



Research Article

Quality characteristics of different parts of garlic sprouts produced by smart farms during growth

스마트팜 생산 새싹마늘의 부위별 및 생육 기간에 따른 품질 특성

Yu-Ri Choi^{1†}, Su-Hwan Kim^{2†}, Chae-Mi Lee³, Dong-Hun Lee¹, Chae-Yun Lee¹, Hyeong-Woo Jo¹, Jae-Hee Jeong¹, Imkyung Oh¹, Ho-Kyung Ha⁴, Jungsil Kim⁵, Chang-Ki Huh^{1,2*}

최유리^{1†} · 김수환^{2†} · 이채미³ · 이동훈¹ · 이채윤¹ · 조형우¹ · 정재희¹ · 오임경¹ · 하호경⁴ · 김정실⁵ · 허창기^{1,2*}

¹Department of Food Science and Technology, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

²Research Institute of Food Industry, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

³Jeonnam Institute of Natural Resources Research, Jangheung 59338, Korea

⁴Department of Animal Science and Technology, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

⁵Department of Bio-Industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

¹순천대학교 식품공학과, ²순천대학교 식품산업연구소, ³천연자원연구센터,

⁴순천대학교 동물자원과학과, ⁵경북대학교 생물산업기계공학전공



OPEN ACCESS

Citation: Choi YR, Kim SH, Lee CM, Lee DH, Lee CY, Jo HW, Jeong JH, Oh I, Ha HK, Kim J, Huh CK. Quality characteristics of different parts of garlic sprouts produced by smart farms during growth. Korean J Food Preserv, 30(2), 272-286 (2023)

Received: February 28, 2023

Revised: April 07, 2023

Accepted: April 09, 2023

[†]These authors contributed equally to this study.

***Corresponding author**

Chang-Ki Huh

Tel: +82-61-750-3251

E-mail: hck1008@scnu.ac.kr

Copyright © 2023 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.

Abstract Garlic sprouts can provide data on functional and food processing materials. This study compared the leaves, bulbs, and roots of garlic sprouts grown on smart farms during two growth periods (20 and 25 days). In addition, data for garlic bulbs grown in open fields were presented as reference materials. All garlic sprouts' total free sugar content decreased as the growth period increased. All plant parts' total organic acid content decreased as the growth period progressed, except for the root section. Potassium, phosphorus, and sulfur content increased during growth in all parts of the garlic sprouts. Alliin content decreased in all parts of the plant over time, whereas thiosulfinate content increased in the roots but decreased in the leaves and bulbs. Total polyphenol content increased in all parts of the plant during the growth period, except for the bulb, whereas the flavonoid content did not change significantly over time. The 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline 6-sulfonate) (ABTS) free radical scavenging activities, as well as the superoxide dismutase (SOD)-like activity of garlic sprouts were 37.45-65.47%, 59.12-89.81%, and 89.52-98.59%, respectively. These activities tend to decrease during the growth period. Here, we showed that garlic sprouts have higher levels of functional substances and physiological activities than general garlic sprouts. It was also determined that a growth period of 20 days was suitable for garlic sprouts. Data for research on functional and food-processing materials can be obtained by analyzing garlic sprouts produced by smart farms.

Keywords garlic bulb, garlic sprout, alliin, total thiosulfinate, quality characteristics

1. 서론

마늘(*Allium sativum* L.)은 백합과(Liliaceae)에 속하는 조미 채소 중 하나로 다른 채소들보다 열량, 무기성분 및 비타민을 많이 함유하고 있으며 특히 인, 칼륨, 비타민 B₁, 비타민 B₂ 등이 풍부하다(Kwon 등, 2006). 마늘은 다른 약용식물에 비해 수분함량이 낮고 황화합물의 함량이 높으며, 주성분은 diallyl disulfide 23-39%, propylallyl disulfide 13-19%, 정유성분 0.5% 등으로 알려져 있다(Lee 등, 2011a; Sung 등, 2007). S-allyl-L-cysteine sulfoxide(Alliin)는 마늘의 기능성 물질로 알려져 있으며, allinase에 의해 allicin이 생성된 후 diallyl thiosulfinate, diallyl disulfide 및 저급 sulfide류로 분해된다(Lee 등, 2007). 특히, diallyl thiosulfinate는 비타민 B₁과 비슷한 생리활성을 가질 뿐 아니라 체내에서 흡수가 빠르고 항산화, 항심혈관질환, 항암작용, 면역조절기능, 혈소판 응고 및 콜레스테롤 감소 등의 건강증진 작용이 보고되어 있다(Kim 등, 2005; Yoon 등, 2006).

새싹채소는 일반 채소나 종자에 비해 3-4배 높은 폴리페놀, 미네랄, 탄수화물, 비타민 및 아미노산 등의 영양성분을 함유하고 있다(Park 등, 2007; Yun 등, 2011). 종자의 비소화성 성분인 다당류, 사포닌 및 탄닌 성분은 발아에 의해 기능성 물질로 전환되어, 성숙한 채소 대비 4-100배 이상의 생리활성 물질이 함유되어 있는 것으로 알려져 있다(Jun 등, 2012). 또한, 새싹채소는 생장을 위한 영양성분이 축적되어 있어 영양성분을 활용하여 성장한 성숙한 채소보다 인체에 유익한 영양성분을 다량 포함하고 있다(Kim 등, 2010). 이와 같이 유익한 영양성분이 포함되어 있는 새싹채소와 관련된 연구는 홍화새싹의 이화학적 특성(Choi 등, 2013)과 수수종자와 새싹채소의 기능성분 분석(Chun 등, 2017) 등 다양한 연구가 이루어져 있으나, 새싹마늘에 대한 연구는 미비한 실정이다.

스마트팜은 작물의 파종부터 수확까지 생육관련 정보를 ICT와 접목시켜 노동력, 에너지, 경영비 절감을 통해 고효율 생산을 가능하게 하는 시스템이다(Lee 등, 2019; Park 등, 2020). 스마트팜의 일종인 수경재배는 밀폐된 공간에서 작물을 재배하는 방식으로 미세먼지(Ko 등, 2019), 자연재해(Park 등, 2014) 및 해충(Kim 등, 2016) 등으로 인한

작물 피해 방지 그리고 연작장해(Jun 등, 2011)를 해결할 수 있는 장점이 있다. 이와 같은 장점으로 새싹보리의 재배 조건에 따른 연구(Kim, 2021; Kim 등, 2021), 새싹인삼의 생육시기에 따른 품질비교 연구(Seong 등, 2022) 등 다양한 작물을 대상으로 연구가 이루어졌으나, 스마트팜에서 생산된 새싹마늘 연구는 미비한 실정이다.

따라서 스마트팜에서 생산된 새싹마늘의 기능성 및 식품소재 연구 그리고 최적 생육기간 설정에 대한 기초자료를 제공하고자 새싹마늘을 생육기간(20일과 25일)에 따라 부위별(어린잎, 구근, 뿌리)로 구분하여 이화학적 품질 특성 및 항산화활성을 비교하였고, 노지재배 마늘의 데이터는 참고 자료로 제시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험 재료

본 실험에 사용된 새싹마늘은 (주)케이팜 농업회사법인(Haenam, Korea)에서 온도 20℃, 습도 46% 그리고 조도 3,600 lx 조건하에서 재배하였으며, 생육기간(수확일: 2022년 5월 16일, 2022년 5월 20일)에 따라 수확한 시료를 제공 받았다. 참고 자료로 사용된 일반 마늘은 시중 판매되고 있는 깎마늘을 시료로 사용하였다. 새싹마늘은 새싹마늘 전체(garlic sprouted all, SA), 어린잎(garlic sprouted leaf, SL), 구근(garlic sprouted bulb, SB) 및 뿌리(garlic sprouted root, SR)로 각각 분류한 다음 동결 건조하여 분석에 사용하였다.

2.2. 일반성분 함량 측정

일반성분은 AOAC법(1990)에 준하여 분석하였다. 즉, 수분 함량은 미리 항량된 칭량병에 시료를 칭량한 후 105℃ dry oven에서 4시간 이상 건조하는 상압 건조법으로 측정하였고, 조회분은 미리 항량된 도가니에 시료를 칭량한 후 250℃에서 예비탄화한 다음 550℃에서 백색-회백색의 회분이 얻어질 때까지 가열하는 직접회화법으로 분석하였다. 조단백질의 함량은 Kjeldahl법으로 분해, 중화, 증류 및 적정으로 측정된 질소량에 질소계수 6.25를 곱하여 산출하였으며, 조지방의 함량은 Soxhlet 추출법으로 에테르를 순환시켜 시료 중의 지방을 추출하여 구하였다.

