



Research Article

Nutritional components and physiological activities of kombucha containing ginseng sprouts

새싹인삼 함유 콤부차의 영양성분 및 생리활성

Hee Yul Lee^{1†}, Ga Young Lee^{1†}, Kye Man Cho^{1,2}, Ok Soo Joo^{2*}

이희율^{1†} · 이가영^{1†} · 조계만^{1,2} · 주옥수^{2*}

¹Department of GreenBio Science and Agri-Food Bio Convergence Institute, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Korea

²Department of Food Science, Gyeongsang National University, Jinju 52849, Korea

¹경상국립대학교 생명자원과학과 및 농식품바이오융복합연구원, ²경상국립대학교 식품공학부

Abstract In this study, the physicochemical properties, nutritional components, and antioxidant activities of kombucha containing ginseng sprouts (control kombucha, CT; strawberry kombucha, ST; strawberry kombucha with 2% ginseng sprout, ST+GS) were analyzed for comparison of quality characteristics. The total content of free amino acids in ST+GS (273.38 mg/100 mL) was 3.2-14.5 times higher than in CT (18.9 mg/100 mL) and ST (84.9 mg/100 mL). The total mineral content in ST+GS (63.99 mg/100 mL) was 3.3-4.1 times higher than those of CT and ST (15.45 and 19.28 mg/100 mL). The contents of soluble phenolic and soluble flavonoid were 1.2 mg GAE/mL and 0.14 mg RE/mL in ST+GS. Several ginsenosides were detected only in ST+GS; ginsenoside Rg2 (2.4 mg/100 mL), Rh1 (4.5 mg/100 mL), F2 (9.0 mg/100 mL), Rg3 (4.6 mg/100 mL), and compound K (7.8 mg/100 mL) were detected. The content of phenolic acids was 1.2-1.5 times higher in ST+GS than in CT and ST. The amount of flavonol of ST+GS was not significantly different from CT but was 1.4 times higher than in ST. In terms of antioxidant activities, the values of ST+GS were significantly higher in comparison to other kombucha samples. These results confirmed that incorporating ginseng sprouts amplifies the advantages of kombucha.

Keywords antioxidant, fermentation, ginseng sprouts, kombucha



OPEN ACCESS

Citation: Lee HY, Lee GY, Cho KM, Joo OS. Nutritional components and physiological activities of kombucha containing ginseng sprouts. Food Sci. Preserv., 31(4), 645-659 (2024)

Received: April 09, 2024

Revised: June 20, 2024

Accepted: July 06, 2024

[†]These authors contributed equally to this study.

***Corresponding author**

Ok Soo Joo
Tel: +82-55-772-3273
E-mail: osjoo@gnu.ac.kr

Copyright © 2024 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

콤부차는 녹차나 홍차에 스코비(symbiotic community of bacteria and yeast, SCOBY)를 첨가하여 발효시킨 전통 발효 음료이며, 정확한 유래는 알려지지 않으나 기원전 220년경 진나라 동북부에서 마셨다는 기록이 있다(Lee 등, 2022c; Zou 등, 2021). 콤부차의 주요 발효 미생물은 초산균과 효모로 보고되고 있으나, 그 외에 유산균이 발효 미생물의 최대 30%에 이른다고 보고되고 있다(Marsh 등, 2014). 다양한 유산균 종이 콤부차 발효에 관여하는 것으로 확인되었으며, 특히 *Lactobacillus*와 *Leuconostoc*가 콤부차 pellicle에서 우세한 것으로 보고되었다(Bogdan 등, 2018). 발효가 끝난 콤부차는 발효 기질이나 스코비의 종류, 첨가 재료 및 발효 방식에 따라 성분이 달라질 수 있다. 하지만 주요 산물에는 에탄올, 글루콘산, 아세트산이 있으며, 이 외에도 유기산, 비타민, 효소, 아미노산, 단백질 및 폴리페놀을 함유한다(Avaci 등, 2022). 그중에서도 폴리페놀 화합물 함량이 높아 항산화 효과가 우수하며, 그 외에도 간세포 보호, 항미생물, 혈당 감소, 항염증, 혈중 콜레스테롤 감소 효과 등의 기능성이 보고되었다(Woo 등, 2021). 그 외에도, 녹차 대신 와송 잎(Jeon 등, 2022), 옥수수수

염, 뽕잎(Oh와 Hong, 2021) 등 차의 종류를 다르게 하거나, 첨가물로 블루베리(Barbosa 등, 2022), 유자(Woo 등, 2021) 외에도 배, 포도, 자두, 오렌지 등 과일 껍질(Lee와 Yi, 2023)을 넣어서 만든 콤부차 연구가 보고되고 있다. 과일을 첨가할 시 제품의 기능성 및 맛과 풍미가 향상되며(Anantachoke 등, 2023), 과일의 발효과정을 통해 항산화 및 항염 효과를 얻을 수 있다(Lee 등, 2022c).

새싹인삼(*Panax ginseng*)은 ginsenoside 함량이 높은 것으로 알려져 있는 잎과 줄기를 함께 섭취하는 삼으로 기능성 소재로 활용하기 우수하다(Jeon 등, 2021). 인삼에 비해 재배기간이 짧고(Pyo 등, 2018), 식물공장 혹은 스마트팜에서 재배가 가능해 외부 환경 조건에 관계없이 재배가 가능하며, 연작이 가능하다고 보고되어(Hwang 등, 2021; Kim 등, 2022), 새싹인삼 재배에 대해 생산자들의 관심이 증가하였다(Jang 등, 2022). 더불어, 새싹인삼 생산량 또한 지속적으로 증가하여 새싹인삼 활용 증대를 위해 다양한 가공품 개발이 요구되고 있다. 새싹인삼을 첨가한 카스텔라의 품질 특성(Kim 등, 2016), 새싹삼 발효주의 발효기간 중 이화학적 특성 및 진세노사이드 함량변화(Pyo 등, 2018), 유산 발효한 새싹인삼을 첨가한 약주의 품질(Kim 등, 2022) 등의 연구가 보고되고 있으나 새싹인삼 재배에 관한 연구와 비교해 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 당 종류별 콤부차의 선행연구를 통해 딸기 퓨레를 콤부차 발효를 위한 당으로 선정하고, 딸기 퓨레와 유산균 7종을 이용하여 콤부차의 최적 발효 기간을 확인하였다. 이후 최적 발효 기간을 바탕으로 새싹인삼 농축액을 2% 첨가한 콤부차를 제조하여 이화학적 특성과 영양성분 및 생리 활성을 비교 분석하여, 향후 복합 유산균을 콤부차에 적용하기 위한 기초자료와 새싹인삼의 이용 증대를 위한 기초자료를 제시하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 재료 및 시약

녹차는 하동에서 재배되어 건조상태의 원료를 화개농협가공사업소(Hadong, Korea)에서 구입하여 사용하였다. 당류는 원당과 과일 퓨레를 이용하였으며 원당은 (주)티알코리아(Guri, Korea)에서 판매 중인 비정제 사탕수수당을, 딸기 퓨레(84 °Brix)는 (주)아름터(Pyeongtaek, Korea)에서 구매하여 사용하였다. 새싹인삼농축액(60 °Brix)는 (주)드림팜(Jinju, Korea)에서 공급받아 사용하였다. Ginsenoside 표준품 21종(Rg1, Re, Ro, Rf, F5, F3, Rg2, Rh1, Rb1, Rc, F1, Rb2, Rb3, Rd, Rd2, F2, Rg3, PPT, compound K, Rh2, PPD)는 KOC biotech(Daejeon, Korea)에서 구입하여 사용하였다. Phenolic acids(gallic acid, chlorogenic acid, protocatechuic acid, vanillic acid, ferulic acid, ventaric acid) 및 flavonols 표준품(epigallocatechin, catechin,

vanilin, rutin, catechin gallate, quercetin, formonoetin)은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. Folin-Ciocalteu reagent, diethylene glycol, 2,2-diphenyl-1-picryldrazyl(DPPH), 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS)와 p-nitrophenyl butyrate 등은 Sigma-Aldrich에서 구입하여 사용하였다. 분석 등에 사용한 high performance liquid chromatography(HPLC) 등급의 유기용매는 J.T.Baker(Philipsbug, NJ, USA)에서 구입하여 사용하였고, 그 외에 사용된 기타 시약은 특급 및 HPLC 등급을 구입하여 사용하였다.

2.2. 콤부차 발효 유산균

콤부차 발효를 위한 유산균은 총 7종을 이용하였다. 2종은 발효식품으로부터 분리하여 보관 중인 생균계제능이 우수한 *Lactiplantibacillus plantarum* P1201 및 *Levilactobacillus brevis* WCP02을 사용하였으며, 그 밖의 5종은 생물자원센터(KCTC, Jeongeup, Korea)에서 분양받은 *Lactocaseibacillus casei* KCTC 3109, *Limosilactobacillus fermentum* KCTC 3112, *Lactocaseibacillus paracasei* KCTC 3166, *Lactobacillus amylovorus* KCTC 3597, *Lactobacillus farciminius* KCTC 3681를 사용하였다.

2.3. 녹차 추출물 제조

건조된 녹차 잎에 물을 10배 가하여 100°C에서 30분간 가열 추출하였다. 상온으로 식힌 후 filter paper(Toyo Roshi Kaisha, Ltd., Tokyo, Japan)로 여과하여 준비하였다. 이후 -20°C에서 보관 후 필요시 해동하여 사용하였다.

