Flower | Chrysanthmi Flos | 2.46 ± 0.22 | China | 2.46 ± 0.22 |
| Stem | Ephedrae Herba | 4.11 ± 0.25 | China | 4.11 ± 0.25 |
| Stem and Rhizome | Sinomenii Caulis et Rhizoma | 4.37 ± 0.05 | China | 4.37 ± 0.05 |
| Tuber | Asparagi Tuber | 3.34 ± 0.75 | China | 3.34 ± 0.75 |
| Whole plant | Houttuyniae Herba | 6.65 ± 1.19 | China | 5.91 ± 0.65 |
| | Taraxaci Herba | 5.17 ± 0.10 | China | |
| Total | | | 3.81.31 | |

결과 및 고찰

1. 약용작물의 총호기성균 분석결과

대부분의 농산물 표면에는 많은 미생물이 서식하고 있으며, 대부분 토양에서 유래되며, 일부 수확 후 유통 등의 관리과정에서 유래되기도 한다. 특히 약용작물에서는 유효성분 누출과 무게증가를 위하여 세척을 기피할 경우, 미생물에 오염될 가능성이 크다고 할 수 있다. 따라서 본 연구를 통하여 국내에서 판매되고 있는 약용작물을 대상으로 총호기성균을 정량적으로 조사하였다.

총호기성균은 생물 오염의 지표로 사용되며, 검체 중에 존재하는 세균 중 표준 한천배지 내에서 발육할 수 있는 세균으

로 식품의 생산, 가공 및 유통 상의 위생조건 및 잠재적 식품 부패 등을 판정할 수 있는 지표로 유용하게 사용된다 (Forsythe, 2010; Yu *et al.*, 2011). 일반적으로 채소류에서의 총호기성균 수는 $10^3 - 10^9$ CFU/g 범위로 알려져 있으며 우리나라에서 유통 중인 상추, 깻잎 및 오이의 총호기성균의 오염도는 평균 5.27 - 7.10 log CFU/g, 유통중인 치커리, 미나리, 부추, 배추, 상추, 깻잎, 참나물의 총호기성균은 평균 $2.2 \times 10^6 - 6.0 \times 10^7$ CFU/g으로 보고되어 있다 (Yu *et al.*, 2013). 약용작물분야에서 현재까지 보고된 총호기성균 수는 재배단계의 당귀 뿌리에서 6.71 log CFU/g 수준으로 검출되었으며, 판매중인 당귀에서 총호기성균 수는 5.6 - 6.0 log CFU/g 수준으로 보고되었다 (Park *et al.*, 2012). 이번 모니터링에서

Table 4. Levels of total aerobic bacteria in subterranean parts of herbal crop.

| Medicinal part | Samples (log CFU/g) | | Country of origin | Part mean ± SD |
|------------------------------------|-------------------------------|--|-------------------|----------------|
| | Latin name | Mean ± SD | | |
| Rhizome | Rhei Undulatai Rhizoma | 2.84 ± 0.21 | China | 2.95 ± 0.43 |
| | Anemarrhenae Rhizoma | 3.55 ± 0.61 | China | |
| | Alismatis Rhizoma | 2.67 ± 0.51 | China | |
| | Cyperi Rhizoma | 2.73 ± 0.37 | Korea | |
| Root | Euphorbiae Kansui Radix | 3.63 ± 0.06 | China | 3.40 ± 0.32 |
| | Sophorae Radix | 4.04 ± 0.11 | China | |
| | Trichosanthis Radix | 3.14 ± 0.01 | Korea | |
| | Salviae Miltiorrhizae Radix | 3.18 ± 0.61 | Korea | |
| | Angelicae Gigantis Radix | 4.11 ± 0.95 | Korea | |
| | Codonopsis Pilosulae Radix | 4.08 ± 0.16 | China | |
| | Saposhnikoviae Radix | 2.74 ± 0.14 | Korea | |
| | Cynanchi Wilfordii Radix | 2.99 ± 0.16 | Korea | |
| | Angelicae Dahuricae Radix | 3.18 ± 0.53 | China | |
| | Clematidis Radix | 4.49 ± 0.24 | China | |
| | Adenophorae Remotiflori Radix | 2.92 ± 0.21 | China | |
| | Rehmanniae Radix | 3.12 ± 0.67 | Korea | |
| | Morindae Radix | 3.40 ± 0.38 | China | |
| | Polygoni Multiflori Radix | 2.54 ± 0.22 | Korea | |
| | Root and Rhizome | Osterici seu Notopterygii Radix et Rhizoma | 4.98 ± 0.01 | |
| Asiasari Radix et Rhizoma | | 4.03 ± 0.88 | China | |
| Gentianae Scabrae Radix et Rhizoma | | 4.59 ± 0.38 | China | |
| Total | | | 3.47.35 | |