2.3. 유리당 및 유기산 함량 분석

유리당 함량의 분석에는 Wilson 등(1981)의 방법에 따라 분석하였다. 즉 시료 1 g에 증류수 50 mL를 가하여 4시간 추출한 후, 0.45 μ m membrane filter(Whatman syringe filter, Toyo Roshi Kaisha Ltd., Tokyo, Japan)로 여과한 여액을 HPLC를 이용하여 분석하였다. Column은 carbohydrate column(4.6 mm L. \times 250 mm I.D., Waters Co., MA, USA)을 사용하였으며, column oven 온도는 30 $^{\circ}$ C, mobile phase는 acetonitrile : water(75 : 25, v/v), flow rate는 1.0 mL/min, detector는 ELSD 2000ES detector(Alltech Co., MA, USA)를 사용하였다. 유기산 함량의 분석에는 Gancedo 등(1986)의 방법에 따라 시료 1 g에 증류수 50 mL를 가하여 4시간 추출한 후, 0.45 μ m membrane filter로 여과한 여액을 HPLC를 이용하여 분석하였다. Column은 organic acid column(ID 4.6 \times 250 mm., Grace Co., Deerfield, IL, USA)을 사용하였으며, mobile phase는 0.2 mmol KH₂PO₄, flow rate는 1.0 mL/min, detector는 Waters 996을 사용하여 UV 210 nm에서 측정하였다. 각각의 함량은 외부표준법으로 나타내었다.

2.4. 무기성분 및 유리아미노산 함량 분석

무기성분 분석은 식품공전(MFDS, 2022b)의 건식분해법으로 전처리하여 분석하였다. 즉, 시료 0.5 g을 칭량하여 550-600 $^{\circ}$ C로 회화시킨 후 증류수로 적신 후 염산용액 10 mL를 가해 가열시켜 증발시켰다. 이 건고물에 염산용액 10 mL를 넣고 수분 가열 후 100 mL 메스플라스크에 여과하여 분석에 사용하였다. 각 무기성분의 정량은 Atomic Absorption Spectrophotometer(Analyst 300, Perkin-Elmer Co., Norwalk, CT, USA)로 각 원소의 표준용액 농도를 1, 3 및 5 mg L⁻¹로 조제하여 표준검량 곡선을 작성하여 분석하였다.

유리아미노산 분석은 식품공전(MFDS, 2022a)에 준하여 분석하였다. 즉, 시료 1 g을 칭량하여 증류수 10 mL를 가하여 가열 및 여과한 후 에테르로 지방을 추출하여 제거한 물층을 감압 농축하여 얻은 잔사를 0.02 N HCl으로 용해하여 0.45 μ m membrane filter로 여과한 여액을 아미노산 자동분석기를 이용하여 분석하였다.

2.5. Alliin 및 total thiosulfinate 함량 분석

Alliin 분석은 Oh 등(2011c)의 방법에 따라 분석하였다. 즉, 시료 1 g에 증류수 50 mL를 가하여 4시간 추출 후, 0.45 μ m membrane filter로 여과한 여액을 HPLC를 이용하여 분석하였다. Column은 RP18 column(ID 4.6 \times 250 mm, Waters Co.)을 사용하였고, mobile phase는 solvent A는 20 mM sodium phosphate monobasic dihydrate + 10 mM sodium 1-heptane-sulfonic acid(pH 2.1, 85% orthophosphoric acid로 pH 조정)와 solvent B는 solvent A : acetonitrile(50 : 50, v/v)를 사용하였다. 용매조건은 solvent B를 0 min-7%, 50 min-50%, 55 min-50%, 60 min-7%, 80 min-7%의 기울기 용리조건하에서, flow rate는 0.5 mL/min, detector로 Waters 996을 사용하여 UV 208 nm에서 측정하였고, 함량은 외부표준법으로 나타내었다.

Alliin의 분해 생성물인 thiosulfinate는 Shin 등(2011a)의 방법에 따라 분석하였다. 시료 1 g에 증류수 50 mL를 가하여 4시간 추출한 다음 여과한 여액을 분석에 사용하였다. 이 추출액 0.1 mL에 2 mM cysteine이 함유된 pH 7.5의 50 mM N-[2-Hydroxyethyl]piperazine-N'-2-ethane sulfonic acid(HEPES) 용액 0.5 mL를 가하였다. 여기에 50 mM HEPES를 가하여 5 mL로 정용한 다음 27 $^{\circ}$ C에서 10분간 반응시켰다. 이 반응액 1 mL를 취하여 50 mM HEPES로 제조한 0.4 mM 5,5'-dithio-bis[2-nitrobenzoic acid(DTNB)] 1 mL를 가하여 잘 혼합한 다음 다시 27 $^{\circ}$ C에서 10분간 반응시킨 후 spectrophotometer(SPECTROstar Nano, BMG Labtech, Ortenberg, Germany)를 이용하여 412 nm에서 흡광도를 측정하였다. 50 mM HEPES로 제조한 0.05-0.3 mM의 cysteine 용액을 표준물질로 하여 0.4 mM DTNB 용액을 가해 10분간 반응시킨 다음 동일한 조건에서 흡광도를 측정하여 작성한 표준검량곡선으로 사용하였다.

2.6. 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 측정

총폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(Folin과 Denis, 1992)에 따라 시료 1 g에 증류수 50 mL를 가하여 4시간 추출 후 여과한 여액 2 mL에 folin-denis reagent 2 mL를 가하여 3분 후 5% NaCO₃ 5 mL를 혼합하여 발색시킨 다음 1시

간 방치한 후, spectrophotometer(SPECTROstar Nano, BMG Labtech, Ortenberg, Germany)를 이용하여 660 nm에서 흡광도를 측정하였으며 gallic acid(Sigma-Aldrich Co., Louis, MO, USA)를 기준으로 환산하였다.

총플라보노이드 함량은 Park 등(2019)에 따라 측정하였다. 즉, 시료 1 g에 증류수 50 mL를 가하여 4시간 추출 후 여과한 여액 200 μ L에 에탄올 600 μ L, 10% 질산알루미늄 40 μ L, 1M 초산칼륨용액 40 μ L 그리고 증류수 1,120 μ L를 혼합한 다음 spectrophotometer를 이용하여 415 nm에서 흡광도를 측정하였으며 quercetin(Sigma-Aldrich Co.)을 기준으로 환산하였다.

2.7. 항산화 활성 측정

1,1-Diphenyl-2-picryl-hydrazyl(DPPH) 라디칼 소거 활성 측정은 Blois의 방법(Blois, 1958)을 변형하여 측정하였다. 시료 1 g에 증류수 50 mL를 가하여 4시간 추출 후 여과한 여액 150 μ L에 2×10^{-4} M DPPH solution 150 μ L를 첨가하고, vortex mixing하여 37°C에서 30분 동안 반응시켰다. 그 후 spectrophotometer를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며, A control - A sample / A control \times 100으로 계산하여 전자공여능(electron donating ability, EDA(%))으로 표시하였다.

2,2'-Azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt(ABTS) 라디칼 소거 활성 측정은 Re 등(1999)의 방법에 따라 측정하였다. 7 mM ABTS 용액과 2.4 mM 과황산칼륨을 혼합하여 암소에서 24시간 동안 반응시킨 후, 732 nm에서 흡광도값이 0.70 ± 0.02 가 되게 증류수로 희석하였다. 시료 1 g에 증류수 50 mL를 가하여 4시간 추출 후 여과한 여액 50 μ L에 희석된 ABTS 200 μ L를 vortex mixing하여 spectrophotometer를 이용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였으며, A control - A sample / A control \times 100으로 계산하여 ABTS scavenging ability (%)를 나타내었다.

SOD 유사 활성은 Lim(2021)에 따라 측정하였다. 시료 1 g에 증류수 50 mL를 가하여 4시간 추출 후 여과한 여액 40 μ L에 Tris-HCl buffer(50 mM Tris + 10 mM EDTA, pH 8.5) 120 μ L와 7.2 mM pyrogallol 40 μ L vortex mixing하여 실온에서 10분 반응시킨 후 1 N HCl 20 μ L를

가하여 반응을 정지시키고 반응액 중 산화된 pyrogall의 양을 spectrophotometer를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였으며 표준물질로는 ascorbic acid를 사용하였다.

