



Research Article

Comparison of external, internal and chemical quality characteristics of 6-year-old red ginseng produced in *punggi* area by grade

풍기지역 6년근 홍삼의 등급별 외·내부 및 화학적 품질 비교

Minhyun Kim¹, Jiyeon Kim¹, Jungsoo Kim¹, Sanghyeok Park¹, Jihye Kim¹, Insun Kim¹, Inju Nam¹, Kwang-Deog Moon^{1,2*}

김민현¹ · 김지윤¹ · 김정수¹ · 박상혁¹ · 김지혜¹ · 김인선¹ · 남인주¹ · 문광덕^{1,2*}

¹School of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

²Food and Bio-Industry Research Institute, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

¹경북대학교 식품공학부, ²경북대학교 식품생물산업연구소

Abstract The purpose of this study was to analyze the correlation between the external, internal and chemical quality characteristics of 6-year-old red ginseng produced in *punggi* area. Red ginseng samples are graded as *cheon* (1st grade), *ji* (2nd grade), *yang* (3rd grade), *gi* (out of grade) by trained inspectors. External characteristics of red ginseng depend on weight, volume, density, length and color. Internal characteristics were expressed by length and occurrence ratio of inner white and inner cavity. Chemical characteristics were evaluated by crude saponin, ginsenoside (Rg₁, Rb₁, Rc), total sugar, acidic polysaccharide, and 50% ethanol extracts contents. Overall, this study showed that quality of external and internal characteristics was matched with grade, but chemical quality was not matched.

Keywords 6-year-old red ginseng, *punggi*, external-internal-chemical quality correlations, grade



Citation: Kim M, Kim JY, Kim JS, Park S, Kim JH, Kim I, Nam I, Moon KD. Comparison of external, internal and chemical quality characteristics of 6-year-old red ginseng produced in *punggi* area by grade. Korean J Food Preserv, 29(5), 701-714 (2022)

Received: June 24, 2022

Revised: July 22, 2022

Accepted: July 25, 2022

***Corresponding author**

Kwang-Deog Moon
 Tel: +82-53-950-5773
 E-mail: kdmoon@knu.ac.kr

Copyright © 2022 The Korean Society of Food Preservation. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

인삼(*Panax ginseng*)은 오갈피나무과(Araliaceae family)의 인삼속(*Panax* sp.)에 속하는 다년생 속근초로서 오래 전부터 우리나라에서 중요한 약재로 사용되었으며, 주요 약리작용으로는 암 예방, 노화 억제, 간장 보호, 피로 회복, 뇌기능 강화 등이 알려져 있다(Ahn 등, 2008; Lee 등, 2002). 인삼류 제품은 크게 원료삼과 가공삼으로 분류되며, 가공삼은 가공방법에 따라 백삼, 홍삼, 태극삼 그리고 흑삼으로 나뉜다. 이 중 홍삼은 수삼을 증기로 찌고 건조한 것으로서, 10년 이상 장기 보관이 가능할 뿐 아니라 생리 활성 물질인 말톨과 Rh₂, Rg₃, Rh₁, Rh₄ 등과 같은 홍삼에서만 발견되는 화합물이 생성되면서, 기능성 성분 또한 원료삼보다 다양한 것으로 보고되었다(Choi 등, 2009; Han 등, 2007; Kim 등, 2014).

홍삼은 1996년 인삼산업법이 공포되기 이전에는 한국담배인삼공사에서 독점 제조, 판매해 왔었다. 이후 국가규격으로 제정된 인삼산업법에서는 제조된 홍삼을 크게 홍삼본삼, 원형홍삼, 홍미삼류 및 기타 홍삼류로 분류하고 있다(MAFRA, 2014). 이 중, 홍삼본삼을 천삼, 지삼, 양삼

등 3가지 등급으로 선별 후 기준에 충족하지 못한 홍삼은 절삼홍삼, 절편홍삼 및 분쇄홍삼으로 사용되고 있다(Gil, 2003).

홍삼의 등급 기준은 크게 외부조형태 품질과 내부조직 품질에 의하여 분류된다. 이 중 외부조형태 품질은 체형, 삼의 길이, 다리의 개수, 색, 외관 결점 등을 고려하는 항목으로서 등급을 나누는 1차적인 선별 기준이다. 이런 외부형태에 따른 홍삼의 품질 차이에 관한 연구는 외형에 따른 형태적 특성(Hong 등, 2012)과 외형에 따른 화학적 특성(Cho 등, 2013), 줄기 개수에 따른 품질 특성(Lee, 1996), 잡아 형태에 따른 품질 특성(Chung 등, 2006) 등이 연구되었다.

내부조직 품질에서 가장 큰 요인은 내공과 내백의 유무이다. 내공은 홍삼 내부가 비어 구멍이 형성되어 있는 것을 말하며, 내백은 홍삼 제조과정에서 중심부 조직이 갈변되지 않고 백색으로 남아 있는 것을 일컫는다(Park 등, 2017). 내백은 생내백과 다공성 내백으로 다시 나뉘는데, 생내백은 백색을 띠나 정상조직과 뚜렷하게 구별되지 않고 육안으로 다공성이 보이지 않는 것을 말하며, 다공성 내백조직으로 변화되는 중간 단계인 것으로 보고되었다(Kim 등, 2001; Lee 등, 2001). 내부조직 품질과 관련된 연구로는 정상 홍삼과 불량 홍삼의 화학적 특성(Kim 등, 2001)과 조직학적 특성(Lee 등, 2001), 불량홍삼의 생화학적 및 조직학적 특성(Do 등, 1985), NMR을 이용한 용적밀도와 내부 조직(Jang과 Ruan, 1998) 등이 연구되었다. 현재 홍삼 내부조직품질 평가는, 전문화된 인력에 의해 빛이 차단된 암실에서 홍삼의 밑면에 강한 빛을 비추어 투광되는 상태를 보고 판별하는 육안 검사에 의존하고 있다(Lim과 Kim, 2003). 이러한 방법은 간접적 방법으로 숙련자라 하더라도 주관적이며 오차를 일으킬 가능성이 크기 때문에(Kim 등, 2008), 내부조직 품질을 정확하고 정량적으로 분석하기 위해서는 직접 홍삼 내부를 절단하여 평가할 필요가 있다.

홍삼은 다양한 생리활성 물질들을 포함하고 있으며 그중 사포닌과 진세노사이드가 화학적 품질을 평가하는 데 기준으로 사용되고 있다(Huang 등, 2022). 하지만 홍삼의 등급판별에는 이러한 화학적 품질을 제외한 외부조형태 품질과 내부조직 품질로만 품질평가가 이루어지고 있다. 인삼에 있어서는 등급에 따른 화학적 품질 연구(Jo 등, 2001)가 수행되었지만, 인삼을 포함한 인삼류 제품의 등급을 형태나

색택보다는 유효성분 함량과 효능을 중요시하는 품질의 과학화와 표준화가 필요하다고 한다(Choi 등, 2008).

지금까지 홍삼의 품종(Lee 등, 2015), 원산지(Lee 등, 2002), 연근(Kwon 등, 2008), 가공방법(Choi 등, 2020)에 따른 품질 특성 연구는 활발히 이루어져 왔으나 홍삼의 등급에 따라 외부조형태 품질, 내부조직 품질 그리고 화학 성분 품질을 종합적으로 평가한 연구는 부족한 것으로 조사되었다. 또한, 이전까지는 홍삼본삼(천삼, 지삼, 양삼) 위주의 연구가 이루어졌지만 절삼홍삼과 분쇄홍삼으로 사용되는 등급의 홍삼에 관한 연구는 부족하다. 따라서, 본 연구에서는 6년근 홍삼의 외부조형태 품질인 무게, 밀도, 길이, 색도와 내부조직 품질의 발현율, 길이와 화학성분으로 조사포닌, 진세노사이드, 산성다당체, 총당, 묽은에탄올엑스 함량을 등급별로 비교하여 홍삼의 체형과 내부조직의 품질에 따라 화학적 품질이 다른 것인가에 대하여 구명하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험 재료

본 실험은 전문가에 의해 판정된 6년근 20지 등급별 홍삼본삼과 6년근 대편급 등급의 홍삼을 시료당 100뿌리씩 풍기인삼농협에서 2021년 6월 구매하여 사용하였다. 성분 분석을 위해 홍삼을 분쇄기(SNSG-1002SS, Hanil, Seoul, Korea)에 분쇄하여 20 MESH 표준체를 통과시켜 얻은 분말을 사용하였다.

