

## 마늘의 조리방법에 따른 S-Allyl-L-Cysteine 함량 변화

- 연구노트 -

이상훈 · 정윤숙 · 황경아 · 송진 · 노건민 · 황인국

농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부

### Effect of Cooking Methods on S-Allyl-L-Cysteine Content of Garlic

Sang Hoon Lee, Yun Sook Jeong, Kyung-A Hwang, Jin Song, Geon Min Noh, and In Guk Hwang

Department of Agrofood Resources, National Academy of Agricultural Sciences,  
Rural Development Administration

**ABSTRACT** This study investigated changes in the S-allyl-L-cysteine (SAC) content of garlic using different cooking methods. Methods for determining SAC were validated by determining specificity, linearity, limit of detection (LOD), limit of quantification (LOQ), precision, and accuracy using an high-performance liquid chromatography-fluorescence detection system. Results showed high linearity in the calibration curve with a coefficient of correlation ( $R^2$ ) of 0.9999. The LOD and LOQ values for SAC were 0.15 and 0.47  $\mu\text{g/mL}$ , respectively. The relative standard deviations for intra- and inter-day precision of SAC were less than 5%. The recovery rate of SAC was in the range from 97.35% to 97.47%. The SAC content of raw garlic was 2.77 mg/g, and there was no significant difference in SAC content according to blanching and microwave treatment. However, SAC content upon boiling and autoclaving at 110°C and 121°C increased from 3.50~9.16 mg/g, 6.52~16.21 mg/g, and 14.15~50.24 mg/g with increasing cooking temperature and time, respectively.

**Key words:** garlic, S-allyl-L-cysteine, cooking methods, method validation

## 서론

마늘(*Allium sativum* L.)은 백합과(Liliaceae) 과속(*Allium*)의 식물로서 조미료, 향신료 및 의약품의 원료로 사용되고 있으며(1), 2015년 식품의약품안전처로부터 고시형 건강기능식품원료로 등록되어 그 활용도가 증가할 것으로 예상된다. 우리나라에서는 주로 향신료로서 김치, 나물, 절임류, 국(찌개) 등 식문화 전반적으로 소비되고 있으며, 식생활 수준의 향상에 따라 마늘의 기능성과 관능성이 향상된 분말, 추출물 및 숙성제품 등이 다양하게 개발·판매되고 있다.

마늘의 효능을 나타내는 주요 성분은 유황화합물(organo-sulfur compounds)로서 alliin, isoalliin 및 methiin 등 3종의 S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides류(0.6~1.9%)와  $\gamma$ -glutamyl-L-cysteine 유도체 펩타이드류  $\gamma$ -glutamyl-S-1-propenyl-cysteine(GSPC) 및  $\gamma$ -glutamyl-S-allyl-cysteine(GSAC)과 이들의 반응생성물인 S-allyl-L-cysteine(SAC), allicin, diallyl sulfide(DAS), diallyl disulfide(DADS), diallyl trisulfide(DATS), dithiin, ajoene 등이 있

다(2). 마늘의 alliin은 가공 시 세포 내에 존재하는 alliinase가 활성화되어 allicin, pyruvic acid 및 ammonia로 분해되고, allicin은 다시 pyruvic acid와 작용하여 DAS, DADS, DATS의 저급 황화합물 및 카르보닐 화합물을 생성함으로써 마늘 특유의 독특한 향기성분과 매운맛을 발생한다(3). 또한, SAC는 저장, 숙성 및 가공과정 중  $\gamma$ -glutamyl trans-peptidase( $\gamma$ -GTP)에 의해 GSAC로부터 생성된다(4). 이러한 SAC는 혈중 포도당 수준의 조절(5,6), 심혈관질환 개선 효과(7,8), 혈중 지질 개선 효과(9,10), 뇌질환 및 인지기능 관련 연구(11-13)가 보고됨에 따라 마늘의 주요 기능성분으로 여겨지고 있다.