2.8. 통계처리

통계처리는 실험결과를 3회 이상 반복 실시하여 SPSS 통계분석 프로그램(26, IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하였고, mean \pm SD를 구하였으며, Duncan's multiple range test($p < 0.05$)에 의해 평균치 간의 유의성을 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 일반성분 조성

생육기간에 따른 새싹마늘의 부위별 일반성분 측정 결과는 Table 1과 같다. 수분과 조회분의 경우 생육기간에 따른 변화를 나타내지 않았으나, 조단백질과 조지방은 생육기간에 따른 변화를 나타내었다. 조단백질의 경우 20일 차 SL 시료구와 SR 시료구는 각각 40.37%와 45.35%로 가장 높았으며, 25일 차 또한 SL 시료구와 SR 시료구가 각각 35.54%와 31.85%로 가장 높았다. SA 시료구를 제외한 모든 시료구에서 생육기간이 길어짐에 따라 조단백질 함량이 감소하는 경향을 나타내었다. 생육에 따른 조단백질의 감소는 식물 성장을 위한 에너지원으로의 소비로 인한 것으로 판단된다(Oh 등, 2014). 조지방의 경우 SL 시료구가 20일 차 2.39%에서 25일 1.88%로 가장 큰 감소 폭을 나타내었다. 조지방 함량의 변화는 식물 성장을 위한 새로운 조직 형성과 에너지원으로 조지방이 소비로 인한 것으로 판단된다(Kim 등, 1988). 새싹마늘의 SB 시료구는 생육기간이 길어짐에 따라 조회분과 조지방은 큰 변화를 나타내지 않았으나, 조단백질은 감소하는 경향을 나타내었다. 주요 일반성분인 조단백질의 경우 일반 마늘은 26.16%였으며, 새싹마늘의 SB 시료구는 20일 차와 25일 차 각각 23.07%와 20.15%로 나타났다. Kim 등(2009b)에 따르면 산지별 마늘의 일반성분을 수분 57.4-66.4%, 조단백질 7.72-9.97%, 조지방 0.063-0.728%, 조회분 1.19-1.65%로, 수분을 제외하면 조단백질이 주요 일반성분으로 나타나 본 연구결과와 유사하였으나 함량은 차이를 나타내었다. Lee 등(2011b)은 구

Table 1. Proximate composition in garlic sprouts according to parts and growth period (%)

Components	General garlic bulb	20 th day				25 th day			
		SA ¹⁾	SL	SB	SR	SA	SL	SB	SR
Moisture	3.03±0.15	4.39±0.01 ^{2)(d3)}	7.56±0.33 ^a	2.54±0.04 ^f	5.80±0.36 ^b	3.25±0.47 ^g	7.20±0.23 ^a	2.03±0.32 ^f	5.17±0.30 ^c
Crude protein	26.16±1.09	23.21±1.67 ^f	40.37±0.17 ^b	23.07±0.13 ^f	45.35±1.64 ^a	29.62±2.24 ^d	35.54±3.78 ^c	20.15±0.90 ^g	31.85±0.26 ^d
Crude fat	0.63±0.18	0.34±0.10 ^g	2.39±0.431 ^a	0.47±0.06 ^{de}	1.25±1.13 ^c	0.76±0.06 ^d	1.88±0.02 ^b	0.54±0.24 ^{de}	1.24±0.03 ^c
Crude ash	3.89±0.15	4.45±0.30 ^d	7.67±0.05 ^b	3.91±0.12 ^g	12.30±0.27 ^a	5.51±0.13 ^c	7.56±0.20 ^b	3.52±0.20 ^f	12.24±0.13 ^a

¹⁾SA, garlic sprouted all; SL, garlic sprouted leaf; SB, garlic sprouted bulb; SR, garlic sprouted root.

²⁾All values are mean±SD (n=3).

³⁾Means with different superscript letters in the same row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test (a)>(b)>(c)>(d)>(e)>(f)>(g).

온마늘의 조단백질 함량을 36.89%로, Jeung 등(2008)은 동결건조 마늘의 조단백질 함량을 19.46%로 보고하여 본 연구결과와 유사하였다. 기존 연구와의 함량 차이는 마늘의 품종과 생육환경 등에 의한 영향뿐만 아니라 건조처리에 의해 수분함량이 감소되면서 상대적으로 수분 이외의 성분이 농축되는 현상에 의한 영향으로 판단된다.

3.2. 유리당 및 유기산 함량

생육기간에 따른 새싹마늘의 부위별 유리당 함량 분석 결과는 Table 2와 같다. 모든 시료구의 주요 유리당은 fructose로 일반 마늘 54.00 mg/100 g 그리고 생육기간 20일과 25일 모두 SA 시료구가 165.95 mg/100 g과 111.85 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내었다. Gonzalez-Ramírez 등(2022)과 Zhao 등(2022)에 따르면 마늘의 주요 유리당

을 fructose로 보고하여 본 연구결과와 유사하였다. 새싹마늘의 총유리당 함량은 20일 144.51-265.26 mg/100 g에서 25일 86.92-177.42 mg/100 g으로 모든 부위에서 생육기간이 길어짐에 따라 함량이 감소하는 경향을 나타내었으며, 이는 성장을 위한 대사과정의 탄소원으로 이용되어 생육기간이 길어짐에 따라 총유리당 함량이 감소되는 것으로 판단된다(Sheikh 등, 2022).

생육기간에 새싹마늘의 부위별 유기산 함량 분석 결과는 Table 3과 같다. 일반 마늘의 경우 100 g 당 oxalic acid 33.84 mg, tartaric acid 28.76 mg, malic acid 16.64 mg, lactic acid 5.24 mg, acetic acid 25.89 mg 및 citric acid 35.81 mg 으로, oxalic acid와 citric acid가 가장 높은 함량을 나타내었다. Choi 등(2016)은 마늘 첨가량에 따른 김치의 유기산 분석 결과, 마늘 첨가에 의해

Table 2. Free sugar contents in garlic sprouts according to parts and growth period (mg/100 g)

Components	General garlic bulb	20 th day				25 th day			
		SA ¹⁾	SL	SB	SR	SA	SL	SB	SR
Fructose	54.00 ±0.86 ^{2)(A3)}	165.95 ±3.21 ^{aA}	124.83 ±0.29 ^{bA}	110.40 ±6.84 ^{bcA}	62.42 ±0.90 ^{deA}	111.85 ±7.75 ^{bcA}	84.40 ±3.95 ^{cdA}	50.09 ±1.39 ^{deA}	43.50 ±0.90 ^{eA}
Glucose	12.31 ±1.23 ^B	26.58 ±0.37 ^{eB}	112.15 ±2.95 ^{aB}	26.05 ±1.19 ^{eB}	56.50 ±2.19 ^{cB}	19.60 ±0.59 ^{fB}	70.53 ±2.98 ^{abB}	22.27 ±0.70 ^{fB}	43.47 ±0.81 ^{dA}
Sucrose	12.77 ±0.56 ^B	5.45 ±0.16 ^{cD}	7.09 ±0.38 ^{bD}	5.40 ±0.17 ^{cC}	10.51 ±0.93 ^{aD}	5.72 ±0.79 ^{cC}	9.70 ±1.28 ^{aC}	5.23 ±0.11 ^{cD}	10.71 ±1.14 ^{aD}
Maltose	11.81 ±0.41 ^B	13.88 ±0.53 ^{bcC}	21.19 ±1.48 ^{aC}	9.92 ±0.40 ^{eC}	15.08 ±1.22 ^{bC}	11.89 ±0.23 ^{dC}	12.79 ±1.70 ^{cdC}	9.33 ±0.81 ^{eC}	13.88 ±1.17 ^{bcC}
Total	90.89	232.86	265.26	151.77	144.51	174.06	177.42	86.92	111.56

¹⁾SA, garlic sprouted all; SL, garlic sprouted leaf; SB, garlic sprouted bulb; SR, garlic sprouted root.

²⁾All values are mean±SD (n=3).

³⁾Means with different superscript letters in the same row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test (a)>(b)>(c)>(d)>(e)>(f). Means with different superscript letters in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test (A)>(B)>(C)>(D).

Table 3. Organic acid contents in garlic sprouts according to parts and growth period (mg/100 g)

Components	General garlic bulb	20 th day				25 th day			
		SA ¹⁾	SL	SB	SR	SA	SL	SB	SR
Oxalic acid	33.84 ±0.17 ^{2)B3)}	59.53 ±0.44 ^{dB}	56.66 ±0.16 ^{EB}	31.52 ±0.13 ^{FE}	319.38 ±0.90 ^{BA}	76.89 ±0.09 ^{BA}	56.69 ±0.13 ^{EB}	29.71 ±0.03 ^{gD}	299.12 ±0.40 ^{BA}
Tartaric acid	28.76 ±0.37 ^C	41.45 ±0.59 ^{bE}	24.35 ±0.10 ^{BD}	40.30 ±0.23 ^{CD}	49.10 ±1.16 ^{AD}	40.56 ±0.26 ^{CD}	20.35 ±0.02 ^{IC}	35.62 ±0.20 ^{DC}	49.41 ±0.09 ^{AD}
Malic acid	16.64 ±0.28 ^E	38.60 ±0.66 ^{EF}	224.94 ±4.00 ^{BA}	26.35 ±0.15 ^{FF}	56.80 ±0.67 ^{DC}	15.58 ±0.27 ^{EF}	151.65 ±2.92 ^{BA}	29.44 ±0.54 ^{FD}	65.90 ±0.72 ^{CC}
Lactic acid	5.24 ±0.11 ^F	64.75 ±0.02 ^{abA}	17.56 ±0.32 ^{CE}	57.00 ±1.08 ^{bA}	67.70 ±0.17 ^{abB}	65.45 ±3.07 ^{abB}	5.67 ±0.12 ^{CE}	74.05 ±2.33 ^{aA}	67.70 ±0.54 ^{bB}
Acetic acid	25.89 ±0.13 ^D	42.89 ±0.52 ^{bD}	31.03 ±0.64 ^{cdC}	49.27 ±0.09 ^{bcB}	12.65 ±0.01 ^{EF}	47.92 ±2.46 ^{abC}	14.36 ±0.11 ^{ED}	56.35 ±1.81 ^{AB}	27.54 ±0.57 ^{DE}
Citric acid	35.81 ±0.72 ^A	51.45 ±1.41 ^{aC}	15.51 ±0.09 ^{BE}	47.54 ±1.12 ^{bC}	22.97 ±0.27 ^{DE}	27.31 ±2.51 ^{CE}	14.48 ±0.10 ^{ED}	21.99 ±0.19 ^{DE}	23.93 ±0.22 ^{DF}
Total	146.18	319.67	370.05	251.98	528.6	298.71	263.2	247.16	533.6

¹⁾SA, garlic sprouted all; SL, garlic sprouted leaf; SB, garlic sprouted bulb; SR, garlic sprouted root.

