

과열증기 처리에 따른 마늘의 이화학적 및 미생물학적 품질 특성

박찬양 · 이교연 · 김아나 · 소슬아 · 샤피어 라만 · 최성길

경상대학교 대학원 응용생명과학부

Physicochemical and Microbial Quality Characteristics of Garlic (*Allium sativum* L.) by Superheated Steam Treatment

Chan-Yang Park, Kyoyeon Lee, Ahna Kim, Seulah So, M. Shafiur Rahman, and Sung-Gil Choi

Division of Applied Life Science, Graduate School (Institute of Agriculture & Life Science),
Gyeongsang National University

ABSTRACT The objectives of this study were to investigate the effects of superheated steam (SHS) treatment on the physicochemical and microbial properties of garlic. The garlic was treated by SHS at temperatures of 100, 150, 200, 250, 300, and 350°C for 60 s. The moisture content of raw garlic was lower than that of SHS-treated garlic. The total thiosulfinate and pyruvate contents were dramatically reduced by SHS treatments. The antioxidant activities of garlic measured by ferric reducing/antioxidant power, 2,2-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt radical scavenging assay, and total phenolics content decreased by SHS. The major volatile sulfur compounds of garlic such as diallyl disulfide, allicin, allyl sulfide, diallyl sulfide, and diallyl trisulfide were significantly reduced by SHS. The antimicrobial effects of raw garlic were stronger than those of SHS-treated garlic against three strains of bacteria, including *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, and *Bacillus cereus*. However, total aerobic bacteria in garlic were dramatically reduced by SHS from 8.6 to 2.9 log CFU/g. The results from the sensory evaluation show that SHS treatment of garlic above 200°C provides better acceptability due to reduction of off-flavor and pungency of garlic. These results suggest that superheated steam treatment can be used as an efficient process for reducing garlic off-flavor and pungency.

Key words: garlic, superheated steam, off-flavor, pungency, reduction of bacteria

서 론

마늘(*Allium sativum* L.)은 대표적인 *Allium* 속 식물로 백합과의 과속에 속하는 다년초 식물이며, 오랜 세월이 걸쳐 식품에 사용되어 오는 향신료이다(1). 또한, 방부 및 강장 효과가 있어 우리 민족이 오랫동안 섭취하여 온 향신료로 알려져 있다(2). 마늘의 원산지는 중앙아시아와 지중해 연안 지방으로 알려져 있으며 우리나라를 비롯한 중국, 미국 및 남부 유럽 등지에서 광범위하게 재배되고 있다(3).

지난 30년 동안 식품산업에서 *Allium* 속 식물은 많은 연구가 진행되어 오고 있으며 그중 마늘에 대한 관심은 증대하고 있다. 마늘은 고대부터 의약제로 사용되어 왔으며, 민간 요법으로 열병, 두통, 이질 등의 치료 및 회충 구제에도 사용되어 왔다(4). 또한, 마늘 추출물은 항균성, 항진균성, 항바이러스성, 항산화성의 특징을 가지고 있으며 면역계를 활성화

시키고 콜레스테롤을 낮추는 효과를 가지고 있어 기능성 식품 및 건강보조식품 등의 소재로 주목받고 있다(5,6). 앞서 언급된 마늘의 효능에 관여하는 주된 물질은 마늘에 존재하는 sulfide류와 cysteine 유도체와 같은 황화합물과 allicin 이 보고되어 있다(7). Barlow(8)는 식품산업에서 사용되는 합성 항산화제인 BHA(butylated hydroxyanisole), BHT(butylated hydroxytoluene)보다 마늘의 항산화성이 더 높다고 보고하였다. 그러나 마늘에 존재하는 alliinase라는 효소에 의해 마늘 특유의 불쾌취 및 매운맛을 야기해 식품으로써의 기호성을 낮춘다(9,10). 마늘은 환경 조건에 의해 마늘 세포가 파괴되면 alliinase 효소와 alliin이 반응하여 allicin 과 pyruvic acid를 생성한다(11). Allicin은 마늘의 주요한 생리활성 물질로 마늘의 주된 불쾌취와 매운맛 성분이며 이후에 diallyl disulfide, diallyl trisulfide, allyl methyl disulfide 등과 같은 sulfide 형태로 존재한다(12-15). 그리고 이러한 불쾌취와 매운맛 성분들은 몸에 오랫동안 존재하고 관능적 문제를 야기하여 식품산업에서 마늘 가공품의 소비를 제한한다. 그리하여 유효성분인 황을 함유한 성분들의 손실을 최대한 줄이는 반면에 마늘 특유의 불쾌취 및 매운맛은 최대한 저감화할 방법을 찾는 연구가 활발히 진행되고