가공과정 중 마늘 유황화합물의 변화를 살펴본 연구로는 Hong 등(14)이 단양과 남도산 마늘을 마쇄, 삶기 및 전자레인지 처리하여 alliin 함량 변화를 살펴보았으며, Bae와 Chun(15,16)은 마늘의 조리조건(찌기, 삶기, 볶기, 튀기기, 전자레인지 및 압력솥 조리)과 저장조건(상온, 냉장 및 냉동)에 따른 DAS, DADS 및 DATS 등의 휘발성 황화합물 7종의 함량 변화를 관찰하였다. 또한, Chung과 Kim(17)은 산지별 마늘을 데치기, 볶기, 간장 및 고추장 절임의 방법으로 조리한 후 allicin 함량을 측정하였다. Sohn 등(10)은 고온고압처리에 따른 마늘의 alliin, allicin 및 SAC의 함량을 평가한 결과 alliin과 allicin은 생마늘보다 함량이 감소하였으나 SAC는 2배가량 증가하였다고 보고하였으며, 숙성 시

Received 12 April 2016; Accepted 24 June 2016

Corresponding author: In Guk Hwang, Department of Agrofood Resources, National Academy of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Jeonbuk 55365, Korea  
E-mail: ighwang@korea.kr, Phone: +82-63-238-3672

SAC 함량은 숙성 초기에 증가하였지만 이후 감소하였다고 보고하였다(18). 이처럼 마늘의 SAC 함량은 가공방법에 따라 그 함량 변화가 다양하지만 대부분의 연구에서는 조리방법의 수준이 단일화되어 있으며, alliin과 allicin의 함량 변화를 관찰하는 데 초점이 맞춰져 있어 다양한 생리활성을 갖는 SAC의 조리과정 중 변화에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

마늘의 유용성분 섭취와 이에 따른 다양한 생리활성 증진 효과를 기대하기 위해서는 정유(oils), 추출물(ethanol based extracts), 분말(dried powders) 및 숙성마늘(aged garlics) 등의 형태로 섭취하는 것이 바람직하지만 대부분의 마늘은 데치기, 삶기, 굽기 등의 조리된 형태로 섭취하고 있으므로 조리방법 및 그 수준에 따른 SAC 함량 변화에 관한 연구가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 마늘의 중요한 기능성분 중 하나인 SAC의 함량 분석을 위한 분석법의 유효성 검증(method validation)을 통하여 분석 결과의 신뢰도를 확보하고, 조리방법(데치기, 삶기, 전자레인지 및 고압멸균)에 따른 마늘의 SAC 함량을 비교 분석하여 기초자료 및 효율적인 조리방법을 제시하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 시약

본 연구에 사용한 마늘은 2015년 5월 경북 의성에서 재배된 통마늘을 구입하여 시료로 사용하였다. S-Allyl-L-cysteine은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA), AccQ-Fluor™ reagent kit과 AccQ-Tag™ Eleunt A 및 B는 Waters(Milford, MA, USA)에서 구입하였다. 그 밖의 시약은 analytical 및 HPLC 등급을 사용하였다.

### 마늘의 조리 및 추출물 제조

통마늘은 상처가 나지 않도록 유의하여 껍질과 이물질을 제거하고 곧바로 조리 및 추출을 진행하였다. 마늘의 조리방법은 일반적으로 사용하는 범위(10,14,15,17)에서 데치기, 삶기, 전자레인지 및 고압멸균 처리하였다. 데치기(blanching)는 깎마늘 100 g을 끓는 물에 넣고 1, 2 및 3분간 열처리하였고, 삶기(boiling)는 깎마늘 100 g을 끓는 물에 넣고 15, 30 및 60분간 열처리하였다. 전자레인지(microwave) 처리는 깎마늘 100 g을 유리 용기에 넣고 전자레인지(MW209 QB, LG Electronics, Seoul, Korea)를 이용하여 700 W의 출력으로 1, 2 및 3분간 처리하였고, 고압멸균(autoclaving) 처리는 깎마늘 100 g을 내열성 용기에 담고 고압멸균기(SJ-220A100, Sejong Scientific Co., Bucheon, Korea)를 이용하여 100°C와 121°C에서 각각 15, 30 및 60분간 처리하였다. 각 처리구별 마늘은 -70°C에서 냉동시킨 후 동결건조(Lyoph-Pride, IShinBioBase Co., Ltd., Dongducheon, Korea) 하고 분쇄(SMX-6500JS, Shinil Co., Ltd., Seoul, Korea)하여 시료로 사용하였다.

조리방법별 마늘 추출물 제조는 동결건조 한 마늘 1 g에

증류수 30 mL를 넣고 15분간 초음파 추출(Ultrasonic Cleaner, WUC-A22H, 40 kHz, 300 W, Daihan Scientific Co., Ltd., Wonju, Korea)한 후 3,000 rpm에서 5분간 원심분리(Union 55R, Hanil Science Industrial Co., Incheon, Korea) 하여 상등액을 회수하였다. 위 과정을 3회 반복하여 회수한 상등액을 여과지(Whatman No. 2, GE Healthcare, Buckinghamshire, UK)로 감압 여과한 후 최종 100 mL로 정용하여 분석시료로 사용하였다.