2.4. 콤부차 최적 발효 기간별 혼합물 제조

딸기, 자몽, 레몬, 블루베리, 유자 및 청포도 퓨레로 선행연구를 진행한 결과 딸기 퓨레를 첨가한 콤부차의 항산화 활성이 가장 우수하여, 딸기 퓨레를 사용하여 발효 기간별 실험을 진행하였다. 녹차 추출물 90 mL에 딸기 퓨레(80 °Brix) 10 g을 넣어 혼합하여 °Brix를 측정 후 원당으로 총 10 °Brix로 보당하고, 새싹인삼 농축액(60 °Brix)을 2%(v/v)를 혼합하여 준비하였다. 준비된 혼합물은 121°C에서 15분간 살균처리 후 사전에 MRS(Difco, Becton Dickson Co., Sparks, MD, USA) 액체배지에 진탕 배양해둔(30°C에서 48시간) 유산균 7종을 각각 0.5% (v/v) 씩, 총 3.5% 접종하여 30°C에서 0, 4, 8 및 12일간 발효를 진행하였다. 준비된 콤부차 시료는 5,000 ×g에서 20분간 원심 분리 후 상등액을 실험에 사용하였다.

2.5. 새싹인삼 함유 콤부차 제조

녹차 추출물은 상기 방법과 동일하게 제조하여 준비하였다. Control kombucha(CT)는 녹차추출물 90 mL에 원당을 넣어

10 °Brix로 보당하였으며, strawberry kombucha(ST)는 녹차추출물 90 mL에 푸레 10 g을 넣어 혼합 후 °Brix를 측정 후 원당으로 총 10 °Brix까지 보당하여 준비하였다. 그리고 strawberry kombucha with 2% ginseng sprout(ST+GS)는 strawberry kombucha와 같이 제조 후 새싹인삼 농축액(60 °Brix)을 2%(v/v)를 혼합하여 제조하였다. 모든 혼합물은 121°C로 15분간 살균처리 후 사전에 MRS 액체배지에 진탕 배양해둔 유산균 7종을 각각 0.5%(v/v), 총 3.5% 접종하여 30°C로 7일간 발효를 진행하였다. 준비된 콤부차 시료는 5,000 ×g에서 20분간 원심분리 후 상등액을 실험에 사용하였다.

2.6. 이화학적 특성 측정

발효 기간별 및 새싹인삼 함유 콤부차의 pH는 pH 미터기 (Orion Star A211, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)를 사용하여 측정하였고 총산도는 중화적정법을 통해 수행하여 젯산으로 환산하여 백분율로 표기하였다. 당도는 기기(PR-101a, ATAGO Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 확인 후 표기하였다.

2.7. 생균수 측정

생균수는 식품공전법의 유산균수 측정방법에 따라 Lee 등 (2022b)의 방법으로 MRS 한천배지(BD, New Jersey, NJ, USA)에 일반세균수의 표준평판법에 준하여 시험하였다. 35-37°C에서 48-72±3시간 배양 후 생성된 집락수를 측정하고 희석배수를 곱하여 검사시료 mL당 균수를 산출하였다. 대장균군 정성시험은 Choi 등(2018)의 방법을 약간 변형하여 실시하였다. 시료 1 mL와 10배 단계 희석액 1 mL씩을 멸균 petri dish에 분주하고 43-45°C 정도로 식힌 desoxycholate lactose agar (Oxoid, London, England)를 20 mL씩 petri dish에 부어서 혼합하였다. 35-37°C에서 24±2시간 배양한 후 전형적인 암적색의 집락을 인정하였을 때는 1개 이상의 집락을, 의심스러운 경우에는 2개 이상을 EMB 한천배지에서 분리배양하였다. 이후 확정시험 또는 완전시험을 시행하여 대장균군의 유무를 판단하였다.

2.8. 9대 영양소 분석

새싹인삼 함유 콤부차의 9대 영양소는 식품공전법의 일반성분시험법과 Kim 등(2023)에 따라 수행하여 열량, 탄수화물, 당류, 단백질, 지방, 나트륨, 트랜스지방, 콜레스테롤 및 포화지방산 함량을 분석하였다(food code). 열량은 에트워터 계수를 사용하여 시료 100 mL 중 조단백질, 조지방 및 탄수화물 또는 당류의 함량에 단백질, 지방, 당류의 계수를 곱하여 구한 값을 합하여 총계로 나타내었다. 탄수화물 함량은 시료 100 mL 중 수분, 조단백질, 조지방 및 회분의 양을 이용하여 표시하였다.

당류는 시료 중에 지방을 제거하여 시험용액을 준비하고 이를 HPLC(Agilent 1200 series, Agilent Co., Forest Hill, Vic, Australia)를 사용하여 분석 후 표준용액(fructose, glucose, sucrose, maltose, lactose)을 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 함량을 구하였다. 단백질 함량은 단백질 분석기를 이용하여 시료를 황산으로 분해하고 증류하여 최종 염산으로 적정하여 함량을 구하였다. 지방 함량은 에테르 추출법 중 일반법(soxhlet법)을 사용하여 분석하였다. 한편 나트륨은 550-600°C 회화로에서 회화한 후 30 mL의 3% 질산 용액으로 정용하여 유도결합플라즈마-질량분석법으로 분석하였다. 트랜스지방, 콜레스테롤 및 포화지방산 함량은 gas chromatography(GC, Agilent Technologies 7890A system, Wilmington, DE, USA)를 이용하여 분석하였다.

2.9. 유리아미노산 분석

새싹인삼 함유 콤부차의 유리아미노산 분석은 Lee 등(2021c)의 방법을 변형해 자동아미노산 분석기를 사용하여 분석하였다. 시료 1 mL와 HPLC water 5 mL를 혼합하여 60°C에서 1시간 동안 가수분해하였다. 그 후 10% 5-sulfosalicylic acid를 1 mL 첨가하여 4°C에서 2시간 방치하여 단백질을 침전시키고 0.45 µm membrane filter(Dismic-25CS, Toyo Roshi Kaisha Ltd.)로 여과한 여액을 60°C에서 감압농축을 실시하였다. 농축액은 lithium citrate buffer(pH 2.2)로 용해 후 다시 0.45 µm membrane filter로 여과하여 분석 시료로 준비하였다.

2.10. 무기질 분석

새싹인삼 함유 콤부차의 무기질 함량은 Lee 등(2022b)의 방법을 약간 수정하여 실시하였다. 각 시료 0.5 g에 70% 질산 용액 8 mL를 첨가하여 microwave(Ultrawave 2.0, Milestone SRL, Sorisole BG, Italy)로 분해하였다. 그 후 50 mL의 멸균 증류수로 정용하여 시험용액을 조제한 후 inductively coupled plasma-optical emission spectroscopy(ICP-OES, OPTIMA 8300DV, PerkinElmer Inc., Waltham, MA, USA)로 분석하였다. 한편 나트륨은 550-600°C 회화로에서 회화한 후 30 mL의 3% 질산 용액으로 정용하여 ICP-OES로 분석하였다.

2.11. 수용성 phenolics 및 수용성 flavonoids 함량 분석

콤부차를 0.45 µm membrane filter로 여과하여 수용성 phenolics 함량 및 수용성 flavonoids 함량 분석에 사용하였다. 발효 기간별 및 새싹인삼 함유 콤부차의 수용성 phenolics 함량은 Lee 등(2022b)의 방법을 변형하여 측정하였다. 각각의 여과액 시료를 시험관에 0.5 mL 분주하고 여기에 Na₂CO₃ 용액 0.5 mL를 첨가하여 3분간 정치시켰다. 다시 2 N Folin-Ciocalteu 페놀 시약 0.25 mL를 첨가하여 혼합한 다음 30°C에서 1시간

동안 정치시킨 후 분광광도계(Spectronic 2D, Thermo Co., Petaluma, CL, USA)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 수용성 phenolics 함량은 갈산(gallic acid)을 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 함량을 구하여 갈산에 상당하는 양(gallic acid equivalent, GAE)으로 계산하였다.

발효 기간별 및 새싹인삼 함유 콤부차의 수용성 flavonoids 함량은 Lee 등(2022b)의 방법을 약간 변형하여 측정하였다. 상기에서 준비된 시료 0.1 mL에 1 N NaOH 0.01 mL를 첨가한 후 diethylene glycol 1.0 mL를 첨가하여 37°C에서 1시간 방치 후 분광광도계(spectronic 2D)를 이용하여 420 nm 흡광도를 측정하였다. 이때 수용성 flavonoids 함량은 루틴(rutin)을 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 함량을 구하여 루틴에 상응하는 함량(rutin equivalent, RE)으로 계산하였다.

2.12. Ginsenosides 함량 분석

새싹인삼 함유 콤부차의 ginsenosides 함량 분석은 Lee 등(2022b)의 방법을 약간 변형하여 HPLC(Agilent 1260 system, Agilent Technologies Inc., Waldbronn, Germany)를 사용하여 분석하였다. 각 시료를 0.45 µm membrane filter로 여과 후 분석시료로 사용하였다. 분석 column은 TSKgel ODS-100Z(4.6 × 250 nm, 5 µm, Tosoh Corp., Tokyo, Japan)이며 이동상 용매는 HPLC 등급의 water(용매 A)와 acetonitrile(용매 B)(Fairlawn, NJ, USA)를 사용하였다. 각 이동상 용매의 조건은 A 용매 기준으로 81%(0분), 81%(10분), 80%(15분), 77%(40분), 70%(42분), 65%(75분), 30%(80분), 10%(90분) 및 10%(100분)으로 설정하였다. Column 온도는 30°C로 설정하고 시료는 10 µL를 주입시켜 1 mL/분 유속으로 diode array detector(DAD)을 이용하여 203 nm에서 검출하였다.

