



Research Article

Nutritional and functional constituents and antioxidant activity in whole onion (*Allium cepa* L.) by growth stage

생육시기별 양파 전초의 영양 및 기능성 성분과 항산화 활성 비교

Sun-Kyung Lee^{1*}, You-Seok Lee¹, Soo-Hyun Ji¹, Pyo-Hyeon Kim¹, Ju-Hyun Kim¹, Seong-Jun Kim², Kyung-Cheol Ma¹, Jin-Woo Lee¹

이선경^{1*} · 이유석¹ · 지수현¹ · 김표현¹ · 김주현¹ · 김성준² · 마경철¹ · 이진우¹

¹Environment-Friendly Agriculture Research Institute, JARES, Najui 58213, Korea

²Horticultural Research Institute, JARES, Najui 58213, Korea

¹전라남도농업기술원 친환경농업연구소, ²전라남도농업기술원 원예연구소



OPEN ACCESS

Citation: Lee SK, Lee YS, Ji SH, Kim PH, Kim JH, Kim SJ, Ma KC, Lee JW. Nutritional and functional constituents and antioxidant activity in whole onion (*Allium cepa* L.) by growth stage. Korean J Food Preserv, 30(5), 833-846 (2023)

Received: September 20, 2023

Revised: October 11, 2023

Accepted: October 12, 2023

***Corresponding author**

Sun-Kyung Lee

Tel: +82-61-330-2513

E-mail: sklee10@korea.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 Onions are essential vegetables for Koreans' diet and have various physiological activities. However, problems arise every year due to the imbalance between production and demand. Therefore, in this study, nutritional and functional components, and antioxidant activity were analyzed for each growth period in order to utilize onions at the disposal period. Whole onions harvested before June showed higher values of general ingredients, inorganic ingredients, organic acids, spiraeoside, quercetin, total chlorophyll, and antioxidant activity than bulbs harvested in June. On the other hand, the free sugar content was higher in the bulb of the harvest season in June than in whole onions. The total thiosulfinate content was similar to that of whole onions and bulbs in the early stages of growth. In addition, as a result of comparing the flavonoid compound and antioxidant activity of each onion variety, whole onions harvested at 25 weeks were higher in content than onion bulbs harvested in June. In conclusion, onions before the harvest season in June had excellent utilization value as food. Harvesting before 21 weeks is desirable for growing onions with excellent nutritional value, while harvesting after 23 weeks is recommended for excellent functional components and antioxidant activity in onions.

Keywords whole onion, overproduction, nutritional constituents, functional constituents, harvesting time

1. 서론

양파(*Allium cepa* L.)는 백합과에 속하는 다년생 식물로 동서양을 막론하고 널리 사용되는 향신채소이다(Jeong 등, 2010). 우리나라는 세계 10대 양파 생산국 중 하나로 연 생산량은 2023년 기준 1.17만 톤, 재배면적은 17,282 ha에 달하는 한국인의 식생활에 필수적인 채소이다(KOSIS, 2023). 역학조사에 의하면 양파와 같은 *Allium*속 식품의 섭취는 심혈관계 질환 억제에 강력한 효능을 지닌 식이인자로 거론되고 있다(Jeong 등, 2010). 이러한 생리활성을

부여하는 성분은 flavonoid계 화합물인 quercetin 및 그 배당체(quercetin-4'-glucoside, quercetin-3,4'-diglucoside, quercetin-3-O-rutinoside(rutin)), isorhamnetin monoglycoside, kaempferol monoglycoside 등이 있으며 이 중 80%가 quercetin, quercetin diglucoside, monoglycoside이며(Leighton 등, 1992), diallyl disulfide, allyl propyl disulfide 등 함황 화합물이 있다(Jeong 등, 2010). 이러한 flavonoid계 화합물과 함황 화합물은 항산화작용, 심혈관계 질환 예방, 항혈전, 혈당 저하(Augusti, 1996), 항염과 항알레르기(Hop 등, 1983), 비알코올성 지방간질환(Ying 등, 2013) 등의 여러 대사 장애에 조절 효능을 갖는 것으로 밝혀졌다.

이러한 양파는 마늘, 고추, 배추, 무와 더불어 우리나라 정부에서 5대 채소로 지정하고 수급안정(계약재배)사업, 수매·비축사업, 최저보장가격 사업 등의 정책 사업을 통해 생산자의 소득 확보와 소비자의 물가 안정을 도모하고 있다(Choi, 2016). 특히 양파와 마늘은 다른 채소류와 달리 1년에 한 번 수확하여 이듬해 수확기까지 저장출하가 이루어지기 때문에 생산량과 수매가격이 양파 수급에 중요한 영향을 미친다. 즉 양파는 국내 자급률이 95%로 수입품의 영향이 낮아 농산물 수요가 낮다고 가정할 때, 양파의 가격은 주로 공급측면에서 발생한다고 볼 수 있다(Yang 등, 2020). 따라서 양파는 작황에 따라 매년 가격의 등락폭이 크고, 과일생산 시 산지에서 갈아엎는 등 재배 농민들의 소득 불안정은 벗어날 수 없는 문제가 되고 있다. 이에 일정한 양파 소비처 마련을 위해 양파 구근을 이용한 발효식품(Kim, 2019), 스낵(Kee와 Park, 2000), 떡(Lim, 2017), 잼(Kyeon, 2015), 올레오레진(Choi와 Bae, 1997) 등 다양한 가공품 개발에 대한 연구가 많아지고 있다. 또한, 품종별, 추출용매별 양파 및 껍질의 기능성 성분 및 항산화 활성 등 기능성 연구에 대한 연구도 많다(Band과 Cho, 1998; Jin 등, 2010; Rhim과 Lim, 2005). 하지만 산지폐기에 대비하여 중만생종을 수확하는 시기(6월) 이전에 양파를 활용하기 위한 연구, 특히 양파 전초(잎과 구근 포함)에 대한 연구는 양파 전초의 주정 추출 시 항산화 활성 및 항염증 효과에 대한 연구(Lee 등, 2022) 외에 없는 실정이다.

본 연구에서는 3월부터 6월 수확까지 생육시기별로 양파

전초의 영양성분 및 플라보노이드 화합물 등 기능성 성분, 품종별 양파의 기능성 성분 및 항산화 활성을 비교함으로써 6월 수확 이전의 양파 전초에 대한 우수성을 확인하고, 양파 전초를 활용할 수 있는 방안을 모색하기 위해 가공 목적에 따른 적정 수확시기를 확립할 수 있는 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험 재료

본 연구에 사용된 생육시기별 양파 전초 품종은 전라남도 무안에서 많이 재배되는 중만생종 국산 품종인 대칸마루(*Dawkanmaru*)로 무안에서 2021년 3월 3주부터 6월 1주까지 1-2주일 간격으로 수확한 것이며, 품종별 양파 전초는 중만생종 국산 품종인 대칸마루, 킹콩(*Kingkong*), 금송이(*Geumsongi*), 아리아리랑(*Ariarirang*)으로 무안에서 2022년 5월 4주, 6월 1주에 수확한 것이다. 또한, 양파 잎은 예로부터 맛과 형태가 유사하여 대파 대용으로 이용하였기 때문에 대파와 함께 비교하기 위해 대파는 진도 노지에서 재배한 것을 이용하였다. 수확한 시료는 Fig. 1과 같은 형태이며, 세척 후 동결건조하여 -20℃에서 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다.

2.2. 시약

본 연구에 사용된 acetonitrile(ACN), methanol(MeOH), ethanol(EtOH)은 HPLC 등급을 이용하였으며, 9종의 무기질 표준품(Ca, P, K, Na, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn)은 AccuStandard(AccuStandard, Inc., Newhaven, CT, USA)에서 판매하는 ICP standard 1,000 µg/mL 농도의 100 mL 표준원액 제품을 각각 구입하여 사용하였다. 유리당 표준품으로는 fructose, glucose, galactose, sucrose, lactose(Sigma-Aldrich Co., Saint Louis, MO, USA), 유기산 표준품으로는 oxalic acid, citric acid, tartaric acid, malic acid, succinic acid, acetic acid(Sigma-Aldrich Co., Riedstr, Germany), 플라보노이드 화합물 표준품으로는 spiraeoside(Sigma-Aldrich Co.), quercetin, isorhamnetin(Supel Co., Darmstadt, Germany)를 사용하였다.