### SAC의 유도체화 및 HPLC 분석

조리방법별 마늘의 SAC 함량은 Waters AccQ-Fluor™ reagent kit을 사용하여 분석하였다(19). 즉 0.2 µm nylon membrane filter로 여과한 마늘 추출물 10 µL에 70 µL의 AccQ-Tag Fluor borate buffer를 넣고 20 µL의 AccQ-Fluor reagent를 넣어주어 몇 초간 vortex를 실시하였다. 이후 1분간 실온 방치한 다음 55°C의 water bath에서 10분간 반응 후 HPLC(Waters 2690, Waters)를 이용하여 분석하였다. HPLC 분석조건은 C18 column(Mightysil RP-18 GP column, 4.6×250 mm, 5 µm, Kanto Chemical, Tokyo, Japan)을 사용하였고, 검출기는 FLD(Exλ: 250 nm, Emλ: 395 nm)를 사용하였으며, 이동상은 A를 AccQ-Tag A 용매, B를 AccQ-Tag B 용매로 하여 A:B 초기 비율을 90:10으로 시작하여 30분에 30:70, 31분에 0:100, 40분에 0:100, 41분에 90:10 초기 용매 조성으로 하여 50분간 유지하는 비율의 gradient system을 사용하였다. 유속은 0.6 mL/min이었으며, 반응액은 10 µL를 주입하여 분석하였다.

### 분석법의 유효성 검증(method validation)

SAC에 대한 분석법의 유효성은 의약품 등 분석법의 밸리데이션에 대한 가이드라인(20)을 근거로 하여 특이성(specificity), 직선성(linearity), 검출한계(limit of detection, LOD), 정량한계(limit of quantification, LOQ), 정밀성(precision), 정확성(accuracy) 및 회수율(recovery)을 통해 검증하였다. 특이성은 SAC 표준용액과 마늘 추출물을 유도체화시킨 후 HPLC로 분석하여 크로마토그램상의 머무름 시간(retention time)을 비교하여 확인하였다. 직선성은 SAC 표준용액을 1.5625~50 µg/mL의 농도(6단계)로 희석한 후 유도체화시켜 HPLC로 6회(1회/1일) 반복 분석하여 표준용액의 피크 면적과 농도를 변수로 작성한 검량선의 상관계수( $R^2$ ) 값을 이용하여 직선성을 확인하였다. 또한, 분석물의 SAC에 대한 검출 및 정량이 가능한 최저 농도를 확인하기 위한 검출한계는  $3.3 \times \sigma/s$  ( $\sigma$ : 반응의 표준편차,  $s$ : 표준검량선의 기울기), 정량한계는  $10 \times \sigma/s$  식을 이용하여 계산하였다. 정밀성은 일내시험(intra-day test)과 일간시험(inter-day test)으로 나누어 실험하였다. 일내시험은 하루 동안 6회의 추출 및 분석을 반복 측정된 결과이며, 일간시험은 6일 동안 하루에 3회의 추출 및 분석을 반복하여 얻은 결과의 상대표준편차(relative standard deviation, RSD)를 측

정하여 평가하였다. 정확성은 회수율(recovery) 시험을 통하여 확인하였고, SAC 표준용액은 1.0, 1.5 및 2.0 mg/mL의 농도로 준비하여 사용하였다. 각각의 SAC 표준용액 1 mL를 추출 전 시료에 첨가하고, SAC 추출 과정에 따라 추출한 뒤 유도체화 및 HPLC 분석을 통하여 얻은 각각의 농도의 비를 이용하여 아래의 공식에 의해서 회수율을 계산하였다.

$$\text{Recovery (\%)} = \frac{C_{\text{spiked sample}} - C_{\text{sample}}}{C_{\text{add}}} \times 100$$

여기에서  $C_{\text{spiked sample}}$ 은 SAC 표준용액을 첨가한 시료의 SAC 농도,  $C_{\text{sample}}$ 은 시료의 SAC 농도,  $C_{\text{add}}$ 는 첨가한 SAC 농도이다.

### 통계처리

통계분석은 SPSS(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계프로그램을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 처리구 간의 차이 유무를 one-way ANOVA(analysis of variation)로 분석한 뒤 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성을 검정하였다( $P=0.05$ ).