2.13. Phenolic acids 및 flavonols 함량 분석

Phenolic acids 함량은 Lee 등(2021c)의 방법을 약간 수정하여 분석하였다. HPLC(Agilent 1200 series) 기기와 분석 칼럼은 Xbridge™ C₁₈(4.6×250 nm, 5 µm, Water Corporation, Milford, MA, USA)를 사용하였고 칼럼 온도는 30°C로 하였다. 유속은 1 mL/분을 유지하였고, 시료의 주입량은 20 µL로 하였다. 분석 용매는 용매 A(0.2% acetic acid in HPLC water)와 용매 B(0.2% acetic acid in acetonitrile)를 사용하였다. 이동상 조건은 용매 B를 기준으로 0%(0분), 5%(5분), 15%(10분), 10%(19분), 15%(20분), 30%(28분), 40%(32분), 30%(37분), 50%(40분), 60%(45분), 80%(55분), 90%(60분) 및 100%(65분)로 유지하였으며 검출기는 DAD를 사용하여 UV 280 nm에서 분석하였다. Flavonols 함량은 UV 270 nm 조건을 제외한 나머지는 phenolic acids 분석방법과 동일한 조건으로 분석을 진행하였다.

2.14. 생리활성 분석

발효 기간별 및 새싹인삼 함유 콤부차의 DPPH 라디칼 소거 활성은 Lee 등(2021c)의 방법에 따라 측정하였다. 1×10⁻⁴ mM DPPH 용액 0.8 mL와 각각의 시료 0.2 mL를 가하여 암실에서 30분간 반응시킨 후 분광광도계(spectronic 2D)를 이용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 음성대조구는 증류수를 시료 대신하여 실험에 사용하였다. 발효 기간별 및 새싹인삼 함유 콤부차의 ABTS 라디칼 소거활성은 Lee 등(2021c)의 방법에 따라 측정하였다. 7 mM ABTS 용액과 2.45 mM potassium persulfate을 1:1(v/v)로 섞고, 암실에서 12-16시간을 방치시켜 ABTS 라디칼(ABTS^{•+})을 형성시켰다. 이후 732 nm에서 흡광도 값이 0.7±0.03이 되도록 메탄올로 희석하여 사용하였다. 적당히 희석된 ABTS 용액 0.9 mL와 시료 0.1 mL를 섞고 3분 후 분광광도계를 이용하여 732 nm에서 흡광도를 측정하였다. 음성대조구 실험은 시료 대신에 증류수 0.1 mL를 취하여 실험하였으며, DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성은 다음과 같은 식에 의하여 백분율(%)로 나타내었다.

라디칼 소거활성(%)

$$= [1 - (\text{실험구 흡광도} / \text{음성 대조구 흡광도})] \times 100$$

2.15. Lipase 효소 저해 활성 분석

발효 기간별 및 새싹인삼 함유 콤부차의 소화효소 저해 활성 분석은 lipase 저해 활성을 측정하였으며, Hwang 등(2018)의 방법에 따라 실시하였다. 200 mM sodium phosphate buffer 0.05 mL와 1 U/mL lipase 효소액 0.07 mL 및 시료 0.03 mL를 혼합하여 37°C에서 10분간 예비반응을 실시하였다. 이후 10 mM p-nitrophenyl butyrate 0.1 mL를 가하여 37°C에서 10분간 반응시키고, 100 mM Na₂CO₃ 0.75 mL를 분주하여 10분간 반응을 정지시킨 후 420 nm에서 값을 측정하였다. 음성 대조구 실험은 시료 대신에 증류수 실험에 사용하였다. Lipase 저해 활성은 다음과 같은 식에 의하여 백분율(%)로 나타내었다.

Lipase 효소 저해 활성(%)

$$= [1 - (\text{실험구 흡광도} / \text{음성 대조구 흡광도})] \times 100$$

2.16. 통계 분석

모든 실험은 3회 반복 수행하여 평균±표준편차로 나타내었다. 통계 분석은 statistical analysis system(SAS, version 9.4, SAS institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 수행하였다. Duncan 다중범위 검정법(Duncan's multiple range test)으로 사후 검증을 실시하였다(p<0.05).

3. 결과 및 고찰

3.1. 딸기 콤부차의 최적 발효 조건

발효 기간별 콤부차의 이화학적 특성, 생균수, 수용성 phenolics, 수용성 flavonoids 및 항산화 활성을 측정한 결과는 Table 1에 나타내었다. pH를 측정한 결과, 발효 전 pH 4.52와 비교하였을 때 발효 4일 차에 pH 4.21로 감소하였고, 이후 8일 차 및 12일 차에 각각 pH 4.10 및 4.15로, 발효 4일 차 이후에는 유의미한 차이를 보이지 않았다. 산도를 측정한 결과, 발효 전에서 8일 차까지 0.77에서 2.48%로 증가하였고, 12일 차에 2.30%로 감소하였다. 당도를 측정한 결과, 발효 전 13.90 °Brix에서 발효 4일 차에 13.70 °Brix로, 발효 전과 유의미한 차이를 보이지 않았다. 이후 8일 차에 14.40 °Brix로 증가하였고, 12일 차에 13.70 °Brix로 발효 8일 차와 비교해 미량 감소하였다. 유산균 생균수의 경우에는 0, 4, 8 및 12일 차에서 각각 6.58, 8.46, 7.36 및 5.52 log CFU/mL로, 4일 차까지 증가하였으나 발효가 진행될수록 감소하였다. 초기 유산균 수의 경우에는 콤부차에 있는 유산균이 증식하여 높았으나 점차 감소하는 경향을 보였다.

이 결과에 따르면 발효가 진행되는 동안 8일 차까지는 산도가 증가하면서 pH가 감소하는 경향을 보였다가 이후 산도는 감

소하며 pH는 증가하는 것을 확인할 수 있었다. Ryu 등(2021)의 복분자를 이용한 콤부차 연구결과와 같이 초기에는 발효 과정 중 생성되는 유기산으로 인해 산도는 증가하고 pH는 감소하는 것으로 판단되며, 일정 시점 이후에는 유기산의 분해가 빨라져서 산도가 감소하는 것으로 판단된다. 발효 기간에 따른 당도 변화는 발효 초기에 당이 분해되면서 당도가 감소하였다가 발효 중기에 미생물이 생산하는 산과 효소 작용에 의해 식물 세포벽에 결합하고 있는 당이 분해되어 미량 증가하며, 발효 중기에는 당이 알코올로 전환됨에 따라 감소하는 것으로 판단된다 (Oh와 Lim, 2017). Jung과 Oh(2022)의 유산균 발효를 통한 파인애플의 기능성 성분 변화를 알아본 연구에서 파인애플 유산균 발효 시 24시간 이후부터 유산균 수가 감소하는 것으로 보고하였다. 본 연구 결과 또한 발효가 진행되면서 8일 이후부터 유산균 수가 감소하는 경향을 보였으며, 이는 산도 증가가 유산균의 생육에 영향을 미친 것으로 보인다.

대장균의 경우에는 발효 기간 동안 검출되지 않았다. 수용성 phenolics 및 수용성 flavonoids 함량은 발효에 의해 8일 차까지 모두 증가하였으나 12일 차에 다시 감소하였다. 수용성 phenolics 함량의 경우 발효 9일 차까지 총 phenolic 함량이 급격하게 증가한 황금 꽃차(*Camellia petelotii*)를 기반으로 한 콤부차 연구(Wu 등, 2023)와 유사하게 발효 전(1.01 mg GAE/mL)

Table 1. Changes of physicochemical properties, viable cell numbers, soluble phenolic and flavonoid contents, and biological activities during the fermentation of strawberry kombucha

Contents ¹⁾	Fermentation period (days)			
	0	4	8	12
Physicochemical properties				
pH	4.52±0.14 ^a	4.21±0.13 ^b	4.10±0.12 ^b	4.15±0.12 ^b
Acidities (% as lactic acid)	0.77±0.02 ^c	1.80±0.05 ^b	2.48±0.07 ^a	2.30±0.07 ^a
Soluble solids (°Brix)	13.90±0.42 ^a	13.70±0.41 ^{ab}	14.40±0.43 ^a	13.70±0.41 ^{ab}
Viable cell numbers				
Lactic acid bacteria (log CFU/mL)	6.58±0.26 ^a	8.46±0.25 ^a	7.36±0.22 ^b	5.52±0.17 ^c
Coliforms (log CFU/mL)	ND ²⁾	ND	ND	ND
Soluble phenolic and flavonoid contents				
Soluble phenolic contents (mg GAE/mL)	1.01±0.03 ^b	1.07±0.04 ^b	1.19±0.04 ^a	1.06±0.03 ^b
Soluble flavonoid contents (mg RE/mL)	0.13±0.00 ^b	0.15±0.01 ^{ab}	0.17±0.01 ^a	0.16±0.01 ^a
Biological activities				
DPPH radical scavenging activity (%)	37.27±1.08 ^b	42.15±1.26 ^a	42.75±1.37 ^a	38.67±1.43 ^b
ABTS radical scavenging activity (%)	38.61±1.31 ^b	43.58±1.26 ^a	45.31±1.22 ^a	39.47±1.18 ^b
Pancreatic lipase inhibition activity (%)	36.39±1.16 ^d	45.77±1.33 ^b	49.17±1.52 ^a	42.47±1.23 ^c

¹⁾Values are mean±SD (n=3). Means with different superscript letters within each row are significantly different superscript between samples for the same index (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

²⁾ND, not detected.

