pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 38, No. 4, pp. 264~272 (2023)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2023.38.4.264

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

증숙처리에 따른 재래생강 및 중국종자생강의 항산화 및 기능성물질 비교

김수진 · 김종신 · 김민지 · 강지연 · 최현정 · 김소연 · 이하은 · 권태혁 · 강미숙*
전라북도보건환경연구원 식품분석과

Comparison of Antioxidant and Functional Compounds in Korean Conventional and Chinese Seed Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) Following Steam Treatment

Su-Jin Kim, Jong-Sin Kim, Min-Ji Kim, Ji-Yeon Kang, Hyeon-Jeong Choi, So-Yeon Kim, Ha-Euu Lee, Tae-Hyuk Kwon, Mee-Sook Kang*
Food Analysis Division, Jeollabukdo Institute of Health and Environment, Imsil, Korea

(Received July 6, 2023/Revised July 19, 2023/Accepted July 26, 2023)

ABSTRACT - The aim of this study was to compare the antioxidant activities and functional contents of Korean conventional and Chinese seed gingers from the Jeollabuk-do Wanju and Chungcheongnam-do Seosan regions. Ginger samples were subjected to steaming treatments for different durations (2–8 h) at 121°C using an autoclave. The antioxidant activity was evaluated by measuring total polyphenol and flavonoid contents and ABTS and DPPH radical scavenging activities, while functional ingredient contents were analyzed for gingerols and shogaols. The results showed that Wanju conventional seed ginger (WO-2) had the highest total polyphenol (85.24 mg GAE/g) and flavonoid (98.14 RE/100 g) contents, surpassing that of the control in all steamed groups at 6 h. ABTS radical scavenging activity showed a strong correlation with total polyphenol and flavonoid contents. The control groups indicated that Korean conventional seed ginger had 1.0–1.3 times higher gingerol contents compared to Chinese seed ginger. Furthermore, the content of shogaols, considered major functional ingredients, increased significantly with longer steaming durations, reaching the highest content (1,793 mg/kg) at 8 h, which was 1.0–1.8 times higher in Korean conventional seed ginger than that in Chinese seed ginger. These experiments provide valuable data supporting the excellence of Korean conventional seed ginger in the future.

Key words: Korean conventional seed ginger, Chinese seed ginger, Gingerol, Shogaol

생강(Ginger, *Zingiber officinale* Roscoe)은 생강과(Zingiber-aceae)에 속하는 아열대 또는 열대 원산의 다년생 초본 식물로, 그것의 근경을 식품으로 섭취하고 있다[1]. 생강은 특유의 맛과 향기를 지니고 있어 기호성이 좋은 향신료의 하나로서 생물 생강(fresh ginger), 건물 생강(dried ginger), 올레오레진 등의 형태로 유통되고 있다[2]. 생강의 주요성분으로는 탄화수소류, 케톤류, 알콜류를 비롯하여 zingiberene, γ-cardinen 등의 휘발성 향기성분, 그리고 zingiberol, zingiberene 등의 정유성분이 보고되고 있다[3,4]. 특히 정유성분 중 생강의 매운 맛을 내게 하는 주성분인 6-gingerol은 항염증, 진통제, 항혈전, 항암, 항산화 활성에 뛰어난 효과를 나타내는데[5,6] 최근에는 6-shogaol이 6-gingerol보다 항염증, 항산화, 암예방 효과가 있다는 연구가 보고되고 있다[7].

식품의 다양한 가공 방법 중 증숙은 주로 흑삼 등의 제조에 이용되어 지는데, 열처리를 거치면서 기존의 들어있던 생리활성 성분이 유지되고 갈변 물질 등의 유용 물질이 새롭게 생성되어 기능성을 높이는 공정이다[8,9]. 또한 이러한 과정은 관능적인 특성을 변화시켜 섭취를 용이하게 한다[10]. 생강의 경우 증숙을 하게 되면 생강 내 gingerol 화합물이 shogaol 및 zingerone으로 변화하여 매운 맛은

*Correspondence to: Mee-Sook Kang, Food Analysis Division, Jeollakbukdo Institute of Health and Environment, Imsil, 55928, Korea
Tel: +82-63-290-5230, Fax: +82-63-290-5269
E-mail: butikang@korea.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal 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.

감소하고 기능 성분이 증가하는데[11], Choi[12]에 의해 생강 증숙 조건에 따른 기능성 물질 변환에 관한 연구가 진행된 바 있다.

우리나라 생강에 대한 최초 기록은 고려사에서 찾을 수 있는데 1018년 이전에 국내에 들어와 토착된 생강을 토종 생강 혹은 재래생강이라 한다[13]. 주로 생강을 김치의 속 재료, 차, 술, 과자 등의 식용으로 활용하고 있으며[14] 한방에서는 소화불량과 구토 및 설사에 효과가 있고 항염증 및 항산화 작용을 한다고 알려져 약용으로도 이용되고 있다[15]. 현재는 WTO 농산물의 수입자유화가 확대되면서 중국산 종자생강이 우리나라로 유입되어 재래생강과 함께 식용으로 사용되고 있다. 중국종자생강은 맛과 향이 옅은 반면 재래생강은 향이 짙고 매운 맛이 강해 중국종자생강보다 상품성이 뛰어나다[13]. 최근 생강의 품종을 유전적으로 구별할 수 있는 판별 마커가 Kang 등[16]에 의해 연구되어 재래생강임을 주장할 수 있는 뚜렷한 근거가 마련되었다.