²⁾All values are mean±SD (n=3).

³⁾Means with different superscript letters in the same row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test (a)b>c>d>e>f>g). Means with different superscript letters in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test (A)B>C>D>E>F).

oxalic acid와 citric acid가 대조구 대비 큰 함량 증가를 보고하여 마늘의 주요 유기산이 oxalic acid와 citric acid로 사료되며, 이는 본 연구결과와 일치하였다. 새싹마늘의 경우 SL 시료구와 SB 시료구가 생육기간이 길어짐에 따라 감소하였으며, SR 시료구의 경우 다소 증가하는 경향을 나타내었다. Mandim 등(2022)에 따르면 아티초크(*Cynara cardunculus* L. var. *altilis*) 잎자루가 성숙함에 따라 유기산 농도가 감소하였으며, 이는 SR 시료구를 제외한 모든 시료구와 일치하였다. 유기산의 광합성 생성물의 산화와 관련이 있는 것으로 알려져 있어(Igamberdiev와 Eprintsev, 2016) SL > SB > SR 시료구 순으로 유기산 함량 변화가 나타난 것으로 사료된다.

3.3. 무기성분 및 유리아미노산 함량

생육기간에 따른 부위별 새싹마늘의 무기성분 함량 분석 결과는 Table 4와 같다. 주요 무기성분은 모든 시료구에서 potassium(K), phosphorous(P) 및 sulfur(S)가 각각 931.39–3,015.08 mg/100 g, 355.31–491.59 mg/100 g 및 201.81–836.35 mg/100 g으로 나타났으며, 일반 마늘의 경우 K, P 및 S 함량은 각각 1,007.69 mg/100 g, 355.31 mg/100 g 및 208.30 mg/100 g으로 나타났다.

농촌진흥청(RDA, 2021) 국가표준식품성분표에 따르면 동결건조 마늘의 K과 P의 함량은 각각 1,852 mg/100 g과 174 mg/100 g으로, 본 연구결과와 같이 주요 무기질은 K와 P로 확인되었으나, 함량은 차이를 보였다. 무기성분의 함량차이는 재배환경(Shin 등, 2011b)과 수확시기(Chang 등, 1999) 등에 따른 영향으로 판단된다. 새싹마늘의 생육기간이 길어짐에 따라 무기성분 함량이 증가하는 경향을 나타내었으며, 식물의 미량 원소 흡수와 축적 그리고 이동 과정(Melkikh 등, 2022a)에 의해 지하부로 알려진 구근(SB)과 뿌리(SR) 시료구의 증가폭이 큰 것으로 판단된다.

생육기간에 따른 부위별 새싹마늘의 유리 아미노산 함량 분석 결과는 Table 5와 같다. 일반 마늘의 주요 아미노산은 arginine(1,319.62 mg/100 g)으로 총아미노산의 47.58%를 차지하는 것으로 나타났다. Kwon 등(2014)에 따르면 국내의 마늘 12종의 아미노산 조성 분석을 통해 주요 아미노산은 arginine으로 총아미노산의 41.1–43.7%를 차지하는 것으로 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다. 생육기간에 따른 새싹마늘의 부위별 주요 아미노산은 생육기간 20일의 경우 SL과 SR 시료구는 glutamic acid로 각각 528.38 mg/100 g과 1,281.00 mg/100 g이었으며, SB 시료구는 arginine(917.95 mg/100 g)으로 나타났으며, 25일의 경

Table 4. Mineral contents in garlic sprouts according to parts and growth period (mg/100 g)

Components	General garlic bulb	20 th day				25 th day			
		SA ¹⁾	SL	SB	SR	SA	SL	SB	SR
Ca	7.29 ±1.27 ^{2)E3)}	101.33 ±13.47 ^{9E}	277.84 ±6.03 ^{8D}	89.19 ±0.92 ^{HD}	192.20 ±2.55 ^{8E}	168.12 ±2.10 ^{8D}	415.33 ±12.24 ^{8C}	118.61 ±2.47 ^{8D}	224.71 ±2.41 ^{8E}
Mg	65.07 ±3.06 ^D	70.14 ±7.95 ^{8EF}	133.66 ±2.97 ^{8E}	66.36 ±0.56 ^{8E}	90.13 ±1.01 ^{8F}	74.46 ±0.67 ^{8DF}	128.96 ±3.74 ^{8E}	77.94 ±1.20 ^{8E}	77.07 ±1.02 ^{8F}
Fe	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
Na	42.86 ±0.60 ^D	223.39 ±0.98 ^{8D}	89.13 ±0.92 ^{8F}	87.31 ±0.93 ^{8F}	702.28 ±5.13 ^{8A}	156.08 ±0.00 ^{8E}	119.61 ±0.84 ^{8F}	72.62 ±0.49 ^{8F}	575.76 ±12.14 ^{8C}
K	1,007.69 ±30.41 ^A	1,005.50 ±7.56 ^{8A}	2,096.19 ±29.76 ^{8A}	931.39 ±13.07 ^{8A}	2,881.22 ±30.49 ^{8A}	1,420.85 ±4.90 ^{8A}	1,997.71 ±15.07 ^{8A}	1,035.89 ±6.54 ^{8A}	3,015.08 ±35.73 ^{8A}
Mn	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
Zn	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
Cu	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
P	355.31 ±9.98 ^B	360.82 ±1.82 ^{8B}	441.84 ±22.50 ^{8B}	361.74 ±3.87 ^{8B}	468.76 ±0.79 ^{8D}	388.08 ±4.49 ^{8B}	484.59 ±4.26 ^{8B}	449.13 ±8.02 ^{8B}	491.59 ±7.93 ^{8D}
S	208.30 ±12.08 ^C	248.92 ±12.41 ^{8C}	337.12 ±14.92 ^{8C}	201.81 ±4.49 ^{8C}	783.10 ±3.89 ^{8B}	332.42 ±6.64 ^{8C}	391.23 ±5.24 ^{8D}	282.38 ±2.02 ^{8C}	836.35 ±12.31 ^{8B}

¹⁾SA, garlic sprouted all; SL, garlic sprouted leaf; SB, garlic sprouted bulb; SR, garlic sprouted root.

²⁾All values are mean±SD (n=3).

³⁾Means with different superscript letters in the same row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test (a)b)c)d)e)f)g)h). Means with different superscript letters in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test (A)B)C)D)E).

우 모든 부위별 시료구에서 glutamic acid(614.41-952.52 mg/100 g)로 나타났다. 새싹마늘의 생육기간이 길어짐에 따라 SL 시료구를 제외한 다른 시료구들의 arginine은 감소하였으며, glutamic acid는 SR 시료구를 제외한 모든 시료구들은 증가하는 경향을 보였다. 이는 식물의 아미노산 분해와 합성 그리고 이동에 의한 변화로 알려져 있다(Liao 등, 2022; Melkikh 등, 2022b). 새싹마늘은 일반 마늘보다 필수 아미노산의 비율과 함량이 증가하는 것으로 나타나 영양학적으로 가치 있는 식품 소재로 판단된다.

3.4. Alliin 및 Total thiosulfinate 함량

마늘의 주요 품질 특성은 독특한 향미로서 이를 담당하는 주요 화합물은 대부분 황함유 비휘발성 아미노산(thiosulfinate)이며, 그중 alliin이 주요 풍미 전구체로 알려져 있다(Block 등, 1993; Hughes 등, 2005). 풍미 전구체는 독특한 향미와 더불어 항산화, 항염증 및 항균 등 마늘의 기능성분으로 알려져 있다(Borlinghaus 등, 2014; Cheng 등, 2020; Lee 등, 2016; Sim 등, 2016).

생육기간에 따른 부위별 새싹마늘의 alliin과 total thiosulfinate 함량은 Table 6과 같다. Alliin 분석결과, 일반 마늘은 2.66 mg g⁻¹으로 나타났으며, 기존 문헌(Kim 등, 2015; Lee 등, 2008a; Oh 등, 2012)에 따르면 지역별 마늘의 alliin 함량을 5.48-10.92 mg g⁻¹으로 보고하여 본 연구결과와 함량 차이를 나타내었다. 새싹마늘의 부위별 alliin 분석결과 SR 시료구를 제외한 모든 시료구에서 3.51-12.45 mg g⁻¹으로 나타났으며, SL 시료구가 11.11-12.45 mg g⁻¹으로 가장 높은 함량을 나타내었다. 일반 마늘 대비 마늘의 발아를 통해 alliin 함량이 증가하였으며, 생육기간이 길어짐에 따라 함량은 감소되는 것으로 나타났다.