에 비해 발효 후 8일 차에 1.19 mg GAE/mL로 1.17배가량 증가하였다. 수용성 flavonoids 함량의 경우 발효 전(0.13 mg RE/mL)에 비해 발효 후 8일 차에 0.17 mg RE/mL로 1.3배가량 증가하여, Dwiputri와 Feroniasanti(2019)의 Butterfly Pea를 이용한 콤부차 발효 과정의 flavonoid 함량 변화와 유사한 결과를 보였다. 발효 과정에서 일어나는 산성화는 페놀 화합물의 가수분해를 유발하며(Melini와 Melini, 2021), 발효 미생물이 생성하는 효소가 이러한 반응에서 중요한 역할을 한다는 연구가 보고되고 있다(Dey 등, 2016). 항산화 활성의 경우에는 DPPH 라디칼 소거활성, ABTS 라디칼 소거활성 모두 8일 차까지 각각 약 1.15배, 1.17배가량 증가하였으나, 12일 차에 다시 감소하였다. 수치상으로는 상이하나 발효 6-9일에 항산화능이 가장 많이 증가된 감귤 농축액 첨가 콤부차 제조 연구(Ko 등, 2017) 및 7일째에 항산화능이 가장 높은 유산균 발효를 진행한 골드키위 발효물 연구(Ryu 등, 2018)와 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 유산균 발효과정에서 생산된 페놀, 플라보노이드 등의 대사 물질이 라디칼 소거활성의 증가에 영향을 미친 것으로 보인다. Lipase 효소 저해 활성은 발효 전과 비교해 발효 8일 차에 약 1.4배가량 증가하였으나, 12일 차에 다시 감소하였다. Lipase는 triacylglycerol을 2-monoacylglycerol과 fatty acid 두 분자로 분해하는 효소로 체내에 섭취된 지방

흡수에 중요한 역할을 하는 효소이다(Lee 등, 2022a). 이러한 효소의 저해 활성은 지방 흡수를 억제하여 과도한 지방 축적을 줄여 비만 예방에 도움을 줄 것이다. 이러한 결과를 통해 발효 7-8일을 최적 발효 기간으로 설정하였다.

3.2. 새싹인삼 함유 콤부차의 이화학적 특성, 생균수 및 9대 영양소 비교

새싹인삼 함유 콤부차의 이화학적 특성 및 생균수를 측정된 결과는 Table 2에 나타내었다. pH를 측정된 결과 ST+GS가 가장 낮았으며, 산도 또한 2.48%로 세 가지 콤부차 중 가장 높았다. 당도를 측정된 결과, ST+GS의 당도가 14.4%로 CT(13.9%), ST(13.7%)와 비교하였을 때 가장 높았다. 젖산균 생균수의 경우에는 CT는 8.58 log CFU/mL, ST는 8.46 log CFU/mL, ST+GS는 7.36 log CFU/mL로 새싹인삼 함유 콤부차의 생균수가 가장 적었으며, 대장균군은 모든 콤부차에서 검출되지 않았다. 새싹인삼 함유 콤부차의 9대 영양소를 분석한 결과는 ST+GS의 열량과 나트륨 함량이 각각 100 mL 기준 48 kcal, 30 mg으로 가장 높았다. 탄수화물은 11 g으로 CT와 같았으며, 당류는 9 g으로 ST와 같았다. 지방, 트랜스지방, 포화지방, 콜레스테롤 및 단백질은 모든 콤부차에서 검출되지 않았거나 정

Table 2. Comparison of physicochemical properties, viable cell numbers, and nutrient contents of three types of kombucha

Index ¹⁾	Samples ²⁾		
	CT	ST	ST+GS
Physicochemical properties			
pH	4.52±0.14 ^a	4.21±0.13 ^b	4.10±0.12 ^c
Acidities (% as lactic acid)	0.77±0.02 ^c	1.80±0.05 ^b	2.48±0.07 ^a
Soluble solids (°Brix)	13.9±0.42 ^{ab}	13.7±0.41 ^{ab}	14.4±0.43 ^a
Viable cell numbers			
Lactic acid bacteria (log CFU/mL)	8.58±0.26 ^a	8.46±0.25 ^a	7.36±0.22 ^b
Coliforms (log CFU/mL)	ND ³⁾	ND	ND
Nutrient contents			
Calorie (kcal/100 mL)	44.00±1.32 ^b	40.00±1.20 ^{bc}	48.00±1.78 ^a
Carbohydrate (g/100 mL)	11.00±0.33 ^a	10.00±0.20 ^b	11.00±0.33 ^a
Sugars (g/100 mL)	10.00±0.24 ^a	9.00±0.32 ^b	9.00±0.27 ^b
Fat (g/100 mL)	ND	ND	ND
Cholesterol (mg/100 mL)	ND	ND	ND
Protein (g/100 mL)	ND	ND	TR ⁴⁾

¹⁾Values are mean±SD (n=3). Means with different superscript letters within each row are significantly different superscript between samples for the same index (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

²⁾CT, control kombucha; ST, strawberry kombucha; ST+GS, strawberry kombucha containing ginseng sprout concentrate.

³⁾ND, not detected.

⁴⁾Lower than the quantitation limits.

량 한계보다 낮게 검출되었다.

유산균 발효과정에서 pH 감소와 산도 증가에 영향을 미치는 것은 젖산과 유기산 및 아미노산의 생성에 의한 것으로 판단되며, Yong 등(2021)의 천년초 발효시 유자 과육과 과피를 첨가한 연구 및 Kim 등(2022)의 유산균을 이용한 발효 새싹인삼 약주 제조 연구와 유사한 결과를 보였다. Lee와 Yi(2023)은 동일한 발효기간에서 대조구 콤부차에 비해 과일 껍질을 첨가된 실험구 콤부차의 총당이 증가한 것으로 보고하였으며, 본 연구 결과 CT 및 ST와 비교해 새싹인삼 농축액을 함유한 실험구 콤부차의 당도가 더 높았다. 미생물 증식의 경우에는 새싹인삼 분말을 첨가한 설기떡 연구(Lee, 2018)의 결과와 유사하게 새싹인삼이 발효동안 미생물의 증식을 억제하는 것으로 보인다. 1일 영양성분 기준치(2,000 kcal 기준)에 대한 비율(%)로 나타낼 시 ST+GS의 나트륨은 2%, 탄수화물은 2.2% 및 당류는 1.8%로 나타났으며, 일부 시판음료의 영양성분을 평가한 연구(Jun 등, 2016)에 따르면 혼합음료의 열량은 35.4 kcal, 당류는 17.3 g,

1일 영양성분 기준치(2,000 kcal 기준) 대비 나트륨은 2.1%, 탄수화물은 5.8%로 새싹인삼 함유 콤부차의 모든 항목이 시판 혼합음료에 비해 낮은 것으로 확인되었다.

3.3. 새싹인삼 함유 콤부차의 유리아미노산 비교

새싹인삼 함유 콤부차의 유리아미노산 분석 결과는 Table 3에 나타내었다. ST+GS의 총 아미노산 함량은 273.38 mg/100 mL로 CT(18.90 mg/100 mL)와 ST(84.90 mg/100 mL)보다 각각 14.5배, 3.2배가량 많이 검출되었다. ST+GS의 비필수 아미노산의 총 함량은 219.47 mg/100 mL로 나머지 콤부차에서는 검출되지 않은 citrulline, cystine, β -aminoisobutyric acid, aminoethanol 및 3-methylhistidine가 검출되었으며, CT와 ST에서는 미량 검출된 taurine, proline, amino adipic acid, tyrosine 이 비교적 높게 검출되었다. 비필수 아미노산의 주요 물질로 CT는 aspartic acid, ST는 glycine, ST+GS는 ornithine으로 나타났다. ST+GS의 필수 아미노산의 총 함량은 53.91 mg/100

Table 3. Comparison of free amino acid contents of three types of kombucha

Contents ¹⁾ (mg/100 mL)	Samples ²⁾		
	CT	ST	ST+GS
Non-essential amino acids			
Taurine	0.20±0.01 ^b	ND ³⁾	7.00±0.21 ^a
Proline	0.62±0.02 ^b	ND	6.29±0.19 ^a
Aspartic acid	1.43±0.04 ^c	5.57±0.17 ^b	15.83±0.47 ^a
Serine	1.20±0.04 ^c	3.33±0.10 ^b	7.86±0.24 ^a
Aspartic acid - NH ₂	2.12±0.06 ^c	9.50±0.29 ^b	27.37±0.82 ^a
Glutamic acid	0.84±0.03 ^c	1.73±0.05 ^b	4.02±0.12 ^a
Sarcosine	1.79±0.05 ^c	2.85±0.09 ^b	3.60±0.11 ^a
Amino adipic acid	ND	0.51±0.02 ^b	3.19±0.10 ^a
Glycine	0.64±0.02 ^b	29.83±0.89 ^a	31.50±0.95 ^a
Alanine	0.72±0.02 ^c	5.26±0.16 ^b	11.24±0.34 ^a
Citrulline	ND	ND	5.86±0.18 ^a
Cystine	ND	ND	5.47±0.16 ^a
Tyrosine	ND	0.49±0.01 ^b	5.29±0.16 ^a
β -Alanine	1.38±0.04 ^c	1.79±0.05 ^b	3.63±0.11 ^a
β -Aminoisobutyric acid	ND	ND	3.49±0.10 ^a
γ -Aminobutyric acid	0.51±0.02 ^c	1.52±0.05 ^b	15.99±0.48 ^a
Aminoethanol	ND	ND	1.98±0.06 ^a
Ornithine	0.97±0.03 ^c	2.20±0.07 ^b	58.68±1.76 ^a
3-Methylhistidine	ND	ND	1.18±0.04 ^a
Total	12.42±0.38 ^c	69.07±1.95 ^b	219.47±6.6 ^a

(continued)

Contents ¹⁾ (mg/100 mL)	Samples ²⁾		
	CT	ST	ST+GS
Essential amino acids			
Threonine	0.36±0.01 ^c	1.84±0.06 ^b	5.91±0.18 ^a
Valine	1.98±0.06 ^c	3.73±0.11 ^b	9.45±0.28 ^a
Methionine	0.04±0.00 ^c	0.21±0.01 ^b	3.50±0.11 ^a
Isoleucine	0.91±0.03 ^c	2.05±0.06 ^b	9.76±0.29 ^a
Leucine	1.53±0.05 ^c	3.54±0.11 ^b	10.09±0.30 ^a
Phenylalanine	1.11±0.03 ^c	2.47±0.07 ^b	9.02±0.27 ^a
Lysine	0.55±0.02 ^c	1.99±0.06 ^b	4.20±0.13 ^a
Histidine	ND	ND	ND
Total	6.48±0.20 ^c	15.83±0.48 ^b	53.91±1.56 ^a
Total amino acids	18.90±0.58 ^c	84.90±2.43 ^b	273.38±8.16 ^a

¹⁾Values are mean±SD (n=3). Means with different superscript letters within each row are significantly different between samples for the same index (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

²⁾CT, control kombucha; ST, strawberry kombucha; ST+GS, strawberry kombucha containing ginseng sprout concentrate.