우리나라에서는 전북 완주와 충남 서산 및 태안 등지에서 주로 생산되는데, 그 중 전라북도 생강은 완주군 봉동읍이 우리나라 생강의 시배지로 '봉동재래'라는 명칭이 붙어졌다. 충청남도의 생강은 서산이 생강 주산지로, 일제강점기에 봉동의 생강을 가져와 재배하기 시작하여 '서산재래'라 일컫는다. 생강은 꽃이 피지 않고 열매가 없어 오롯이 덩이줄기만으로 번식하는 특성으로 인해 품종 개량이 되지 않으며 봉동재래, 서산재래와 같이 지역의 품종명으로 구별하고 있다. 중국종자생강의 경우 봉동재래나 서산재래보다 굵고 크기가 커서 단위 면적당 수확량이 많아 국내 시장에서 유통되고 있는 절반 이상을 차지하고 있다[13](Fig. 1). 중국종자생강의 혼입으로 인해 각 지역의 재래생강이 점점 경쟁력을 잃어가면서 재래생강의 명맥을 유지하는데 어려움을 겪고 있는 실정이다.

최근까지 생강과 관련된 연구는 서산생강과 중국생강의 성분을 비교 분석한 Dong[17]의 연구가 일부 보고되어 있을 뿐 종자 간의 주요 성분에 대한 비교 연구는 매우 미약한 수준이다. 오랜 시간 각 지역에서 재배해 온 고유의 종이 있기 때문에 중국종자생강과의 성분 비교는 재래생강의 우수성을 확인하는 객관적인 자료로 매우 필요하다고 할 수 있다. 더불어 이러한 연구는 수요가 높은 중국종자생강에 대한 의존도를 줄이고 재래생강의 품종을 보존하는데 이바지할 것으로 기대된다.

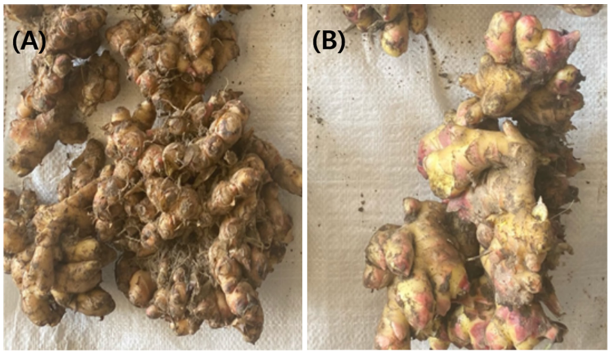

Fig. 1. Korean conventional seed ginger (A) and Chinese seed ginger (B) was grown in Jellabuk-do Wanju.

따라서 본 연구에서는 증숙 처리에 따른 재래생강과 중국종자생간의 항산화 및 기능성 물질의 함량을 비교하였으며, 이를 통해 생강을 이용한 가공제품의 개발 및 건강기능식품 소재로서의 생강의 활용에 관한 기초자료를 제공하고자 하였다.

Materials and Methods

생강재료

본 연구에서는 전라북도 완주와 충청남도 서산에서 2021년 11월에 재배된 재래종자 3종과 중국종자 2종의 생강을 사용하였다. 완주지역에서 생산된 생강 중 재래생강(WO-1)과 중국종자생강(C-1)은 완주군 생강 보존위원회로부터 구입하였으며 재래생강(WO-2)은 완주군 농업기술센터로부터 분양받아 사용하였다. 서산지역에서 생산된 재래생강(AO) 및 중국종자생강(C-2)은 서산의 생강 농가로부터 구입하여 사용하였다. 생강의 불순물을 제거하기 위해 표면의 흙을 수세하여 생강의 껍질을 제거한 후, 페이퍼타올로 물기를 제거하여 분쇄한 후 사용하였다.

증숙 처리

생강의 증숙 처리는 균질화한 시료를 약 20 g 칭량한 후 Autoclave (SX-700E, Tomy Co. Ltd., Tokyo, Japan) 121°C에서 2시간, 4시간, 6시간, 8시간 간격으로 처리한 뒤 시료로 사용하였다.

수분함량

수분함량은 105°C에서 건조기(UF110, Memmert, Schwabach, Germany)를 이용한 상압가열건조법으로 분석하였으며, 증숙 처리한 생강은 증숙 처리하지 않은 대조군(Control)을 기준으로 수분함량을 보정하여 분석하였다.

항산화 활성 측정을 위한 시료 전처리

유용성분 측정을 위한 시료의 전처리는 Seo[18]의 연구를 변형하여 측정하였다. 생강 5 g을 칭량한 후 80% ethanol을 가하여 초음파 수조(D22H, Daihan scientific, Wonju, Korea)에서 30분 동안 sonication 한 후 여과지(Watman No. 2)로 여과한 액에서 10 mL를 취한 뒤 80% ethanol을 가하여 50 mL로 정용한 것을 시험용액으로 사용하였다.

총 페놀 화합물 및 총 플라보노이드 함량 측정

총 페놀 화합물의 함량은 Folin-Denis method를 응용하

여[19] 측정하였다. 시험용액 1 mL와 Folin-Ciocalteu reagent 0.5 mL 와 10% Na_2CO_3 1 mL를 혼합하고, 진탕하여 실온 암실에서 30분간 반응시켜 UV/VIS Spectrometer (Multiskan Sky, Thermo Fisher Scientific Inc., Marsiling, Singapore)를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 Wako (Osaka, Japan)사 제품인 gallic acid를 사용하여 표준곡선을 작성하였다.

총 플라보노이드의 함량은 Davis법을 변형한 방법[19]에 따라 측정하였다. 시험용액 0.1 mL에 diethylene glycol 1 mL를 가하여 혼합하고 이어서 1 N sodium hydroxide 용액 0.1 mL를 가한 다음 혼합하여 30°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 이어 원심분리(10,000×g, 4°C, 10 min)하여 부유물을 제거한 뒤, UV/VIS Spectrometer를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 Wako (Osaka, Japan)사 제품인 rutin을 사용하여 표준곡선을 작성하였다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

DPPH 라디칼 소거능은 Seo[18]의 보고를 참고하여 분석하였다. 시험용액 0.6 mL에 0.1 mM DPPH 용액 2.4 mL를 가하여 5초간 진탕 한 후 알루미늄 호일로 빛을 차단시켜 실온에서 30분간 반응시켰다. UV/VIS Spectrometer를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정한 후 시료 무첨가군과 비교하여 DPPH 전자공여능을 산출하였다. 이때 시료 무첨가군은 시료와 동량의 80% ethanol을 사용하여 대조군으로 하였다.

ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS 라디칼 소거능은 Re 등[20]의 방법을 참고하여 분석하였다. ABTS 라디칼 양이온($ABTS^{\cdot+}$) 기질용액은 7 mM ABTS 용액과 2.45 mM potassium persulfate를 1:1로 혼합하여 실온의 암소에서 약 16시간 동안 반응시킨 후 UV/VIS Spectrometer를 이용하여 734 nm에서 흡광도의 값이 1.0±0.01이 되도록 조정하여 제조하였다. ABTS 라디칼 양이온($ABTS^{\cdot+}$) 기질용액 920 μL에 시험용액 80 μL를 혼합하여 암소에서 20분간 반응시킨 후 UV/VIS Spectrometer를 이용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 결과값은 시료 첨가군과 시료 무첨가군을 비교하여 백분율(%)로 나타내었다.

Gingerol 및 Shogaol 분석

생강의 gingerol 및 shogaol은 Jo 등[21]의 연구를 참고하여 분석하였다. 균질화한 시료 3 g을 칭량한 후 30 mL 메탄올을 가하여 초음파 수조에서 60분 동안 sonication 한 후 0.45 μm membrane filter로 여과한 것을 시험용액으로 사용하였다. 이동상 A는 water, 이동상 B는 acetonitrile (HPLC grade)로 하였으며, HPLC (1260 infinity, Agilent Inc., Santa Clara, CA, USA)를 이용하여 Table 1의 조건으로 gingerol 및 shogaol을 정량하였다. 표준물질은 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MO, USA) 제품으로 6-gingerol, 8-gingerol, 10-gingerol 및 6-shogaol, 8-shogaol, 10-shogaol을 희석하여 제조하였다.

Table 1. HPLC operation conditions for the gingerol and shogaol

Parameter	Operating condition		
Column	C18 UG120		
Flow rate	1 mL/min		
Column temperature	30°C		
Wave length	282 nm		
Injection volume	10 μL		
Gradient program	Time	A(%)	B(%)
	0	70	30
	10	50	50
	35	25	75
	40	40	60
	42	30	70
	50	10	90
	65	10	90
	70	70	30

통계분석

실험결과는 SPSS Statistics (Ver. 21.0, IBM Inc, White Plains, NY, USA) 통계프로그램을 이용하여 일원배치 분산분석(ANOVA)으로 처리하였다. 실험은 3회 이상 반복하여 평균과 표준편차를 구하였으며, $P<0.05$ 수준으로 duncan's multiple range test (duncan의 다중범위검정)를 실시하여 각 시료간의 유의적인 차이를 검사하였다.

Results and Discussion

총 페놀 화합물 함량

재래생강과 중국종자생강의 총 페놀 화합물 함량 결과는 Table 2와 같다. 증숙 처리하지 않은 대조군 생강별로 총 페놀 화합물의 함량을 비교한 결과, WO-2 (85.24 mg GAE/g), C-2 (76.64 mg GAE/g), AO (75.96 mg GAE/g), WO-1 (73.31 mg GAE/g), C-1(71.02 mg GAE/g) 순으로 나타났으며 원료 생강의 품종이나 재배 지역별로 함량 차이는 보이지 않았다.

증숙 시간에 따른 총 페놀 화합물의 함량 차이는 대조군보다 증숙 처리군이 모두 더 높게 나타났으며 증숙 시간이 증가함에 따라 총 페놀 화합물의 함량도 양의 상관관계를 나타냈다. 생강 중에서는 WO-2(130.16 mg GAE/g)가 증숙 6시간에서 가장 높은 함량을 나타냈으며, 이후

Table 2. Content of total polyphenols based on rutin as standard according to the steaming time (unit: mg GAE[1)]/g)

	Time (h)				
	Control	2	4	6	8
WO-1	73.31±1.36[a]	81.02±2.23[a]	86.49±2.84[a]	95.14±2.74[ac]	69.18±0.90[a]
WO-2	85.24±0.23[b]	86.09±0.85[b]	89.05±2.60[a]	130.16±4.06[b]	89.86±0.69[b]
AO	75.96±0.07[c]	76.61±2.96[c]	77.62±2.68[b]	93.14±1.85[c]	74.63±1.20[c]
C-1	71.02±0.16[d]	70.56±2.56[d]	73.81±1.05[b]	73.08±1.09[d]	80.14±1.11[d]
C-2	76.64±0.65[c]	88.16±0.79[b]	73.81±3.96[b]	97.95±0.77[a]	90.10±1.89[b]

[1)]GAE: Gallic acid equivalent.
All values are expressed as mean±SD of triplicate determinations.
[a-d]Values in the column with different superscripts are significantly different at $P<0.05$.

증숙 8시간에서는 감소하였다. 이는 온도가 높아짐에 따라 폴리페놀이 유리형으로 전환되거나 고분자의 페놀성 화합물이 저분자의 페놀성 화합물로 전환된 것으로 사료된다[22)].

C-1의 경우 증숙 8시간에서 80.14 mg GAE/g 값을 나타내면서 증숙 시간이 증가함에 따라 계속 페놀 화합물의 함량도 증가하였는데, 증숙 과정을 거치면서 새로운 페놀 화합물이 생성될 뿐 아니라 생강 조직의 세포벽이 파괴되어 유용 물질이 많이 용출되었을 것으로 판단된다[23)]. Kim 등[24)]의 연구에서도 고온·고압으로 증자 시간이 길어짐에 따라 총 페놀 화합물의 함량이 지속적으로 증가하였고, 흑삼 제조과정 중 증포 과정이 반복됨에 따라 총 페놀 화합물의 함량이 증가하여 본 실험과 유사한 경향을 나타냈다[9)].