Received 2 June 2016; Accepted 10 June 2016

Corresponding author: Sung-Gil Choi, Division of Applied Life Science, Graduate School (Institute of Agriculture & Life Science), Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam 52828, Korea
E-mail: sgchoi@gnu.ac.kr, Phone: +82-55-772-1906

있다(16).

본 연구에서 사용한 과열증기(superheated steam, SHS)는 최근에 식품산업에 소개된 가공장치로 100~400°C의 수증기를 사용하며 초고온의 스팀을 식품 전체 면에 균일하게 분사하여 다른 가열 처리기기보다 짧은 시간에 가열이 가능한 가열장치이다. 과열증기는 불포화 증기보다 열전달 속도가 약 12배 높아 boiling이나 baking보다 식품의 조리나 가공시간이 짧고, 과열증기 처리 시 무산소 상태가 되어 산화에 의한 식품의 변질을 억제하면서 가공이 가능하다(17-19). 이와 같은 특징 때문에 종래의 가열 방식에서 발생하는 식품의 영양소 파괴를 최소화하고 식품이 가지고 있는 고유의 외관, 맛, 향미, 조직감 등을 최대한 유지하며, 항산화 물질의 산화, 지방의 산화 및 미생물을 제어하는 데 효과적이다(20-22). 과열증기 처리한 고구마와 종래 방식으로 처리한 roasting 고구마를 비교한 연구에서 과열증기 처리 시 총 페놀성 화합물과 플라보이드 성분이 덜 손실되었으며 항산화성도 더 높게 나타났다(23). 또한, 현미를 과열증기 처리했을 시 lipase 및 lipoxygenase와 같은 지방 산화 효소를 저해시켜 지방의 산화를 억제한다는 연구도 보고되었다(24). 따라서 본 연구에서는 최근 식품산업에 소개된 과열증기 장치를 이용하여 다양한 증기온도에서 마늘을 처리할 때 마늘의 항산화 활성, thiosulfinate 및 pyruvate의 함량, 휘발성 향기성분, 향균 및 미생물 특성, 그리고 관능적 특성을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 마늘은 경상남도 남해에서 2015년에 수확한 마늘을 껍질을 벗겨 4°C 냉장고에서 보관하며 실험하기 전에 꺼내어 실험에 사용하였다.

마늘의 가열 처리

과열증기 처리에 따른 마늘의 이화학적 특성과 관능특성의 변화 및 항균성을 알아보기 위해 마늘은 vegetable slicer(Multifunktionsreibe set, Lacor, Würzburg, Germany)를 이용하여 두께가 3 mm로 slice 하였고, 과열증기 처리 조건은 과열증기오븐의 내부 온도는 130°C, 처리 시간은 60초, 스팀량은 7.8 m³/h로 설정하였으며, 과열증기오븐의 스팀 온도를 100, 150, 200, 250, 300, 350°C로 과열증기 처리하였다. 그리고 각 증기온도에서 처리된 시료를 각각 T100, T150, T200, T250, T300, T350으로 명명하였다.

수분 함량 및 pH, Brix 측정

수분 함량은 AOAC법으로 측정하였다(25). 수분 함량은 전처리한 마늘을 105°C에서 2시간 건조, 30분 방랭한 후 함량을 측정하여 산출하였고, pH와 Brix는 전처리한 마늘을 균질기를 이용하여 12,000 rpm에서 균질화한 후 측정하

였으며, pH 측정은 pH meter(model 735P, Istek, Seoul, Korea)로 측정하였고, Brix는 Pocket refractometer(H 910666, ATAGO, Tokyo, Japan)로 측정하였다.