2.2. 무게 및 밀도 측정

홍삼의 무게를 소수점 셋째자리까지 측정하여 나타내었으며 부피와 밀도는 Choi 등(2004)의 방법을 변형하여 측정하였다. 홍삼을 18×10 cm²의 진공포장재(Happy Lock Medium, All Pack Korea Co., Ltd, Gimpo, Korea)에 진공포장기(VS-150KR, Cuisinart, Stamford, CT, USA)를 이용하여 진공시켰으며, 이를 18℃ 물이 가득한 수조에 넣어 침수시킨 뒤 공기 중의 홍삼 무게와 물속에서의 홍삼 무게를 아래의 식에 대입하여 홍삼의 부피와 밀도를 구하여 나타내었다.

$$F_{air} = F_{water} + F_b \quad (1)$$

$$F_b = \rho_{water} V \tag{2}$$

$$V = (F_{air} - F_{water}) / \rho_{water} \tag{3}$$

여기서,

F_{air} = weight of ginseng in air

F_{water} = weight of ginseng in water

F_b = buoyancy

V = volume of ginseng

ρ_{water} = density of water (18°C)

따라서 홍삼 밀도 ρ 는 식(4)로 표현할 수 있다.

$$\rho = F_{air} / V \tag{4}$$

2.3. 길이 측정

홍삼의 길이는 Jeong 등(2016)의 방법을 참고하여 측정하였다. 일정한 조명과 배율이 고정된 디지털카메라 (Powershot G7 X mark III, Cannon Inc., Tokyo, Japan)로 시료당 앞뒷면 두 장의 영상을 획득하였으며, Image J(National Institutes of Health, MD, USA) 소프트웨어를 이용하여 앞뒷면의 평균값으로 홍삼의 몸체와 다리의 길이, 그리고 몸통 길이에 다리 길이를 나누어 몸통과 다리 비율을 나타내었다. 길이는 영상의 화소수당 길이 연산이 가능하도록 기준이 되는 물체를 두어 calibration을 수행하였다. Calibration을 위해 기준 물체의 최종단 두 점의 길이를 넣어주면 픽셀당 길이를 구할 수 있으며, 아래와 같은 식 (5), (6), (7)에 의해 측정하려고 하는 부분의 길이를 계산하였다.

$$D = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \tag{5}$$

$$P_L = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \tag{6}$$

$$L = \frac{C_L \times P_L}{D} \tag{7}$$

여기서,

$(X_1, Y_1), (X_2, Y_2)$ = coordinates of calibration

$(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ = coordinates of object

D = pixel counts of calibration

P_L = pixel counts of object

C_L = length of calibration

L = length of object

2.4. 색도 측정

색도는 표준 백색판($L^*=97.79, a^*=-0.38, b^*=2.05$)으로 보정된 colorimeter(CR-400, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용해 측정하였다. 홍삼 개체당 임의의 지점을 몸통 부분 6회, 다리 부분 4회를 10 반복하여, 각 등급별 총 100회 측정하여 나타내었다. L^* 은 lightness, a^* 는 redness, b^* 는 yellowness를 나타낸 값이다.

2.5. 내부조직 품질 측정

홍삼 뇌두에서 10 mm 아래 지점을 수평방향으로 절단한 절단면과, 수직방향으로 중심부를 절단한 절단면 이미지 영상을 획득하여 발현율과 길이를 구하였다. 관능적으로 내공은 내부 조직에 빈 공간이 있는 조직을, 내백은 중심부 조직이 갈변되지 않고 다공성에 백색을 띠며 정상조직과 경계면이 뚜렷한 조직을, 생내백은 백색을 띠나 정상조직과 뚜렷하게 구별되지 않고 다공성이 보이지 않는 조직으로 구분하여 내었으며(Fig. 1), 각 내부조직의 길이는 Image J (National Institutes of Health, MD, USA) 소프트웨어로 측정하여 나타내었다.

2.6. 조사포닌 및 진세노사이드 함량 분석

조사포닌 및 진세노사이드 분석은 등급별 홍삼분말 2 g에 70% 메탄올(Duksan Pure Chemicals Co., Ltd., Ansan, South Korea) 80 mL를 가하여, 60°C 180 rpm 조건에서 shaking incubator(JSSI-300C, JS Research, Gongju, Korea)로 4시간 30분 추출 후 추출액을 여과(Whatman No.4) 하였다. 여과된 추출액을 감압농축기(RV 10 digital, IKA, Staufen, Germany)로 농축한 후 잔여물을 증류수로 80 mL 정용하였다. 이것을 분획 여두에 넣어 에틸에테르(Daejung Chemicals & Metals CO.,

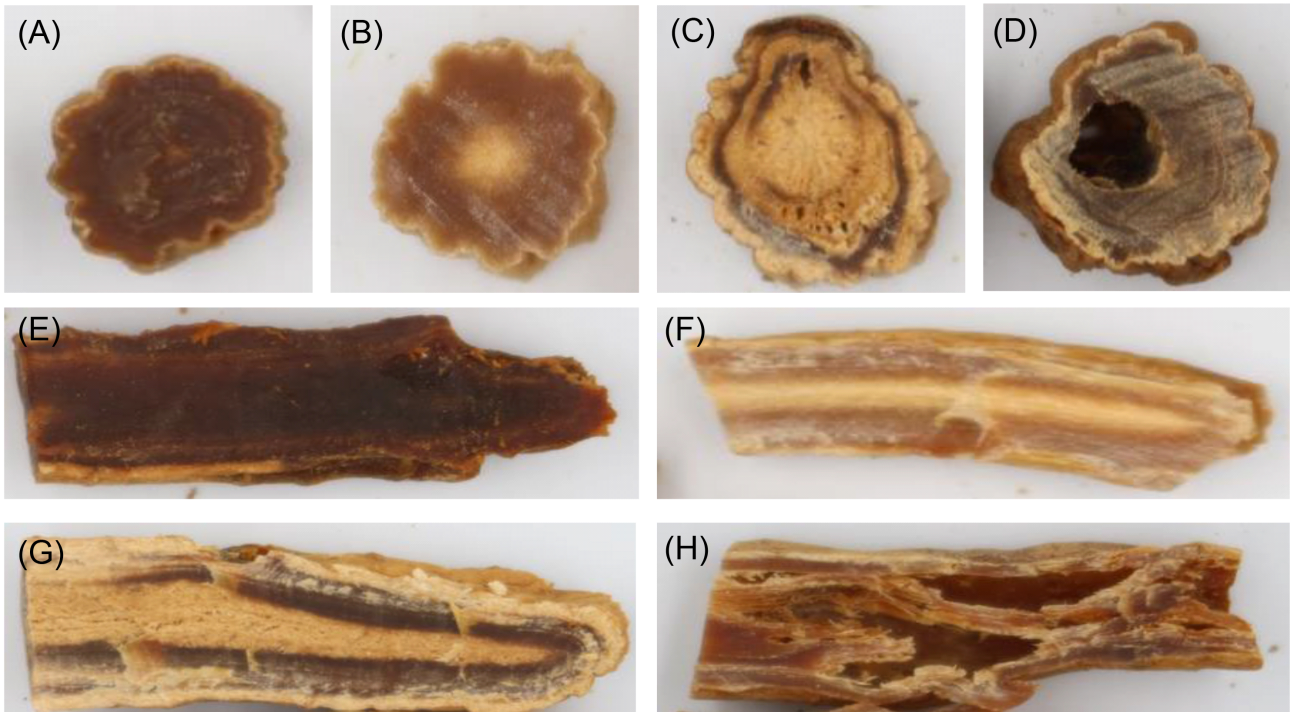


Fig. 1. Horizontal section of (A) normal, (B) *saengnaeback*, (C) inner white, (D) inner cavity and vertical section of (E) normal, (F) *saengnaeback*, (G) inner white, (H) inner cavity.