페놀 화합물은 항산화 작용과 관련하여 최근 생체 내에서의 산소 free radical 반응이 생체조직의 노화나 질병과 관련이 있고, 페놀 화합물성 물질의 hydroxyl기는 유지의 유리기 수용체로서 유지 산패의 초기단계에 생성된 유리기들이 안정된 화합물을 형성하도록 하여 산화 억제작용을 하는 것으로 알려져 있다[25,26)].

총 플라보노이드 함량

총 플라보노이드 함량의 결과는 Table 3과 같으며, 총 페놀 화합물 함량과 유사한 경향을 나타냈다. 대조군 생강별로 총 플라보노이드의 함량은 C-1이 가장 적은 함량인 32.97 mg/ RE100 g으로 나타났으며 WO-2는 C-1보다 2.9배 가량 많이 함유된 98.14 mg/ RE100 g으로 생강 중에서 가장 높았다. WO-2는 약용으로도 사용되는 재래생강으로 약리적 효능 중 항산화 작용이 식용생강보다 뛰어난 것으로 나타났으며, 이는 식용버섯과 약용버섯의 항산화 물질의 함량을 비교했을 때 약용버섯에서 총 페놀 화합물과 총 플라보노이드의 함량이 더 높다는 Qi 등[27)]의 보고와 유사한 결과였다.

증숙 시간별 함량을 비교한 결과 대조군보다 증숙 처리군이 모두 더 높게 나타났다. WO-1 (63.47 mg/ RE100 g), WO-2 (132.57 mg/ RE100 g), C-1 (73.69 mg/ RE100 g)은 증숙 6시간에서 대조군보다 각각 1.4배, 1.3배, 2.2배 증가하여 최대 함량을 나타냈다가 이후 8시간에서는 감소하여 총 페놀 화합물 성분과 마찬가지의 결과를 보였다. AO와 C-2는 증숙 시간에 비례하여 유의적으로 계속 증가하여, 생강 별로 증숙 시간에 따른 총 플라보노이드 함량이 상이한 경향을 나타냈다. 이는 WO-1, WO-2, C-1과 AO, C-2의 생산지가 각각 완주와 서산임을 고려할 때, 종자보다는 재배지역의 토양이나 재배방법, 수확시기 등에 의해 기능성물질 함량의 차이가 발생하는 것으로 사료된다. AO와 C-2는 증숙 8시간에서 가장 높은 함량을 나타냈는데, 증숙 시간이 길어질수록 용해도가 낮은 플라보노

Table 3. Content of total flavonoids based on quercetin as standard according to the steaming time (unit: mg/ RE[1)]100 g)

	Time (h)				
	Control	2	4	6	8
WO-1	44.98±0.24[a]	46.70±0.11[a]	50.94±0.12[a]	63.47±0.21[a]	46.96±0.06[a]
WO-2	98.14±0.20[b]	89.45±0.09[b]	111.55±0.32[b]	132.57±0.07[b]	108.21±0.15[b]
AO	42.26±0.43[c]	43.11±0.14[c]	55.77±0.16[c]	61.36±0.09[c]	64.43±0.14[c]
C-1	32.97±0.10[d]	50.07±0.12[d]	66.98±0.15[d]	73.69±0.10[d]	70.03±0.07[d]
C-2	62.12±0.13[e]	78.33±0.07[e]	76.76±0.06[e]	84.43±0.10[e]	88.28±0.10[e]

[1)]RE: Rutin equivalent.
All values are expressed as mean±SD of triplicate determinations.
[a-e]Values in the column with different superscripts are significantly different at $P<0.05$.

이드계 화합물이 쉽게 용해되었을 것으로 판단된다[28].

종강별로는 증숙 6시간 기준으로 WO-2가 다른 생강에 비해 1.5-2.1배 높은 함량을 나타냈고, 재배 지역별로 함량 차이는 보이지 않았다. 따라서 증숙을 6시간 진행하였을 때 생강의 항산화 물질 증진에 효과적인 것으로 확인되었다. 이와 관련된 선행 연구에서 생강의 플라보노이드 함량은 1.43 mg CE/g으로 보고되어 본 연구결과보다 플라보노이드의 함량이 조금 더 높은 것으로 나타났는데[29], 생강의 추출 부위별로 범위 값이 다양하고 넓게 나타나는 것으로 생각된다.

DPPH 함량

DPPH는 짙은 자색을 띄는 비교적 안정한 free radical로서 항산화제, 방향족 아민류 등에 의해 환원되어 색이 탈색된다[30]. 생강별 DPPH 라디칼 소거능 결과는 Table 4와 같다. 대조군 생강의 DPPH 라디칼 소거능을 비교한 결과 재래생강이 65-71%, 중국종자생강이 61-62%로 중국종자생강보다 재래생강의 DPPH 라디칼 소거능이 조금 더 높았으며, 특히 WO-2가 71.8%로 가장 높은 소거능을 보였다.

증숙 시간에 따른 DPPH 라디칼 소거능의 비례적 증가는 없었다. 전체적으로 증숙 초기인 2시간에서 DPPH 라디칼 소거능이 대조군에 비해 약간 높았으며, WO-1의 경우 증숙 8시간에서 58.85%로 증숙 하지 않은 대조군에 비해 더 감소하였다. Choo 등[31]의 연구에서 오미자의 증숙 횟수에 비례하여 DPPH 라디칼 소거활성이 증가한다고 보고하였고, Yang 등[32]의 연구에서 인삼에 증숙 공정을 적용함으로써 페놀 화합물의 함량이 변화하며 이에 따라 항산화 활성도 증가한다고 보고하여 본 연구결과와는 다소 상이하였는데, 추출 용매 등 여러 복합적인 요인에 따라 차이가 나는 것으로 사료된다.

ABTS 함량

ABTS 라디칼 소거능을 비교한 결과는 Table 5와 같으며 대조군 생강별로 WO-2가 49.43%로 가장 높은 ABTS 라디칼 소거능을, C-1이 14.47%로 가장 낮은 ABTS 라디칼 소거능을 나타냈다. 지역별로 종자간의 ABTS 소거능을 비교했을 때 완주지역 생강의 경우 재래종자가 중국종자보다 각각 2.0배, 3.4배 높은 것으로 나타났다. 서산지역 생강의 경우 재래생강보다 중국종자생강이 미미한 수치로 더 높게 나타났다.