Thiosulfinate 측정

Alliin이 분해되면서 생성되는 마늘의 주된 불쾌취 성분인 thiosulfinate는 Freeman과 McBreen(26)의 연구를 참고하여 실험하였다. 전처리한 마늘 5 g과 80% 메탄올을 1:1 (w/v)의 비율로 하여 12,000 rpm으로 설정한 균질기로 약 1분간 균질화한 후 4,000 rpm에서 20분간 원심분리 하였다. 그리고 그 상층액 5 mL에 hexane 15 mL를 가하여 2분간 진탕 추출한 다음 hexane 층을 취하여 254 nm에서 측정된 흡광도 값(optical density)으로 상대적으로 나타냈다.

Total pyruvate 측정

마늘의 매운맛(pungency) 지표 성분인 pyruvate의 함량은 Schwimmer와 Weston(27)의 방법을 응용하여 실험하였다. 전처리한 마늘 1.0 g에 10% trichloroacetic acid 10 mL를 첨가한 후 12,000 rpm으로 설정된 균질기로 약 1분간 균질한 다음 1시간 방치하였다가 여과지를 이용하여 여과하였다. 그 여액 1 mL에 0.0125% 2,4-dinitrophenylhydrazine(DNPH) 1 mL를 첨가하여 37°C로 맞춰진 water bath에서 10분간 진탕하면서 반응시킨 후 0.6 N NaOH 용액 5 mL를 첨가하여 420 nm에서 흡광도를 측정하고 total pyruvate의 함량은 검량선을 이용하여 환산하였다. 검량선은 sodium pyruvate 용액의 농도를 각각 20, 40, 60, 80, 100, 200, 300, 400, 500 µM/mL로 하여 작성하였다.

조직감 측정

과열증기오븐 처리에 따른 마늘의 조직감 측정은 Texture analyzer(Stable micro systems, TA.XT Express, London, UK)를 이용하여 single cycle test를 하였다. 최외각 층을 가로, 세로, 높이를 각각 3.0 cm×3.0 cm×0.3 cm의 크기로 한 마늘을 7회 반복하여 측정하였다. 측정 조건은 test mode: compression, pre-test speed 1.0 mm/s, trigger force 5.0 g, test speed 1.0 mm/s, test distance 15.0 mm로 하여 측정하였다. 측정 후 얻어진 force time curve로부터 시료의 경도(hardness)와 점착성(adhesiveness)을 산출하였다.

항산화 활성 측정

과열증기오븐 처리한 마늘의 항산화 활성 측정 12,000 rpm으로 설정한 균질기에서 마늘과 70% 에탄올을 1:4(w/v)로 하여 약 2분간 균질화하고, 30°C, 200 rpm으로 설정된 shaker를 이용하여 24시간 추출하였다. 그리고 그 추출액을 4,000 rpm에서 20분간 원심분리 하고 그 상층액을 샘플로 사용하였다.

Fe³⁺(ferric) 이온이 샘플에 의해 Fe²⁺(ferrous)로 환원

되는 원리를 이용하는 FRAP(Ferric reducing/antioxidant power) assay는 Biglari 등(28)이 발표한 연구를 응용하여 실험하였다. FRAP 시약을 제조하는 방법은 다음과 같다. 10 mM TPTZ(tripyridyltriazine) 용액 2.5 mL를 40 mM HCl에 녹인다. 그리고 앞서 만든 용액에 20 mM FeCl₃·6H₂O 2.5 mL를 더한다. 그리고 마지막으로 pH가 3.6인 0.3 M acetate buffer 25 mL를 더한다. 그 후 위와 같은 조건으로 만든 FRAP 용액 1.5 mL에 전처리한 샘플 50 µL를 혼합하여 실온 암실에서 30분간 반응시킨 후 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. 그리고 표준곡선은 FeSO₄·7H₂O를 100 mM에서 2,000 mM까지 제조하고 흡광도를 측정하여 FRAP 값을 정량하였다.