Fig. 1. The appearance of green onion and whole onion by growth stage. The harvesting time of growth stage is that 16 weeks is the 3rd week of March, 17 weeks is the 4th week of March, 19 weeks is the 2nd week of April, 21 weeks is the 4th week of April, 23 weeks is the 2nd week of May, 25 weeks is the 4th week of May, and onion bulb is 1st week of June.

2.3. 일반성분 분석

일반성분 함량은 식품공전(MFDS, 2021)에 따라 분석하였다. 수분은 상압가열건조법으로 105℃ 건조기(LDO-150N, Daihan Labtech, Namyangju, South Korea)에서 건조하여 분석하였고, 회분은 550℃ 회화로(FX-27, Daihan Science, Wonju, Korea)에서 직접 회화하여 중량법으로 분석하였다. 조단백질은 켈달(Kjeldahl) 분해법으로 분석한 후 질소계수 6.25를 곱하여 값을 구하였다. 조지방은 Soxhlet 추출법을 이용하여 시료에 함유된 조지방을 diethyl ether(Guaranteed Reagent, Junsei Chemical, Tokyo, Japan)로 추출하여 분석하였다. 탄수화물은 다음 공식에 의해 계산하였고, 수분을 제외한 모든 성분은 수분 보정을 거쳐 생체중량(fresh weight, FW) 기준으로 환산하였다.

Carbohydrate (%)

$$= 100 - (\text{moisture} + \text{crude protein} + \text{crude fat} + \text{crude ash})$$

2.4. 식이섬유 분석

식이섬유 함량은 total dietary fiber assay kit(K-TDFR-200A, Megazyme, Bray, Ireland)를 이용하여 측정하였다(MFDS, 2021). 분말 시료 1 g에 0.05 M MES/TRIS buffer(pH 8.2) 40 mL를 넣고 혼합한 후 내열성 α -amylase 50 μ m를 넣고 100℃ 항온수조에서 35분간 30-40 rpm으로 교반하면서 반응시켰다. 그리고 60℃로 식힌 후 물 10 mL로 씻어내고 protease 100 μ m를 넣고 60℃ 항온수조에서 30분간 30-40 rpm으로 교반하면서 반응시켰다. 그리고 0.561 N HCL 5 mL를 넣고 혼합한 후 pH를 4.1-4.6으로 조절하고 amylo glucosidase 200 μ m를 넣고 60℃ 항온수조에서 30분간 30-40 rpm으로 교반하면서 반응시켰다. 시험용액과 95% ethanol(60℃)을 1:4 비율로 혼합 후 실온에서 60분간 반응하였다. 시험용액을 여과하기 위해 식이섬유 추출장치에 celite를 넣어 105℃에서 건조시킨 크루서블을 넣고 78% ethanol 1.5 mL를 넣고 흘려보낸 후 78% ethanol 30 mL, 95% ethanol 30 mL, acetone 30 mL를 차례로 흘려보내 여과한 후 크루서블을

105℃ 건조기에서 15시간 건조 후 크루서블 무게를 측정하였다. 총식이섬유 함량은 크루서블 잔여물의 조단백을 구한 후 다음 계산식을 이용하여 구하였다.

$$\text{식이섬유(\%)} = (\text{시료잔류량} - \text{회화량}) \times 100 / \text{시료량(g)}$$

$$\text{총식이섬유(\%)} = \text{식이섬유} - \text{조단백}$$

2.5. 유리당 분석

시료 0.5 g에 10% ACN을 가해 10 mL로 정용한 후 40℃에서 30분간 sonication으로 추출 및 원심분리(15,000 rpm, 5분, 4℃) 후 상등액을 0.45 µm syring filter (Hydrophilic, ADVANTEC, Fukuoka, Japan)로 여과하였다. 시료 추출액은 HILICpak VG-50 4E(4.6×250 mm, 5 µm) 컬럼을 이용하여 HPLC(1260 infinity II, Agilent Technologies, Waldbronn, Germany)로 분석하였다. 분석조건은 이동상 water:ACN:MeOH=10:87:3 (1 mL/min), 가스 N₂(1.3 mL/min), 컬럼온도 60℃, 주입량 10 µm, 검출기 ELSD(1260 Infinity II, Agilent Technologies, Craven Arms, England, UK) ET40, NT35이었다. 유리당 함량은 표준물질(fructose, glucose, galactose, sucrose, lactose)의 농도에 대한 peak 면적의 표준정량곡선으로부터 계산하였다.

2.6. 무기성분 분석

무기성분 분석의 시험용액은 식품공전 습식분해 마이크 로웨이브법에 준하여 조제하였다(MFDS, 2021). 즉, 시료 약 0.3 g을 테프론 튜브(RXHP-L1, Ctrl-M Scientific Co., California, CA, USA)에 넣고 질산(Reag.Ph Eur, ISO, Supelco, Darmstadt, Germany) 7 mL를 가하여 약 1시간 이상 방치 후, Microwave Digestion System(C-9000, Ctrl-M Scientific Co.)으로 1,800 W에서 100℃ (10-5분) → 130℃(10-5분) → 170℃ (10-10분) → 0℃ (0-20분)의 조건으로 분해하였다. 분해된 시료는 50 mL 정용 플라스크에 옮겨 3차 증류수로 정용하고, Whatman No.41 여과지(Ashless, Diameter 150 mm, Buckinghamshire, UK)로 여과하여 분석 시험용액으로 사용하였다. 무기성분의 함량은 ICP-OES(Optima 7300DV, Perkin Elmer, Connecticut, CT, USA)를 이용하여 분석하였다.

2.7. 유기산 분석

시료 0.5 g에 증류수 9.5 mL를 가하고 40℃에서 30분간 sonication으로 추출 및 원심분리(15,000 rpm, 5분, 4℃) 후 상등액을 0.45 µm syring filter로 여과하였다. 시료 추출액은 Supelco GEL C 610H(7.8×300 mm, 5 µm) 컬럼(Supelco)과 Capcellpak C18 MGII(4.6×250 mm, 5 µm) 컬럼(Osaka Soda, Osaka, Japan)을 이용하여 DAD 210 nm에서 HPLC(DE/1200, Agilent Technologies, Santa Clara, USA)로 분석하였다. 분석조건은 이동상 0.1% phosphoric acid(ACS reagent, Sigma-Aldrich Co., Steinheim, Germany), 유속 0.5 mL/min, 컬럼온도 30℃, 주입량 10 µm이었다. 유기산 함량은 표준물질(oxalic acid, citric acid, tartaric acid, malic acid, succinic acid, acetic acid)의 농도에 대한 peak 면적의 표준정량 곡선으로부터 계산하였다.

2.8. 플라보노이드 화합물 분석

시료 0.5 g에 25% HCl 7.5 mL와 MeOH 25 mL를 환류 추출 용기에 넣어 60℃에서 2시간 동안 환류추출하고 Whatman No.4 여과지로 여과한 후 여과액에 25% HCl을 넣어 100 mL로 정용하고 0.45 µm syring filter로 여과하였다. 시료 추출액은 Capcellpak C18 MGII(4.6×250 mm, 5 µm) 컬럼(Osaka Soda)을 이용하여 DAD 370 nm에서 HPLC(1260 infinity II, Agilent Technologies)로 분석하였다. 분석조건은 이동상 A, B의 gradient(A: 2% acetic acid, B: 50% ACN), 유속 0.8 mL/min, 컬럼온도 40℃, 주입량 5 µm이었다. 플라보노이드 화합물 함량은 표준물질(spiraeoside, quercetin, isorhamnetin)의 농도에 대한 peak 면적의 표준정량곡선으로부터 계산하였다.