약용작물의 총호기성균 수는 7.25 ± 0.25 에서 1.77 ± 0.26 log CFU/g 범위 (평균 3.64 ± 0.33 log CFU/g)이었으며, 이전 보고와는 다르게 상대적으로 낮은 세균 오염율을 나타내었다.

2. 약용작물의 대장균, 대장균군, 황색포도상구균, 살모넬라 분석결과

식중독은 증식된 미생물을 섭취함으로써 병의 증세를 나타내는 감염형 식중독과 미생물이 생산한 독소로 인하여 증세를 나타내는 독소형 식중독으로 나뉜다 (Kim *et al.*, 2005). 식중독에 원인이 되는 대표적인 세균은 대장균, 대장균군, 황색포도상구균, 살모넬라, 리스테리아 등으로 대장균군은 병원성이 없으나 검출되면 같은 장내세균과에 속하며 병원성이 있는 살모넬라, 이질균 등과 같은 균의 존재 가능성을 타진할 수 있으며 대장균의 경우 식품위생상의 분변오염의 지표세균이다 (Kim *et al.*, 2008; Forsythe, 2010; Yu *et al.*, 2011). 특히 황색포도상구균은 건강한 사람이라도 비강을 통해 옮겨질 수 있으므로 손으로 얼굴이나 신체부위를 만진 후 전파될 수 있으며, 살모넬라는 식중독의 가장 흔한 원인균으로 최근 검출률이 증가되고 있다. 한국에서도 최근 채소에서 비롯된 식중독 사례가 증가추세에 있으며, 미국에는 신선편이식품으로 유통되는 채소에서 살모넬라, 대장균 O157, 리스테리아, 이질균

등이 검출되거나 식중독을 유발한 사례가 보고되어 있다 (Choi *et al.*, 2005). 따라서 최근 국제적으로 식중독을 일으키는 병원성 미생물에 오염된 농식품에 대한 우려가 증가되고 있으며 생산과정 및 처리과정에서 교차오염이 발생할 가능성이 있다고 알려져 있다 (Koseki and Isobe, 2005). 미국 FDA에서는 GAP (Good Agricultural Practices)를 통하여 재배, 수확, 수확 후 처리에 이르기까지 미생물의 교차오염 예방을 위해 노력하고 있으며, 국내에서는 약용작물 안전성 확보 및 품질관리를 위한 연구로 판매단계 약용작물의 생물적 위해요소 분석에 관한 연구가 수행되고 있으나 아직 연구는 미비한 실정이다 (Hong *et al.*, 2012).

약용작물분야에서 현재까지 보고된 대장균군은 재배단계의 당귀 뿌리에서 4.13 log CFU/g, 판매중인 당귀에서 대장균군은 2.4 - 2.6 log CFU/g 수준으로 보고된 바가 있으며, 살모넬라, 황색포도상구균, 리스테리아와 같은 유해세균은 검출되지 않았다 (Park *et al.*, 2012). 이번 조사에서 의심되는 집락에 대해서는 selective enrichment broth와 selective agar에 배양 후 PCR, 16s rRNA sequencing으로 재확인하였으나 대장균, 대장균군, 황색포도상구균, 살모넬라는 발견되지 않았다.