ABTS 라디칼 소거능 활성은 Biglari 등(28)의 방법을 응용하여 실험하였다. ABTS radical cation(ABTS⁺) 용액을 만들기 위해 7 mM ABTS(2,2-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt)와 2.45 mM potassium persulfate(K₂S₂O₈)를 혼합하고 실온 암실에서 16시간 방치 후 734 nm에서 흡광도 값을 0.700±0.005로 조정하여 ABTS⁺ 용액을 제조한다. 실험방법은 ABTS⁺ 용액 3.9 mL와 전처리한 샘플 0.1 mL를 혼합하여 실온 암실에서 6분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정한다. 표준곡선은 비타민 C(ascorbic acid)를 표준물질로 하여 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 mM로 제조하여 흡광도를 측정하고 ABTS 라디칼 소거능 활성 값을 정량하였다.

총 페놀 화합물 함량

총 페놀 화합물 함량 측정은 Kim 등(29)의 방법을 응용하여 실험하였고 샘플은 항산화 활성 실험에 사용한 샘플들을 사용하였다. 즉 샘플 1 mL에 3차 증류수 9 mL를 혼합한 후 1 mL의 Folin & Ciocalteu's reagent를 첨가하고 실온 암실에서 5분간 방치한다. 그 후 7% sodium carbonate(Na₂CO₃) 10 mL와 3차 증류수 4 mL를 첨가하고 실온 암실에서 2시간 방치한 후 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 gallic acid를 표준물질로 하여 0.025, 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1.0 mg/mL로 제조하여 흡광도를 측정하고 총 페놀 화합물 함량을 정량하였다.

휘발성 향기성분 분석

마늘의 휘발성 향기성분의 흡착은 SPME(Solid phase microextraction fiber holder, Supelco, Bellefonte, PA, USA)는 DVB/CAR/PDMS(50/30 µm)를 사용하였고 Lim 등(30)의 방법을 응용하여 실험하였다. 전처리한 마늘을 3차 증류수와 1:1(w/v)의 비율로 하여 12,000 rpm으로 설정된 균질기로 완전히 균질화하여 샘플로 사용하였다. 위와 같은 조건으로 제조한 샘플 3.0 mL를 20 mL EPA vial에 넣은 후 PTFE/Silicon으로 capping 하였다. Internal standard는 3.15 mM 2-octanol을 사용하였고 샘플과 함께 10

µL 첨가한 후 SPME needle을 vial 내로 삽입한 다음 65°C에서 20분간 흡착 후 GC/MS 분석에 사용하였다. GC/MS 분석은 gas chromatography(GC2010 plus, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하고 column은 DB-5ms(thickness: 0.25 µm, length: 30 m, diameter: 0.25 mm)를 사용하였다. He를 carrier gas로 사용하였고 column oven temperature는 40°C, injection temperature는 250°C, total flow는 1.10 mL/min, total program time은 33분으로 설정 후 분석을 시행하였고 분석한 결과는 wiley 9를 참고하여 정리하였다.

항균력 측정

과열증기 처리에 따른 마늘의 항균력 측정은 Yoon(31)의 방법을 응용하여 실험하였다. 시험에 사용한 균주는 식중독의 대표적인 균인 *Staphylococcus aureus*(*S. aureus*, ATCC 14458), *Bacillus cereus*(*B. cereus*, ATCC 10097), *Escherichia coli*(*E. coli*, KCCM 40405)를 선정하여 경상대학교 식품위생학 실험실에서 분양받아 실험하였다. 균 생육배지로는 Nutrient broth와 TSA broth(Difco, Franklin Lakes, NJ, USA)를 사용하였고 Disc(Cat No. TO50609691, Advantec, Tokyo, Japan)는 6×0.7 mm를 사용하였다. 본 실험에 사용된 마늘 추출물은 전처리한 마늘과 3차 증류수를 1:1(w/v)의 비율로 하여 12,000 rpm으로 설정한 균질기로 균질화한 후 상온에서 약 12시간 추출한 다음 4,000 rpm으로 20분간 원심분리 한 상층액을 사용하였다. 항균력 측정을 위해 각 균주를 증균배지에서 37°C, 24시간 배양한 후 single colony를 취하여 증균액배지에 접종하여 약 24시간 배양하였다. 그리고 증균된 액체배지의 O.D 값을 0.4~0.6으로 맞춰 미리 만들어 놓은 top agar와 섞은 후 증균배지에 붓고 그 위에 샘플을 적신 disc를 올려두었다. 그리고 배양기의 온도는 37°C로 하여 약 24시간 배양한 후 inhibit zone의 지름을 구하였다.