2.9. 총플라보노이드 분석

시료 0.5 g에 MeOH 25 mL를 넣어 상온에서 15시간 동안 천천히 교반시킨 후 Whatman No.2 여과지로 여과한 후 여과액을 시료 추출액으로 사용하였다. 시료 추출액 0.2 mL에 diethylene glycol 2 mL와 2 N NaOH 0.2 mL를 넣고 37℃에서 30분간 반응시킨 후 마이크로플레이트 리더(PowerWave XS2, BioTek, Winooski, Vermont, USA)를 통해 420 nm 흡광도에서 측정하였다. 총플라보노

이드 함량은 표준물질(rutin)의 농도에 대한 peak 면적의 표준정량곡선으로부터 계산하였다.

2.10. 총엽록소 분석

총엽록소는 Friedman 등(2003)의 방법을 변형하여 분석하였다. 시료 0.5 g에 80% 아세톤 용액 50 mL를 넣고 플라스크 입구를 밀봉 후 5℃ 냉암소에서 16시간 방치하였다. 그리고 Whatman No.2 여과지로 여과하여 여과액을 마이크로플레이트 리더를 이용해 파장 663 nm와 645 nm에서 흡광도(optical density, OD)를 측정하였다. 총엽록소 함량은 다음의 계산식을 이용하여 구하였다.

$$C_a(\text{mg/L}) = 12.7\text{OD}_{663} - 2.69\text{OD}_{645}$$

$$C_b(\text{mg/L}) = 22.9\text{OD}_{645} - 4.68\text{OD}_{663}$$

$$C_{\text{total}}(\text{mg/L}) = 8.02\text{OD}_{663} + 20.20\text{OD}_{645}$$

$$\begin{aligned} \text{총엽록소 함량}(\text{mg}/100 \text{ g}) \\ = C_{\text{total}}(\text{mg/L}) \times (\text{아세톤량 } 0.05 \text{ L} / \text{시료사용량 } 0.5 \text{ g}) \\ \times 100 \end{aligned}$$

2.11. 총thiosulfinate 분석

총thiosulfinate는 Han 등(1995)의 방법을 변형하여 분석하였다. 시료 1 g을 80% MeOH 25 mL로 24시간 동안 진탕 추출 후 Whatman No.4 여과지로 여과하였다. 추출액 0.1 mL에 2 mM cysteine(in 50 mM HEPES buffer) 0.5 mL를 가한 후 50 mM HEPES buffer(AR, Sigma-Aldrich Co.)를 가해 5 mL로 정용하였다. 이후 27℃에서 10분간 반응 후 반응액 1 mL과 0.4 mM 5,5'-dithio-bis[2-nitrobenzoic acid](DTNB) (AR, EDM Millipore, Shanghai, China) 용액(in 50 mM HEPES buffer) 1 mL를 가해 혼합한 후 다시 27℃에서 10분간 반응 후 412 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총thiosulfinate 함량은 표준물질(L-cysteine)의 농도에 대한 peak 면적의 표준정량곡선으로부터 계산하였다.

2.12. 항산화 활성 분석

항산화 활성은 Roberta 등(1999)의 방법을 변형하여 분석하였다. 시료 0.5 g에 EtOH 25 mL를 넣고 15시간 동안 진탕시킨 후 Whatman No.2 여과지로 여과 후 여액을 시

료 추출액으로 사용하였다. ABTS⁺ 희석액은 냉장실에서 12시간 이상 보관 후 EtOH로 희석하여 흡광도값을 0.75-1.05로 맞춰 사용하였다. 시료 추출액 0.25 mL에 ABTS⁺ 희석액 1.25 mL를 넣고 암소에서 30분 동안 반응시킨 후 735 nm에서 흡광도를 측정하였다. 항산화 활성(Vit.C eq.)은 표준물질(ascorbic acid) 농도에 대한 peak 면적의 표준정량곡선으로부터 계산하였고, ABTS 라디칼 소거활성값을 50% 감소시키는 농도를 RC₅₀으로 하였다.

2.13. 통계 분석

본 연구의 분석 결과는 모두 3회 반복 측정한 것으로 XLSTAT-Base program(Ver. Perpetual, Addinsoft Inc., Seattle, WA, USA)을 이용하여 ANOVA(one-way analysis of variance) 분산분석 후 5% 유의수준(p<0.05)에서 Duncan's multiple range test으로 각 실험군의 평균치 간의 유의성을 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 일반성분

양파, 대파의 생육시기에 따른 일반성분 분석 결과는 Table 1에 나타내었다. 양파의 수분 함량은 90.1-92.3 g/100 g을 나타내었고, 19주까지 증가하다 수확기까지 감소하였으며 23주 이전까지는 대파보다 유의적으로 더 높은 값을 나타내었다(p<0.05). 단백질 함량은 0.75-1.99 g/100 g을 나타내었고, 수확시기에 가까워질수록 점차 감소하였으며 대파의 단백질 함량은 1.84 g/100 g으로 17주 이후의 전초보다 높은 값을 나타내었다. 조지방 함량은 0.02-0.26 g/100 g으로 19주까지 감소하다 23주까지 다시 증가하였고, 수확시기에 가까워질수록 다시 감소하여 6월 수확한 양파 구근은 전초 대비 약 10배 정도 낮은 값을 나타냈다. 대파의 조지방 함량은 0.15 g/100 g으로 전초보다 유의적으로 낮은 값을 보였다. 조회분 함량은 0.39-0.73 g/100 g으로 조단백질 함량과 유사하게 수확시기에 가까워질수록 점차 감소하였으며, 대파는 0.29 g/100 g으로 양파보다 유의적으로 낮은 값을 나타내었다(p<0.05). 탄수화물 함량은 5.73-8.35 g/100 g으로 수확시기에 가까워질수록 증가하였고, 이는 총유리당 함량이 수확시기에 가까워질수록 증가

Table 1. Proximate composition of whole onion by growth stage (unit: g/100 g FW)

Growth stage		Moisture	Crude protein	Crude fat	Ash	Carbohydrate	Total dietary fiber
Whole onion	16 weeks	91.2±0.36 ^{bc1)}	1.99±0.01 ^a	0.26±0.01 ^a	0.73±0.00 ^a	5.84±0.37 ^c	2.23±0.03 ^b
	17 weeks	91.5±0.27 ^{bc}	1.53±0.02 ^c	0.25±0.01 ^{ab}	0.71±0.00 ^b	6.04±0.28 ^c	1.96±0.00 ^{cd}
	19 weeks	92.3±0.23 ^a	1.13±0.01 ^d	0.22±0.00 ^c	0.60±0.00 ^c	5.73±0.24 ^c	1.74±0.02 ^d
	21 weeks	91.6±0.30 ^b	0.89±0.01 ^e	0.24±0.01 ^b	0.53±0.00 ^d	6.79±0.31 ^b	1.85±0.01 ^{cd}
	23 weeks	90.8±0.49 ^{cd}	0.75±0.01 ^h	0.26±0.00 ^a	0.46±0.00 ^f	7.71±0.50 ^a	1.73±0.04 ^d
	25 weeks	90.1±0.53 ^e	0.84±0.01 ^f	0.23±0.02 ^b	0.48±0.00 ^e	8.31±0.54 ^a	2.04±0.13 ^{bc}
Onion bulb		90.4±0.42 ^{de}	0.80±0.00 ^g	0.02±0.01 ^e	0.39±0.00 ^g	8.35±0.42 ^a	1.74±0.05 ^d
Green onion		90.0±0.31 ^e	1.84±0.01 ^b	0.15±0.00 ^d	0.29±0.00 ^h	7.69±0.32 ^a	2.59±0.38 ^a

¹⁾Values are expressed as mean±SD (n=3). Means with different superscripts within each column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

하는 것과 연관되는 것으로 생각된다. 총식이섬유 함량은 1.73-2.23 g/100 g으로 생장시기별 유의적인 차이는 없었으며, 대파의 총식이섬유 함량은 2.59 g/100 g으로 양파 전초는 대파보다 유의적으로 낮은 값을 나타내었다(p<0.05).