증숙 시간에 따른 ABTS 라디칼 소거능은 증숙 시간에 비례하여 6시간까지 증가하다가 이후에는 소거능이 감소하는데, WO-2가 증숙 6시간에서 70.07%로 가장 높은 소거능을 나타냈다. 이는 총 플라보노이드와 총 페놀 화합물의 패턴과 유사하였는데, 증숙 시간이 증가함에 따라 페놀 화합물과 플라보노이드가 증가하면서 항산화력을 증가시켰을 것으로 사료된다. 또한 증숙 공정 중 생성된 갈변물질이 자유라디칼을 소거시켜 항산화 효능을 향상시켰다고 보고된바 있다[33]. 이러한 결과는 DPPH의 라디칼 소거능의 결과와는 다소 상이하였는데, 천연물 중 라디칼을 환

Table 4. Content of DPPH radical scavenging activities to the steaming time (unit: %)

	Time (h)				
	Control	2	4	6	8
WO-1	63.35±0.29[a]	67.22±0.05[a]	63.14±0.07[a]	60.05±0.03[a]	58.85±0.09[a]
WO-2	71.83±0.07[b]	72.58±0.09[b]	73.30±0.08[b]	74.40±0.17[b]	73.24±0.16[b]
AO	65.51±0.29[c]	66.18±0.20[c]	66.80±0.09[c]	72.17±0.01[c]	71.42±0.08[c]
C-1	62.12±0.88[d]	66.25±0.46[c]	63.36±0.11[d]	64.63±0.13[d]	63.34±0.21[d]
C-2	61.16±0.05[e]	72.96±0.06[b]	74.10±0.07[e]	75.02±0.10[e]	70.05±0.37[e]

All values are expressed as mean±SD of triplicate determinations.
[a-e]Values in the column with different superscripts are significantly different at $P<0.05$.

Table 5. Content of ABTS radical scavenging activities to the steaming time (unit: %)

	Time (h)				
	Control	2	4	6	8
WO-1	30.28±0.24[a]	31.96±0.24[a]	59.70±0.18[a]	63.38±0.06[a]	63.17±0.13[a]
WO-2	49.43±0.19[b]	51.71±0.26[b]	63.28±0.08[b]	70.07±0.05[b]	66.39±0.10[b]
AO	24.63±0.26[c]	56.11±0.15[c]	60.19±0.13[c]	63.14±0.04[c]	58.30±0.05[c]
C-1	14.47±0.30[d]	54.90±0.16[d]	61.78±0.03[d]	64.19±0.06[d]	61.89±0.05[d]
C-2	25.32±0.26[e]	26.72±0.21[e]	55.55±0.16[e]	58.57±0.07[e]	57.85±0.08[e]

All values are expressed as mean±SD of triplicate determinations.
[a-e]Values in the column with different superscripts are significantly different at $P<0.05$.

원시키는 능력이 크면 항산화 활성이 크다고 기대할 수 있으며 시료의 특성에 따라 DPPH 라디칼과 ABTS 라디칼의 결합 정도가 달라 차이가 나는 것으로 판단된다[9,34].

Gingerol 및 Shogaol 함량

생강의 유용성분으로 알려진 6-gingerol, 8-gingerol, 10-gingerol 및 6-shogaol, 8-shogaol, 10-shogaol의 함량은 Table 6, 7 및 Fig. 2에 나타냈다. 생강의 가장 강력한 매운맛 성분 중 하나인 gingerol은 저장, 유통 중의 품질 지표물질로 많이 사용되고 있는 성분으로 aldehyde unit 길이에 따라 매운맛 정도나 효능에 다소 차이가 있는 것으로 알려져 있다[4].

대조군에서 gingerol의 함량은 6-gingerol, 10-gingerol, 8-gingerol 순으로 나타났는데 Chen 등[35]이 연구한 gingerol 3종의 성분 함량 순위와는 동일하였지만, 함량비는 다소 상이하였다. 이러한 결과는 전처리 방법이나 생강의 가공 및 보관방법 등 여러 가지 요인에 의한 영향일 것으로 판단된다. 대조군 생강 중에서는 WO-2가 1,351 mg/kg으로 가장 gingerol 함량이 많았으며 WO-1, AO, C-2, C-1 순으로 나타나 중국종자생강보다 재래생강이 1.0-1.3배 정도 높았다. 증숙 처리 시간이 증가할수록 gingerol의 함량은 급격히 감소하였는데 증숙 8시간에서 가장 낮은 함량을 나타냈으며, 특히 증숙 8시간에서는 8-gingerol이 존재하지 않았다.

대조군에서의 shogaol 함량은 10-shogaol만 34-47 mg/kg으로 검출되었으며 6-, 8- shogaol은 검출되지 않았다. WO-2의 경우 shogaol이 존재하지 않았는데, Connell 등[3]의 연구 결과에서 shogaol은 생강의 제조, 가공, 저장 중에 탈수와 레트로-알돌 반응에 의하여 생성되며 신선한 생강 중에서는 존재하지 않는다고 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다.

온도와 시간이 대체적으로 증가할수록 gingerol은 감소하고 반대로 shogaol이 증가한다는 Park 등[36]의 보고와 유사하게 본 연구결과도 증숙 시간에 비례하여 gingerol의 함량은 감소하고 shogaol의 함량은 증가하였다. WO-1, AO, C-2는 증숙 6시간에서 1,016 mg/kg, 980 mg/kg, 952 mg/kg으로 최대 함량을 나타내다 이후 감소하였는데, 지속적인 고온 열처리에 의한 shogaol의 중합반응 때문이라는 선행 연구 결과가 있었다[37]. WO-2와 C-1은 증숙 8시간까지도 계속 증가했는데, WO-2의 경우 gingerol의 함량이 많아 shogaol의 전환 비율이 높은 것으로 사료된다.