미생물수 측정

과열증기 처리에 따른 마늘의 일반세균은 filter bag에 시료 1 g과 0.85% 멸균생리식염수 9 mL를 가하여 stomacher를 이용하여 120초간 균질한 다음 0.85% 멸균생리식염수를 이용하여 단계별로 희석해 시료를 준비하였다. 단계별 희석액 1 mL를 일반세균은 PetrifilmTM aerobic count plate(3M Company, St. Paul, MN, USA)를 이용하여 접종한 후 각각 48시간 동안 35°C에서 배양한 다음 30~300개 사이의 집락을 계수하여 확인하였고, 검출된 미생물 수는 시료 1 g당 log colony forming unit(log CFU/g)으로 나타내었다. 대장균군은 위의 방법과 동일하게 실시한 후 PetrifilmTM coliform count plate(3M Company)를 이용하여 24시간 동안 35°C에서 배양한 다음 집락을 계수하여 확인하였다. 효모 및 곰팡이는 위의 방법과 동일하게 실시한 후 PetrifilmTM yeast and mold count plate(3M Company)를

이용하여 120시간 동안 25°C에서 배양한 다음 집락을 계수하여 확인하였다.

관능적 특성

여러 온도에서의 과열증기 처리에 따른 마늘의 관능검사는 실험에 대한 목적과 검사 방법, 관능적 품질 특성에 대해 충분히 훈련을 시킨 경상대학교 식품공학과 학부생 20명을 선정하여 시행하였다. 관능평가는 9점 척도법으로 실시하였으며, 평가항목으로는 매운맛(pungency), 외관(appearance), 향미(flavor), 조직감(식감, texture), 전반적인 기호도(overall acceptability)로 정하여 평가하도록 하였고, 매운맛이 낮을수록, 외관이 좋을수록, 향미가 좋을수록, 조직감이 좋을수록, 전반적인 기호도가 좋을수록 높은 점수를 주도록 하였다. 그리고 마늘은 1 cm×1 cm×3 mm로 절단하여 종이컵에 담아 제공하였으며, 다음 시료의 관능검사 전에 물을 제공하여 입을 행구도록 하였다. 그리고 각 시료에는 무작위로 숫자를 부여했다(예: 125, 498, 982 등).

통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복 시행하여 평균치와 표준편차(means±SD)로 나타내었고, 얻어진 결과들은 SAS 9.3 (Korea version, SAS Institute Inc., SAS Campus Drive, Cary, NC, USA) software를 이용하여 유의적 차이가 있는 항목에 대해서 Duncan's multiple range test로 P<0.05 수준에서 유의차 검정을 하였다.

결과 및 고찰

과열증기 처리에 따른 수분 함량 및 pH, Brix 측정

마늘의 수분 함량은 Table 1에 나타내었다. 과열증기를 처리했을 시에 수분 함량이 약간 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 그 이유로는 과열증기 처리 시 발생한 증기들이 마늘의 표면에 잔류하게 되어 수분 함량이 증가하였다고 생각한다.

과열증기 처리에 따른 pH와 Brix 측정 결과는 Table 1에 나타내었다. 비처리구에서 pH 값이 6.20인 것에 비해 과열증기 처리 시 pH 값은 6.38~6.51로 비처리구보다 약간 증

가하는 것을 확인할 수 있었지만 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. Chun 등(32)의 연구에서도 닭고기에 과열증기 처리 시 pH 값에 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다. Brix도 비처리구에서 18.9인 것에 비해 과열증기 처리 시 19.1~19.8로 약간 증가하는 경향을 나타내었고, 과열증기 처리온도가 증가할수록 약간 증가하는 경향을 나타내었다.