## 결과 및 고찰

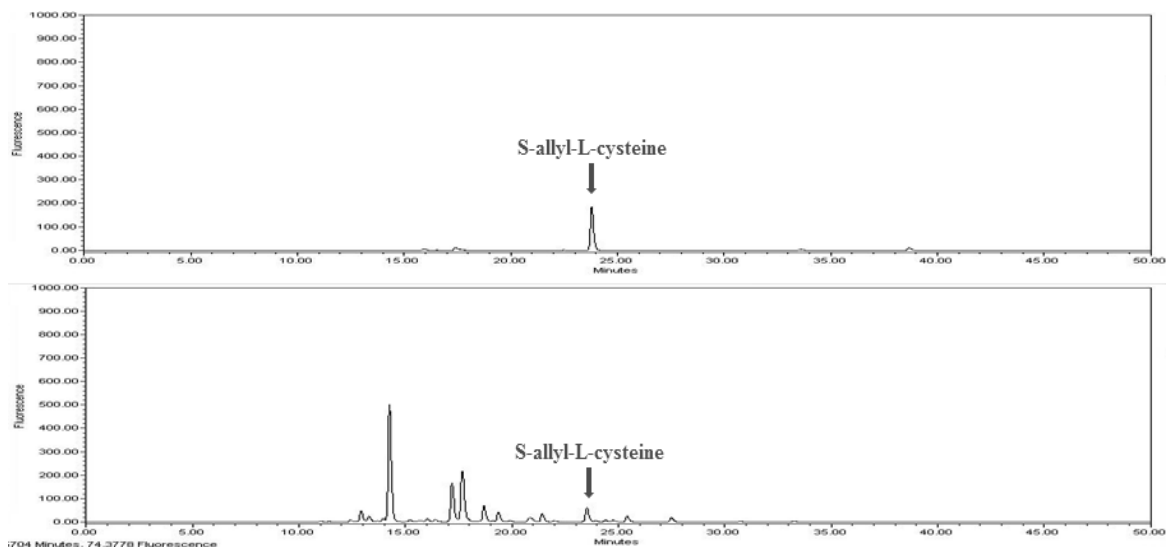
### 특이성

특이성은 불순물, 분해물, 배합성분 등 여러 가지 다른 성분들이 혼합된 추출물 중 목표성분만을 선택적으로 정성 및 정량 분석할 수 있는지를 확인하기 위한 것이며, SAC 표준용액과 마늘 추출물 중 SAC의 머무름 시간을 비교하여 평가하였다(20). 표준용액과 마늘 추출물에서 SAC의 머무름 시간은 각각 23.54분과 23.50분으로 같은 물질이며 단일

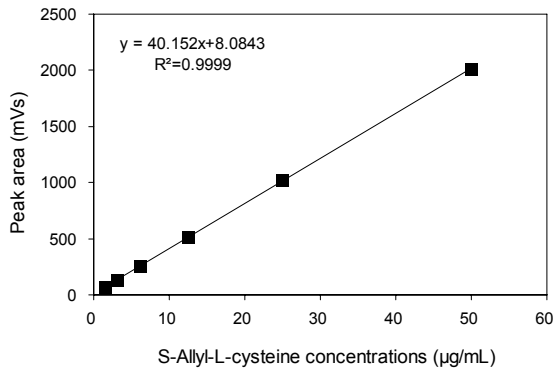
피크로 분리되는 것을 확인하였다(Fig. 1). Bae 등(19)은 생마늘과 흑마늘로부터 SAC 함량을 정량 분석하기 위한 분석법 개발 연구에서 HPLC-UVD(ultraviolet detection)의 경우 크로마토그램의 베이스라인이 불안정하고 전처리과정에서 생성된 방해 성분들로 인하여 만족스럽지 못한 분리능을 보였으나, 마늘 추출물을 AccQ-Tag<sup>TM</sup>으로 유도체화시킨 후 HPLC-FLD(fluorescence detection)로 분석한 결과 베이스라인의 안정화는 물론 SAC 피크의 분리도 역시 우수하다고 보고하였다. 또한, Lee 등(21)은 마늘 추출물을 dansyl chloride(Dns-Cl)로 유도체화시킨 결과 HPLC-UVD의 분리능을 개선할 수 있으며, Dns-Cl 유도체 생성물이 LC-ESI/MS(electrospray ionization/mass chromatography)의 감도를 높여 보다 정밀한 분석이 가능하다고 보고하였다.