본 연구결과 gingerol에 의한 매운 맛 감소와 shogaol의 증대 측면에서 볼 때 6-8시간 정도의 증숙 조건이 적절할 것으로 생각된다. 종강별로 증숙 시간에 따른 최대 shogaol 함량을 비교했을 때 재래생강이 980-1,793 mg/kg, 중국종자생강이 949-952 mg/kg으로 재래생강이 중국종자생강보다 기능성분의 함량이 더 높은 것을 확인하였으며, 이는 향후 재래생강의 우수성을 알리는 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

Table 6. Content of gingerol depending on steaming methods

	Samples	Steaming time (h)				
		Control	2	4	6	8
6-gingerol (mg/kg)	WO-1	950±17^{a}	753±7^{a}	370±47^{a}	193±8^{a}	123±11^{a}
	WO-2	1,079±20^{b}	974±7^{b}	502±39^{b}	296±7^{b}	203±13^{b}
	AO	863±25^{c}	518±2^{c}	230±25^{c}	125±6^{c}	90±3^{c}
	C-1	724±27^{d}	538±16^{d}	308±22^{a}	156±12^{d}	151±5^{d}
	C-2	681±16^{e}	582±8^{e}	463±28^{b}	273±20^{e}	156±8^{d}
8-gingerol (mg/kg)	WO-1	104±5^{a}	81±1^{a}	36±5^{a}	18±1^{a}	N.D[1)]
	WO-2	93±1^{bc}	166±0^{b}	91±6^{b}	58±0^{b}	N.D
	AO	87±3^{c}	54±0^{c}	21±3^{c}	10±0^{c}	N.D
	C-1	97±2^{ab}	71±1^{d}	47±1^{d}	20±1^{d}	N.D
	C-2	121±5^{d}	97±2^{e}	87±2^{b}	56±1^{e}	N.D
10-gingerol (mg/kg)	WO-1	178±2^{a}	177±4^{a}	89±14^{a}	53±3^{a}	33±6^{a}
	WO-2	178±2^{a}	397±1^{b}	222±18^{b}	153±3^{b}	106±5^{b}
	AO	172±2^{a}	127±2^{c}	59±8^{c}	35±0^{c}	N.D
	C-1	199±6^{b}	161±2^{d}	111±10^{a}	56±3^{a}	75±9^{c}
	C-2	248±3^{c}	231±1^{e}	204±14^{b}	147±3^{d}	79±12^{c}

[1)]N.D: Not detected.

All values are expressed as mean±SD of triplicate determinations.

[a-e]Values in the column with different superscripts are significantly different at $P<0.05$.

Table 7. Content of shogaol depending on steaming methods

	Samples	Steaming time (h)				
		Control	2	4	6	8
6-shogaol (mg/kg)	WO-1	N.D[1)]	523±1[a]	597±31[a]	596±15[a]	540±39[b]
	WO-2	N.D	649±3[b]	754±45[b]	775±39[b]	863±40[c]
	AO	N.D	494±3[c]	512±36[c]	566±29[ad]	559±22[b]
	C-1	N.D	368±2[d]	473±38[c]	396±20[c]	380±16[a]
	C-2	N.D	317±4[e]	502±23[c]	523±8[d]	421±67[a]
8-shogaol (mg/kg)	WO-1	N.D	104±3[a]	128±16[a]	132±6[ac]	131±11[a]
	WO-2	N.D	172±9[b]	222±15[b]	264±6[b]	302±21[b]
	AO	N.D	90±7[c]	111±1[a]	127±10[c]	131±6[a]
	C-1	N.D	83±4[c]	107±8[a]	102±7[d]	179±5[c]
	C-2	N.D	232±2[d]	127±7[a]	142±5[a]	126±20[a]
10-shogaol (mg/kg)	WO-1	41±3[a]	224±8[a]	275±32[a]	287±6[a]	272±21[a]
	WO-2	N.D	340±7[b]	427±28[c]	551±6[c]	626±56[b]
	AO	34±0[c]	209±9[c]	239±1[ab]	285±16[a]	283±24[a]
	C-1	44±2[ab]	186±2[d]	229±12[b]	221±10[b]	389±12[c]
	C-2	47±2[b]	173±2[e]	270±14[a]	285±9[a]	275±44[a]

[1)]N.D: Not detected.
All values are expressed as mean±SD of triplicate determinations.
[a-e]Values in the column with different superscripts are significantly different at $P<0.05$.

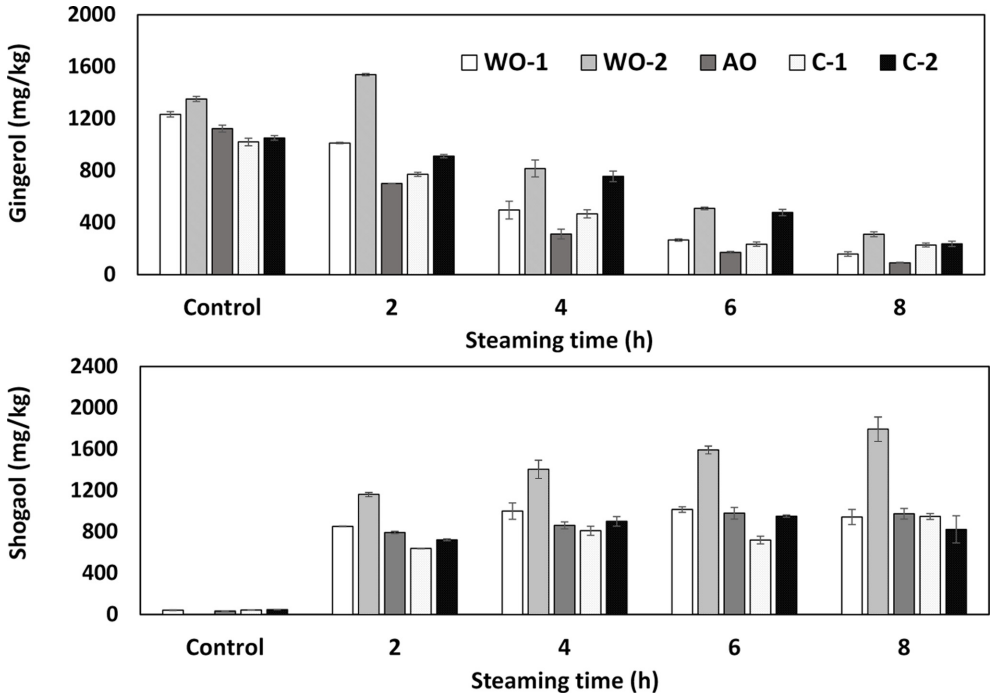

Fig. 2. Content of total gingerols and shogaols according to the steaming time.