3. 리스테리아 및 대장균 O157 분석결과

Table 5. Result for the detection of *S. aureus*, *Salmonella* spp., *E. coli* and Coliforms form aerial parts of herbal crop.

| Medicinal part | Samples | <i>S. aureus</i> | <i>Salmonella</i> spp. | <i>E. coli</i> | Coliforms | <i>E. coli</i> O157 | <i>Listeria</i> spp. |
|------------------|-----------------------------|------------------|------------------------|----------------|-----------|---------------------|----------------------|
| Aerial part | Equiseti Herba | ND ¹⁾ | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Aloe | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Leaf | Eriobotryae Folium | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Mori Folium | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Seed | Dolichoris Semen | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Arecae Semen | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Coicis Semen | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Alpiniae Katsumadai Semen | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Armeniaca Semen | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Bark | Eucommiae Cortex | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Mori Radicis Cortex | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Albiziae Cortex | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Phellodendri Cortex | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Fruit | Vitidis Fructus | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Chaenomelis Fructus | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Amomi Fructus Rotundus | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Amomi Fructus | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Corni Fructus | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Forsythiae Fructus | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Arctii Fructus | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Ponciri Fructus Immaturus | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Carthamus tinctorius fruit | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Xanthii Fructus | ND | ND | ND | ND | ND | ND | |
| Fruit peel | Citri Unshius Pericarpium | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Spike | Prunellae Spica | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Flower | Chrysanthmi Flos | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Stem | Ephedrae Herba | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Stem and Rhizome | Sinomenii Caulis et Rhizoma | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Tuber | Asparagi Tuber | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Whole plant | Houttuyniae Herba | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Taraxaci Herba | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Total (%) | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

¹⁾ND; Not Detected.

리스테리아는 토양이나 물에서 흔히 발견되는 식중독 원인 균이며, 대장균 O157은 10개 정도의 균으로도 출혈성 장염을 일으키며 냉장 저장된 농산물 및 부적절한 가공에 의해 오염될 수 있고 신선과채류 및 주스 제품으로도 쉽게 전파될 수 있다 (Youm *et al.*, 2004). 리스테리아 및 대장균 O157 Kit를 이용한 분석에서도 대장균, 대장균군, 황색포도상구균, 살모넬라 분석결과와 동일하게 리스테리아 및 대장균 O157은 확인되지 않았다. 그 이유로 총호기성균과 동일하게 일반적으로 한약규격품으로 포장되어 유통되고 있는 약용작물을 대상으로 조사하였기에 접촉에 의한 오염이 거의 없을 뿐 아니라 건조된 상태이므로 세균이 증식하기 어려운 조건이었을 것

로 판단된다.

미국의 환자 수 기준 식중독 발생 현황에서 농산물에 의한 식중독 사례가 가장 많은 것으로 보고되어 있다 (Yu *et al.*, 2013). 우리나라에서도 농산물에 의한 식중독이 1988년 119건에서 2010년 271건으로 증가되었다고 보고되었으며, 이는 농산물 재료 자체에 문제가 있는 경우도 있지만, 농산물의 유통, 손질 및 조리시 취급자 혹은 주변의 다른 재료와의 접촉으로 교차오염이 원인인 것으로 사료된다.

따라서 본 연구는 한국에서 유통되는 약용작물의 총호기성 세균 및 유해세균 오염실태를 조사하여 약용작물의 미생물학적 안전성을 평가하는 기초자료로 활용하고자 수행되었다. 그

Table 6. Result for the detection of *S. aureus*, *Salmonella* spp., *E. coli* and Coliforms form subterranean parts of herbal crop.