### 직선성, 검출한계 및 정량한계

추출물 중 일정 농도 범위에 있는 SAC 함량에 대하여 직선적인 측정값을 얻어낼 수 있는지를 평가하기 위하여 농도별로 제조한 SAC 표준용액의 직선성을 평가하였다(20). 표준검량선은 Fig. 2와 같이 1.5625~50 µg/mL 농도에서 상관계수(correlation coefficient,  $R^2$ )가 0.9999로 높은 직선성을 보였다. 또한, 반응의 표준편차와 표준검량선의 기울기로 나타난 검출한계와 정량한계는 각각 0.15 µg/mL와 0.47 µg/mL로 나타났다. Yoo 등(22)은 HPLC-UVD 시스템에서 SAC를 2.3~281 µg/mL의 농도 범위로 분석한 결과 상관계수는 0.999로 높았으나 검출한계와 정량한계는 각각 0.65 µg/mL와 1.97 µg/mL로 본 연구 결과보다 높게 나타났다. 또한, Bae 등(19)의 연구에서는 HPLC-FLD 분석 결과의 상관계수가 0.9993으로 HPLC-UVD의 0.9980보다 높게 나타났으며, 검출한계와 정량한계 역시 HPLC-FLD가



**Fig. 1.** HPLC chromatogram of S-allyl-L-cysteine (SAC) standard solution (top) and garlic extract (bottom). The retention times of SAC in standard solution and garlic extract were 23.54 and 23.50 min, respectively.



**Fig. 2.** Calibration curve of *S*-allyl-L-cysteine (SAC) standard solution.

6.28 µg/mL와 19.02 µg/mL로 HPLC-UVD의 29.67 µg/mL와 89.91 µg/mL보다 낮게 나타났으나 역시 본 연구 결과보다 높았다. Lee 등(21)은 Dns-Cl로 유도체화시킨 마늘 추출물의 직선성을 검토한 결과 HPLC-UVD와 LC-ESI/MS에서 각각 0.998과 0.999로 높은 상관계수를 보였으며, 검출한계와 정량한계는 LC-ESI/MS에서 0.02 µg/mL와 0.07 µg/mL로 HPLC-UVD의 0.23 µg/mL와 0.71 µg/mL보다 낮게 나타났다고 하였다. 따라서 HPLC 시스템을 이용하여 SAC를 분석할 경우 유도체화시킨 후 FLD로 검출하는 것이 바람직하다고 판단된다.

### 정밀성 및 정확성

균일한 시료로부터 여러 번 채취하여 얻은 시료를 정해진 조건에 따라 반복 분석하였을 때 분석물질에 대한 각각 측정치 간의 근접성을 확인하였다(20). 일내시험은 하루 동안 6회의 추출 및 분석을 반복 측정한 결과이며, 일간시험은 6일 동안 하루에 3회의 추출 및 분석을 반복하여 얻은 결과의 RSD를 측정하여 Table 1에 나타내었다. SAC 표준물질에 대한 일내와 일간분석 모두 RSD가 각각 3.22%와 1.83%로 5% 이하의 우수한 정밀성을 확인하였다. Yoo 등(22)은 HPLC-UVD 시스템에서 SAC에 대한 일내 및 일간 분석 결과 RSD가 각각 1.07~2.76%와 5.03~5.04%로 양호한 정밀성을 나타냈다고 하였으나, Bae 등(19)은 UVD를 이용한 결과 일내 및 일간 정밀성이 6.70~9.37%와 7.08~7.90%로 정밀성이 낮게 나타났으며, Dns-Cl로 유도체화 후 UVD로 분석한 결과에서도 일내 정밀성은 0.5~1.6%로 우수하였으나 일간 정밀성이 11.2~14.3%로 매우 불량하다고 하였다(21). 이는 분석 시 추출물에 함유된 SAC의 농도, 전처리

**Table 1.** Intra- and inter-day precision data of *S*-allyl-L-cysteine (SAC) in garlic

Parameters	SAC (mg/g)	
	Mean±SD	RSD <sup>1)</sup> (%)
Intra-day test (n=6)	2.76±0.09	3.22
Inter-day test (n=6)	2.71±0.05	1.83

<sup>1)</sup>RSD: relative standard deviation (RSD=SD/mean×100).

**Table 2.** Accuracy (% recovery) data of *S*-allyl-L-cysteine in garlic

Original quantity (mg/g)	Spiked quantity (mg)	Observed quantity (mg/g)	Recovery <sup>1)</sup> (%)	RSD <sup>2)</sup> (%)
	1.00	3.76±0.03	97.35±3.40	3.49
2.76±0.09	1.50	4.22±0.03	97.36±2.06	2.11
	2.00	4.71±0.04	97.47±2.22	2.27

<sup>1)</sup>Recovery (%)=[(observed quantity - original quantity) / spiked quantity] × 100.