국문요약

본 연구에서는 재래생강과 중국종자생강 간의 증숙 시간별 총 페놀화합물, 총 플라보노이드, ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능, gingerol, shogaol 함량을 비교 분석하였다. 총 플라보노이드와 총 페놀 화합물, ABTS radical 소거능의 경우 대체적으로 증숙 6시간에서 가장 높은 함량을 나타내다가 그 이상으로 증숙할수록 오히려 감소하는 경향

을 보였으며, 생강 중에서는 재래생강인 WO-2가 가장 높게 나타났다. DPPH 라디칼 소거능은 증숙 시간별로 유의미한 차이가 없었다. 생강의 gingerol 함량은 대조군에서 WO-2가 1,351 mg/kg으로 가장 높은 함량을 나타냈다. 증숙 시간에 비례하여 gingerol의 함량은 감소하고, shogaol의 함량은 증가하였는데 증숙 8시간에서 WO-2가 생강 중에서도 가장 높았으며, 또한 종자별로도 재래생강이 중국종자생강보다 shogaol 함량이 높은 것으로 나타났다. 본 연구결과 재래생강이 중국종자생강보다 기능성 함량이 높음을 확인하였으며 증숙 처리된 재래생강을 활용하여 다양한 식품을 개발할 수 있을 것으로 판단된다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Su-Jin Kim	https://orcid.org/0009-0008-8100-6282
Mee-Sook Kang	https://orcid.org/0009-0001-4256-6542
Jong-Sin Kim	https://orcid.org/0009-0009-7063-7801
Min-ji Kim	https://orcid.org/0009-0005-3414-4381
Ji-Yeon Kang	https://orcid.org/0009-0001-6138-738X
Hyeon-jeong Choi	https://orcid.org/0000-0001-8200-7385
So-Yeon Kim	https://orcid.org/0009-0001-6138-738X
Ha-Euu Lee	https://orcid.org/0009-0005-6617-8834
Tae-Hyuk Kwon	https://orcid.org/0009-0001-1432-0756

References

1. Kim, N.M., Lee, J.S., Effect of fermentation periods on the qualities and physiological functionalities of the mushroom fermentation broth. *Korean J. Mycol*., **31**, 28-33 (2003).
2. Choi, W.S., Choi, U.K., Changes in storage characteristics of pork rectum by addition of ginger (*Zingiber officinale roscoe*). *Korean J. Food & Nutr.*, **27**, 956-961 (2014).
3. Connell, D.W., Sutherland, M.D., A re-examination of gingerol, shogaol, and zingerone the pungent principle of ginger (*Zingiber officinale roscoe*). *Aust. J. Chem*., **22**, 1033-1043 (1969).
4. Connell, D.W., The chemistry of the essential oil and oleoresin of ginger (*Zingiber officinale roscoe*). *Flavour Ind.*, **1**, 677-693 (1970).
5. Dugasani, S., Pichika, M.R., Nadarajah, N.D., Balijepalli, M.K., Tandra, S., Korlakunta, J.N., Comparative antioxidant and anti-inflammatory effects of [6]-gingerol, [8]-gingerol, [10]-gingerol and [6]-shogaol. *J. Ethnopharmacol*., **127**, 515-520 (2009).
6. Suekawa, M., Ishige, A., Yuasa, K., Sudo, K., Aburada, M., Hosoya, E., Pharmacological actions of pungent constitutents, (6)-gingerol and (6)-shogaol. *J. Pharmacobiodyn.*, **7**, 836-848 (1984).
7. Pan, M.H., Hsieh, M.C., Kuo, J.M., Lai, C.S., Wu, H., Sang, S., Ho, C.T., 6-Shogaol induces apoptosis in human colorectal carcinoma cells via ROS production, caspase activation, and GADD 153 expression. *Mol. Nutr. Food Res.*, **52**, 527-537 (2008).
8. Shin, J.H., Choi, D.J., Lee, S.J., Cha, J.U., Kim, J.G., Sung, N.J., Changes of physicochemical components and antioxidant activity of garlic during its processing. *J. Life Sci.*, **18**, 1123-1131 (2008).
9. Kim, H.J., Lee, J.Y., You, B.R., Kim, H.R., Choi, J.E., Nam, K.Y., Moon, B.D., Kim, M.R., Antioxidant activities of ethanol extracts from black ginseong prepared by steaming-drying cycles. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **40**, 156-162 (2011).
10. Jang, E.K., Seo, J.H., Lee, S.P., Physiological activity and antioxidative effects of aged black garlic (*Allium sativum* L.) extract. *Korean J. Food Sci. Technol*., **40**, 443-448 (2008).
11. Jo, K.S., Analysis of gingerol compounds of raw ginger (*Zingiber officinale roscoe*) and its paste by high performance liquid chromatograph-mass spectrometry (LC/MS). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **29**, 747-751 (2000).
12. Choi, H.E., Study on conversion of functional materials of steamed ginger and cosmeceutical activities. Master's thesis, Woosuk University, Wanju, Korea (2019).
13. Lee, I.H., 2019. A study on the value of agricultural heritage in seosan ginger farming. Chungnam institute, Gongju, Korea, pp. 38.
14. Chung, Y.K., Lee, J.J., Lee, H.J., Rheological properties of pound cake with ginger powder. *Korean J. Food Preserv.*, **19**, 361-367 (2012).
15. Jung, K.G., Park, C.S., Antioxidative and antimicrobial activities of juice from garlic, ginger, and onion. *Korean J. Food Preserv.*, **20**, 134-139 (2013).
16. Kang, J.N., Lee, H.G., Yu, J., Choi, M.H., Lee, S.M., Development of cleaced amplified polymorphic sequence markers for classifying ginger (*Zingiber officinale*) cultivars using reference sequencing. *Plant breed. Biotech.*, **11**, 130-140 (2023).
17. Dong, J.L., Reserch on comparation of ingredients in seosan ginger and in China ginger and methods of browing controlin ginger. Master's thesis, Hanseo University, Seosan, Korea (2010).
18. Seo, Y.H., Antioxidant and antimicrobial activities of ginger with aging and fermentation. *Korean J. Food Preserv.*, **24**, 1180-1187 (2017).
19. Ra, H.N., Kim, H.Y., Quality characteristics and microbial safety of Sunsik with dandelion (*Taraxacum platycarpum*) complex extrat powder (AF-343) for Home Meal Replacement. *Korean J. Food Cook Sci.*, **30**, 642-649 (2014).
20. Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C., Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biol. Med.*, **26**, 1231-1237 (1999).
21. Jo, M.H., Ham, I.K., Lee, G.H., Lee, J.K., Lee, G.S., Park,