Total thiosulfinate와 total pyruvate 함량 분석

마늘, 양파 등과 같은 식품에서 불쾌취를 유발하는 주원인 물질로 sulfide 계열의 성분이 대표적으로 알려져 있으며, 이러한 물질들은 다른 물질과 반응하거나 다른 물질이나 환경에 의해 분해되면서 thiosulfinate와 pyruvate를 생성하게 된다(11-15,33,34). 따라서 thiosulfinate와 pyruvate의 함량을 측정함으로써 마늘의 불쾌취 및 매운맛의 정도를 간접적으로 알아볼 수 있다.

과열증기 처리에 따른 total thiosulfinate와 total pyruvate의 함량 변화의 결과는 Table 1에 나타내었다. 비처리구에서 total thiosulfinate의 값은 0.575였으며, T100에서 0.433으로 약간 감소하였다. 그리고 T150에서 0.031로 아주 크게 감소하였고 T150에서부터 T350까지는 유의적으로 감소하였으며 T350에서 0.003으로 거의 0에 가까운 값을 나타내었다. 위와 같은 결과로 과열증기 온도가 증가할수록 total thiosulfinate의 값은 크게 감소한다는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 과열증기 처리에 의해 alliinase를 불활성화시켜 thiosulfinate의 생성이 저해되었기 때문이라고 생각한다(33).

Pyruvate의 함량도 thiosulfinate와 같이 마늘과 같은 식품이 외부환경에 의해 alliinase가 활성화되면서 sulfide 계열 물질이 생성되면서 부산물로 pyruvate가 생성된다. 그래서 total pyruvate의 함량은 마늘의 불쾌취 정도를 간접적으로 측정할 수 있다(33). 비처리구에서 total pyruvate의 함량은 253.66 µmol/g으로 나타났으며, 과열증기 처리구인 T100에서 137.20, T150에서 120.69, T200에서 118.14, T250에서 114.96, T300에서 112.47, T350에서 66.72 µmol/g으로 비처리구보다 약 2배에서 4배 정도까지 감소하였다. 특히 T350에서 비처리구에 비해 가장 크게 감소한 total pyruvate의 함량을 나타내었다. 이러한 결과는 여러

Table 1. Change in physicochemical quality characteristics of garlic as a function of SHS¹⁾ treatments at various temperatures

Treatment	Moisture (%)	pH	Brix	Total thiosulfinate (O.D)	Total pyruvate (µmol/g)	Hardness (g)	Adhesiveness (g·s)
Control	66.61±0.14 ^{b2)}	6.20±0.01 ^f	18.9±0.1 ^c	0.575±0.007 ^a	253.66±2.45 ^a	3,561.4±346.6 ^a	-2,472.8±169.3 ^b
T100	67.95±0.27 ^a	6.38±0.00 ^c	19.1±0.0 ^d	0.433±0.005 ^b	137.20±1.45 ^b	2,590.2±416.4 ^b	-2,820.5±175.1 ^{cd}
T150	67.79±0.44 ^a	6.40±0.01 ^d	19.2±0.1 ^d	0.031±0.002 ^c	120.69±2.90 ^c	2,511.8±262.9 ^b	-2,870.0±189.6 ^d
T200	68.36±0.35 ^a	6.41±0.01 ^d	19.4±0.0 ^c	0.030±0.004 ^{cd}	118.14±2.45 ^d	2,443.3±258.6 ^b	-2,723.9±106.6 ^{cd}
T250	68.29±0.21 ^a	6.45±0.00 ^c	19.5±0.1 ^c	0.025±0.002 ^{cd}	114.96±2.78 ^e	2,405.4±196.1 ^b	-2,673.5±139.0 ^c
T300	68.11±0.18 ^a	6.47±0.00 ^b	19.7±0.0 ^b	0.022±0.003 ^d	112.47±2.45 ^f	2,300.8±137.6 ^{bc}	-2,417.0±103.6 ^b
T350	68.43±0.48 ^a	6.51±0.02 ^a	19.8±0.0 ^a	0.003±0.002 ^e	66.72±1.90 ^g	2,042.1±159.2 ^c	-2,137.5±205.3 ^a

¹⁾SHS: Superheated steam.