Ltd., Siheung, Korea) 80 mL를 가하여 진탕한 다음 에테르층을 제거하였다. 이러한 과정을 2회 더 반복하여 얻은 수층을 미리 증류수에 포화시킨 수포화 부탄올(Duksan Pure Chemicals Co., Ltd., Ansan, Korea) 80 mL를 가해 충분히 진탕한 후 분획하였다. 이러한 조작을 2회 더하여 총 3회 추출한 부탄올층을 감압농축한 후, 50°C에서 4시간 건조한 무게를 정량하여 조사포닌 함량을 아래 식에 대입하여 구하였다.

$$\text{Crude saponin content (mg/g)} = \frac{\text{Weight of flask after drying (mg)} - \text{weight of flask (mg)}}{\text{Sample (g)}} \quad (8)$$

이를 통해 얻은 조사포닌 건조물을 1 mg당 HPLC용 메탄올(Sigma-Aldrich, St Louis, MO, USA) 0.1 mL의 농도로 녹여 시료로 사용하였다. 진세노사이드 함량 분석은 시료 10 µL를 취하여 고속액체크로마토그래피(Prominence

LC-20AT, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)로 분석하였으며, 이동상은 증류수와 acetonitrile을 증류수를 기준으로 90%(0분), 60%(35분), 60%(45분), 90%(50분), 90%(60분) 조건으로 분석하였으며, 칼럼은 SunFire C18(Waters Corp, Milford, MA, USA)(Ø150×4.6 mm), 칼럼온도는 30°C, 유속은 1.0 mL/min, 파장 203 nm 조건에서 검출기(SPD-M20A PDA, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)로 측정하였다.

2.7. 총당 및 산성다당체 함량 분석

총당 및 산성다당체 분석을 위해 등급별 홍삼분말 2 g에 증류수 100 mL를 가하여 60°C 180 rpm shaking incubator (JSSI-300C, JS research)로 4시간 추출 후 추출액을 여과(Whatman No. 2)하였다. 이후 충분히 냉동하여 동결건조한 건물을 증류수에 정용하여 희석한 것을 시료로 하였다.

총당 분석은 DuBois 등(1956)의 방법을 참고하였다. 희석한 시료추출액 1 mL에 5% 페놀(Duksan Pure Chemicals Co., Ltd., Ansan, Korea) 0.5 mL 첨가한 후 95% 황산

(Duksan Pure Chemicals Co., Ltd., Ansan, Korea) 2.5 mL를 첨가하여 잘 혼합한 후, 85°C 수욕상에서 15분간 반응시켰다. 냉각 후 UV-visible spectrophotometer (Evolution 201, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)로 480 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 함량 계산을 위한 표준물질로 glucose(Duksan Pure Chemicals Co., Ltd., Ansan, Korea)를 사용하였다.

산성다당체 분석은 Do 등(1993)의 방법을 참고하였다. 희석한 시료추출액 0.5 mL에 0.1% 카바졸(Samchun Pure Chemicals Co., Seoul, Korea) 0.25 mL와 황산(Duksan Pure Chemicals Co., Ltd., Ansan, Korea) 2.5 mL를 넣은 후, 80°C 수욕상에서 5분간 반응한 후 실온에서 20분간 냉각시켰다. 이후 UV-visible spectrophotometer로 525 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 함량 계산을 위해 표준물질로 galacturonic acid(Fluka Chemical Co., Ronkonkoma, NY, USA)를 사용하였다.

2.8. 묽은에탄올엑스 함량 측정

묽은에탄올엑스 함량은 대한민국약전 생약시험법(MFDS, 2018)을 변형하여 측정하였다. 홍삼분말 2 g에 50% 에탄올(Duksan Pure Chemicals Co., Ltd., Ansan, Korea) 70 mL를 넣어 shaking incubator(JSSI-300C, JS Research)에서 180 rpm으로 5시간 추출 후 20시간 상온에서 방치한 후 여과(Whatman No. 4)하였다. 잔류물은 여액이 100 mL가 될 때까지 에탄올로 씻은 다음 수욕에서 증발 건조한다. 이후, 105°C에서 4시간 건조 후 데시케이터에서 식힌 다음 무게를 달고 아래의 식에 대입하여 묽은에탄올엑스의 양으로 사용하였다.

50% Ethanol extract content (mg/g) =

$$\frac{\text{Weight of flask after drying (mg)} - \text{Weight of flask (mg)}}{\text{Sample (g)}} \quad (9)$$

2.9. 통계처리

무게 및 밀도, 길이, 색도, 내부조직 품질 등 외·내부 품질은 100회 반복 측정하였으며 조사포닌 및 진세노사이드, 총당 및 산성다당체, 묽은에탄올엑스 등 이화학적 품질은 3회 반복 측정한 결과를 평균값±표준편차로 나타내었다. SPSS software package(version 26, SPSS Inc., IL, USA) 프로그램을 이용하여 분산분석(ANOVA)과 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 실시하였다(p<0.05).

3. 결과 및 고찰

3.1. 무게 및 밀도

홍삼의 등급별 무게, 부피, 밀도와 부위별 길이는 Table 1에 나타내었다. 천, 지, 양 등급 간 평균무게 차이는 없었지만, 등의 홍삼은 24.91 g으로 다른 등급보다 평균무게가 유의적으로 큰 것으로 나타났(p<0.05). 부피도 본삼 간에 유의적인 차이는 없었지만, 등의 홍삼은 20.10 cm³로 부피가 컸다(p<0.05). 하지만 밀도는 천삼이 1.34 g/cm³, 지삼이 1.30 g/cm³, 양삼이 1.31 g/cm³, 등의 1.25 g/cm³로 유의적인 차이를 보여 높은 등급일수록 밀도가 높았으며 이는, Jang과 Ruan(1998)에서 내부조직 품질과 밀도가 높은 상관관계가 있다고 보고한 것과 일치하였다(p<0.05). 또한,

Table 1. Physicochemical properties of 6-year-old red ginseng by grade

Grade	Weight (g)	Volume (cm ³)	Density (g/cm ³)	Body length (cm)	Leg length (cm)	Ratio of body and leg
Cheon ¹⁾	21.97±2.92 ^{2)a3)}	16.47±2.45 ^a	1.34±0.05 ^c	6.96±0.96 ^a	4.07±0.87 ^a	1.83±0.63 ^b
Ji	21.99±3.06 ^a	16.96±2.81 ^a	1.30±0.07 ^b	6.49±0.97 ^b	4.35±0.77 ^a	1.58±0.52 ^a
Yang	21.88±2.52 ^a	16.81±2.21 ^a	1.31±0.09 ^{bc}	6.18±1.31 ^b	4.88±1.32 ^b	1.42±0.66 ^a
Gi	24.91±3.11 ^b	20.10±3.16 ^b	1.25±0.09 ^a	6.42±1.47 ^b	4.78±1.38 ^b	1.55±0.86 ^a

¹⁾Cheon, 1st grade; Ji, 2nd grade; Yang, 3rd grade; Gi, out of grade ginseng.

²⁾Values of weight, volume, and density are mean±standard deviation (n=50).