<sup>2)</sup>RSD: relative standard deviation (RSD=SD/mean×100).

및 가공과정 시 발생하는 방해성분의 유무에 의한 것으로 판단된다. 또한, Bae 등(19)은 FLD에 의한 분석 결과 일내 및 일간 정밀성이 1.22~1.67%와 1.23~1.82%로 높게 나타났다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

정확성은 일정량(1.0, 1.5 및 2.0 mg)의 표준물질을 시료에 첨가한 후 추출 및 분석 과정에서 회수되는 양을 확인하여 회수율이 90~110% 범위, RSD가 5% 이하를 만족하는지를 평가하였다(20). SAC의 회수율은 Table 2와 같이 97.35~98.69% 범위였으며, RSD는 2.11~3.49%로 나타났다. 타 보고에 의하면 HPLC-UVD 시스템의 경우 회수율이 82.44~86.81%(22), 105.28~110.19%(19) 및 92.0~107.8%(21)로 나타났고, HPLC-FLD 시스템은 98.51~102.8%(19)였으며, LC-ESI/MS 시스템은 93.6~102.1%(21)로 나타나 마늘 추출물의 유도체와 여부 및 검출기에 상관없이 높은 회수율을 보였다.

### 조리방법별 SAC 함량 변화

조리방법 및 수준에 따른 마늘의 SAC 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 생마늘의 SAC 함량은 2.77 mg/g이었으며, 조리시간이 비교적 짧은 데치기와 전자레인지 처리 시에는 각각 1.85~2.70 mg/g과 1.83~3.82 mg/g으로 큰 차이를 보이지 않았다. 삶기의 경우 조리시간이 증가함에 따라 3.50~9.16 mg/g으로 SAC 함량이 유의적으로 증가하였다. 고압멸균 처리 역시 조리시간이 길어질수록 SAC 함량이 증가하는 경향을 보였으며, 특히 121°C에서 60분간 처리한 결과 50.24 mg/g으로 생마늘보다 약 18배가량 함량이 증가하였다. Sohn 등(10)은 마쇄한 마늘과 고온고압처리(120°C/20분) 한 통마늘의 alliin, allicin 및 SAC의 함량을 평가한 결과 alliin과 allicin은 생마늘에 비하여 함량이 감소하였으나 SAC는 2배가량 증가하였다고 하였다. 또한, Chihara 등(23)의 연구에서는 마늘을 고온고압처리(110~130°C/30~150분) 한 결과 SAC 함량이 생마늘의 0.5 mg/g에서 110°C/30분과 110°C/150분 처리구에서 각각 1.76 mg/g과 3.48 mg/g으로 증가하였으며, 130°C/60분 처리에서는 4.59 mg/g으로 함량이 크게 증가한 후 열처리 시간이 증가하면서 감소하는 경향이었다고 하였다. 또한, Bae 등(24)은 온도(40~85°C)와 기간(45일)을 달리하여 숙성시킨 마늘의 SAC 함량을 분석한 결과 숙성이 진행됨에 따라 SAC 함량은 크게 증가하였으며 낮은 숙성온도 처리구에서 더 높은 함량

**Table 3.** The content of S-allyl-L-cysteine (SAC) in garlic using different cooking methods

Cooking method	Time (min)	SAC <sup>1)</sup> (mg/g)	RSD <sup>2)</sup> (%)
Raw garlic		2.77±0.05 <sup>k3)</sup>	1.69
Blanching	1	2.00±0.06 <sup>l</sup>	2.95
	2	1.85±0.02 <sup>l</sup>	1.25
	3	2.70±0.05 <sup>k</sup>	1.91
Boiling	15	3.50±0.17 <sup>j</sup>	4.78
	30	4.92±0.17 <sup>h</sup>	3.53
	60	9.16±0.39 <sup>e</sup>	4.23
Microwave	1	2.03±0.05 <sup>l</sup>	2.39
	2	1.83±0.07 <sup>l</sup>	3.82
	3	3.82±0.08 <sup>i</sup>	1.96
Autoclaving-100°C	15	6.52±0.09 <sup>f</sup>	1.31
	30	5.37±0.07 <sup>g</sup>	1.37
	60	16.21±0.38 <sup>c</sup>	2.37
Autoclaving-121°C	15	14.15±0.09 <sup>d</sup>	0.60
	30	37.18±0.10 <sup>b</sup>	0.28
	60	50.24±0.14 <sup>a</sup>	0.28

<sup>1)</sup>Values are shown as mean±SD of triplicate.  
<sup>2)</sup>RSD: relative standard deviation (RSD=SD/mean×100).  
<sup>3)</sup>Different small letters in the same column indicate a significant difference at P<0.05 by Duncan's multiple range test.