국가표준식품성분표 제9개정판(RDA, 2016)에 수록된 양파 생것의 일반성분(per 100 g edible portion)과 비교해보면, 수분 92 g, 단백질 0.95 g, 지방 0.04 g, 회분 0.33 g, 탄수화물 6.68 g, 총식이섬유 1.7 g으로 전초의 수분, 단백질, 지방, 회분, 총식이섬유 함량은 일반적인 생양파 대비 높은 값을 갖는 것을 알 수 있었고 이는 양파 잎에서 그 함량이 높은 데 기인한 것으로 사료된다. 또한, 2020년 보건복지부에서 발표한 한국인의 영양소 섭취 기준과 관련하여 살펴보면(MOH, 2020), 수분(음식), 단백질, 탄수화물, 식이섬유의 하루 권장섭취량을 충족시키기 위해서는 16주 전초(300 g)를 기준으로 5.1, 10.9, 7.4, 4.5개를 섭취해야 하며, 6월 수확 양파(300 g)를 기준으로 5.2, 27, 5.2, 5.7개를 섭취해야 하는 것으로 전초가 양파 구근 대비 단백질, 식이섬유 함량이 높은 것을 알 수 있었다.

3.2. 유리당

양파의 단맛에 영향을 미치는 구성성분으로는 전체 건조중량의 41-88% 정도 차지하는 탄수화물이며, 주요 탄수화물에는 glucose, sucrose, fructose, fructan, 그리고 sucrose에 근거한 fructosyl 중합체가 있다(Darbyshire, 1977; Darbyshire와 Henry, 1979; Jaime 등, 2001;

Suzuki와 Cutcliffe, 1989). 따라서 양파, 대파의 주요 유리당을 분석하여 그 결과를 Table 2에 나타내었다. 수확시기별 양파의 유리당은 glucose > fructose > sucrose 순으로 그 함량이 높았으며 총유리당 함량은 9.92-23.0 g/100 g으로 수확시기에 가까워질수록 유의적으로 증가하였다(p<0.05). Hwang(2015)의 연구에서 양파 품종별 당 함량이 생체중량 100 g당 6.51-8.30 g의 범위였고, Randle 등(1998) 연구에서 16품종의 양파 당 함량이 1.6-2.0 g/100 g의 범위였으며, Moon 등(2010)의 연구에서 품종별, 지역별 양파 당 함량이 3.2-6.4 g으로 본 연구에서 사용한 양파의 유리당 함량이 다소 높은 것으로 나타났다.

유리당 종류별로 보면 glucose는 21주까지 증가하다 23주차에 감소하고 다시 수확시기까지 증가하여 수확기의 구근에서 11.6 g/100 g으로 가장 높은 함량을 나타냈으며, fructose는 19주까지 증가하다 25주까지 감소하고 다시 수확기의 구근에서 9.33 g/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내어 glucose와 유사하였다. 반면 sucrose는 19주까지 감소하다 그 이후 수확시기까지 증가하였고 이 역시 수확기의 구근에서 2.04 g/100 g으로 가장 높은 함량을 나타냈다. Sucrose는 모든 식물의 탄수화물 대사에서 중심적인 위치에 있으며 식물의 발달 및 생장, 분화에 영향을 주는 물질로(Kim과 Kim, 2007), 양파가 생장하면서 sucrose가 먼저 분해되어 fructose와 glucose 함량이 증가하며 일정 시기 이후 다시 합성되어 sucrose 함량이 증가하는 것으로 생각된다. 또한, 양파의 sucrose 농도는 외부 잎 기저부에서 증

Table 2. Free sugar of whole onion by growth stage (unit: g/100 g FW)

Growth stage		Glucose	Fructose	Sucrose	Total sugar ²⁾
Whole onion	16 weeks	3.75±0.01 ^{g1)}	5.04±0.01 ^h	1.13±0.00 ^f	9.92±0.00 ^h
	17 weeks	5.32±0.00 ^f	6.23±0.01 ^d	1.37±0.00 ^d	12.9±0.00 ^g
	19 weeks	7.21±0.00 ^d	6.58±0.00 ^b	0.87±0.01 ^h	14.7±0.00 ^e
	21 weeks	10.3±0.00 ^b	6.31±0.01 ^c	1.20±0.01 ^e	17.8±0.00 ^b
	23 weeks	9.07±0.01 ^c	5.70±0.01 ^g	1.06±0.00 ^g	15.8±0.00 ^d
	25 weeks	10.3±0.01 ^b	5.83±0.00 ^f	1.59±0.00 ^b	17.7±0.00 ^c
Onion bulb		11.6±0.01 ^a	9.33±0.00 ^a	2.04±0.00 ^a	23.0±0.00 ^a
Green onion		6.10±0.01 ^e	5.98±0.01 ^e	1.45±0.00 ^c	13.5±0.00 ^f

¹⁾Values are expressed as mean±SD (n=3). Means with different superscripts within each column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

²⁾Maltose, galactose not detected.

가하여 내부 잎 기저부에서 가장 높아졌고, glucose와 fructose 수치 또한 잎 바깥쪽에서 안쪽으로 증가하는 경향이 있다는 Darbyshire(1977)의 결과를 통해 최종적으로 수확기가 되면 잎의 유리당 성분 모두 구근으로 전이되어 구근에서의 함량이 높은 것으로 사료된다.

대파의 총유리당 함량은 13.5 g/100 g으로 19주차 이후 전초보다 낮은 값을 나타내었고, glucose, fructose는 전초보다 낮은 함량을 보였으나 sucrose는 25주차 전초를 제외하고 다른 시기의 전초보다 높은 함량을 보였다.

3.3. 무기성분

양파, 대파의 무기성분 중 다량성분 함량은 Table 3, 미

량성분 함량은 Table 4에 나타내었다. 생육시기별 양파의 다량성분 중 Ca는 28.9-65.5 mg/100 g, P는 15.94-28.54 mg/100 g, K는 147-253 mg/100 g, Na는 2.37-8.67 mg/100 g, Mg는 10.0-17.4 mg/100 g이었다. 모두 6월 수확시기에 가까워질수록 그 함량이 감소하는 경향을 보였고 6월 수확한 구근에서 P를 제외한 Ca, K, Na, Mg는 가장 낮은 함량을 보였다. 특히 다량성분은 생육함에 따라 점차 감소하다 23주 이후 함량이 유의적으로 증가하였다가 6월 수확 시 감소하는 경향을 보였다. 양파의 미량성분 중 Fe는 0.27-0.77 mg/100 g, Zn은 0.15-0.28 mg/100 g, Cu는 0.005-0.05 mg/100 g, Mn은 0.18-0.39 mg/100 g이었고, 모두 그 함량이 유의적으로 감소하다 특정 시기에

Table 3. Macro minerals of whole onion by growth stage (unit: mg/100 g FW)

Growth stage		Ca	P	K	Na	Mg
Whole onion	16 weeks	65.5±0.76 ^{a1)}	28.54±0.17 ^b	253±3.60 ^a	8.67±0.10 ^a	17.4±0.01 ^a
	17 weeks	60.2±0.65 ^b	25.71±0.12 ^c	235±3.03 ^c	7.73±0.06 ^b	16.6±0.07 ^b
	19 weeks	56.4±0.09 ^c	21.58±0.18 ^d	210±1.19 ^d	5.76±0.04 ^d	15.1±0.10 ^c
	21 weeks	60.7±0.07 ^b	16.47±0.03 ^g	187±0.82 ^e	5.34±0.05 ^e	14.4±0.02 ^d
	23 weeks	45.8±0.46 ^e	15.94±0.14 ^h	155±0.22 ^g	4.79±0.05 ^f	12.6±0.08 ^g
	25 weeks	46.9±0.29 ^d	16.98±0.20 ^f	167±1.35 ^f	6.23±0.02 ^c	13.2±0.07 ^f
Onion bulb		28.9±0.36 ^f	18.60±0.22 ^e	147±1.64 ^h	2.37±0.00 ^h	10.0±0.12 ^h
Green onion		19.9±0.01 ^g	34.14±0.16 ^a	247±0.95 ^b	2.97±0.02 ^g	13.5±0.01 ^e

¹⁾Values are expressed as mean±SD (n=3). Means with different superscripts within each column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

Table 4. Micro minerals of whole onion by growth stage (unit: mg/100 g FW)