³⁾ND, not detected.

mL로 CT(6.48 mg/100 mL)와 ST(15.83 mg/100 mL)보다 8.3배, 3.4배 높게 검출되었다. Histidine은 모든 콤부차에서 검출되지 않았고, 필수 아미노산의 주요 물질로는 CT와 ST는 valine 및 leucine, ST+GS는 valine, isoleucine 및 leucine으로 나타났다. 새싹인삼 함유 콤부차의 아미노산 중 가장 높게 검출된 ornithine(58.68 mg/100 mL)은 암모니아를 요소로 전환하여 배출하는 과정에서 필요한 아미노산으로, 간 보호 효과가 있다(Oh 등, 2022). 또한, ornithine은 성장호르몬 분비를 자극시켜 근력 운동을 하는 운동선수의 근육 합성을 증가시키고, 운동 후 피로감 개선 효과가 있어 해외에서는 보충제로 섭취하며(Tsuda 등, 2019) ST+GS 콤부차 섭취 시 이와 관련된 기능을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

3.4. 새싹인삼 함유 콤부차의 무기질 비교

새싹인삼 함유 콤부차 및 대조구의 무기질 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같았다. 총 무기질 함량은 CT는 15.45 mg/100 mL, ST는 19.28 mg/100 mL, ST+GS는 63.99 mg/100 mL로 CT 및 ST와 비교해 새싹인삼 함유 콤부차에서 3.3-4.1배가량 높게 검출되었다. 주요 무기질 성분은 세 가지 콤부차 모두 칼륨(K)이었으며, 특히 ST+GS(41.47 mg/100 mL)에서는 총 무기질 함량의 약 64% 이상을 차지하는 것으로 확인되었다. Lee 등(2021b)의 연구에 따르면 인삼에서 검출된 무기질 함량 중 K의 함량이 약 50% 이상을 차지하는 것으로 보고하였으며, 이에 따라 본 연구에서도 새싹인삼의 영향으로 인해 ST+GS에서

K의 함량이 유독 높은 것으로 판단된다. 니켈(Ni)은 CT와 ST에서는 검출되지 않았으나 ST+GS에서는 검출되었으며, 인(P), 황(S) 및 마그네슘(Mg)은 미량 검출되었으나 ST+GS에서는 CT와 ST에 비해 2배 이상 검출되었다. 그 밖에 알루미늄(Al), 붕소(B) 및 규소(Si)는 CT > ST > ST+GS 순서로 새싹인삼 함유 콤부차에서의 함량이 가장 낮았다.

3.5. 새싹인삼 함유 콤부차의 수용성 phenolics 및 수용성 flavonoids 함량 비교

새싹인삼 함유 콤부차 및 대조구의 수용성 phenolics와 수용성 flavonoids 함량을 측정된 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 수용성 phenolics 함량을 측정된 결과, CT(0.63 mg GAE/mL), ST(0.66 mg GAE/mL)에 비해 ST+GS는 1.20 mg GAE/mL로 1.8-1.9배가량 높았다(Fig. 1A). 수용성 flavonoids 함량을 측정된 결과, CT(0.02 mg RE/mL)와 ST(0.03 mg RE/mL)에 비해 ST+GS는 0.14 mg RE/mL로 4.7-7배 높게 측정되었다(Fig. 1B). Lee 등(2015)의 발효 균주에 의해 가공된 인삼씨의 총 phenolic 함량을 측정된 연구 및 Chung 등(2021)의 *Lactococcus lactis* KC24로 발효된 수경재배 인삼의 총 flavonoid 함량을 측정된 연구에서 총 phenolic 및 총 flavonoid 함량이 발효를 통해 증가한 것을 보아, 콤부차에 첨가된 새싹인삼이 발효 중 콤부차의 수용성 phenolics 및 수용성 flavonoids 함량의 증가에 영향을 미친 것으로 판단된다. 이는 발효 과정 중 7종의 유산균이 생산하는 효소에 의해 새싹인삼에 함유되어있는 다당

Table 4. Comparison of mineral contents of three types of *kombucha*

Contents ¹⁾ (mg/100 mL)	Samples ²⁾		
	CT	ST	ST+GS
Phosphorus (P)	1.05±0.03 ^c	1.63±0.04 ^b	6.80±0.20 ^a
Sulfur (S)	1.32±0.04 ^b	1.00±0.03 ^c	3.29±0.09 ^a
Kalium (K)	6.56±0.23 ^c	9.23±0.32 ^b	41.47±1.24 ^a
Calcium (Ca)	1.34±0.04 ^a	1.34±0.04 ^a	1.32±0.04 ^a
Iron (Fe)	0.05±0.00 ^a	ND ³⁾	0.03±0.00 ^{ab}
Magnesium (Mg)	0.65±0.02 ^c	0.80±0.02 ^b	3.23±0.10 ^a
Manganese (Mn)	0.09±0.00 ^b	0.11±0.00 ^{ab}	0.13±0.00 ^a
Nickel (Ni)	ND	ND	0.01±0.00 ^a
Zinc (Zn)	0.03±0.00 ^{ab}	0.01±0.00 ^b	0.05±0.00 ^a
Aluminium (Al)	0.21±0.01 ^a	0.19±0.01 ^a	0.13±0.01 ^b
Boron (B)	0.25±0.01 ^a	0.21±0.01 ^b	0.13±0.00 ^c
Sodium (Na)	2.58±0.08 ^c	3.79±0.11 ^b	6.64±0.28 ^a
Silicon (Si)	1.32±0.06 ^a	0.97±0.03 ^b	0.76±0.02 ^c
Total	15.45±0.52 ^c	19.28±0.61 ^b	63.99±1.98 ^a

¹⁾Values are mean±SD (n=3). Means with different superscript letters within each row are significantly different between samples for the same index (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

²⁾CT, control *kombucha*; ST, strawberry *kombucha*; ST+GS, strawberry *kombucha* containing ginseng sprout concentrate.

³⁾ND, not detected.

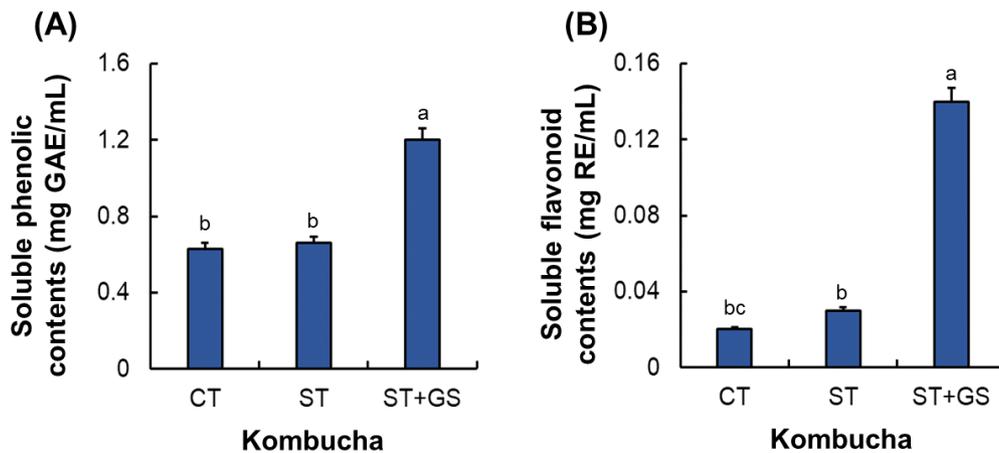


Fig. 1. Comparison of soluble phenolic and flavonoid contents of three types of *kombucha*. (A) Soluble phenolic contents; and (B) soluble flavonoid contents. Samples: CT, control *kombucha*; ST, strawberry *kombucha*; ST+GS, strawberry *kombucha* containing ginseng sprout concentrate. Values are mean±SD (n=3). Means with different superscript letters on the bars are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

체-페놀 화합물 복합체가 분해됨에 따라 페놀 화합물이 유리되어 수용성 phenolics 및 수용성 flavonoids 함량이 증가에 기여한 것으로 판단된다(Lim 등, 2023).