^{3)a-d}Means significantly different between grades by Duncan's multi-range test (p<0.05).

Lee(1996)에 의하면 대편급 원료삼의 경우 중편급이나 소편급보다 홍삼제조 시 내공, 균열 등 품질감소가 빈번하다고 보고되었는데, 본 실험에서도 무게와 부피가 큰 삼이 주로 등급 외로 분류된 것을 확인할 수 있었다.

3.2. 길이

홍삼의 등급별 몸통 길이는 천, 지, 양 공통으로 3.5 cm 이상이며 다리 길이는 천삼과 지삼만이 몸통 길이와 같거나 작은 것으로 명시되어 있다(MAFRA, 2014). 몸통 길이는 등급별로 몸통 길이가 천삼 6.96 cm, 지삼 6.49 cm, 양삼 6.18 cm, 등의 6.42 cm로 조사되었고, 다리 길이는 천삼 4.07 cm, 지삼 4.35 cm, 양삼 4.88 cm, 등의 4.78 cm이며 몸통과 다리의 비율은 천삼 1.83, 지삼 1.58, 양삼 1.42, 등의 1.55로 나타났다. Jeong 등(2016)의 연구에서 인삼의 등급은 몸통과 다리의 비율이 등급 간 차이가 없다고 보고하였지만 홍삼에서는 천삼 등급이 다른 등급에 비하여 유의적으로 몸통 길이가 길고 다리 길이가 짧은 것으로 나타났다(p<0.05). 이는, 천삼의 등급을 판정할 때 몸통과 다리의 비율 즉, 체형이 등급에 영향을 미치지만 그 외 등급에서는 다른 품질요인이 더 크게 작용한 것으로 보인다.

3.3. 색도

홍삼의 몸통과 다리부분의 색도는 Table 2에 나타내었다. 홍삼의 등급별 색도는 천삼과 지삼이 색이 균일한 것, 양삼이 색이 불균일한 것으로 주관적으로 명시되어 있다(MAFRA, 2014). 색도에 영향을 미치는 인자는 원료삼의 수확 후 저장기간(Chang 등, 2003), 홍삼 증숙 시 온도(Li

등, 2019)와 시간(Lee 등, 1998), 증숙 후 건조 온도(Ning 등, 2015) 등 재배환경보다 가공과정 중 생김 변화라고 보고된다. 이러한 인자들에 의한 색 변화는 가공 중 가용성 성분의 갈변물질 생성에 의한 것이라고 알려져 있다. 특히, 갈변물질이 생성될수록 L*값은 낮아지고 a*값은 증가하는 것으로 보고되었다(Hong 등, 2007). 명도를 나타내는 L*값의 경우 지삼만이 다리부분과 몸통부분 모두 다른 등급보다 낮은 값을 보였다(p<0.05). 적색도를 나타내는 a*값의 경우 다리부분에서는 등급별로 차이가 없었지만 몸통부분은 등급 외가 8.56으로 천삼 8.07, 지삼 7.87, 양삼 7.48보다 높은 값을 보였다(p<0.05). 황색도를 나타내는 b*값의 경우 몸통 부분에서 천삼 26.74, 지삼 25.07, 양삼 28.33, 등의 27.46으로 차이를 보였으며, 다리부분도 천삼 16.02, 양삼 14.16, 지삼 20.11, 등의 18.01로 지삼이 가장 큰 값을 보이고 등의와 천삼, 지삼순으로 값이 감소하는 경향을 볼 수 있었다. 하지만 전체적인 색도에서 등급별로 유의미한 경향성을 관찰하지 못하였다(p<0.05).

3.4. 내부조직 품질

내부조직 품질을 분석하기 위해 홍삼의 수직단면과 수평단면의 내공, 내백의 길이를 조사하여 Table 3에 나타내었다. 홍삼 직경의 평균은 천삼 1.604 cm, 지삼 1.822 cm, 양삼 1.711 cm, 등의 1.817 cm로 나타났으며, 천삼만이 다른 등급에 비하여 평균직경이 유의미하게 짧았다(p<0.05). 내백 수평단면 평균직경은 천삼 0.220 cm, 지삼 0.319 cm, 양삼 0.332 cm, 등의 0.428 cm로 나타났으며, 내백 수평단면 직경과 삼직경의 비율은 천삼 0.134, 지삼 0.191,

Table 2. Hunter's color value of body and leg part of 6-year-old red ginseng by grade

Grade	Color value of red ginseng body			Color value of red ginseng leg		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Cheon ¹⁾	43.73±5.17 ^{2)bc3)}	8.07±1.31 ^{ab}	26.74±3.77 ^b	32.92±4.27 ^{4)b}	7.02±1.47 ^a	16.02±3.48 ^a
Ji	41.28±4.60 ^a	7.87±1.51 ^{ab}	25.07±3.36 ^a	28.46±4.58 ^a	6.75±1.81 ^a	14.16±3.02 ^a
Yang	45.77±6.63 ^b	7.48±1.69 ^a	28.33±4.26 ^c	34.38±7.61 ^b	7.33±1.32 ^a	20.11±5.64 ^c
Gi	43.88±4.97 ^b	8.56±1.74 ^b	27.46±3.66 ^{bc}	34.28±5.60 ^b	6.74±1.68 ^a	18.01±4.82 ^b

¹⁾Cheon, 1st grade; Ji, 2nd grade; Yang, 3rd grade; Gi, out of grade ginseng.

²⁾Values of body are mean±standard deviation (n=60).

^{3)a-c}Means significantly different between grades by Duncan's multi-range test (p<0.05).

⁴⁾Values of leg are mean±standard deviation (n=40).

Table 3. Diameter and length of 6-year-old red ginseng inner defect by grade

Grade	Diameter of red ginseng (cm)	Diameter of inner white (cm)	Vertical length of inner white (cm)	Ratio of diameter and inner white	Diameter of inner cavity (cm)	Vertical length of inner cavity (cm)
<i>Cheon</i> ¹⁾	1.604±0.176 ^{2)a3)}	0.220±0.131 ^a	3.885±1.139 ^b	0.134±0.096 ^a	0.523±0.146 ^a	1.357±0.713 ^a
<i>Ji</i>	1.822±0.801 ^b	0.319±0.235 ^b	3.848±1.524 ^b	0.191±0.141 ^b	0.355±0.169 ^a	1.800±1.244 ^a
<i>Yang</i>	1.711±0.249 ^{ab}	0.332±0.237 ^b	3.357±1.384 ^a	0.200±0.149 ^b	0.525±0.348 ^a	1.627±1.267 ^a
<i>Gi</i>	1.817±0.298 ^b	0.428±0.345 ^c	3.548±1.672 ^{ab}	0.243±0.197 ^c	0.589±0.461 ^a	1.884±1.545 ^a

¹⁾*Cheon*, 1st grade; *Ji*, 2nd grade; *Yang*, 3rd grade; *Gi*, out of grade ginseng.

²⁾Values are mean±standard deviation.

^{3)a-d}Means significantly different between grades by Duncan's multi-range test ($p < 0.05$).

양삼 0.200, 등위가 0.243으로 양삼과 지삼 간을 제외하고 등급에 따라 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 하지만 내백의 수직단면 길이는 천삼 3.885 cm, 지삼 3.848 cm, 양삼 3.357 cm, 등위 3.548 cm로, 오히려 높은 등급일수록 내백의 평균길이가 긴 것으로 나타났다. 내공의 수직단면과 수평단면의 길이는 등급별 유의적인 차이를 보이지 않았다 ($p < 0.05$). 종합하자면, 직경은 짧지만 수직길이가 긴 내백은 현재 이루어지고 빛 투과 검사방법으로 측정하기 쉽지 않아 등급선별 과정에서 높은 등급을 받았으며, 직경이 길지만 수직길이가 짧은 내백은 측정율이 높아 낮은 등급을 받은 것으로 사료된다. 하지만 내공의 직경 및 길이는 등급별 유의미한 차이가 존재하지 않았는데, 이는, 높은 등급 홍삼에서 내공 발현율이 낮아 표본수가 적었기 때문으로 사료된다.