Growth stage		Fe	Zn	Cu	Mn
Whole onion	16 weeks	0.57±0.00 ^{c1)}	0.25±0.00 ^c	0.05±0.00 ^a	0.20±0.00 ^f
	17 weeks	0.44±0.00 ^d	0.20±0.00 ^d	0.02±0.00 ^c	0.18±0.00 ^g
	19 weeks	0.37±0.01 ^f	0.17±0.00 ^f	0.01±0.00 ^d	0.25±0.01 ^e
	21 weeks	0.40±0.00 ^e	0.28±0.00 ^b	0.01±0.00 ^d	0.34±0.00 ^d
	23 weeks	0.77±0.01 ^a	0.15±0.00 ^g	0.005±0.00 ^e	0.39±0.01 ^a
	25 weeks	0.64±0.00 ^b	0.19±0.00 ^e	0.01±0.00 ^e	0.38±0.00 ^b
Onion bulb		0.27±0.00 ^h	0.15±0.00 ^g	0.01±0.00 ^e	0.18±0.00 ^g
Green onion		0.35±0.00 ^g	0.34±0.01 ^a	0.04±0.00 ^b	0.37±0.01 ^c

¹⁾Values are expressed as mean±SD (n=3). Means with different superscripts within each column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

증가하였고 6월 수확한 구근은 Cu를 제외하고 가장 낮은 함량을 보였다. 즉, 6월 수확한 구근이 P, Cu를 제외한 다른 무기성분 함량은 전초보다 1.3-2.6배 더 낮은 것을 알 수 있었다. 대파의 경우 Ca, Fe 성분은 19.9 mg/100 g, 0.35 mg/100 g으로 전초가 보다 높은 함량을 나타내는 것을 알 수 있었다.

국가표준식품성분표 제9개정판 양파 생것의 무기성분(per 100 g edible portion)과 비교해보면, Ca 15 g, K 145 g, Na 3 g, P 27 g, Mg 8 g, Fe 0.2 g, Mn 0.18 g, Zn 0.15 g, Cu 0.01 g으로, Ca, K, Na, Mg, Fe, Mn은 일반적인 생양파 대비 높은 값을 갖는 것을 알 수 있었고, 이 역시 일반성분과 마찬가지로 양파 잎에서 그 함량이 높은 데 기인한 것으로 사료된다. 또한, 2020년 보건복지부에서 발표한 한국인의 영양소 섭취 기준과 관련하여 살펴보면, 무기질별 하루 권장섭취량을 충분히 충족시키기 위해서 16주 전초(300 g)를 기준으로 Ca 50.8개, P 14개, Mg 7.8개, Fe 9.4개, Zn 13.3개, 생양파(300 g)를 기준으로 Ca 114.9개, P 21개, Mg 13.7개, Fe 19.8개, Zn 22.2개 섭취해야 하는 것을 알 수 있었다.

3.4. 유기산

일반적으로 유기산은 농산물의 가공 시 당과 더불어 특유의 풍미를 주며 맛을 형성하는 중요한 물질로서(Do 등, 2005), 양파, 대파의 유기산 함량을 분석한 결과는 Table 5에 나타내었다. 생장시기별 양파의 총유기산 함량은 266-

574 mg/100 g으로 일반적인 국내산 양파의 유기산 함량 수준이었으며(Lee, 2006), malic acid(126-517 mg/100 g) > citric acid(36.6-139 mg/100 g) > oxalic acid(4.91-12.5 mg/100 g) 순으로 그 함량이 높았고 acetic acid, tartaric acid, lactic acid는 검출되지 않았다. 이러한 유기산의 조성 비율은 Kim 등(2014)이 보고한 malic acid 172.91 mg% > succinic acid 115.78 mg% > citric acid 52.81 mg% > oxalic acid 4.35 mg%와 유사하였으며, Benkeblia와 Varoquaux(2003)가 보고한 유기산 조성 중 malic acid(64%)가 주로 차지하는 것이 유사하였다.

유기산 종류별로 보면 oxalic acid, malic acid는 21주 까지, citric acid는 19주까지 함량이 유의적으로 감소하다 그 이후부터 증가하였다(p<0.05). 특히 6월 수확한 구근이 citric acid(139 mg/100 g)를 제외한 다른 유기산 함량은 전초보다 더 낮은 것을 알 수 있었다. 대파의 경우 acetic acid가 검출되었고, 총유기산 및 oxalic acid, malic acid 함량은 21주차 이전 양파 전초보다 낮은 함량이었으나 citric acid는 반대로 이후 전초보다 낮은 함량을 나타냈다.

3.5. 총플라보노이드

플라보노이드(flavonoid)는 폴리페놀의 일종으로, 대부분의 플라보노이드는 항산화력이 탁월하여 인체 및 동물실험에서 건강을 증진시키는 것으로 보고되어 있다(Park 등, 2016). 양파, 대파의 총플라보노이드와 플라보노이드 화합물을 분석한 결과는 Table 6에 나타내었다. 생육시기별 양

Table 5. Organic acid of whole onion by growth stage (unit: mg/100 g FW)

Growth stage		Oxalic acid	Malic acid	Citric acid	Acetic acid	Total organic acid ²⁾
Whole onion	16 weeks	12.5±0.18 ^{a1)}	509±0.74 ^b	52.8±0.45 ^c	ND	574±0.27 ^a
	17 weeks	11.3±0.16 ^b	517±0.45 ^a	40.8±0.14 ^g	ND	569±0.15 ^b
	19 weeks	9.79±0.05 ^c	415±0.71 ^c	36.6±0.57 ^h	ND	462±0.26 ^c
	21 weeks	4.91±0.07 ^g	257±0.21 ^f	49.1±0.22 ^e	ND	311±0.10 ^f
	23 weeks	5.26±0.07 ^f	259±0.28 ^e	51.5±0.57 ^d	ND	316±0.18 ^e
	25 weeks	6.62±0.08 ^e	196±0.13 ^g	63.3±0.84 ^b	ND	266±0.21 ^h
Onion bulb		5.35±0.26 ^f	126±0.13 ^h	139±0.18 ^a	ND	271±0.11 ^g
Green onion		8.78±0.02 ^d	293±0.41 ^d	46.6±0.17 ^f	28.1±1.00	377±0.33 ^d

¹⁾Values are expressed as mean±SD (n=3). Means with different superscripts within each column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

²⁾Tartaric acid and succinic acid were not detected (ND).

Table 6. Flavonoids of whole onion by growth stage (unit: mg/100 g FW)

Growth stage		Spiraeoside (Quercetin-4'-O-glucoside)	Quercetin	Isorhamnetin (Quercetin-3'-methylether)	Total flavonoid compounds (Rutin eq.)
Whole onion	16 weeks	7.93±0.12 ^{e1)}	10.4±0.14 ^e	2.37±0.18 ^c	203.0±8.03 ^a
	17 weeks	5.89±0.08 ^f	7.63±0.10 ^f	1.79±0.04 ^d	160.0±7.42 ^b
	19 weeks	2.65±0.02 ^g	1.52±0.03 ^g	1.04±0.04 ^e	136.3±0.85 ^c
	21 weeks	25.6±0.14 ^c	35.6±0.09 ^d	2.88±0.07 ^b	110.9±3.48 ^d
	23 weeks	19.9±0.07 ^d	37.8±0.04 ^c	2.38±0.17 ^c	103.8±3.13 ^e
	25 weeks	68.9±0.39 ^a	67.4±0.60 ^a	2.96±0.03 ^b	90.02±5.12 ^f
Onion bulb		40.0±0.10 ^b	61.7±0.10 ^b	3.41±0.01 ^a	46.30±1.40 ^g
Green onion		ND	ND	ND	33.96±0.19 ^h

¹⁾Values are expressed as mean±SD (n=3). Means with different superscripts within each column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

파의 총플라보노이드 함량은 46.3-203.0 mg/100 g이었으며, 성장할수록 유의적으로 증가하여 전초가 6월 수확한 구근보다 높은 함량을 나타냈다. 양파의 다양한 생리활성을 나타내는 quercetin 및 quercetin 배당체는 spiraeoside (2.65-68.9 mg/100 g) > quercetin(1.52-67.4 mg/100 g) > isorhamnetin(1.04-3.41 mg/100 g) 순으로 그 함량이 높았다. 반면 세 가지 성분 중 isorhamnetin은 6월 수확한 구근이 전초보다 높은 함량을 나타내었다. 대파의 경우 세 가지 성분 모두 검출되지 않았고, 총플라보노이드 함량은 34.0 mg/100 g으로 양파보다 낮은 함량을 나타냈다.