²⁾Each value represents mean±SD (n=3). Means with different letters in the same column are significantly different at P<0.05.

가지 열처리(oven-heated, boiled)에 의해 마늘의 pyruvate와 allicin의 함량이 감소하였다는 연구와 유사한 결과를 나타내었다(34).

과열증기 처리에 따른 마늘의 조직감 측정

과열증기 처리에 따른 마늘의 조직감 측정 결과는 Table 1에 나타내었다. 비처리구에서 경도는 3,561.4 g였으며, 과열증기 처리구인 T100에서 2,590.2, T150에서 2,511.8, T200에서 2,443.3, T250에서 2,405.4, T300에서 2,300.8, T350에서 2,042.1 g로 과열증기 처리 때문에 마늘의 경도가 다소 감소하는 결과를 나타내었다. Jeon 등(14)의 연구 결과에서도 비처리구의 경도는 5,313.4 g였고, 열처리에 따라 boiling에 의해 74.8 g, steaming 43.5 g, baking 1,582.0 g, high pressure & high temperature 35.9 g로 크게 감소한 값을 나타내었으며 본 실험 결과도 유사한 결과라고 생각한다. 과열증기 처리에 따른 마늘의 점착성은 과열증기 처리에 따라 T150까지는 증가하다가 T150에서부터 다시 감소하는 경향을 보였다. Jeon 등(14)은 열처리에 의해 마늘의 점착성이 증가한다고 보고하였고 본 실험에서도 유사한 결과를 보였다.

과열증기 처리에 따른 마늘의 항산화 활성 및 총 페놀성 화합물 함량 측정

과열증기 처리에 따른 마늘의 항산화 활성 및 총 페놀성 화합물의 함량 결과는 Table 2에 나타내었다. 항산화 활성 값인 FRAP, ABTS 결과 값과 총 페놀성 화합물 함량 모두 과열증기 처리 시에 다소 감소하는 경향을 나타내었다.

먼저 FRAP의 경우 비처리구에서 1.371 mM/g을 나타냈으며 과열증기 처리구인 T100에서 1.275, T150에서 1.206, T200에서 1.157, T250에서 1.108, T300에서 1.075, T350에서 1.054 mM/g으로 과열증기 처리온도가 증가할수록 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 과열증기 처리에 따른 항산화 활성 값으로 다른 값인 ABTS 라디칼 소거능의 값을 보면 비처리구에서 3.117 mM AAE/g으로 나타났고, 과열증기 처리구인 T100에서 3.002, T150에서 2.891, T200에서 2.862, T250에서 2.815, T300에서 2.799, T350에서 2.777 mM AAE/g으로 FRAP에서와 같이 과열증기 처리온도가 증가할수록 다소 감소하는 경향을 보였다. Park

등(35)의 연구에서는 엽채류의 총 flavonoid 함량은 열처리(데치기) 시간이 증가할수록 다소 감소하여 결과적으로 항산화 활성이 감소하였다는 결과를 나타내었고, Shin 등(36)의 결과에서도 생마늘과 찢마늘, 흑마늘의 DPPH 라디칼 소거능, hydroxyl 라디칼 소거능을 측정하였는데 DPPH 라디칼, hydroxyl 라디칼 소거능이 흑마늘, 생마늘, 찢마늘 순으로 나타났다는 결과를 보고하여 본 실험 결과도 유사하다고 생각한다. FRAP보다 ABTS에서 적게 감소한 이유로는 ABTS⁺는 지용성, 친수성 모두 용해가 되어 지용성(소수성), 친수성 항산화 성분이 전부 라디칼 소거 활성을 나타내기 때문이라고 생각한다(37).