내부조직 품질 중 생내백 또는 내백이 발현된 홍삼을 개수하여 수직 및 수평 내백 발현율로 나타내었으며 수직 및 수평 절단면 중 내공이 있는 것을 개수하여 수직 및 수평 내공 발현율로 나타내었다. 그리고 생내백 및 내백이 발현

된 홍삼 중 생내백만 발현된 홍삼을 생내백 비율로 Table 4에 나타내었다. 내백은 수직단면에서 91-100%로 발현율을 보여 등급에 따라 크게 차이 나지 않았지만, 수평단면에서는 천삼이 78%로 가장 적었고 지삼이 96%, 양삼이 95%, 등위가 81%의 발현율을 보여 등급별로 차이를 보였고 생내백 비율은 천삼 98%, 지삼 91% 양삼 80%, 등위 79%로 나타났다. 내공의 수평단면 발현율은 천삼 4%, 지삼 5%, 양삼 19%, 등위 34%로 나타났으며, 수직단면 발현율은 천삼 2%, 지삼 4%, 양삼 10%, 등위 36%로 등급별로 큰 차이를 보였다. 그러므로, 내공과 내백 모두 등급이 낮을수록 많이 발현되며 특히 생내백 비율은 낮아지고 다공성 내백비율은 증가하는 것으로 나타났다. Kwon 등(2008)의 연구에서 제조한 6년근 홍삼의 내백발현 비율은 생내백 26%, 다공성 내백 8%이며 내공발현 비율은 20%로 다공성 내백과 내공의 발현율은 비슷하였으나 생내백 발현율에서 차이를 보였다. 이는, 내공과 내백의 발현은 광량(Cheon 등, 1991), 줄기 수와 무게(Lee, 1996), 건조 온도와 시간(Kwon 등, 2008) 등 재배환경과 가공조건의 복합적인 요인들이 작용

Table 4. Expression rate of 6-year-old red ginseng inner defect by grade (unit: %)

Grade	Horizontal section of inner white	Vertical section of inner white	Horizontal section of inner cavity	Vertical section of inner cavity	Ratio of <i>saengnaeback</i> ¹⁾
<i>Cheon</i> ²⁾	96	78	4	2	98
<i>Ji</i>	100	96	5	4	91
<i>Yang</i>	98	95	19	10	80
<i>Gi</i>	91	81	34	36	79

¹⁾*Saengnaeback*, the underprocessed inner white which is not porous, has indistinguishable boundary from normal tissue.

²⁾*Cheon*, 1st grade; *Ji*, 2nd grade; *Yang*, 3rd grade; *Gi*, out of grade ginseng (n=100).

한 결과로 사료된다.

3.5. 조사포닌 및 진세노사이드 함량

홍삼의 등급별 조사포닌 및 진세노사이드 함량은 Fig. 2(A)와 Fig. 3에 나타내었다. 사포닌은 인삼의 주요 유효 성분으로 항통증, 항암, 항당뇨, 간기능, 항진 작용, 항혈전, 항염증 등의 다양한 생리활성을 가지고 있다고 보고되었다 (Cho 등, 2008). 조사포닌 함량은 본삼 간에는 천삼 47.617 mg/g, 지삼 47.417 mg/g, 양삼 48.400 mg/g으로 유의적 차이가 없으나, 등외만이 51.517 mg/g으로 조사포닌 함량이 많은 것으로 나타났다($p < 0.05$).

Ginsonisde는 dammarane 골격의 terpenoid를 함유한 배당체로서, 당의 결합위치에 따라 protopanaxatriol 계열과 protopanaxadiol 계열로 구분되며 최근까지 30여 종이 분리, 동정되었다(Oh 등, 2016). 본 연구에서는 진세노사이드 Rg₁, Rb₁, Rc 총 3가지의 진세노사이드를 분석하여 Fig. 3에 나타내었다. Rg₁과 Rb₁은 등외, 천삼, 양삼,

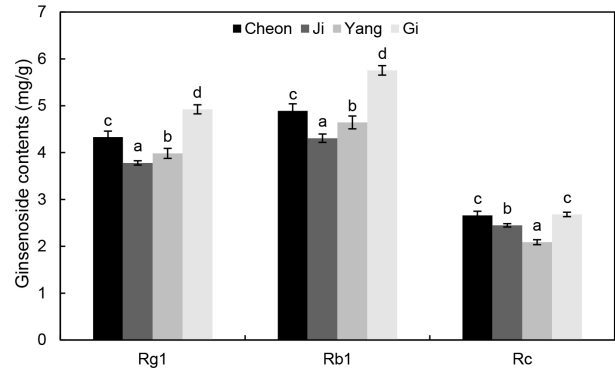


Fig. 3. Ginsenoside content of 6-year-old red ginseng by grade. ¹⁾Cheon, 1st grade; Ji, 2nd grade; Yang, 3rd grade; Gi, out of grade ginseng. ²⁾Values are mean±standard deviation (n=3). ^{3)a-d}Means significantly different between grades by Duncan's multi-range test ($p < 0.05$).

지삼순으로 함량이 높았으며 Rc는 천삼과 등외 사이에는 유의적 차이가 없었고 지삼과 양삼순으로 함량이 높았다 ($p < 0.05$). 이는, 사포닌 및 진세노사이드 함량이 종과 연근

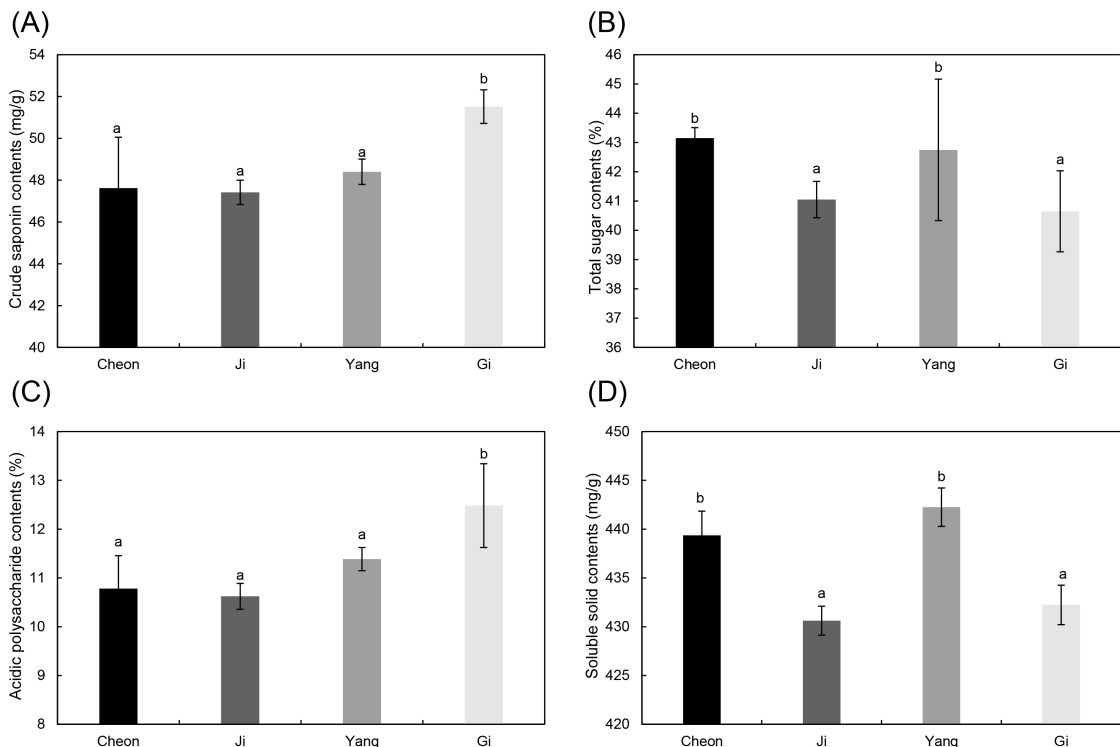


Fig. 2. Chemical content of 6-year-old red ginseng by grade. ¹⁾(A) Crude saponin, (B) Total sugar, (C) Acidic polysaccharide, (D) 50% ethanol extract content of red ginseng by grade. ²⁾Cheon, 1st grade; Ji, 2nd grade; Yang, 3rd grade; Gi, out of grade ginseng. ³⁾Values are mean±standard deviation (n=3). ^{4)a,b}Means significantly different between grades by Duncan's multi-range test ($p < 0.05$).