또한, 양파 전초가 6월 수확한 구근보다 플라보노이드 화합물 함량이 높아서 25주에 수확한 양파를 부위별로 조사하

여 Fig. 2(A)에 나타내었다. 그 결과, 25주에 수확한 전초 중 지상부인 잎의 플라보노이드 화합물 함량이 구근보다 낮았지만 전초의 플라보노이드 화합물에 영향을 미쳐 전초가 구근보다 그 함량이 유의적으로 높다는 것을 알 수 있었다 (p<0.05).

3.6. 기능성 성분

양파, 대파의 총엽록소, 총티오설페이트 및 항산화 활성에 대한 분석 결과는 Table 7에 나타내었다. 생장시기별 양파의 총엽록소 함량은 0.21-47.7 mg/100 g으로 16주차 전초에서 가장 높은 함량을 나타냈고, 성장할수록 유의적으로 감소하는 경향을 보여(p<0.05) 25주차 전초에서 가

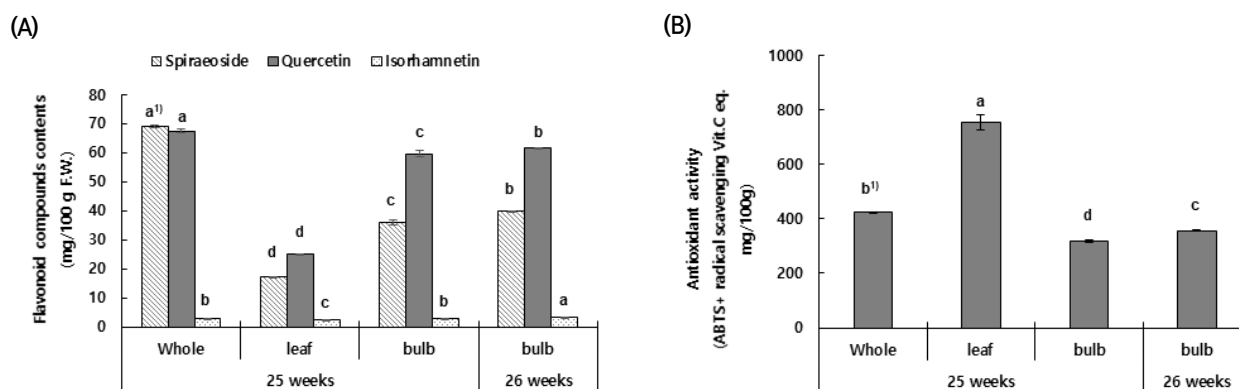


Fig. 2. Flavonoid compounds contents (A) and antioxidant activity (B) of onion by growth stage. ¹⁾Means with different superscripts within each bar are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

Table 7. Functional constituents of whole onion by growth stage (unit: mg/100 g FW)

Growth stage		Chlorophyll			Total thiosulfinate	Antioxidant activity (ABTS ⁺ radical scavenging)	
		a	b	Total		Vit.C eq.	RC ₅₀
Whole onion	16 weeks	10.6±0.05 ^{b1)}	36.8±0.04 ^b	47.4±0.08 ^b	6.57±0.14 ^c	507±7.85 ^b	8.38±0.14 ^b
	17 weeks	10.4±0.06 ^a	36.9±0.02 ^a	47.3±0.07 ^a	5.99±0.07 ^e	527±19.9 ^a	7.39±0.36 ^a
	19 weeks	7.69±0.16 ^c	27.0±0.21 ^c	34.6±0.37 ^c	5.42±0.18 ^f	421±8.08 ^c	9.43±0.23 ^c
	21 weeks	6.11±0.05 ^d	21.3±0.10 ^d	27.3±0.15 ^d	5.90±0.03 ^e	341±3.36 ^d	12.67±0.34 ^f
	23 weeks	4.82±0.02 ^e	16.9±0.02 ^e	21.7±0.04 ^e	6.33±0.08 ^d	492±10.3 ^b	10.45±0.20 ^d
	25 weeks	1.97±0.06 ^g	6.92±0.10 ^g	8.89±0.16 ^g	7.23±0.06 ^a	424±2.70 ^c	11.27±0.32 ^e
Onion bulb		0.07±0.02 ^h	0.15±0.03 ^h	0.21±0.04 ^h	6.99±0.05 ^b	358±4.45 ^d	13.60±0.09 ^g
Green onion		2.97±0.03 ^f	10.2±0.04 ^f	13.2±0.06 ^f	6.97±0.20 ^b	221±9.58 ^e	19.05±0.52 ^h

¹⁾Values are expressed as mean±SD (n=3). Means with different superscripts within each column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

장 낮은 함량을 나타냈다. 대파의 총엽록소 함량은 13.2 mg/100 g으로 양파 전초가 더 높은 함량을 나타내는 것을 알 수 있었다. 특히 총엽록소는 건강기능식품 원료로 등록된 클로렐라(총엽록소 10 mg/g 이상을 함유)의 주요 지표 성분으로 일일 섭취량 8-150 mg 충족 시 피부건강 · 항산화에 도움을 줄 수 있다(Kim 등, 2011).

Thiosulfinate는 alliin의 분해 생성물로서 함황 화합물의 양을 간접적으로 확인할 수 있다. 즉 양파의 맛과 기능성은 함황(sulfur) 성분으로부터 유래하며 주요 화합물로는 항균작용 및 세포 대사억제 등 중요한 생리활성을 갖는 allicin 이 있다(Cavallito와 Bailey, 1944; Dewitt 등, 1979; Small

과 Bailey, 1947). 그러나 이는 매우 불안정한 화합물로 양파에는 직접 존재하지 않고 양파를 절단하거나 으깬 때 allinase 라는 효소에 의해 alliin(S-allyl-L- cyctein sulfoxide)으로부터 생성된다(Donner 등, 1997). 따라서 양파의 총 thiosulfinate 함량을 분석하였다. 함량은 5.42-7.23 mg/100 g으로 19주까지 성장할수록 유의적으로 감소하다 다시 25 주까지 증가하였다. 이는 양파 품종별로 분석한 결과 모두 비슷한 함량을 나타냈고 평균 7.26 mg/100 g을 나타냈다는 Hwang(2015)의 연구와 비슷한 양상을 보였으며, 양파 색에 따라 분석한 결과 1.70-4.24 mg/100 g을 보인 Block 등(1992) 연구보다 더 높은 수준의 thiosulfinate

함량을 나타냈다. 대파의 경우 6월 수확한 구근과 거의 비슷한 수준이었으며 25주 양파 전초에서 가장 높은 함량을 보였다.

양파의 항산화 활성(Vit.C eq.)은 341-527 mg/100 g이었고, Vit.C eq.값과 RC_{50} 에서 모두 6월 수확한 구근이 전초보다 낮은 함량을 나타냈다. 대파의 경우 221 mg/100 g으로 전초뿐 아니라 구근보다 낮은 활성을 나타내는 것을 알 수 있었다. 또한, 양파 전초가 6월 수확한 구근보다 높아서 25주에 수확한 양파를 부위별로 항산화 활성은 조사하여 Fig. 2(B)에 나타내었고 그 결과, 25주에 수확한 전초 중 지상부인 잎의 항산화 활성이 높아 전초의 항산화 활성에 영향을 미쳐 전초가 구근보다 유의적으로 높다는 것을 알 수 있었다($p<0.05$).

3.7. 품종별 플라보노이드 함량 및 항산화 활성

양파를 생장시기별로 플라보노이드 화합물 함량 및 항산화 활성을 분석한 결과 6월 수확한 구근이 전초보다 그 함량이 낮은 것을 알 수 있었다(Table 6, 7). 따라서 양파의 주요 생리활성을 나타내는 플라보노이드 화합물과 항산화 활성에 대해 품종별로도 동일한 결과를 보이는지 확인하기 위해, 4가지 품종별로 25주차에 수확한 전초와 6월 수확한 구근에서 분석한 결과를 Fig. 3(A), (B)에 나타내었다.