3.6. 새싹인삼 콤부차의 ginsenosides 비교

새싹인삼 함유 콤부차 및 대조구의 ginsenosides의 함량은 Table 5와 Fig. 2에 나타내었다. CT와 ST에서는 21종 ginsenosides

Table 5. Comparison of phytochemical contents of three types of kombucha

Contents ¹⁾	Samples ²⁾		
	CT	ST	ST+GS
Ginsenosides (mg/100 mL)			
Ginsenoside Ro	ND ³⁾	ND	1.35±0.04 ^a
Ginsenoside Rg2	ND	ND	2.40±0.20 ^a
Ginsenoside Rh1	ND	ND	4.50±0.00 ^a
Ginsenoside F2	ND	ND	9.00±0.10 ^a
Ginsenoside Rg3	ND	ND	4.60±0.00 ^a
Compound K (CK)	ND	ND	7.80±0.10 ^a
Total	0	0	29.65±0.44 ^a
Phenolic acids (µg/mL)			
Gallic acid	8.13±0.24 ^c	9.07±0.24 ^b	19.47±0.49 ^a
Chlorogenic acid	11.30±0.32 ^b	10.05±0.30 ^c	19.82±0.55 ^a
<i>p</i> -Hydroxybenzoic acid	204.90±6.35 ^c	239.86±7.68 ^b	265.61±7.17 ^a
Vanillic acid	12.43±0.34 ^c	19.39±0.54 ^b	22.43±0.76 ^a
<i>p</i> -Coumaric acid	5.76±0.17 ^c	8.26±0.22 ^b	18.41±0.52 ^a
Vertaric acid	15.56±0.47 ^a	7.95±0.21 ^c	8.88±0.24 ^b
Benzoic acid	21.00±0.67 ^c	43.74±1.27 ^b	78.18±2.03 ^a
Total	279.08±0.8.56 ^c	338.32±10.46 ^b	432.80±11.76 ^a
Flavonols (µg/mL)			
Epigallocatechin	76.37±2.06 ^b	51.76±1.71 ^c	83.37±2.58 ^a
Catechin	2,396.29±71.89 ^c	2,849.81±74.10 ^b	3,307.53±89.30 ^a
Epicatechin	26.17±0.84 ^b	7.21±0.21 ^c	41.62±1.08 ^a
Epigallocatechin gallate	165.56±4.64 ^a	106.17±3.19 ^c	149.08±4.17 ^b
Rutin	149.81±4.04 ^c	220.98±6.19 ^b	349.69±11.89 ^a
Quercetin	172.80±5.18 ^c	290.84±8.43 ^b	396.86±11.91 ^a
Naringin	270.63±8.12 ^c	443.18±11.52 ^b	831.32±22.45 ^a
Total	3,257.63±96.77 ^c	3,969.95±105.35 ^b	5,159.47±143.38 ^a

¹⁾Values are mean±SD (n=3). Means with different superscript letters within each row are significantly different between samples for the same index ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

²⁾CT, control kombucha; ST, strawberry kombucha; ST+GS, strawberry kombucha containing ginseng sprout concentrate.

³⁾ND, not detected.

모두 검출되지 않았으며, 새싹인삼 농축액이 첨가된 ST+GS에서는 ginsenoside Ro를 포함하여 총 6종의 ginsenoside가 검출되었다. Ginsenoside F2 및 compound K가 비교적 높게 검출되었으며, 총 ginsenosides의 함량은 29.65 mg/100 mL로 확인되었다. Ginsenosides는 항암과 같은 다양한 약리학적 기능을 가지고 있는 인삼의 주요 생리 활성 성분이며(Gao 등, 2022), 본 연구의 새싹인삼 함유 콤부차에서 ginsenosides가 검출되었

으며 이는 식품공전에 명시된 인삼 음료의 규격 중 인삼 성분이 확인되어야 한다는 조건을 만족한다. Ginsenoside Re, Rg1, Rh1 및 Rg3 순서로 다량의 ginsenoside가 검출된 Pyo 등(2018)의 새싹삼 발효주 연구와 비교하였을 때 ginsenosides의 종류와 함량에는 차이가 있었으나 Rg3와 Rh1이 주요 ginsenosides로 검출되어 동일한 결과를 보였다. Ginsenoside Rg3는 사환계의 일종으로 주요 ginsenoside인 Rb1, Rb2와 같은 ginsenosides

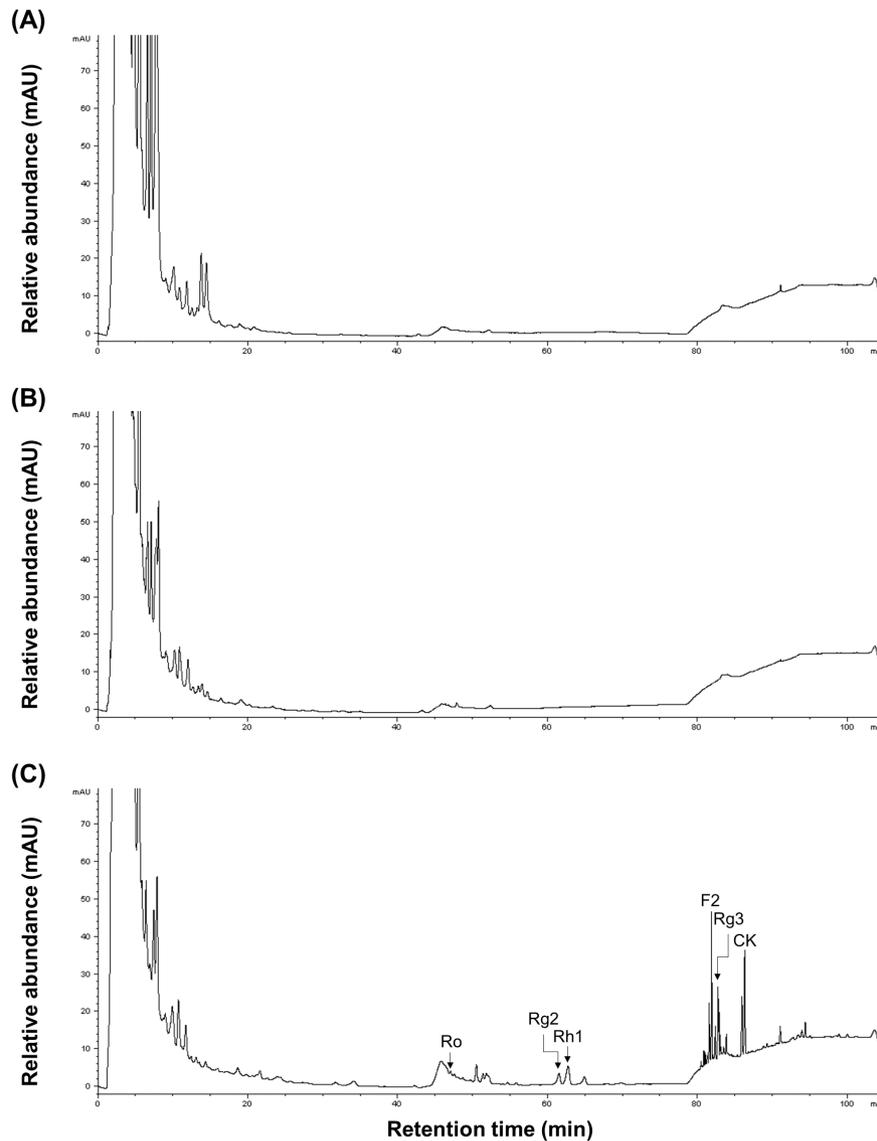


Fig. 2. HPLC chromatogram of ginsenosides found in three types of kombucha. (A) CT, control kombucha; (B) ST, strawberry kombucha; (C) ST+GS, strawberry kombucha containing ginseng sprout concentrate. Ro, ginsenoside Ro; Rg2, ginsenoside Rg2; Rh1, ginsenoside Rh; F2, ginsenoside F2; Rg3, ginsenoside Rg3; CK, compound K.

로 쉽게 전환될 수 있으며, 상당한 항암 효과를 가지고 있어 (Sun 등, 2017) 새싹인삼 콤부차 섭취 시 이와 같은 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

3.7. 새싹인삼 함유 콤부차의 phenolic acids 및 flavonols 비교

새싹인삼 함유 콤부차 및 대조구의 phenolic acids 및 flavonols 함량 분석 결과는 Table 5에 나타내었다. CT, ST 및 ST+GS의 phenolic acids 함량은 각각 279.08, 338.32 및 432.80 $\mu\text{g/mL}$ 로 새싹인삼 함유 콤부차에서 가장 높게 확인되었다. 주요

phenolic acids는 세가지 콤부차 모두 *p*-hydroxybenzoic acid로 확인되었으며, 특히 ST+GS(265.61 $\mu\text{g/mL}$)에서 검출된 phenolic acids 함량 중 약 60% 이상을 차지하는 것으로 확인되었다. CT, ST 및 ST+GS의 flavonols 함량은 각각 3,257.63, 3,969.95 및 5,159.47 $\mu\text{g/mL}$ 로 새싹인삼 함유 콤부차에서의 함량이 가장 높게 확인되었다. Flavonols 화합물 중 주요 화합물은 세가지 콤부차 모두 catechin으로 확인되었으며, ST+GS(5,159.47 $\mu\text{g/mL}$) > ST(3,969.95 $\mu\text{g/mL}$) > CT(2,396.29 $\mu\text{g/mL}$) 순서로 높은 함량을 나타내었다.

p-Hydroxybenzoic acid는 방부제, 살균제 및 항산화제로 식

품, 의약품 및 화장품 분야에서 주로 사용되고 있다(Jiang 등, 2022). Oliveira 등(2023)의 녹차와 콤부차의 총 페놀 화합물의 농도를 비교한 결과 두 시료의 phenolic acids의 농도는 비교적 낮은 농도로 큰 차이가 없으나, Lee 등(2021c)의 새싹인삼의 숙성 및 발효 전과 후를 비교한 결과 phenolic acid의 함량이 대체적으로 증가함을 볼 수 있었다. 인삼에 함유된 phenolic acids와 flavonols과 같은 페놀 화합물은 ginsenosides에 비해 함량은 낮지만, 그 농도는 인체에 이점을 주는 중요한 요소이며, 발효과정에서 생성되는 대사산물의 변환과 분해를 통해 함량이 증가할 수 있다(Lee 등, 2021c). 따라서 발효 과정에 의해 phenolic acids와 flavonols과 같은 페놀 화합물 증가했을 것으로 판단되며, 발효에 따른 새싹인삼 콤부차의 페놀 화합물 증가는 추가적인 발효 기간별 새싹인삼 콤부차 연구가 필요할 것으로 판단된다.