| Medicinal part | Samples | <i>S. aureus</i> | <i>Salmonella</i> spp. | <i>E. coli</i> | Coliforms | <i>E. coli</i> O157 | <i>Listeria</i> spp. |
|------------------------------------|-------------------------------|--|------------------------|----------------|-----------|---------------------|----------------------|
| Rhizome | Rhei Undulatai Rhizoma | ND ¹⁾ | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Anemarrhenae Rhizoma | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Alismatis Rhizoma | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Cyperi Rhizoma | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Root | Euphorbiae Kansui Radix | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Sophorae Radix | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Trichosanthis Radix | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Salviae Miltiorrhizae Radix | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Angelicae Gigantis Radix | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Codonopsis Pilosulae Radix | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Saposhnikoviae Radix | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Cynanchi Wilfordii Radix | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Angelicae Dahuricae Radix | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Clematidis Radix | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Adenophorae Remotiflori Radix | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Rehmanniae Radix | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Morindae Radix | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Polygoni Multiflori Radix | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Root and Rhizome | Osterici seu Notopterygii Radix et Rhizoma | ND | ND | ND | ND | ND |
| Asiasari Radix et Rhizoma | | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Gentianae Scabrae Radix et Rhizoma | | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Total (%) | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

¹⁾ND; Not Detected.

결과 총호기성균수는 일반농산물 보다 낮은 수준을 보였으며 병원성 미생물은 전혀 검출되지 않았기 때문에 약용작물에 의한 식중독 위험은 현저히 낮을 것이라고 생각한다. 그러나 미생물로 인한 오염은 그 경로가 다양하고, 건조된 상태에서 유통되는 한약규격품에 한정된 것이므로 비건조상태인 신선편이 식품 등으로 유통될 경우에는 추가연구를 통하여 생산단계에서부터 철저한 안전성을 확보해야만 한다. 수확 후 절단 등의 처리과정이 다른 농산물에 비하여 복잡한 약용작물에 대한 생물학적 위해요소 모니터링은 품질관리를 위하여 반드시 수행되어야 할 필수요소라 생각한다.

생산단계에서는 멀칭 등 토양피복을 통하여 교차오염을 예방하고, 적절한 퇴비를 사용하여 토양이 오염되지 않도록 관리하고, 수확 후에는 철저한 세척으로 토양미생물로 인한 오염이 발생하지 않도록 관리하는 것이 우선시 되어야 할 것이며, 장염 및 패혈증 원인균인 비브리오균에 대한 모니터링, 토양피복 유무에 따른 세균 수 측정 등에 대한 추가연구가 필요할 것으로 판단된다 (Kim *et al.*, 2013). 따라서 본 연구를 통하여 약용작물 품질관리에 대한 기초자료를 확보하고, 약용작물 품질에 대한 소비자신뢰 회복 및 소비증가를 위하여 지속적인 유해세균 모니터링이 반드시 수행되어야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ009622)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Choi JW, Park SY, Yeon JH, Lee MJ, Chung DH, Lee KH, Kim MG, Lee DH, Kim KS and Ha SD.** (2005). Microbial contamination levels of fresh vegetables distributed in markets. *Journal of Food Hygiene and Safety*. 20:43-47.
- Choi SM, Chung HJ, Yoon YS, Lee MY, Choi HS and Sung HJ.** (2000). Studies on the administration of the quality of herbal medicine. *Journal of Korean Oriental Medicine*. 21:99-112.
- Forsythe SJ.** (2010). *The microbiology of safe food*. Wiley-Blackwell. Oxford, England. p.182-184.
- Han JH, Jung IC, Cho HE and Park SH.** (2006). Total polyphenol, water soluble antioxidants contents and antioxidative activity from a composite with *Eleutherococcus senticosus* and several oriental medicinal herbs. *Korean Journal of Oriental Medical Pathology*. 20:1275-1281.
- Hong CK, Seo YH, Choi CM, Hwang IS and Kim MS.** (2012). Microbial quality of fresh vegetables and fruits in Seoul, Korea. *Journal of Food Hygiene and Safety*. 27:24-29.
- Hwang IG, Kwak HS and Yoon SH.** (2010). Methicillin-resistant