플라보노이드 화합물 함량 중 quercetin 및 spiraeoside는 모든 품종에서 전초가 구근보다 모두 유의적으로 높았다. 그러나 isorhamnetin은 전초보다 6월 수확한 구근에

서 그 함량이 더 높은 것을 알 수 있었다. 품종별로 살펴보면, 금송이 > 아리아리랑 > 킹콩 > 대칸마루 순으로 높은 것을 알 수 있었고, 성분별로 살펴보면 quercetin > spiraeoside > isorhamnetin 순으로 높은 것을 알 수 있었다. 특히 가장 함량이 높았던 금송이 품종의 전초는 quercetin, spiraeoside, isorhamnetin 모두 유의적으로 가장 높은 함량을 나타냈고($p<0.05$), 구근과 그 차이가 3.0, 2.1배이었다.

항산화 활성은 금송이 품종을 제외하고 전초와 구근에서 유의적인 차이가 있었는데, 대칸마루와 아리아리랑은 전초가 구근보다 높았고 킹콩은 구근이 전초보다 더 높은 활성을 나타내는 것을 알 수 있었다. 또한 품종별로 살펴보면, 금송이 > 아리아리랑 > 대칸마루 > 킹콩 순으로 금송이 품종에서 가장 높아, 이는 플라보노이드 화합물 함량과 동일한 결과를 나타냈다. 6월 수확한 구근에서의 활성은 금송이 > 킹콩, 대칸마루 > 아리아리랑 순으로 아리아리랑 품종에서 가장 낮아 이 역시 플라보노이드 함량과 동일한 결과를 나타냈다.

위 결과를 토대로 모든 양파 품종을 대표할 수 없지만 4가지 품종 모두 25주차에 수확한 전초가 6월 수확한 양파 구근보다 플라보노이드 함량과 항산화 활성이 더 높은 것을 알 수 있었고, 그 중 금송이 품종이 가장 높았다. 금송이 품종의 잎은 직립이고 길이가 매우 길고 직경이 굵으며 진한 녹색으로 낱질이 강한 특성을 가지고 있어서(KSVS, 2023) 전초로 사용하기 더욱 적합할 것으로 판단된다.

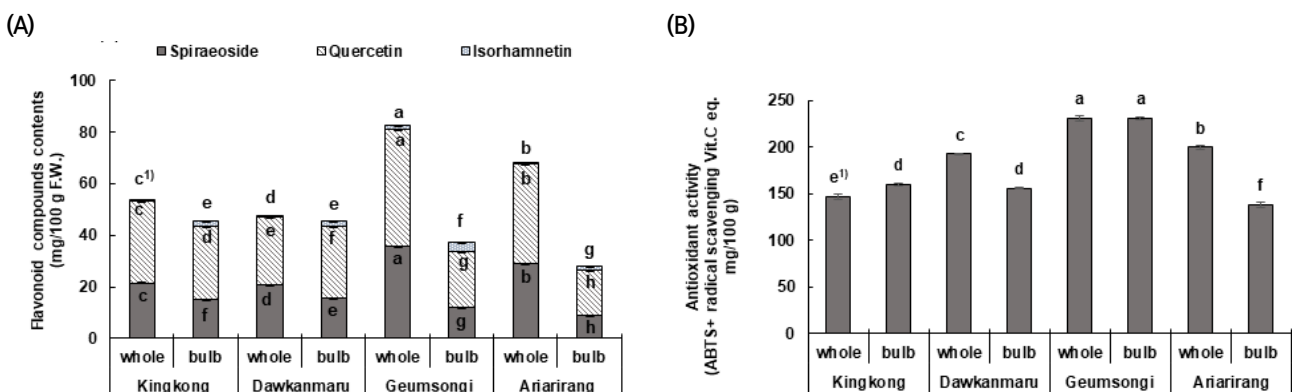


Fig. 3. Flavonoid compounds contents (A) and antioxidant activity (B) of whole onion and onion bulb by cultivars. Only spiraeoside, quercetin and total sum among the flavonoid compounds were subjected to statistical processing. ¹⁾Means with different superscripts within each bar are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

4. 요약

양파는 한국인의 식생활에 필수적인 채소로 항산화작용, 심혈관계 질환 예방, 항혈전, 혈당 저하, 항염과 항알레르기 등의 다양한 유용 생리활성이 알려져 있다. 하지만 생산-수요의 불균형으로 인한 문제가 매년 나타나고 있다. 따라서 본 연구에서는 양파의 이용성을 극대화하고자, 양파 전초의 우수성을 확인하고 양파의 사용 목적에 따른 수확시기 확립을 위해 생육시기별 영양성분, 기능성성분 및 항산화 활성을 분석하였다. 일반성분은 탄수화물을 제외하고 6월 수확 시기에 가까워질수록 감소하는 경향을 보여 전초가 구근보다 높은 함량을 나타냈다. 유리당은 glucose > fructose > sucrose로 구성되어 있으며 6월 수확시기에 증가하여 구근이 전초보다 높은 함량을 나타냈다. 무기성분은 P, Cu를 제외하고 구근보다 전초가 높은 경향을 보였다. 유기산은 malic acid > citric acid > oxalic acid로 구성되어 있었고 전초가 구근보다 높은 함량을 보였다. 총플라보노이드 함량은 생장할수록 유의적으로 감소하여 6월 수확한 구근에서 가장 낮은 함량을 나타냈다. 플라보노이드 화합물은 spiraeoside > quercetin > isorhamnetin로 구성되어 있었고, isorhamnetin을 제외한 두 성분은 전초가 구근보다 더 높은 함량을 나타냈다. 총엽록소 함량은 생장할수록 감소하였지만 전초가 구근보다 높은 함량을 나타냈으며, 총 thiosulfinate 함량은 생장할수록 감소하다 다시 증가하여 초기 전초와 구근은 비슷한 함량을 나타냈다. 항산화 활성 역시 전초가 구근보다 높은 함량을 나타냈다. 양파의 품종별로 플라보노이드 화합물과 항산화 활성을 비교한 결과, 모든 품종에서 25주에 수확한 전초가 6월 수확한 구근보다 값이 더 높은 것을 알 수 있었다. 결론적으로, 유리당과 일부 무기성분을 제외한 영양성분과 기능성성분, 항산화 활성은 6월 수확한 구근보다 이전에 수확한 전초에서 그 함량이 높아, 6월 수확기 이전 시기의 양파 전초는 식품으로서 활용 가치가 우수하다고 판단되었다. 특히 21주 이전의 전초는 영양성분이 대파보다 뛰어났으며, 23주 이후의 전초는 기능성 성분 및 항산화 활성이 구근과 대파보다 더 뛰어난 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 양파 전초는 영양성분 및 녹색이 목적인 가공 제품에 이용하기 위해 21주 이전에 수확하고, 기능

성성분 및 항산화 활성이 목적인 가공 제품에 이용하기 위해 23주 이후에 수확하는 것이 바람직 할 것으로 생각된다.

Acknowledgements

This research was supported by the R&D grant (RS-2021-RD009901) from the Rural Development Administration, Republic of Korea.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Lee SK, Lee YS. Methodology: Lee SK, Kim SJ, Ma KC, Lee JW. Formal analysis: Lee SK, Lee YS, Ji SH, Kim JH, Kim PH. Writing - original draft: Lee SK. Writing - review & editing: Lee SK.