증가를 보였다고 하였다. Jeong 등(18)은 마늘을 60°C와 70°C에서 60일까지 숙성시킨 결과 60°C 처리 시 SAC 함량은 최초 0.48 mg/g에서 15일의 1.01 mg/g까지 증가한 후 이후 감소하는 경향을 보였으며, 70°C에서는 감소되는 폭이 더 크다고 보고하였다. 이처럼 SAC는 숙성과정 중 γ-GTP에 의해 GSAC로부터 생성된다고 보고되고 있으며(4), 숙성온도와 시간에 따라 SAC 함량 변화가 다양하게 나타났다. 저온(40~70°C) 숙성 시 SAC 함량이 크게 증가하는 것은 γ-GTP의 생육최적온도가 40°C 부근이기 때문이며(25), 75°C에서 3분 이상 열처리 시 완전히 불활성화 된다고 보고되고 있다(26). 100°C 이상의 온도에서 장시간 조리하는 삶기와 고압멸균 처리 시 SAC 함량이 크게 증가하는 것은 γ-GTP의 메커니즘으로는 설명이 불충분하므로 고온고압 처리에 따른 SAC의 전구물질인 GSAC, alliin 함량과 γ-GTP 활성 변화에 관한 추후연구가 필요하다.

**요 약**

본 연구에서는 마늘의 기능성분인 S-allyl-L-cysteine(SAC) 분석법을 검증하고 조리방법에 따른 마늘의 SAC 함량을 분석하였다. SAC 분석법의 유효성을 검증하기 위하여 특이성, 직선성, 검출한계, 정량한계, 정밀성 및 정확성을 평가하였다. SAC 표준물질과 마늘 추출물을 유도체화시킨 후 fluorescence detector로 분석한 결과 동일한 머무름 시간을 갖는 단일 피크를 확인하였다. 직선성은 상관계수 값이 0.9999였으며, 검출한계는 0.15 µg/mL, 정량한계는 0.47 µg/mL, 정밀성의 상대표준편차는 5% 이하, 정확성인 회수

율은 95% 이상으로 우수하였다. 생마늘의 SAC 함량은 2.77 mg/g이었으며, 데치기와 전자레인지 처리는 조리 수준에 따라 SAC 함량에 차이를 보이지 않았다. 삶기와 고압멸균처리 시 조리시간이 증가함에 따라 SAC 함량은 증가하였고, 특히 121°C에서 60분 고온고압처리 할 경우 50.24 mg/g으로 증가하였다.

**감사의 글**

본 성과물은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 저온숙성마늘의 성분분석 및 소재화 기술개발, 세부과제번호: PJ 01094201)의 지원에 의해 이루어진 것임.

**REFERENCES**

- Chae SK. 2007. Studies on the changes in the alliinase activity during the drying of garlic. *Korean J Sanitation* 22: 57-66.
- Oh TY, Kyung KH. 2011. Isolation and purification of garlic specific organic compounds. *Korean J Food Sci Technol* 43: 553-557.
- Whitaker JR. 1976. Development of flavor, odor, and pungency in onion and garlic. *Adv Food Res* 22: 73-133.
- Colin-González AL, Santana RA, Silva-Islas CA, Chánez-Cárdenas ME, Santamaría A, Maldonado PD. 2012. The antioxidant mechanisms underlying the aged garlic extract- and S-allylcysteine-induced protection. *Oxid Med Cell Longevity* 2012: 1-16.
- Saravanan G, Ponmurugan P. 2010. Beneficial effect of S-allylcysteine (SAC) on blood glucose and pancreatic anti-oxidant system in streptozotocin diabetic rats. *Plant Foods Hum Nutr* 65: 374-378.
- Saravanan G, Ponmurugan P. 2012. Antidiabetic effect of S-allylcysteine: Effect on thyroid hormone and circulatory antioxidant system in experimental diabetic rats. *J Diabetes Complications* 26: 280-285.
- Shouk R, Abdou A, Shetty K, Sarkar D, Eid AH. 2014. Mechanisms underlying the antihypertensive effects of garlic bioactives. *Nutr Res* 34: 106-115.
- Ried K, Frank OR, Stocks NP. 2010. Aged garlic extract lowers blood pressure in patients with treated but uncontrolled hypertension: A randomised controlled trial. *Maturitas* 67: 144-150.
- Saravanan G, Ponmurugan P. 2012. Ameliorative potential of S-allylcysteine: Effect on lipid profile and changes in tissue fatty acid composition in experimental diabetes. *Exp Toxicol Pathol* 64: 639-644.
- Sohn CW, Kim H, You BR, Kim MJ, Kim HJ, Lee JY, Sok DE, Kim JH, Lee KJ, Kim MR. 2012. High temperature- and high pressure-processed garlic improves lipid profiles in rats fed high cholesterol diets. *J Med Food* 15: 435-440.
- Ray B, Chauhan NB, Lahiri DK. 2011. The "aged garlic extract" (AGE) and one of its active ingredients S-allyl-L-cysteine (SAC) as potential preventive and therapeutic agents for Alzheimer's disease (AD). *Curr Med Chem* 18: 3306-3313.
- Ashfaq M, Khan MM, Shadab Raza S, Ahmad A, Khuwaja G, Javed H, Khan A, Islam F, Siddiqui MS, Saffi MM, Islam F. 2012. S-Allyl cysteine mitigates oxidative damage and improves neurologic deficit in a rat model of focal cere-