- Staphylococcus aureus*(MRSA) as a foodborne biological hazard. Journal of Food Hygiene and Safety. 5:26-35.
- Jo IH, Kim YC, Kim JU, Lee SH, Lim JY, Moon JY, Noh BS, Hyun DY, Kim DH, Kim KH and Bang KH.** (2014). A rapid identification of Korean ginseng cultivar, Cheonryang, using specific DNA markers. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22:429-434.
- Kim HK.** (2006). Construction of analytical evaluation for herbal medicine(II): Study on the storage standard of herbal medicine. Korea Institute of Oriental Medicine. Daejeon, Korea. p.1-101.
- Kim HK, Lee HT, Kim JH and Lee SS.** (2008). Analysis of microbiological contamination in ready-to-eat foods. Journal of Food Hygiene and Safety. 23:285-290.
- Kim HN, Kwon DH, Kim HY and Jun HK.** (2005). Antimicrobial activities of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* Makino methanol extract. Journal of Life Science. 15:279-286.
- Kim JS and Park C.** (2015). Genotype analyses of methicillin resistant *Staphylococcus aureus* isolated from clinical specimens. Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society. 16:3315-3322.
- Kim WI, Jo AR, Lee JH, Kim SR, Park KH, Nam KW, Yoon Y, Yoon DH, Oh SY, Lee MH, Ryu JG and Kim HY.** (2013). Survey of microbial contamination of tomatoes at farms in Korea. Journal of Food Hygiene and Safety. 28:324-329.
- Korea Food and Drug Administration(KFDA).** (2010). *Staphylococcus aureus*. Korea Food and Drug Administration. Seoul, Korea. p.1-78.
- Koseki S and Isoe S.** (2005). Prediction of pathogen growth on iceberg lettuce under real temperature history during distribution from farm to table. International Journal of Food Microbiology. 104:239-248.
- Lee MJ, Lee SJ, Choi HR, Lee JH, Kwon JW, Chae KS, Jeong JT and Lee TB.** (2014a). Improvement of cholesterol and blood pressure in fruit, leaf and stem extracts from black raspberry *in vitro*. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22:177-187.
- Lee SM.** (2013). Effects recognition and elective attributes on satisfaction and recommendation for medicinal foods. The Journal of the Korea Contents Association. 13:459-468.
- Lee YS, Lee DY, An TJ, Lee JH, Ahn YS, Cha SW, Mun SH, Kang OH, Kwon DY and Han SH.** (2014b). Synergistic effect of brazilein in combination with hygromycin-b against *Staphylococcus aureus*. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22:504-509.
- Oh TY and Kim HJ.** (2013). Microbiological safety of fresh-cut vegetables and salads. Safe Food. 8:18-27.
- Park JH, Cho YR, Ko HJ, Jeong W, Ahn EK, Oh J and Oh JS.** (2015). Evaluation of 3-week repeated dose oral toxicity on *amomum tsao-ko* extract in balb/c mice. Journal of Applied Biological Chemistry. 58:139-143.
- Park KH, Kim BS, Lee JJ, Yun HJ, Kim SR, Kim WI, Yun JC and Ryu KY.** (2012). Biological hazard analysis of *Angelica gigas* Nakai on production and marketing steps. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 45:1216-1221.
- Ryu CB and Lee MS.** (2011). Food poisoning. Journal of the Korean Medical Association. 54:617-626.
- Ryu D, Kim DB, Lee KH, Son DS and Surh J.** (2012). Influences of sugar substitutes on the physicochemical and sensory properties and hardness of Baksulgi during storage. Korean Journal of Food Science and Technology. 44:568-576.
- Sung JH, So NW, Jeon BH and Chang CC.** (2004). Effect of white and red *Panax ginseng* extract on serum lipids level in high-fat-diet fed rat. Journal of Ginseng Research. 28:33-38.
- Youm H, Ko J, Kim M and Song KB.** (2004). Inhibitory effect of aqueous chlorine dioxide on survival of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* in pure cell culture. Korean Journal of Food Science and Technology. 36:514-517.
- Yu YM, Youn YN, Choi IU and Lee YH.** (2011). Microbiological monitoring of paprika, and bacterial contamination levels with respect to storage temperature. Korean Journal of Food Preservation. 18:7-12.
- Yu YM, Kim JW, Choi IW, Youn YN and Lee YH.** (2013). Bacterial contamination levels in strawberry parts according to their cultivation methods. Korean Journal of Food Preservation. 20:323-329.