3.8. 새싹인삼 함유 콤부차의 생리 활성 및 lipase 효소 저해 활성 비교

새싹인삼 함유 콤부차 및 대조구의 생리 활성 및 lipase 효소 저해 활성은 Fig. 3에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거활성을 측정된 결과, 각각 50배 희석한 것을 기준으로 ST+GS(54.08%) > ST(32.30%) > CT(31.75%) 순서로 높은 활성을 보였다(Fig. 3A). ABTS 라디칼 소거활성 또한, 각각 100배 희석한 것을 기준으로 ST+GS(57.73%) > ST(33.38%) > CT(30.72%) 순서로 높았으며, DPPH 라디칼 소거활성과 비슷한 양상을 보였다. Lipase 효소 저해 활성을 측정할 결과, 원액을 기준으로 ST+GS (52.35%) > ST(31.04%) > CT(28.30%) 순서로 높은 활성을 보였다.

Chen 등(2023)과 Lee 등(2021a)의 보고에 따르면 딸기즙 유산균 발효물과 인삼추출물을 첨가한 요구르트가 무첨가구에 비해 높은 항산화 활성 나타내는 것으로 보고하였으며, 본 연구의 콤부차 역시 대조구에 비해 딸기 퓨레 및 새싹인삼을 첨가한 콤부차의 생리 활성이 더 높게 확인되었다. 이는 딸기 퓨레 및 새싹인삼에 함유된 페놀 화합물에 의한 것으로 판단된다. Jung 등(2021)의 유산균 접종에 따른 막걸리의 항산화 활성을 비교한 결과, 유산균 접종 시 항산화 활성이 증가한다고 보고하여, 본 연구의 새싹인삼 콤부차의 항산화 활성의 경우 새싹인삼의 항산화 물질 외에도 유산균의 영향을 받은 것으로 보인다.

4. 요약

본 연구에서는 콤부차에 적합한 새싹인삼 함량을 확인하기 위해 이화학적 특징, 대사산물, 수용성 phenolics, 수용성 flavonoids, ginsenosides, phenolic acids, flavonols 함량 및 항산화 활성을 분석하였다. 콤부차(CT), 딸기 콤부차(ST) 및 새싹인삼 딸기 콤부차(ST+GS)의 유리 아미노산 총 함량은 ST+

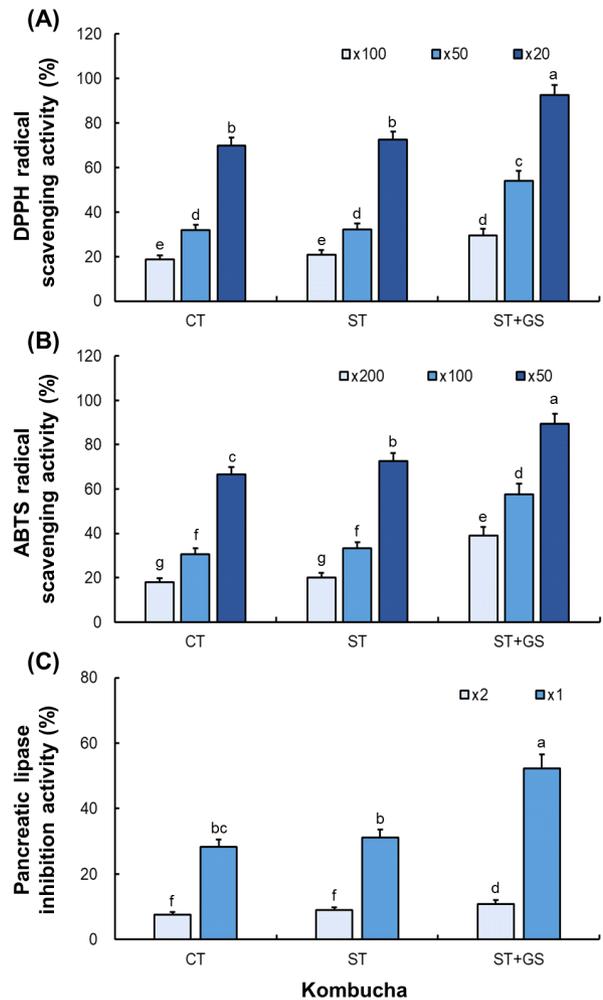


Fig. 3. Comparison of biological activities of three types of kombucha. (A) DPPH radical scavenging activity; (B) ABTS radical scavenging activity; and (C) Pancreatic lipase inhibition activity. CT, control kombucha; ST, strawberry kombucha; and ST+GS, strawberry kombucha containing ginseng sprout concentrate. ×200, undiluted solution×200-fold dilution; ×100, undiluted solution ×100-fold dilution; ×50, undiluted solution×50-fold dilution; ×20, undiluted solution×20-fold dilution; ×2, undiluted solution×2-fold dilution; ×1, undiluted solution. Values are mean±SD (n=3). Means with different superscript letters on the bars are significantly different (p<0.05) by Duncan’s multiple range test.

GS(273.38 mg/100 mL)가 CT(18.9 mg/100 mL), ST (84.9 mg/100 mL)보다 약 3.2-14.5배 높았다. 무기질 총 함량은 ST+GS(63.99 mg/100 mL)가 CT(15.45 mg/100 mL), ST(19.28 mg/100 mL)보다 약 3.3-4.1배 높았다. 수용성 phenolics는 1.2 mg GAE/mL로 각각 1.9배와 1.8배가량 높았으며, 수용성 flavonoids 또한 0.14 mg RE/mL로 7배와 4.7배가량 높았다. 진세노사이드의 경우 CT와 ST에서는 검출되지 않았으나 ST+

GS에서는 ginsenoside Ro, Rg2, Rh1, F2, Rg3 및 compound K가 각각 1.35, 2.4, 4.5, 9.0, 4.6 및 7.8 mg/100 mL씩 검출되었다. Phenolic acids 및 flavonols 함량 또한 ST+GS에서 CT 및 ST와 비교해 높게 검출되었으며, phenolic acids 함량은 각각 1.5배 및 1.2배 높았으며 flavonols 함량의 경우 각각 1.6배 및 1.3배 높게 검출되었다. 항산화 활성은 모든 항목에서 ST+GS가 우수하였다. 이러한 결과는 새싹인삼 첨가가 콤부차의 이점을 더 향상시킨다는 것을 보여준다. 따라서 콤부차에 딸기 및 새싹인삼 농축액을 첨가하였을 때 대사산물 함량과 생리활성이 유의적으로 증가하는 것을 확인할 수 있었으며, 이러한 결과를 통해 새싹인삼 함유 콤부차는 콤부차 산업에서의 활용 가치가 있을 것으로 판단된다. 하지만 새싹인삼 콤부차의 상용화를 위해서는 본 연구를 기초자료로 하여 새싹인삼 가공 형태별, 발효 미생물 종류별, 기호성 평가 등 추가적인 연구가 더 필요할 것으로 판단된다.

Funding

This research was supported supported by Forest science technology commercialization support project (Grant NO. 2023503C10-2323-AB01), KOFPI & KFS.

Acknowledgements

None.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Lee HY, Cho KM. Investigation: Lee HY, Lee GY. Methodology: Lee HY, Cho KM. Data curation: Lee GY, Joo OS. Formal analysis: Lee HY, Cho KM. Validation: Cho KM, Joo OS. Writing - original draft: Lee HY, Lee GY. Writing - review & editing: Cho KM, Joo OS.

Ethics approval

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

ORCID

Hee Yul Lee (First author)

<https://orcid.org/0000-0002-5015-9357>

Ga Young Lee (First author)

<https://orcid.org/0009-0002-7703-3807>

Kye Man Cho

<https://orcid.org/0000-0002-5928-0532>

Ok Soo Joo (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0002-8905-9820>

References

- Abaci N, Deniz FSS, Orhan IE. *Kombucha*: An ancient fermented beverage with desired bioactivities: A narrowed review. *Food Chem X*, 14, 100302 (2022)
- Anantachoke N, Duangrat R, Sutthiphakul T, Ochaikul D, Mangmool S. *Kombucha* beverages produced from fruits, vegetables, and plants: A review on their pharmacological activities and health benefits. *Foods*, 12, 1818 (2023)
- Barbosa EL, Netto MC, Junior LB, de Moura LF, Brasil GA, Bertolazi AA, de Lima EM, Vasconcelos CM. *Kombucha* fermentation in blueberry (*Vaccinium myrtillus*) beverage and its *in vivo* gastroprotective effect: Preliminary study. *Future Foods*, 5, 100129 (2022)
- Bogdan M, Justine S, Filofteia DC, Petruta CC, Gabriela L, Roxana UE, Florentina M. Lactic acid bacteria strains isolated from *Kombucha* with potential probiotic effect. *Rom Biotechnol Lett*, 23, 13592-13598 (2018)
- Chen W, Xie C, He Q, Sun J, Bai W. Improvement in color expression and antioxidant activity of strawberry juice fermented with lactic acid bacteria: A phenolic-based research. *Food Chem X*, 17, 100535 (2023)
- Choi SA, An SE, Jeong HG, Lee SH, Mun KH, Kim JB. Evaluation of microbiological safety in commercial *Jeotgal*. *Korean J Food Preserv*, 25, 270-278 (2018)
- Chung Y, Park JY, Lee JE, Kim KT, Paik HD. Antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of hydroponic ginseng fermented with *Lactococcus lactis* KC24. *Antioxidants*, 10, 1614 (2021)
- Dey TB, Chakraborty S, Jain KK, Sharma A, Kuhad RC. Antioxidant phenolics and their microbial production by submerged and solid state fermentation process: A review. *Trends Food Sci Technol*, 53, 60-74 (2016)
- Dwiputri MC, Feroniasanti YL. Effect of fermentation to total titrable acids, flavonoid and antioxidant activity of butterfly pea *kombucha*. *J Phys Conf Ser*, 1241, 012014 (2019)
- Gao XY, Liu GC, Zhang JX, Wang LH, Xu C, Yan ZA, Wang A, Su YF, Lee JJ, Piao GC, Yuan HD. Pharmacological properties of ginsenoside Re. *Front Pharmacol*, 13, 754191 (2022)
- Hwang CE, Lee DH, Kim B, Joo OS, Kim SC, Lee JH, Hong SY, Choi AR, Cho KM. Enhanced digestive enzyme activity and anti-adipogenic of fermented soy-powder milk with probiotic *Lactobacillus plantarum* P1201 through an increase in conjugated linoleic acid and isoflavone aglycone content. *Korean J Food Preserv*, 25, 461-470 (2018)