Total thiosulfinate 분석결과 일반 마늘은 89.24 mmol g⁻¹ 그리고 새싹마늘은 71.16-82.36 mmol g⁻¹으로 나타났다. Shin 등(2011c)은 국내 주요 산지별 마늘의 thiosulfinate 함량을 96.28-150.81 mmol g⁻¹으로 Jeong 등(2012)은 품종별 마늘의 thiosulfinate 함량을 93.23-152.25 mmol g⁻¹으로 보고하여 본 연구결과와 함량 차이를 나타내었다. 생육기간에 따른 부위별 변화는 유의적인

Table 5. Free amino acid contents in garlic sprouts according to parts and growth period (mg/100 g)

Components	General garlic bulb	20 th day				25 th day			
		SA ¹⁾	SL	SB	SR	SA	SL	SB	SR
Aspartic acid	49.48 ±27.18 ^{4)D5)}	168.10 ±19.44 ^{cdFGH}	183.51 ±8.39 ^{cdDE}	87.64 ±0.45 ^{efEFG}	287.15 ±6.12 ^{ae}	152.54 ±14.09 ^{dFG}	184.08 ±5.33 ^{cdEF}	218.78 ±0.12 ^{be}	221.40 ±7.81 ^{bDE}
Glutamic acid	147.75 ±38.95 ^D	466.75 ±2.26 ^{dd}	528.38 ±82.75 ^{dc}	264.49 ±5.75 ^{ec}	1,281.00 ±12.5 ^{abB}	541.11 ±36.98 ^{cdD}	614.41 ±52.13 ^{cc}	929.44 ±22.10 ^{bc}	952.52 ±61.27 ^{bB}
Serine	107.58 ±20.45 ^D	186.38 ±22.51 ^{bFG}	271.94 ±10.12 ^{dD}	107.22 ±0.15 ^{dEFG}	188.48 ±13.44 ^{bEF}	208.53 ±19.21 ^{bEFG}	279.42 ±30.99 ^{aD}	193.19 ±19.47 ^{bE}	154.93 ±3.48 ^{ceEF}
Histidine	116.56 ±17.52 ^D	200.25 ±26.77 ^{aFG}	125.47 ±2.65 ^{cdEFG}	147.49 ±15.49 ^{bcDEF}	129.20 ±12.89 ^{cdFGH}	152.07 ±13.69 ^{bcFG}	157.91 ±15.49 ^{bEF}	125.97 ±12.71 ^{cdFG}	109.38 ±0.47 ^{dFGH}
Glycine	75.14 ±8.91 ^D	67.55 ±9.51 ^{dGH}	119.06 ±2.94 ^{bEFG}	40.55 ±0.28 ^{eg}	132.60 ±9.09 ^{aFGH}	67.70 ±7.77 ^{dFG}	122.71 ±8.91 ^{abF}	102.31 ±8.33 ^{cg}	106.48 ±1.50 ^{ceFGHI}
Threonine	69.62 ±17.08 ^D	121.79 ±33.70 ^{aGH}	121.05 ±3.36 ^{aEFG}	58.01 ±3.03 ^{cfG}	114.23 ±8.85 ^{abFGH}	101.25 ±10.33 ^{bcFG}	152.52 ±18.96 ^{ef}	148.29 ±9.76 ^{af}	139.19 ±1.84 ^{afG}
Arginine	1,319.62 ±139.86 ^B	954.69 ±144.25 ^{ac}	259.80 ±19.14 ^{cd}	917.95 ±104.12 ^{ab}	486.15 ±41.84 ^{bd}	882.32 ±78.82 ^{ac}	341.31 ±35.27 ^{cdD}	401.59 ±13.37 ^{bcd}	396.34 ±11.03 ^{bcc}
Alanine	131.05 ±20.51 ^D	185.96 ±22.04 ^{bFG}	220.75 ±9.16 ^{ade}	117.02 ±1.19 ^{deEFG}	124.68 ±9.71 ^{deFGH}	161.28 ±15.38 ^{cfG}	191.72 ±21.62 ^{bEF}	129.92 ±12.79 ^{dFG}	102.16 ±2.93 ^{efGHI}
Tyrosine	82.25 ±12.35 ^D	88.82 ±9.95 ^{aGH}	61.91 ±1.10 ^{abcFG}	81.13 ±12.35 ^{abEFG}	62.88 ±6.73 ^{abcGH}	59.97 ±6.39 ^{bcFG}	47.66 ±37.45 ^{cg}	10.44 ±2.80 ^{dH}	50.98 ±1.16 ^{ceHIJ}
Valine	147.26 ±28.20 ^D	277.33 ±53.01 ^{aEF}	240.89 ±14.48 ^{abd}	173.76 ±12.75 ^{cdCDE}	164.18 ±14.03 ^{cdFG}	240.94 ±19.19 ^{bEF}	206.10 ±38.32 ^{bce}	203.33 ±10.64 ^{bce}	132.18 ±13.77 ^{dFG}
Methionine	31.52 ±12.89 ^D	74.53 ±35.71 ^{aGH}	30.38 ±2.28 ^{bcG}	29.01 ±1.28 ^{bcG}	28.77 ±0.27 ^{bcH}	50.00 ±6.54 ^{bFG}	23.59 ±9.68 ^{cg}	31.37 ±8.63 ^{bcH}	19.45 ±1.37 ^{clJ}
Phenylalanine	137.67 ±28.59 ^D	174.95 ±22.15 ^{aFGH}	157.59 ±7.43 ^{abDEF}	99.44 ±5.58 ^{efEFG}	147.62 ±11.01 ^{bcFG}	157.78 ±16.79 ^{abFG}	181.80 ±13.08 ^{aEF}	131.53 ±5.17 ^{cdFG}	117.60 ±4.73 ^{deFGH}
Isoleucine	43.84 ±15.44 ^D	140.50 ±87.20 ^{aGH}	72.39 ±3.39 ^{abFG}	52.32 ±3.16 ^{bFG}	88.30 ±12.75 ^{abFGH}	77.85 ±8.59 ^{abFG}	120.58 ±54.69 ^{abF}	106.91 ±34.96 ^{abG}	65.42 ±1.94 ^{abGHIJ}
Leucine	51.62 ±17.16 ^D	164.48 ±41.68 ^{aFGH}	120.45 ±9.07 ^{bcEFG}	77.97 ±5.04 ^{dEFG}	140.91 ±12.36 ^{abcFGH}	126.89 ±17.56 ^{abcFG}	154.88 ±31.16 ^{abEF}	138.40 ±15.71 ^{abcFG}	108.18 ±7.62 ^{cdFGH}
Lysine	262.42 ±63.90 ^D	333.47 ±25.78 ^{ae}	243.96 ±33.23 ^{bcd}	234.30 ±19.12 ^{bcCD}	187.04 ±43.96 ^{ceEF}	334.33 ±37.04 ^{ae}	302.50 ±13.11 ^{ad}	213.90 ±40.12 ^{ce}	279.31 ±24.70 ^{abd}
TAA ²⁾	2,773.38 ±468.99 ^A	3,605.56 ±29.82 ^{aA}	2,757.53 ±209.48 ^{bcA}	2,488.30 ±188 ^{cA}	3,563.2 ±215.02 ^{aA}	3,314.54 ±308.38 ^{bA}	3,081.18 ±26.80 ^{ba}	3,085.35 ±41.36 ^{ba}	2,955.51 ±145.62 ^{ba}
EAA ³⁾	860.51 ±200.78 ^C	1,487.31 ±220.90 ^{aB}	1,112.18 ±75.88 ^{bcB}	872.29 ±65.48 ^{cB}	1,000.25 ±115.58 ^{cdC}	1,241.10 ±129.74 ^{bb}	1,299.87 ±137.28 ^{abB}	1,099.68 ±32.04 ^{bcB}	970.70 ±56.44 ^{cB}
EAA/TAA (%)	30.86 ±2.02 ^D	41.23 ±5.79 ^{aH}	40.34 ±0.31 ^{abG}	35.06 ±0.02 ^{bcG}	28.02 ±1.55 ^{dH}	37.42 ±0.43 ^{abcG}	42.17 ±4.09 ^{aG}	35.65 ±1.52 ^{bcH}	32.84 ±0.29 ^{bcIJ}

¹⁾SA, garlic sprouted all; SL, garlic sprouted leaf; SB, garlic sprouted bulb; SR, garlic sprouted root.

²⁾TAA, total amino acid.

³⁾EAA, essential amino acid.

⁴⁾All values are mean±SD (n=3).

⁵⁾Means with different superscript letters in the same row are significantly different at p(0.05 by Duncan's multiple range test (a)b)c)d)e).

Means with different superscript letters in the same column are significantly different at p(0.05 by Duncan's multiple range test (A)B)C)D)E)F)G)H)I)J).

차이를 보이지 않았다.