등과 같은 생물학적 조건이 같아도 토양 종류(Lee 등, 2004), 광량(Jang 등, 2016), 광원의 종류와 온도(Yu 등, 2005) 등 외부환경 요인에 의해 차이가 발생한다는 보고가 있었다. 또한, 중금속(Balusamy 등, 2013), 삼투압(Wu 등, 2005) 등의 비생물적 스트레스에 반응하여 증가한다는 연구와, 외부에서 침입한 생물학적 스트레스에 반응하여 생성되는 이차산물로 방어작용을 한다는 연구들이 보고되었다(Abid 등, 2021; Le 등, 2018). 그러므로, 등의 홍삼이 다양한 생물학적·비생물학적 스트레스에 노출되어 외·내부 품질이 저하되어 등으로 분류되었지만, 조사포닌과 진세노사이드 함량은 스트레스에 반응하여 증가한 것이라고 사료된다.

3.6. 총당 및 산성다당체 함량

총당 및 산성다당체 함량은 Fig. 2(B)와 (C)에 나타내었다. 당류는 인삼의 구성성분 중에서 가장 많은 비율을 차지하는 물질로 크게 가용성 유리당이나 다당체 성분 및 cellulose, hemicellulose 등과 불용성 당류성분으로 나뉜다(Hong 등, 2007). 총당 함량은 홍삼 가공과정에서 인삼의 전분이 호화되고 사슬이 파괴된 후 다당체가 가용화되어 증가하는 것으로 보고되었다(Son과 Ryu, 2009). 천삼 43.293%와 양삼 42.747%가 41.052%인 지삼과 40.649%의 등외삼보다 유의적으로 함량이 높게 나타났다($p < 0.05$). 총당 함량은 재배 환경에 따라 큰 차이를 보이지 않지만(Guo 등, 2021), 가공 중 증숙 횟수(Hong 등, 2007)와 온도와 압력(Kim 등, 2016)에 따라 차이가 난다고 보고되었다. 그러므로 등급 간 총당 함량은 대용량 가공 처리 과정 중 불균일한 조건에 의하여 차이를 보였다고 사료된다.

인삼의 산성다당체는 주성분인 galacturonic acid와 rhamnose, glucose, arabinose 등으로 구성된 heteropolysaccharide이다(Lee 등, 2020). 산성다당체는 분자량이 34,000 이상인 pectin 유사물질로 식물세포의 세포벽을 이루는 다당류로서(Cui 등, 2019), 암 환자의 지방분해 억제, 식욕부진 증상 개선효과 등등이 보고되었다(Do 등, 1993). 산성다당체 함량은 천삼 10.781%, 지삼 10.623%, 양삼 11.386%로 비슷한 산성다당체 함량을 가졌지만, 등외만이 12.482%로 유의적으로 높은 값이 나타났다($p < 0.05$). 산성다당체의 함유량은 금속 이온, 자외선, 오존 등 여러 비생물적 스트레스에 의하여 증가한다고 하며(Gall 등, 2015),

생물학적 침입에 반응하는 저항성 물질로 작용한다고 보고되었다(Moerschbacher 등, 1999). 그러므로 산성다당체 또한 조사포닌 및 진세노사이드와 마찬가지로 비생물적·생물적 스트레스에 등외등급 홍삼이 다른 등급에 비해 많이 노출된 결과 함량이 높은 것으로 사료된다.

3.7. 묽은에탄올엑스 함량

묽은에탄올엑스 함량은 Fig. 2(D)에 나타내었다. 인삼류 제품의 유효성분과 성분함량에 대해서 많은 부분이 밝혀졌으나, 여전히 엑스 함량은 인삼류 제품의 품질을 결정하는데 검사기준으로 사용되고 있다(MAFRA, 2014). Yoon 등(2005)에 따르면 인삼의 묽은에탄올엑스는 가열조건에 의해 중합되어 마이야르 반응 혹은 카라멜화 반응에 의해 melanoidin 등의 색소 형성에 관여하여 갈색도와 반비례한다고 보고되었다. 묽은에탄올엑스 함량에서 천삼은 439.367 mg/g, 양삼은 442.250 mg/g으로 차이가 존재하지 않았으며, 지삼 430.617 mg/g과 등의 432.233 mg/g 사이에 차이가 존재하지 않았고 천삼과 양삼보다 묽은에탄올엑스 함량이 낮게 나타났다($p < 0.05$). 등급별 묽은에탄올엑스의 경향은 총당과 일치하였는데, 이는, 홍삼의 탄수화물 함량이 60-70%로 엑스의 대부분을 차지하기 때문인 것으로 보인다(Park 등, 2011). Kim 등(2000)에 따르면 홍삼 엑스의 조전분 함량은 32%를 차지하며 예열처리에 따라 전분 함량이 급격히 감소하여 높은 엑스 함량을 나타낸다고 보고되었다. 그러므로, 묽은에탄올엑스 함량은 총당과 마찬가지로 대용량 가공 중 불균일한 열에 의하여 등급별 차이가 발생하였다고 사료된다.

4. 요약

본 연구는 인삼산업법에 의해 나누어진 등급별 홍삼의 외·내부와 화학적 품질 차이가 있는지 조사하고, 외·내부 품질과 화학적 품질이 일치하는지 알아보려고 하였다. 홍삼의 외부 품질 특성을 알아보기 위해 색, 무게, 부피, 밀도와 길이를 측정하였으며, 내부 품질 특성으로 삼직경, 내공과 내백의 길이 및 발현도를 측정하였다. 또한, 화학적 품질을 알아보기 위해 조사포닌, 진세노사이드, 총당, 산성다당체와 묽은에탄올엑스 함량을 구하였다. 등급이 높을수록 외·

내부 품질 특성이 우수한 것을 확인하였지만 화학적 품질인 조사포닌, 산성다당체, 진세노사이드 함량에서 등의 등급보다 낮은 함량을 보여, 외·내부 품질이 화학적 품질과 일치하지 않다는 것을 확인할 수 있었다. 이는, 특정 한 요인이 품질에 영향을 미친 것보다 원료삼의 재배환경, 홍삼가공 중 조건 등의 복합적인 요인들이 작용하여 생긴 결과로 해석된다. 따라서, 외·내부 품질과 화학적 품질이 일치하는 높은 등급의 고급홍삼을 생산하기 위해서는, 재배환경 조건부터 가공과정까지의 종합적인 최적 조건을 구하는 연구가 추후 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 고부가가치식품기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(321049-5).

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Kim M, Moon KD. Data curation: Kim M, Kim JS, Park S. Formal analysis: Kim M, Kim JS, Kim JH, Kim I, Nam I. Methodology: Kim JS. Validation: Kim JY. Writing - original draft: Kim M. Writing - review & editing: Kim JY, Moon KD.

Ethics approval

This article does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants.