S.K., Kim, T.I., Lee. E,M., Comparison of active ingredients between field grown and *in vitro* cultured rhizome of Korean native ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Korean J. Plant Res.*, **24**, 404-412 (2011).
22. Lee, S.J., Ryu, J.H., Nam, S.J., Koo, O.K., A study on the physicohemical properties and antioxidant activities of aged ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) during the aging process. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **52**, 573-579 (2020).
23. Nam, S., Kwon, Y.R., Youn, K.S., Physicochemical properties of acorn (*Quercus acutissima* Carr.) tea depending on steaming and hot-air drying treatments. *Korean J. Food Preserv.*, **24**, 21-26 (2017).
24. Kim, E.Y., Kim, Y., Kim, K.T., Lim, T.G., Jang, M., Cho, C.W., Rhee, Y.K., Hong, H.D., Effect of high temperature and high pressure on physicochemical properties and antioxidant activity of Korean red ginseng. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **29**, 438-447 (2016).
25. Choi, S.R., You, D.H., Kim, J.Y., Park, C.B., Ryu, J., Kim, D.H., Eun, J.S., Antioxidant and antimicrobial of *Artemisia capillaris* Thunberg. *Korean J. Med. Crop. Sci.*, **16**, 112-117 (2008).
26. Lee, S.O., Lee, H.J., Yu, M.H., Li, H.G., Lee, I.S., Total polyphenol contents and antioxidant activities of methanol extracts from vegetables produced in Ullung island. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **37**, 233-240 (2005).
27. Qi, T., Zhao, X., Lim, Y.I., Park, K.Y., Antioxidant and anticancer effects of edible and medicinal mushrooms. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **42**, 655-662 (2013).
28. Lee, G.D., Yoon, S.R., Kim, J.O., Hur, S.S., Seo, K.I., Monitoring on the tea with steaming and drying process fo germinated buckwheat. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **33**, 212-217 (2004).
29. Kim, M.I., Nam, D.G., Cheo, J.S., Choi, A.J., Effects of antioxidative activity and functional components of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) extract by fermentation and enzyme treatment. *Food Eng. Rog.*, **26**, 112-118 (2022).
30. Lee, E.J., Yang, S.A., Choi, H.D., Im, H.G., Whang, K., Lee, I.S., Comparison of gingerols in various fractions and the antioxidant effects of supercritical fluid extracts from ginger. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **43**, 469-474 (2011).
31. Choo, B.K., Chung, K.H., Seo, Y.B., Roh, S.S., Antioxidant, antiinflammation and hepatoprotective activity of *Schizandrae fructus* processed with differenciated steaming number. *Korean J. Herbol.*, **28**, 83-92 (2013).
32. Yang, S.J., Woo, K.S., Yoo, J.S., Kang, T.S., Noh, Y.H., Lee, J.S., Jeong, H.S., Change of Korean ginseng compents with high temperature and pressure treatment. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **38**, 521-525 (2006).
33. Song, C.H., Seo, Y.C., Choi, W.Y., Lee, C.G., Kim, D.U., Chung, J.Y., Chung, H.C., Park, D.S., Ma, C.J., Lee, H.Y., Enhancement of antioxidative activity of Codonpsis Ianceolata by stepwise steaming precess. *Korean J. Medicinal Crop. Sci.*, **20**, 238-244 (2012).
34. Kim, H.G., Kim, G.W., Oh, H., Yoo, S.Y., Kim, Y.O., Oh, M.S., Influence of roasting on the antioxidant activity of small black soybean (*Glycine max L. Merrill*). *LWT-Food Sci. Technol.*, **44**, 992-998 (2011).
35. Chen, C.C., Kuo, M.C., Ho, C.T., High performance liquid chromatograph determination of pungent gingerol compounds of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *J. Food Sci. Technol.*, **51**, 1364-1365 (1986).
36. Park, H.Y., Ha, S.K., Choi, J.I., Choi, H.D., Kim, Y.S., Park, Y.K., Optimization study for the production of 6-shogaol-rich ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) under conditions of mild pressure and high temperature. *Korean J. Food sci. technol.*, **46**, 588-592 (2014).
37. Yang, B.W., Park, H.S., Park, J.W., Baik, M.Y., Kim, B.Y., Kim, H.K., Hahm, Y.T., Physicochemical properties of repetitive heat-treated gingerand its quantitative conversion of gingerol to shogaol. *Food Eng. Prog.*, **21**, 22-28 (2017).