본 연구결과 마늘의 발아를 통해 기능성물질인 alliin 함

량이 증가하는 것으로 나타났으며, 생육기간은 20일 차, 부

위는 어린잎 부위가 가장 높은 것으로 나타났다. 마늘의 기

Table 6. Alliin and total thiosulfinate contents in garlic sprouts according to parts and growth period

Components	General garlic bulb	20 th day				25 th day			
		SA ¹⁾	SL	SB	SR	SA	SL	SB	SR
Alliin (mg/g)	2.66±0.04	4.12±0.12 ^{2)c3)}	12.45±0.28 ^a	3.54±0.20 ^d	-	3.93±0.09 ^c	11.11±0.16 ^{b*}	3.51±0.03 ^d	-
Total thiosulfinate (mmol/g)	89.24±0.96	82.36±1.96 ^a	73.32±1.91 ^b	82.11±3.26 ^a	78.29±5.97 ^a	71.28±1.45 ^{b**}	71.16±1.17 ^b	65.30±1.01 ^{c*}	80.58±1.159 ^a

¹⁾SA, garlic sprouted all; SL, garlic sprouted leaf; SB, garlic sprouted bulb; SR, garlic sprouted root.

²⁾All values are mean±SD (n=3).

³⁾Means with different superscript letters in the same row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test (a)b)c)d). Significant difference before and after fermentation of same part by t-test. *p<0.05, **p<0.01.

능성 성분으로 알려진 황함유 물질은 재배조건에 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Kim과 Ahn, 1983). 그러므로 수경 재배로 생산한 새싹마늘의 경우 양액조성 비율 조절을 통해 기능성 증진을 도모할 수 있을 것으로 판단된다.

3.5. 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

생육기간에 따른 부위별 새싹마늘의 총폴리페놀과 플라보노이드 분석 결과는 Table 7과 같다. 총폴리페놀 함량은 일반 마늘의 경우 484.45 mg GAE/100 g으로 Hyun 등 (2008)의 제주 대정 및 전국 주요 산지별 마늘의 총폴리페놀 함량(1.90-3.77 mg GAE g⁻¹)과 유사하였다. 새싹마늘의 총폴리페놀 함량은 514.88-690.22 mg GAE/100 g으로 나타났으며, 일반 마늘 대비 발아에 의해 SA 시료구 기준 16.96-22.28% 증가하였다.

총플라보노이드 함량은 일반 마늘의 경우 183.56 mg QE/100 g이었으며, 새싹마늘의 경우 89.73-190.77 mg QE/100 g으로 발아에 의한 함량 증가는 나타나지 않았다. 새싹마늘 부위별로는 20일과 25일 시료 모두 SB 시료구가 가장 높은 함량을 나타내어, 각각 190.77 mg QE/100 g과

161.14 mg QE/100 g을 나타내었다. Lee 등(2008b)에 따르면 마늘의 폴리페놀은 106.3-146.5 mg QE/100 g, 플라보노이드는 49.5-123.5 mg QE/100 g으로 재배 토양의 특성에 따른 차이로 보고하였다. 이에 기존 연구 결과보다 본 연구 결과의 함량이 높은 것은 재배환경과 더불어 수확 후 저장에 따른 영향으로 사료된다(Martins 등, 2016; Naheed 등, 2017).

생육기간에 따른 새싹마늘의 부위별 총폴리페놀과 플라보노이드 분석 결과 총폴리페놀 함량은 생육기간에 따라 함량이 증가하였으나, 플라보노이드의 경우 증감의 차이는 미미하였다. Cho 등(2012)에 따르면 콩류의 발아를 통해 총페놀은 15.3-51.5% 증가하였음을 보고하였으며, Lee 등 (2009)에 따르면 우엉 새싹채소의 폴리페놀 함량은 증가하였으나, 플라보노이드 함량의 증감은 미비한 것으로 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다.

3.6. 항산화 활성

생육기간에 따른 부위별 새싹마늘의 항산화 활성 결과는 Table 8과 같다. DPPH 자유 라디칼 소거 활성은 일반 마늘

Table 7. Total polyphenol and total flavonoid contents of garlic sprouts according to parts and growth period

Components	General garlic bulb	20 th day				25 th day			
		SA ¹⁾	SL	SB	SR	SA	SL	SB	SR
Total polyphenol (mg GAE/100 g)	484.45 ±35.96	566.63 ±19.64 ^{2)bc3)}	525.32 ±4.91 ^d	538.75 ±7.98 ^{cd}	690.22 ±15.64 ^a	592.39 ±1.26 ^b	535.31 ±15.30 ^d	529.65 ±18.25 ^d	514.88 ±30.51 ^{d*}
Total flavonoid (mg QE/100 g)	183.56 ±18.49	144.80 ±18.46 ^{bc}	167.98 ±16.96 ^{ab}	190.77 ±18.15 ^a	89.73 ±6.35 ^e	159.62 ±13.22 ^{b*}	109.84 ±17.29 ^{de}	161.14 ±13.11 ^{b*}	131.12 ±5.85 ^{cd***}

¹⁾SA, garlic sprouted all; SL, garlic sprouted leaf; SB, garlic sprouted bulb; SR, garlic sprouted root.

²⁾All values are mean±SD (n=3).

³⁾Means with different superscript letters in the same row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test (a)b)c)d)e). Significant difference before and after fermentation of same part by t-test. *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001.

Table 8. Antioxidant activity of garlic sprouts according to parts and growth period (%)

Components	General garlic bulb	20 th day				25 th day			
		SA ¹⁾	SL	SB	SR	SA	SL	SB	SR
DPPH free radical scavenging activity	30.16 ±1.89	62.21 ±0.45 ^{2)bc3)}	37.45 ±0.54 ^f	59.13 ±1.12 ^d	61.18 ±0.68 ^{bc}	65.47 ±0.83 ^{a*}	40.45 ±0.54 ^{e*}	61.27 ±1.57 ^{bc}	59.81 ±1.95 ^{cd}
ABTS radical scavenging activity	82.31 ±0.72	88.32 ±0.97 ^a	64.68 ±1.66 ^c	89.81 ±0.50 ^a	88.65 ±0.25 ^a	84.96 ±0.76 ^{b**}	59.12 ±2.05 ^d	85.90 ±0.53 ^b	85.12 ±0.60 ^b
SOD-like activity	95.26 ±1.81	93.85 ±2.46 ^{abc}	95.87 ±2.64 ^{ab}	91.33 ±3.67 ^{bc}	98.59 ±2.10 ^a	89.52 ±2.10 ^{c**}	95.01 ±1.87 ^{ab}	92.74 ±2.52 ^{bc}	95.06 ±4.03 ^{ab}

¹⁾SA, garlic sprouted all; SL, garlic sprouted leaf; SB, garlic sprouted bulb; SR, garlic sprouted root.

²⁾All values are mean±SD (n=3).

³⁾Means with different superscript letters in the same row are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test (a)b)c)d)e)f). Significant difference before and after fermentation of same part by t-test. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

(30.16%) 대비 새싹마늘이 37.45-65.47%로, 발아와 생육 기간이 길어짐에 따라 DPPH 자유 라디칼 소거 활성이 증가하였다. 새싹마늘 부위별로는 25일 차 SR과 SB 시료구가 각각 59.81%와 61.27%로 높게 나타났다. ABTS 라디칼 소거 활성은 일반 마늘(82.31%) 대비 새싹마늘이 59.12-89.81%로 발아에 의해 ABTS 라디칼 소거 활성은 증가하였으나, 생육기간이 길어짐에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 새싹마늘 부위별로는 20일 차 SR과 SB 시료구가 각각 88.65%와 89.81%로 높게 나타났다. SOD 유사 활성은 일반 마늘(95.26%) 대비 새싹마늘이 89.52-98.59%로 발아에 의해 발아 및 생육기간이 길어짐에 따른 SOD 유사 활성의 변화는 나타나지 않았다. 새싹마늘 부위별로는 20일 차 SL과 SR 시료구가 각각 95.87%와 98.59%로 높게 나타났다. 본 연구결과 항목에 따른 차이를 보였으나 마늘의 발아는 항산화 활성을 증가시키는 것으로 나타났으며, 양파(Majid 등, 2021)와 녹두, 무 및 브로콜리 등(Pajak, 등 2014)의 발아를 통해 항산화 활성이 증가한다는 보고와 유사하였다. 항산화활성 평가 결과 새싹마늘의 생육기간은 20일이 적합한 것으로 판단되며, 부위는 지하부로 알려진 구근(SB)과 뿌리(SR)가 높은 항산화 활성을 나타내었다. 발아에 의한 항산화 활성의 증감 요인 중 하나로 재배환경에 의한 영향이 보고(Kim 등, 2014)되어 있어, 양액으로 재배하는 새싹마늘의 경우 재배환경 조절을 통해 항산화활성을 증진시킬 수 있을것으로 판단된다.