ORCID

Minhyun Kim (First author)

<https://orcid.org/0000-0002-3754-2503>

Jiyeon Kim

<https://orcid.org/0000-0002-7995-360X>

Jungsoo Kim

<https://orcid.org/0000-0002-2952-1067>

Sanghyeok Park

<https://orcid.org/0000-0002-3362-5272>

Jihye Kim

<https://orcid.org/0000-0002-6953-6327>

Insun Kim

<https://orcid.org/0000-0002-7028-4833>

Inju Nam

<https://orcid.org/0000-0001-6300-9107>

Kwang-Deog Moon (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0001-5277-3345>

References

- Abid S, Kaliraj L, Rahimi S, Kim YJ, Yang DC, Kang SC, Balusamy SR. Synthesis and characterization of glycol chitosan coated selenium nanoparticles acts synergistically to alleviate oxidative stress and increase ginsenoside content in *Panax ginseng*. *Carbohydr Polym*, 267, 118195 (2021)
- Ahn IO, Lee SS, Lee JH, Lee MJ, Jo BG. Comparison of ginsenoside contents and pattern similarity between root parts of new cultivars in *Panax ginseng* CA Meyer. *J Ginseng Res*, 32, 15-18 (2008)
- Ahn SI, Kim SK, Yang BW, Lee ES, Kang CS, Hahm YT. Analysis of ginsenosides and non-saponin components of red ginseng from landraces and new varieties. *Korean J Hortic Sci Technol*, 34, 790-798 (2016)
- Balusamy SRD, Kim YJ, Rahimi S, Senthil KS, Lee OR, Lee S, Yang DC. Transcript pattern of cytochrome p450, antioxidant and ginsenoside biosynthetic pathway genes under heavy metal stress in *Panax ginseng* Meyer. *Bull Environ Contam Toxicol*, 90, 194-202 (2013)
- Chang JK, Park CK, Shim KH. Changes in chemical components of red ginseng processed from the fresh ginseng stored at low temperature. *Korean J Food Preserv*, 10, 158-161 (2003)
- Cheon SK, Mok SK, Lee SS. Effect of light intensity and quality on the growth and quality of Korean ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer)-III.

- Effect of light intensity on the quality of ginseng plant. *Korean J Ginseng Sci*, 15, 144-151 (1991)
- Cho CW, Kim SW, Rho J, Rhee YK, Kim K. Extraction characteristics of saponin and acidic polysaccharide based on the red ginseng particle size. *J Ginseng Res*, 32, 179-186 (2008)
- Cho CW, Kim YC, Kang JH, Rhee YK, Choi SY, Kim KT, Lee YC, Hong HD. Characteristic study on the chemical components of Korean curved ginseng products. *J Ginseng Res*, 37, 349-354 (2013)
- Choi JE, Nam KY, Li X, Kim BY, Cho HS, Hwang KB. Changes of chemical compositions and ginsenoside contents of different root parts of ginsengs with processing method. *Korean J Medicinal Crop Sci*, 18, 118-125 (2010)
- Choi JE, Nam KY, Li X, Kim HH, Cho HS, Hwang KB, Ko SK. Changes of surface color formation and constituents of white ginseng prepared with peeling by using barker. *Korean J Crop Sci*, 53, 369-375 (2008)
- Choi KH, Lee KJ, Choi DS, Kim GY, Son JR. Development of simple density measurement system for watermelons. *J Biosyst Eng*, 29, 167-174 (2004)
- Choi YS, Kim JM, Han EO. Changes in the components of red ginseng after irradiation and the Korean consumer's perception of irradiated food. *J Radiat Prot Res*, 45, 26-34 (2020)
- Chung CM, Shin JS, Chung YY. Comparison of yield and quality of red ginseng on bud type of single and multiple stem plant in *Panax ginseng* C.A. Meyer. *J Ginseng Res*, 30, 132-136 (2006)
- Cui L, Wnag J, Huang R, Tan Y, Zhang F, Zhou Y, Sun L. Analysis of pectin from *Panax ginseng* flower buds and their binding activities to galectin-3. *Int J Biol Macromol*, 128, 459-467 (2019)
- Do JH, Kim SD, Sung HS. Biochemical and histological characteristics of inferior red ginseng. *Korean J Ginseng Sci*, 9, 256-263 (1985)
- Do JH, Lee HO, Lee SK, Jang JK, Lee SD, Sung HS. Colorimetric determination of acidic polysaccharide from *Panax ginseng*, its extraction condition and stability. *Korean J Ginseng Sci*, 17, 139-144 (1993)
- Dubois MG, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal Chem*, 28, 350-356 (1956)
- Gall HL, Philippe F, Domon JM, Gillet F, Pelloux J, Rayon C. Cell wall metabolism in response to abiotic stress. *Plants*, 4, 112-166 (2015)
- Gil B. A survey on the quality characteristics of dried ginseng products. *Korean J Food Sci Technol*, 35, 1003-1006 (2003)
- Guo M, Shao S, Wang D, Zhao D, Wang M. Recent progress in polysaccharides from *Panax ginseng* C.A. Meyer. *Food Funct*, 12, 494-518 (2021)
- Han CK, Honh HD, Kim YC, Kim SS, Sim GS. Effect of puffing on quality characteristics of red ginseng tail root. *J Ginseng Res*, 31, 147-153 (2007)
- Hong HD, Cho CW, Kim YC, Kim E, Rhee YK, Rho J, Choi SH. Morphological characteristics of Korean dried ginseng products. *J Ginseng Res*, 36, 314-321 (2012)
- Hong HD, Kim YC, Rho J, Kim KT, Lee YC. Changes on physicochemical properties of *Panax ginseng* C.A. Meyer drying repeated steaming process. *J Ginseng Res*, 31, 222-229 (2007)
- Huang L, Ren C, Li HJ, Wu YC. Recent progress on processing technologies, chemical components, and bioactivities of Chinese red ginseng, American red ginseng, and Korean red ginseng. *Food Bioprocess Technol*, 15, 47-71 (2022)
- Jang GC, Ruan R. Determination of bulk density and internal structure of red ginseng root using NMR. *J Ginseng Res*, 22, 96-101 (1998)
- Jang IB, Yu J, Kweon KB, Suh SJ. Effect of controlled light environment of the growth and