Ethics approval

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

ORCID

Sun-Kyung Lee (First & Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0002-9295-3778>

You-Seok Lee

<https://orcid.org/0000-0002-6885-8930>

Soo-Hyun Ji

<https://orcid.org/0000-0002-3559-2152>

Pyo-Hyeon Kim

<https://orcid.org/0000-0002-7853-0410>

Ju-Hyun Kim

<https://orcid.org/0009-0002-0567-0436>

Seong-Jun Kim

<https://orcid.org/0009-0005-0054-8572>

Kyung-Cheol Ma

<https://orcid.org/0000-0002-6908-8659>

Jin-Woo Lee

<https://orcid.org/0000-0001-5902-8241>

References

- Augusti KT. Therapeutic values of onions (*Allium cepa* L.) and garlic (*Allium sativum* L.). Indian J Experimental Biology, 34, 634-640 (1996)
- Bang HA, Cho JS. Antioxidant effects on various solvent extracts from onion peel and onion flesh. J Korean Diet Assoc, 4, 14-19 (1998)
- Benkeblia N, Varoquaux P. Effect of nitrous oxide (N_2O) on respiration rate, soluble sugars and quality attributes of onion bulbs *Allium cepa* cv. Rouge Amposta during storage. Postharvest Biol Technol, 30, 161-168 (2003)
- Block E, Naganathan S, Putman D, Zhao SH. Allium chemistry: HPLC analysis of thiosulfates from onion, garlic, wild garlic (ramson), leek, scallion, shallot, elephant (great-headed) garlic, chive, and Chinese chive. Uniquely high allyl to methyl ratios in some garlic samples. J Agric Food Chem, 40, 2418-2430 (1992)
- Cavallito CJ, Bailey JH. Alliin, the antibacterial principle of *Allium sativum*. Isolation, physical properties, and antibacterial action. J Am Chem Soc, 66, 1950-1956 (1944)
- Choi OS, Bae TJ. Processing of oleoresin onion. Korean J Food Nutr, 10, 302-308 (1997)
- Choi SC. Onion yield estimation using spatial panel regression model. Korean J Appl Stat, 29, 873-885 (2016)
- Darbyshire B. Changes in the carbohydrate content of onion bulbs stored for various times at different temperatures. J Hort Sci, 53, 195-201 (1977)
- Darbyshire B, Henry RJ. The association of fructans with high percentage dry weight in onion cultivars suitable for dehydrating. J Sci Food Agr, 30, 1035-1038 (1979)
- Dewitt JC, Notermans S, Gorin N, Kampelmacher EH. Effect of garlic oil or onion oil on toxin production by *Clostridium botulinum* in meat slurry. J Food Prot, 42, 222-224 (1979)
- Do YS, Whang HJ, Ku JE, Yoon KR. Organic acids content of the selected Korean apple cultivars. Korean J Food Sci Technol, 37, 922-927 (2005)
- Donner H, Gaob L, Mazzab G. Separation and characterization of simple and malonylated anthocyanins in red onions, *Alliurn cepa* L. Food Res Int, 30, 637-643 (1997)
- Friedman M, Roitman JN, Kozukue N. Glycoalkaloid and calystegine contents of eight potato cultivars. J Agric Food Chem, 51, 2964-2973 (2003)
- Han J, Lawson L, Han G, Han PA. A spectrophotometric method for quantitative determination of alliin and total garlic thiosulfates. Anal Biochem, 225, 157-160 (1995)
- Hop WC, Welton AF, Fielder-Nagy C, Batula-Bernardo C, Coffey JE. *In vitro* inhibition of the biosynthesis of slow reacting substances of anaphylaxis (SRS-A) and lipoxygenase activity of quercetin. Biochem Pharmacol, 32, 367-371 (1983)
- Hwang EJ. Analysis of chemical composition and antioxidant activity of onion (*Allium cepa* L.) Cultivars. MS Thesis, Chonnam National University, Korea, p 1-26 (2015)
- Jaime L, Martin-Cabrejas MA, Molia E, Lopez-Andreu FJ, Esteban RM. Effect of storage on fructan and fructooligosaccharide of onion (*Allium cepa* L.). J Agric Food Chem, 49, 982-988 (2001)
- Jeong YJ, Jeong EJ, Jeon SY, Cha YJ. Changes of volatile compounds in concentrated onion extracts (ONIWELLTM) during storage. J Life Sci, 20, 113-118 (2010)
- Kee HJ, Park YK. Preparation and quality properties of extruded snack using onion pomace and onion. Korean J Food Sci Technol, 32, 578-583 (2000)
- Kim HD. Quality characteristics of fermented products added with onion juice and pomace. Ph D Thesis, Gyeongsang National University, Korea, p 1-3 (2019)
- Kim IJ, Kim CS. Isolation and sequence characteristics of sucrose phosphate synthase cDNA from citrus. J Subtropical Agri & Biotech, 23, 71-77

- (2007)
- Kim JH, Kim JS, Kim SH, Jeong SH, Jeong UY, Jung JE, Lee SK, Lee SH. Antioxidant and anti-inflammatory effects of ethanol extract from whole onion (*Allium cepa* L.) with leaves. *Agriculture*, 12, 963 (2022)
- Kim KI, Hwang IG, Yu SM, Min SG, Lee SY, Choi MJ. Effect of various pretreatments methods under physicochemical and nutritional properties of onions. *Food Eng Prog*, 18, 382-390 (2014)
- Kim YK, Lee ES, Han JG, No MG, Lim DG, Jung JY, Park YS. Improvement of total chlorophyll analytical methods for the chlorella products with extended products types. *J Food Hyg Saf*, 26, 70-75 (2011)
- KOSIS. Available from: <https://kosis.kr/index/index.do>. Accessed Jun. 10, 2023.
- KSVS. Korea seed & variety service. Available from: <https://www.seed.go.kr/seed/270/subview.do>. Accessed Aug. 10, 2023.
- Kyeon HR. Quality characteristics of onion jam with added fructo-oligosaccharides. MS Thesis, Sejong University, Korea, p 1-2 (2015)
- Lee HY. Comparison of quality and functional properties of domestic onions during storage. MS Thesis, Changwon National University, Changwon, Korea, p 16-18 (2006)
- Leighton T, Ginther C, Fluss L, Harter WK, Cansado J, Notario V. Molecular characterization of quercetin and quercetin glycosides in *allium* vegetables. *ACS Cent Sci*, 16, 220-238 (1992)
- Lim SS. Optimization modeling of Sulgi added with onion peel using response surface method and quality characteristics of Sulgi added with red onion. Ph D Thesis, Dong-A University, Korea, p 1-2 (2017)
- MFDS. Detection and quantitation of moisture, ash, protein, carbohydrate, fat in foods. Food code. Available from: <https://www.mfds.go.kr>. Accessed Jun. 10, 2021.
- MOHW. 2020 Dietary Reference Intakes for Koreans: Minerals, p 16-17 (2020)
- Moon JS, Kim HD, Ha IJ, Lee SY, Lee JT, Lee SD. Chemical component of red onion (*Allium cepa* L.) according to cultivars and growing areas. *Kor J Hort Sci Technol*, 28, 921-927 (2010)
- Park BS, Han SH, Lee JY, Chung YS. Evaluation of *in vivo* genotoxicity of plant flavonoids, quercetin and isoquercetin. *J Food Hyg Saf*, 31, 356-364 (2016)
- Randle WM, Kopsell DE, Kopsell DA. Consideration for implementing pungency field testing and its practical implications. In: *Proceedings of the 1998 National Onion Research Conference*, p 171-173 (1998)
- RDA. 9th Revision Korean Food Composition Table I, II. p 150 (2016)
- Rhim SC, Lim TJ. The hepatoprotective and antioxidative effects of onion (*Allium cepa*) Extracts in rat hepatocyte primary culture. *Korean J Plant Res*, 18, 470-478 (2005)
- Roberta R, Nicoletta P, Anna P, Ananthb P, Min Y, Catherine RE. Antioxidant activity applying and an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med*, 26, 1231-123 (1999)
- Small LD, Bailey JH, Cavallito CJ. Alkyl thiosulfinates. *J Am Chem Soc*, 69, 1710-1716 (1947)
- Suzuki M, Cutcliffe JA. Fructans in onion bulbs in relation to storage life. *Can J Plant Sci*, 69, 1327-1333 (1989)
- Yang JS, Kim BS, Kim HN. A causality analysis of the different types of onion prices. *J Korea Acad-Ind Coop Soc*, 21, 440-447 (2020)
- Ying HZ, Liu YH, Yu B, Wang ZY, Zang JN, Yu CH. Dietary quercetin ameliorates nonalcoholic steatohepatitis induced by a highfat diet in gerbils. *Food Chem Toxicol*, 52, 53-60 (2013)