새싹마늘의 생육기간과 부위별 항산화 활성은 각 평가 항목에 따라 차이를 보였으며, 이는 추출용매(Han 등, 2013; Koh

등, 2019; Woo 등, 2015)와 항목별 작용기작에 의한 영향(Ighodaro 등, 2018; Schaich 등, 2015) 등으로 사료되어 추출용매에 따른 평가가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

4. 요약

본 연구에서는 스마트팜에서 생산된 새싹마늘의 부위별과 생육기간별의 품질을 비교하였다. 일반성분 함량은 수분과 조회분의 경우 생육기간에 따른 변화를 나타내지 않았으나, 조단백질과 조지방은 생육기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 모든 시료구에서 주요 유리당은 fructose로 나타났으며, 주요 유기산은 oxalic acid와 citric acid로 나타났다. 새싹마늘의 총유리당과 유기산은 생육기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 무기성분은 모든 시료구에서 K와 P가 가장 높은 함량을 나타냈으며, 새싹마늘의 생육기간이 길어짐에 따라 함량이 증가하는 경향을 나타내었다. 새싹마늘의 유리아미노산은 생육기간이 길어짐에 따라 새싹마늘의 어린잎(SL)을 제외한 다른 시료구들의 arginine은 감소하였으며, glutamic acid는 새싹마늘의 뿌리(SR) 시료구를 제외한 모든 시료구에서 증가하는 경향을 보였다. Alliin은 생육기간이 길어짐에 따라 함량이 감소하는 것으로 나타났고, total thiosulfinate는 일반 마늘 89.24 mmol g⁻¹, 새싹마늘 71.16-82.36 mmol g⁻¹으로 나타났다. 총폴리페놀과 플라보노이드 분석 결과 총폴리페놀 함량은 생육기간에 길어짐에 따라 함량이 증가하였으나 플라보노이드는 큰 변화가 나타나지 않았다. 새싹마늘의

DPPH와 ABTS 자유 라디칼 소거 활성 및 SOD 유사 활성은 각각 37.45-65.47%, 59.12-89.81% 및 89.52-98.59%로 일반 마늘 대비 발아에 의해 증가하였으나, 생육기간이 길어짐에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 본 연구결과 새싹마늘은 일반 마늘 대비 발아에 의해 기능성 성분과 생리활성이 향상되었으며, 최적 생육기간은 20일로 나타났다. 이는 기능성 및 식품 가공 소재 연구의 기초자료로 활용될 것으로 판단된다.

Acknowledgements

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 지역지능화혁신인재양성(Grand ICT연구센터) 사업(IITP-2023-2020-0-01489) 연구결과의 일부로 이에 감사드립니다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Huh CK. Methodology: Huh CK. Formal analysis: Choi YR, Kim SH, Lee CM, Lee DH, Lee CY, Jo HW, Jeong JH, Oh I, Ha HK, Kim J. Validation: Kim SH, Huh CK. Writing - original draft: Choi YR, Kim SH. Writing - review & editing: Choi YR, Kim SH, Huh CK.

Ethics approval

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

ORCID

Yu-Ri Choi (First author)

<https://orcid.org/0000-0001-6268-5568>

Su-Hwan Kim (First author)

<https://orcid.org/0000-0002-5163-9061>

Chae-Mi Lee

<https://orcid.org/0000-0001-5203-2993>

Dong-Hun Lee

<https://orcid.org/0000-0003-0127-9691>

Chae-Yun Lee

<https://orcid.org/0000-0002-2609-6106>

Hyeong-Woo Jo

<https://orcid.org/0009-0004-8780-5879>

Jae-Hee Jeong

<https://orcid.org/0000-0001-5898-8689>

Imkyung Oh

<https://orcid.org/0000-0001-5200-7616>

Ho-Kyung Ha

<https://orcid.org/0000-0002-0773-6585>

Jungsil Kim

<https://orcid.org/0000-0001-5028-7554>

Chang-Ki Huh (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0003-4456-8477>

References

- AOAC. Official Methods of Analysis. 15th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA, p 5 (1990)
- Block E, Naganathan S, Putman D, Zhao SH. Organosulfur chemistry of garlic and onion: Recent results. *Pure Appl Chem*, 65, 625-632 (1993)
- Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 191, 1199-1200 (1958)
- Borlinghaus J, Albrecht F, Gruhlke MCH, Inwachukwu ID, Slusarenko AJ. Allicin: Chemistry and biological properties. *Molecules*, 19, 12591-12618 (2014)
- Chang KM, Lee MS. A study on mineral contents of the underground vegetables produced in Korea harvested in different times. *Korean J Soc Food Sci*, 15, 545-549 (1999)
- Cheng H, Huang G, Huang H. The antioxidant activities of garlic polysaccharide and its derivatives. *Int J Biol Macromol*, 145, 819-826 (2020)
- Cho CY, Choi HY, Jo SH, Ha KS, Chung JS. Enhancement of the anti-hyperglycemic and

- antioxidant activities of five selected beans by the germination process. *Korean J Food Nutr*, 25, 246-252 (2012)
- Choi MK, Chang MS, Eom SH, Jung US, Kang MH. Investigation of physicochemical properties of safflower sprouts grown different wavelengths of visible light and treated with different drying processes. *Korean J Food Cookery Sci*, 29, 717-724 (2013)
- Choi UJ, Hwang YS, Hong SW, Lee MA. Quality characteristics of kimchi according to garlic content during fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 45, 1638-1648 (2016)
- Chun HS, Jeon SH, Cho YS. Analysis of functional compounds on the seeds of sorghum (*Sorghum bicolor* Moench) and their sprouts. *Korean J Org Agric*, 25, 499-511 (2017)
- Folin O, Denis W. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem*, 12, 239-243 (1912)
- Gancedo MC, Luh BS. HPLC analysis of organic acids and sugar in tomato juice. *J Food Sci*, 51, 571-580 (1986)
- Gonzalez-Ramirez PJ, Pascual-Mathey LI, Garcia-Rodriguez RV, Jimenez M, Beristain CI, Sanchez-Medina A, Pascual-Pineda LA. Effect of relative humidity on the metabolite profiles, antioxidant activity and sensory acceptance of black garlic processing. *Food Biosci*, 48, 101827 (2022)
- Han JH, Moon HK, Chung SK, Kang WW. Comparison of antioxidant activities of radish bud (*Raphanus sativus* L.) according to extraction solvents and sprouting period. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 42, 1767-1775 (2013)
- Hughes J, Tregova A, Tomsett AB, Jones MG, Cosstick R, Collin HA. Synthesis of the flavour precursor, alliin, in garlic tissue cultures. *Phytochemistry*, 66, 187-194 (2005)
- Hyun SH, Kim MB, Lim SB. Physiological activities of garlic extracts from daejeong Jeju and major cultivating areas in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 37, 1542-1547 (2008)
- Igamberdiev AU, Eprintsev AT. Organic acids: The pools of fixed carbon involved in redox regulation and energy balance in higher plants. *Front Plant Sci*, 7, 1-15 (2016)
- Ighodaro OM, Akinloye A. First line defence antioxidants-superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPX): Their fundamental role in the nitric oxide antioxidant defence grid. *Alexandria J Med*, 54, 287-293 (2018)
- Jeong CH, Shim KH, Bae YI, Choi JS. Quality characteristics of wet noodle added with freeze dried garlic powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 37, 1369-1374 (2008)
- Jeong WJ, Kang MJ, Yoon HS, Sung NJ, Shin JH. Physicochemical and antimicrobial activity of garlic cultivar. *J Agric Life Sci*, 46, 91-100 (2012)
- Jun HJ, Hwang JG, Liu SS, Jang MS. Characteristics of inorganic ion absorption of strawberries cultivated in closed hydroponic system with different substrates. *J Bio Env Con*, 20, 33-39 (2011)
- Jun SY, Kim TH, Hwang SH. The consumption status and preference for sprouts and leafy vegetables. *Korean J Food Preserv*, 19, 783-791 (2012)
- Kang HM, Choi IL, Kim IS. Effect of cultural regions or methods on postharvest physiological characteristics and qualities of paprika fruits. *J Bio Env Con*, 17, 325-329 (2008)
- Kang TM, Cho SK, Park JY, Song KB, Chung MS, Park JH. Analysis of microbial contamination of sprouts and fresh-cut salad in a market. *Korean J Food Sci Technol*, 43, 490-494 (2011)
- Kim DS, Lee KB. Physiological characteristics and manufacturing of the processing products of sprout vegetables. *Korean J Food Cook Sci*, 26, 238-245 (2010)
- Kim HH, Yoon JB, Kim DH, Yang CY, Kang TJ. Biological control of *Bradysia difformis* using the predatory mite (*Hypoaspis aculeifer*) in