- bral ischemia. *Nutr Res* 32: 133-143.
13. Rojas P, Serrano-García N, Medina-Campos ON, Pedraza-Chaverri J, Maldonado PD, Ruiz-Sánchez E. 2011. S-Allyl-cysteine, a garlic compound, protects against oxidative stress in 1-methyl-4-phenylpyridinium-induced parkinsonism in mice. *J Nutr Biochem* 22: 937-944.
  14. Hong GH, Jang HS, Kim YB. 1999. Effect of processing treatments on change in quantity of the functional components in garlic, *Allium sativum* L. *Korean J Hort Sci Technol* 40: 23-25.
  15. Bae HJ, Chun HJ. 2002. Changes in volatile sulfur compounds of garlic under various cooking conditions. *Korean J Soc Food Cook Sci* 18: 365-371.
  16. Bae HJ, Chun HJ. 2003. Changes in volatile sulfur compounds of garlic under short-term storage conditions. *Korean J Soc Food Cook Sci* 19: 17-23.
  17. Chung JY, Kim CS. 2009. Antioxidant activities of domestic garlic (*Allium sativum* L.) stems and garlic bulbs according to cooking methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 188-194.
  18. Jeong YS, Hwang KA, Kim GR, Song J, Noh GM, Hwang IG. 2015. Effects of the aging conditions on the quality characteristics of garlic. *Korean J Food Nutr* 28: 745-751.
  19. Bae SE, Cho SY, Won YD, Lee SH, Park HJ. 2012. A comparative study of the different analytical methods for analysis of S-allyl cysteine in black garlic by HPLC. *LWT-Food Sci Technol* 46: 532-535.
  20. KFDA. 2004. *Analytical method guideline about validation of drugs and etc.* Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea. p 1-18.
  21. Lee S, Yoo M, Kim S, Shin D. 2014. Identification and quantification of S-allyl-L-cysteine in heated garlic juice by HPLC with ultraviolet and mass spectrometry detection. *LWT-Food Sci Technol* 57: 516-521.
  22. Yoo M, Lee S, Lee S, Seog H, Shin D. 2010. Validation of high performance liquid chromatography methods for determination of bioactive sulfur compounds in garlic bulbs. *Food Sci Technol* 19: 1619-1626.
  23. Chihara T, Shimpo K, Kaneko T, Tomatsu A, Beppu H, Higashiguchi T, Sonoda S. 2013. The effect of preparatory conditions of high temperature- and pressure-treated garlic on 5-hydroxymethyl-2-furfural and S-allylcysteine formation. *J Anal Bio-Sci* 36: 186-192.
  24. Bae SE, Cho SY, Won YD, Lee SH, Park HJ. 2014. Changes in S-allyl cysteine contents and physicochemical properties of black garlic during heat treatment. *LWT-Food Sci Technol* 55: 397-402.
  25. Hanum T, Sinha NK, Cash JN. 1995. Characteristics of  $\gamma$ -glutamyl transpeptidase and alliinase of onion and their effects on the enhancement of pyruvate formation in onion macerates. *J Food Biochem* 19: 51-65.
  26. dos Anjos F, Machado A, Ferro C, Otto F, Bogin E. 1998.  $\gamma$ -Glutamyltransferase as a marker for the pasteurization of raw milk. *J Food Prot* 61: 1057-1059.