- ginsenoside content of *Panax ginseng* C.A. Meyer. Korean J Medicinal Crop Sci, 24, 277-283 (2016)
- Jeong SH, Im WH, Lim YH, Kim HJ. Ginsenoside contents and biological activities of black ginseng Pung-gi. J Korea Immuno-Yakchim Society, 5, 9-17 (2016)
- Jeong SH, Ko KW, Kang JY, Jang S, Lee S. A study on a ginseng grade decision making algorithm using a pattern recognition method. KIPS Tr Software and Data Eng, 5, 327-332 (2016)
- Jo JS, Cho HK, Park SH, Jung CS. General feature and ginsenoside content of 6 years old ginseng. Korean J Dietary Culture, 16, 478-482 (2001)
- Kandpal LM, Lee J, Bae H, Kim MS, Baek I, Cho BK. Near-infrared transmittance spectral imaging for nondestructive measurement of internal disorder in Korean ginseng. Sensors, 20, 273 (2020)
- Kang JY, Lee MG, Kim YT. Automatic decision-making on the grade of 6-year-old fresh ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) by and image analyzer-I. Shape and weight analyses according to the grade of fresh ginseng. J Ginseng Res, 20, 65-71 (1996)
- Kang YH, Zhou R, Kim HJ, Kim JE, Shin IS. Physicochemical quality characteristics of hot water extracts of processed ginseng based on different heat treatments. Korean J Food Preserv, 25, 155-163 (2018)
- Kim CS, Jung IC, Kim SB. Distinction of internal tissue of red ginseng using magnetic resonance image. J Ginseng Res, 32, 332-336 (2008)
- Kim CS, Lee JW, Do JH. Chemical characteristics of normal and inferior parts in Korean red ginseng. J Ginseng Res, 25, 89-93 (2001)
- Kim CS, Rhee JY. Computer vision system for automatic grading of ginseng. J Biosyst Eng, 22, 401-408 (1997)
- Kim E, Jin Y, Kim KT, Lim TG, Jang M, Cho CW, Rhee YK, Hong HD. Effect of high temperature and high pressure on physicochemical properties and antioxidant activity of Korean red ginseng. Korean J Food Nutr, 29, 438-447 (2016)
- Kim GY, Kim KT, Eom YK. The influence of drying methods and conditions on the quality of red ginseng in the manufacturing process. Korean Soc Mech Eng, 488-493 (2008)
- Kim S, Na Y, Lee J, Cho W. Control of steaming process for production of high quality red ginseng. Korean Chem Eng Res, 52, 587-591 (2014)
- Kim YJ, Jeon JN, Jang MG, Oh JY, Kwon WS, Jung SK, Yang DC. Ginsenoside profiles and related gene expression during foliation in *Panax ginseng* Meyer. J Ginseng Res, 38, 66-72 (2014)
- Kitagawa I, Taniyama T, Shibuya H, Nata T, Yoshikawa M. Chemical studies on crude drug processing. V. On the constituents of ginseng radix rubra (2); comparison of the constituents of white ginseng and red ginseng prepared from the same *Panax ginseng* root. J Pharm Soc Jpn, 107, 495-505 (1987)
- Kwon JH, Kim KY, Kwon Y, Kim M, Yoon SR, Chung HS, Lee KT, Cho SH. Comparative properties of red ginseng prepared with different cultivation years of fresh ginseng produced in Punggi region. J Korean Soc Food Sci Nutr, 37, 72-75 (2008)
- Le KC, Im WT, Paek KY, Park SY. Biotic elicitation of ginsenoside metabolism of mutant adventitious root culture in *Panax ginseng*. Appl Microbiol Biotechnol, 102, 1687-1697 (2018)
- Lee JC. Characteristics of aboveground and red ginseng quality of polystem ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). Korean J Medicinal Crop Sci, 4, 255-260 (1996)
- Lee JH, Lee JS, Kwon WS, Kang JY, Lee DY, In JG, Kim YS, Seo J, Baeg IH, Chang IM, Grainger K. Characteristics of Korean ginseng varieties of Gumpoon, Sunun, Sunpoong, Sunone, Cheongsun, and Sunhyang. J Ginseng Res, 39, 94-104 (2015)
- Lee JW, Kim CS, Chae SY, Yang JW, Do JH. Histological characteristics of normal and inferior

- parts in Korean red ginseng. *J Ginseng Res*, 25, 82-88 (2001)
- Lee JW, Lee SK, Do JH. Comparison of the content of saponin and mineral component in Korean red ginseng and other red ginseng. *J Ginseng Res*, 26, 196-201 (2002)
- Lee JW, Lee SK, Do JH, Shim KH. Characteristics of water soluble browning reaction of Korean red ginseng as affected by heating treatment. *J Ginseng Res*, 22, 193-199 (1998)
- Lee SJ, In G, Han ST, Lee MH, Lee JW, Shin KS. Structural characteristics of a red ginseng acidic polysaccharide rhamnogalacturonan I with immunostimulating activity from red ginseng. *J Ginseng Res*, 44, 570-579 (2020)
- Lee SM, Bae BS, Park HW, Ahn NG, Cho BG, Cho YL, Kwak YS. Characterization of Korean red ginseng (*Panax ginseng* Meyer): History, preparation method, and chemical composition. *J Ginseng Res*, 39, 384-391 (2015)
- Lee SR, Kim MR, Yon JM, Baek IJ, Park CG, Lee BJ, Yun YW, Nam SY. Black ginseng inhibits ethanol-induced teratogenesis in cultured mouse embryos through its effects on antioxidant activity. *Toxicol Vitro*, 23, 47-52 (2009)
- Lee SW, Kang SW, Kim DY, Seong NS, Park HW. Comparison of growth characteristics and compounds of ginseng cultivated by paddy and upland cultivation. *Korean J Medicinal Crop Sci*, 12, 10-16 (2004)
- Leung KW, Wong AST. Pharmacology of ginsenosides: A literature review. *Chin Med*, 5, 1-7 (2010)
- Li M, Chen Y, Wang X, Cheng S, Liu F, Huang L. Determination of drying kinetics and quality changes of *Panax quinquefolium* L. dried in hot-blast air. *LWT*, 116, 108563 (2019)
- Lim JK, Kim SM. Analysis of magnetic resonance characteristics and images of Korean red ginseng. *J Biosyst Eng*, 28, 253-260 (2003)
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). Enforcement Rule of the Ginseng Industrial Act (Standards and Methods of Inspection). Government Complex-Sejong, Sejong, Korea, p 339-012 (2014)
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). The Korean Pharmacopoeia-Annex 5. General Test Method: No. 29. Herbal Medicine Test Method of in Notification Full Text (KFDA Notification No. 2018-16). Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea, 70 (2018)
- Moerschbacher BM, Mierau M, Graebner B, Noll U, Mort AJ. Small oligomers of galacturonic acid are endogenous suppressors of disease resistance reactions in wheat leaves. *J Exp Bot*, 50, 605-612 (1999)
- Ning X, Lee J, Han C. Drying characteristics and quality of red ginseng using far-infrared rays. *J Ginseng Res*, 39, 371-375 (2015)
- Oh MH, Park YS, Lee H, Kim NY, Jang YB, Park JH, Kwak JY, Park YS, Park JD, Pyo MK. Comparison of physicochemical properties and malonyl ginsenoside contents between white and red ginseng. *Kor J Pharmacogn*, 47, 84-91 (2016)
- Park HS, Lee MH, Lee JY. Quality characteristics and potentialities of sugar-snap cookies with red ginseng powder. *Culi Sci & Hos Res*, 17, 171-183 (2011)
- Park J, Kim T, Jung S, Kim D, Cho SH, Han CH, Lee S, Lee JY, Ko KW. Development of infrared imaging measurement device for internal red ginseng analysis. *Proceedings of the Korea Information Processing Society Conference*, 24, 573-576 (2017)
- Park J, Lee S. A red ginseng internal measurement system using back-projection. *KIPS Tr Software and Data Eng*, 7, 377-382 (2018)
- Park JD. Recent studies on the chemical constituents of Korean ginseng. *Korean J Ginseng Sci*, 20, 389-415 (1996)
- Sanada S, Kondo N, Shoji J, Tanaka O, Shibata S. Studies on the saponins of ginseng. I. Structure of ginseng-Ro, Rb₁, Rb₂, Rc and Rd. *Chem Pharm Bull*, 22, 421-428 (1974)

- Shin JH, Park YJ, Kim W, Kim DO, Kim BY, Lee H, Baik MY. Changes of ginsenoside profiles in processed ginseng by drying, steaming, and puffing. *J Microbiol Biotechnol*, 29, 222-229 (2019)
- Son HJ, Ryu GH. Chemical compositions and antioxidant activity of extract from a extruded white ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 38, 946-950 (2009)
- Wu JY, Wong K, Ho KP, Zhou LG. Enhancement of saponin production in *Panax ginseng* cell culture by osmotic stress and nutrient feeding. *Enzyme Microb Technol*, 36, 133-138 (2005)
- Ye EJ, Kim SJ, Park CH, Gwakg HN, Bea MJ. Development and verification of new ginseng processing methods. *J East Asian Soc Dietary Life*, 15, 413-418 (2005)
- Yoon SR, Lee MH, Park JH, Lee IS, Kown JH, Lee GD. Changes in physicochemical compounds with heating treatment of ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 34, 1572-1578 (2005)
- Yu KW, Murthy HN, Hahn EJ, Paek KY. Ginsenoside production by hairy root cultures of *Panax ginseng*: Influence of temperature and light quality. *Biochem Eng J*, 23, 53-56 (2005)