- hydroponically cultivated strawberry. Korean J Appl Entomol, 55, 489-494 (2016)
- Kim HY, Koo SC, Kang BK, Lee YH, Kim HT, Yun HT, Baek IY, Jeong HS, Choi MS. Growth characteristics of sprouts and changes of antioxidant activities in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with cultivated temperature. Korean J Crop Sci, 59, 201-207 (2014)
- Kim IS, Kwon TB, Oh SK. Study on the chemical change of general composition, fatty acid and minerals of rapeseed during germination. Korean J Food Sci Technol, 20, 188-193 (1988)
- Kim JS. The effect of artificial lights on the growth and quality of hydroponic cultivated barley (*Hordeum vulgare* L.) sprouts. J Plant Biotechnol, 48, 62-70 (2021)
- Kim JS, Ra JH, Hyun HN. Comparison of biochemical composition and antimicrobial activity of southern-type garlic grown in the eastern and western regions of Jeju. Korean J Hort Sci Technol, 33, 763-771 (2015)
- Kim KC, Kim JS. Comparative analysis of hydroponically cultivated barley sprouts yield polyphenol and mineral content by nutrient solution treatment. J Plant Biotechnol, 48, 193-200 (2021)
- Kim MB, Oh YJ, Lim SB. Physicochemical characteristics of garlic from daejeong Jeju and major cultivation areas in Korea. Korean J Culi Res, 15, 59-66 (2009)
- Kim MR, Ahn SY. Garlic flavor. Korean J Food Nutr, 12, 176-187 (1983)
- Kim YD, Seo JS, Kim KJ, Kim KM, Hur CK, Cho IK. Component analysis by different heat treatments of garlic (*Allium saivum* L.). Korean J Food Preserv, 12, 161-165 (2005)
- Ko JH, Kim HC. PLC automatic control for IOT based hydroponic plant factory. J Inst Korean Electr Electron Eng, 23, 487-494 (2019)
- Koh JH, Kim H, Hwang JH, Yu KW. Anti-oxidative immunomodulating activities of solvent extracts from broccoli (*Brassica oleracea*) sprouts. Korean J Food Nutr, 32, 001-010 (2019)
- Kwon OC, Woo KS, Kim DJ, Hong JT, Jeong HS. Physicochemical characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) on the high temperature and pressure treatment. Korean J Food Sci Technol, 38, 331-336 (2006)
- Kwon ST, Chun IJ, Marklez C. Composition of amino acids in domestic and foreign garlic cultivars. Korean J Plant Res, 27, 35-42 (2014)
- Lee HG, Jo Y, Kwon JH. Cold pasteurization of frozen crushed garlics using electron beam irradiation and the stability of bioactive components. Korean J Food Sci Technol, 48, 9-14 (2016)
- Lee JJ, Lee HJ. Physicochemical composition of baked garlic. Korean J Food Preserv, 18, 575-583 (2011)
- Lee KW, Jeon JO, Lee KJ, Kim YH, Lee CJ, Jang MJ. Analysis of growth environment of flammulina *velutipes* using the smart farm cultivation technology. J Mushrooms, 17, 197-204 (2019)
- Lee MY, Shin SL, Park SH, Kim NR, Chang YD, Lee CH. Development of optimal cultivation conditions and analysis of antioxidant activities of *Arctium lappa* sprout vegetables. Korean J Plant Res, 22, 304-311 (2009)
- Lee YK, Sin HM, Woo KS, Hwang IG, Kang TS, Jeong HS. Relationship between functional quality of garlic and soil composition. Korean J Food Sci Technol, 40, 31-35 (2008)
- Liao HS, Chung YH, Hsieh MH. Glutamate: A multifunctional amino acid in plants. Plant Science, 318, 111238 (2022)
- Lim HJ. Comparative study of the antioxidant activity effects of gami-sumiwon extract using water and 80% ethanol. Ksast, 38, 1302-1313 (2021)
- Majid I, Dar BN, Nanda V, Alwahibi MS, Alkahtani J, Elshikh MS, Usmani S, Ansari MJ. Rheological behavior and storage studies of sprouted onion pastes from four onion varieties. J King Saud Univ Sci, 33, 101271 (2021)
- Mandim F, Petropoulos SA, Pinela J, Dias MI,

- Ciannoulis KD, Kostic M, Sokovic M, Queijo B, Santos-Buelga C, Ferreira ICFR, Barros L. Chemical composition and biological activity of cardon (*Cynara cardunculus* L. var. *altilis*) seeds harvested at different maturity stages. *Food Chem*, 369, 130875 (2022)
- Martins N, Petropoulos S, Ferreira ICFR. Chemical composition and bioactive compounds of garlic (*Allium sativum* L.) as affected by pre- and post-harvest conditions: A review. *Food Chem*, 211, 41-50 (2016)
- Melkikh AV, Sutormina MI. From leaves to roots: Biophysical models of transport of substances in plants. *Prog Biophys Mol Bio*, 169-170, 53-83 (2022)
- MFDS. Food Code (No. 2022-76, 2022. 10. 25.). Ministry of Food and Drug Safety, p 348 (2022a)
- MFDS. Food Code (No. 2022-76, 2022. 10. 25.). Ministry of Food and Drug Safety, p 392-406 (2022b)
- Naheed Z, Cheng Z, Wu C, Wen Y, Ding H. Total polyphenols, total flavonoids, allicin and antioxidant capacities in garlic scape cultivars during controlled atmosphere storage. *Postharvest Biol Technol*, 131, 39-45 (2017)
- Oh HL, Kim NY, Sohn CW, Ryu BR, Yoon JH, Kim MR. Analyses of pungency-related factors of field and rice paddy garlic. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 655-660 (2012)
- Oh SK, Lee JH, Won YJ, Lee DH, Kim CK. Changes of physicochemical properties according to the shoot length in germinated brown Rice. *Korean J Crop Sci*, 3, 223-229 (2014)
- Oh TY, Kyung KH. Isolation and purification of garlic specific organic compounds. *Korean J Food Sci Technol*, 43, 553-557 (2011)
- Pajak P, Socha R, Galkowska D, Roznowski J, Fortuna T. Phenolic profile and antioxidant activity in selected seeds and sprouts. *Food Chem*, 143, 300-306 (2014)
- Park GH, Park JY, Chang YH. Changes in flavonoid aglycone contents and antioxidant activities of citrus peel depending on enzyme treatment times. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 48, 542-550 (2019)
- Park KJ, Lim JH, Kim BK, Jeong JW, Kim JC, Lee MH, Cho YS, Jung HY. Optimization of extraction conditions to obtain functional components from buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.) sprouts, using response surface methodology. *Korean J Food Preserv*, 16, 734-741 (2009)
- Park KJ, Lim JH, Kim JH, Jeong JW, Jo JH, Jeong SW. Reduction of microbial load on radish (*Raphanus sativus* L.) seeds by aqueous chlorine dioxide and hot water treatments. *Korean J Food Preserv*, 14, 487-491 (2007)
- Park SK, Jung SH, Oh MJ, Sim CB, Park DG, You KS. A design and implementation of control and management system for water culture device using solar tracking method. *JKIECS*, 9, 231-242 (2014)
- Park YG, Baek S, Im JS, Kim MJ, Lee JH. Present status of smart greenhouses growing fruit vegetables in Korea: Focusing management of Environmental conditions and pests in greenhouses. *Korean J Appl Entomol*, 59, 55-64 (2020)
- RDA. Korean Food Composition Table 10th Revision. Rural Development Administration, Wanju, Korea (2021)
- 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)
- Schaich KM, Tian X, Xie J. Hurdles and pitfalls in measuring antioxidant efficacy: A critical evaluation of ABTS, DPPH, and ORAC assays. *J Funct Foods*, 14, 111-125 (2015)
- Seong JA, Lee HY, Kim SC, Cho DY, Jung JG, Kim MJ, Lee AR, Jeong JB, Son KH, Cho KM. Changes of nutritional constituents and antioxidant activities by the growth periods of produced ginseng sprouts in plant factory. *J Appl Biol Chem*, 65, 129-142 (2022)

- Sheikh FR, Jose-Santhi J, Kalia D, Singh K, Singh RK. Sugars as the regulators of dormancy and sprouting in geophytes. *Ind Crop Prod*, 189, 115817 (2022)
- Shin JH, Lee SJ, Jung WJ, Kang MJ, Sung NJ. Physicochemical characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) on collected from the different regions. *J Agric Life Sci*, 45, 103-114 (2011)
- Sim HJ, Kang MJ, Shin JH. Changes in the quality characteristics and chemical compounds of garlic shoots for blanching. *Korean J Food Preserv*, 23, 310-318 (2016)
- Sung KC. Pharmaceutical characteristics and analysis of garlic extract. *J Korean Oil Chem Soc*, 24, 301-308 (2007)
- Wilson AM, Work TM, Bushway AA, Bushway RJ. HPLC determination of fructose, glucose, and sucrose in potatoes. *J Food Sci*, 46, 300-301 (1981)
- Woo KS, Song SB, Ko JY, Lee JS, Jung TW, Jeong HS. Changes in antioxidant contents and activities of adzuki beans according to germination time. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 44, 687-694 (2015)
- Yoon GA. Effect of garlic supplement and exercise on plasma lipid and antioxidant enzyme system in rats. *Korean J Nutr*, 39, 3-10 (2006)
- Yun H, Park K, Hong EK, Kim TH, Kim S, Kim W, Yun JC, Hong MK, Ryu KY. Effects of improved heat treatment on microbial reduction and germination in sprout vegetable seeds. *Korean J Food Sci Technol*, 43, 611-617 (2011)
- Zhao R, Qiu Z, Bai X, Xiang L, Qiao Y, Lu X. Digestive properties and prebiotic activity of garlic saccharides with different-molecular-weight obtained by acidolysis. *Curr Res Food Sci*, 5, 2033-2044 (2022)