- Hwang SH, Kim SC, Seong JA, Lee HY, Cho DY, Kim MJ, Jung JG, Jeong EH, Son KH, Cho KM. Comparison of ginsenoside contents and antioxidant activity according to the size of ginseng sprout has produced in a plant factory. *J Appl Biol Chem*, 64, 253-261 (2021)
- Jang SN, Lee GO, Sim HS, Bae JS, Lee AR, Cho DY, Cho KM, Son, KH. Effect of pre-harvest irradiation of UV-A and UV-B LED in ginsenosides content of ginseng sprouts. *J Bio-Env Con*, 31, 28-34 (2022)
- Jeon JY, Kim MH, Han YS. Quality characteristics and antioxidant activities of kombucha added with *Orostachys japonicus* during fermentation. *Food Eng Prog*, 26, 247-256 (2022)
- Jeon SY, Sung JM, Roh JH, Kwon KH. Effects of LED treatment and plasma-activated water on the growth and quality of *Panax ginseng* sprouts during hydroponic cultivation. *Korean J Food Preserv*, 28, 890-899 (2021)
- Jiang Z, Wang J, Xiang D, Zhang Z. Functional properties and preservative effect of P-hydroxybenzoic acid grafted chitosan films on fresh-cut jackfruit. *Foods*, 11, 1360 (2022)
- Jun MK, Lee DH, Lee SM. Assessment of nutrient and sugar content and pH of some commercial beverages. *J Dent Hyg Sci*, 16, 464-471 (2016)
- Jung HJ, Oh IK. Improvement of antioxidant activity and change in functional ingredients upon lactic acid fermentation in domestic pineapple. *Korean J Food Sci Technol*, 54, 531-538 (2022)
- Jung WH, Kim GW, Kang KO, Shim JY, Son JY. Effect of lactic acid bacteria inoculation on functional component and antioxidant activity of *Makgeolli*. *Foodserv Ind J*, 17, 129-141 (2021)
- Kim HY, Woo SO, Kim SG, Choi HM, Kim SK, Kim SM, Lee HJ, Han SM. Nutritional compositions and quality characteristics of beverages with added drone pupae powder in Korea. *J Apic*, 38, 69-76 (2023)
- Kim KP, Kim KH, Yook HS. Quality characteristics of castella with *Panax ginseng* sprout powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 45, 711-716 (2016)
- Kim SH, Woo HG, Choi YR, Lee CM, Jeong JH, Lee DH, Lee CY, Oh IK, Ha HK, Kim JS, Choi BK, Huh CK. Quality characteristics of *yakju* added with lactic acid bacteria- fermented ginseng sprouts. *Korean J Food Preserv*, 29, 263-275 (2022)
- Ko HM, Shin SS, Park SS. Biological activities of *Kombucha* by stater culture fermentation with *Gluconacetobacter* spp. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 46, 896-902 (2017)
- Lee HJ, Park SE, Choi JH, Kim KM. Biological activity of *Brassica oleracea* var. *capitata* fermented with *Lactobacillus plantarum*. *Korean J Food Preserv*, 29, 241-253 (2022a)
- Lee HS, Song MW, Kim KT, Hong WS, Paik HD. Antioxidant effect and sensory evaluation of yogurt supplemented with hydroponic ginseng root extract. *Foods*, 10, 639 (2021a)
- Lee HY, Jung JG, Kim SC, Cho DY, Kim MJ, Lee AR, Son KH, Lee JH, Lee DH, Cho KM. Comprehensive comparison of nutritional constituents and antioxidant activity of cultivated ginseng, mountain-cultivated ginseng, and whole plant parts of mountain-cultivated ginseng. *J Appl Biol Chem*, 64, 453-463 (2021b)
- Lee HY, Lee JH, Shin EC, Cho DY, Jung JG, Kim MJ, Jeong JB, Kang D, Kang SS, Cho KM. Changes in chemical compositions and antioxidant activities from fresh to fermented red mountain-cultivated ginseng. *Molecules*, 27, 4550 (2022b)
- Lee J, Cho J, Kim J, Choi HJ, Lee D, Kim JN, Kim YH, Ryu S. Evaluation of the fermentation characteristics and functionality of *Kombucha* for commercialization. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 51, 811-818 (2022c)
- Lee JH, Kim SC, Lee HY, Cho DY, Jung JG, Kang D, Kang SS, Cho KM. Changes in nutritional compositions of processed mountain-cultivated ginseng sprouts (*Panax ginseng*) and screening for their antioxidant and anti-inflammatory properties. *J Funct Foods*, 86, 104668 (2021c)
- Lee MH, Lee YC, Kim SS, Hong HD, Kim KT. Quality and antioxidant activity of ginseng seed processed by fermentation strains. *J Ginseng Res*, 39, 178-182 (2015)
- Lee SH. Quality characteristics of *Sulgidduk* added with *Panax ginseng* sprout powder. *Cul Sci and Hospi Res*, 24, 133-139 (2018)
- Lee TY, Yi YH. Physicochemical properties of kombucha with fruit peels during fermentation. *Korean J Food Preserv*, 30, 321-333 (2023)
- Lim DW, Lee GY, Jung MJ, Kim BM, Jun JY. Influence of cell-wall degrading enzyme treatment and *Saccharomyces cerevisiae* fermentation on the antioxidant and antibacterial activities of green tea leaf. *Korean J Food Preserv*, 30, 1043-1055 (2023)
- Marsh AJ, OSullivan O, Hill C, Ross RP, Cotter PD. Sequence-based analysis of the bacterial and fungal compositions of multiple kombucha (tea fungus) samples. *Food microbiology*, 38, 171-178 (2014)
- Melini F, Melini V. Impact of fermentation on phenolic compounds and antioxidant capacity of quinoa. *Fermentation*, 7, 20 (2021)
- MFDS. Food Code. 8. General Test Methods, 2. Food Component Test Methods. Ministry of Food and Drug Safety (2023)
- Oh HJ, Lim SB. Quality changes in kiwifruit wines during fermentation and aging with different yeasts. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 46, 481-489 (2017)
- Oh JH, Jeong JY, Lee S, Kim KY. Development of shiitake slice products containing high ornithine producing lactic

- acid bacteria by electrostatic spraying technology. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 51, 1091-1102 (2022)
- Oh SW, Hong JH. Development of fermented beverage using corn silk and mulberry leaf extracts. *Korean J Food Preserv*, 28, 199-208 (2021)
- Oliveira JT, da Costa FM, da Silva TG, Simões GD, dos Santos Pereira E, da Costa PQ, Andrezza R, Schenkel PC, Pieniz S. Green tea and *kombucha* characterization: Phenolic composition, antioxidant capacity and enzymatic inhibition potential. *Food Chem*, 408, 135206 (2023)
- Pyo MJ, Cho AR, Kang MJ, Kim GW, Shin JH. Physicochemical characteristics and ginsenoside content of Korean traditional wine produced by fermentation of *Panax ginseng* sprouts. *Korean J Food Preserv*, 25, 659-667 (2018)
- Ryu JY, Park HJ, Moon JY, Kim CS, Somi K. Lactic fermentation enhances the antioxidant activity of gold kiwifruit. *Korean J Food Preserv*, 25, 255-262 (2018)
- Ryu SJ, Lee CY, Kang GS, Kim SG, Kim SH, Seo DH. Optimization of compositions for *kombucha* with *Rubus coreanus*. *Food Eng Prog*, 25, 118-124 (2021)
- Sun M, Ye Y, Xiao L, Duan X, Zhang Y, Zhang H. Anticancer effects of ginsenoside Rg3. *Int J Mol Med*, 39, 507-518 (2017)
- Tsuda Y, Yamaguchi M, Noma T, Okaya E, Itoh H. Combined effect of arginine, valine, and serine on exercise-induced fatigue in healthy volunteers: A randomized, double-blinded, placebo-controlled crossover study. *Nutrients*, 11, 862 (2019)
- Woo HG, Lee CM, Jeong JH, Choi BK, Huh CK. Quality characteristics of *kombucha* made with different mixing ratios of green tea extract and yuzu juice during fermentation. *Korean J Food Preserv*, 28, 646-653 (2021)
- Wu SX, Xiong RG, Cheng J, Xu XY, Tang GY, Huang SY, Zhou DD, Saimaiti A, Gan RY, Li HB. Preparation, antioxidant activities and bioactive components of *kombucha* beverages from golden-flower tea (*Camellia petelotii*) and honeysuckle-flower tea (*Lonicera japonica*). *Foods*, 12, 3010 (2023)
- Yong S, Jeong BG, Shin EC, Chun J. Changes in physicochemical and functional properties of *Opuntia humifusa* by fermentation with *Citrus junos* flesh and peel. *Korean J Food Preserv*, 28, 632-645 (2021)
- Zou C, Li RY, Chen JX, Wang F, Gao Y, Fu YQ, Xu YQ, Yin JF. Zijuan tea-based *kombucha*: Physicochemical, sensorial, and antioxidant profile. *Food Chem*, 363, 130322 (2021)