총 페놀성 화합물 또한 항산화 활성과 유사하게 과열증기 처리온도가 증가할수록 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 비처리구에서 총 페놀성 화합물 함량은 8.344 mg GAE/g이었고 과열증기 처리구인 T100에서 6.613, T150에서 6.591, T200에서 6.501, T250에서 6.409, T300에서 6.398, T350에서 6.378 mg GAE/g으로 약간 감소하였다. T100에서 T250까지는 유의적으로 감소하다가 T250부터 T350까지는 유의적인 차이가 없었다. 그리고 과열증기 처리온도가 증가하여도 비처리구보다 76~79%로 크게 감소하지 않았다.

과열증기 처리에 따라 항산화 활성과 총 페놀성 화합물 함량이 다소 감소하는 경향으로 보였다. Jeon 등(14)의 연구에서는 다른 열처리인 boiling 처리하였을 때 fresh 마늘보다 IC₅₀(DPPH 라디칼을 50% 소거시키는 데 필요한 농도)의 값이 약 19배 증가하였으며 steaming 처리구는 약 14배, baking 처리구는 약 11배, high pressure & temperature 처리구는 약 6.5배로 크게 증가하였다. 그러나 본 실험에서 FRAP 값은 과열증기 처리구가 비처리구보다 약 77~93%로 감소하였고, ABTS 라디칼 소거능은 과열증기 처리구가 비처리구보다 약 89~97%로 감소하여 크게 감소하지 않았다고 생각한다.

과열증기 처리에 따른 마늘의 휘발성 향기성분 분석

과열증기 처리에 따른 마늘의 휘발성 향기성분을 분석한 결과는 Table 3에 나타내었다. 마늘의 주된 향기성분은 외부환경에 의해 마늘 세포가 파괴되어 alliin과 무취의 함황아미노산인 S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxide가 alliinase라는 효소와 반응하여 allicin 등의 thiosulfinate를 생

Table 2. Antioxidant activities and total phenolics content in garlies by SHS¹⁾ treatment at different temperatures

Treatment	FRAP (mM/g)	ABTS (mM of AAE ²⁾ /g)	T.P.C ³⁾ (mg of GAE ⁴⁾ /g)
Control	1.371±0.010 ^{a5)}	3.117±0.009 ^a	8.344±0.021 ^a
T100	1.275±0.021 ^b	3.002±0.015 ^b	6.613±0.011 ^b
T150	1.206±0.013 ^c	2.891±0.024 ^c	6.591±0.035 ^b
T200	1.157±0.035 ^d	2.862±0.018 ^d	6.501±0.032 ^c
T250	1.108±0.017 ^e	2.815±0.030 ^e	6.409±0.021 ^d
T300	1.075±0.028 ^f	2.799±0.007 ^{ef}	6.398±0.033 ^d
T350	1.054±0.041 ^g	2.777±0.004 ^f	6.378±0.043 ^d

¹⁾SHS: Superheated steam. ²⁾AAE: Ascorbic acid equivalent. ³⁾T.P.C: Total phenolics content. ⁴⁾GAE: Gallic acid equivalent.

⁵⁾Each value represents mean±SD (n=3). Means with different letters in the same column are significantly different at P<0.05.

Table 3. Changes in volatile compounds in garlic by SHS¹⁾ treatments at different temperatures (Unit: µg/g)

Volatile compounds	Control	T100	T150	T200	T250	T300	T350
Diallyl disulphide	76.18±8.04 ^{a2)}	25.07±7.98 ^d	41.34±5.30 ^b	31.61±4.09 ^{cd}	13.87±0.79 ^e	24.44±3.62 ^d	33.14±2.93 ^c
2-Ethylidnen-1,3-dithiane	6.71±1.09 ^a	1.99±0.41 ^{cd}	3.56±1.05 ^b	1.58±0.10 ^{cd}	1.10±0.10 ^d	0.97±0.13 ^d	2.22±0.38 ^c
2-Vinyl-1,3-dithiane	18.56±1.68 ^a	5.10±0.55 ^c	7.95±0.61 ^b	4.38±0.77 ^d	3.28±0.44 ^e	2.79±0.36 ^f	1.01±0.71 ^g
Methylallyl trisulfide	7.63±1.35 ^a	2.69±0.56 ^b	3.34±0.53 ^b	3.53±0.28 ^b	1.71±0.11 ^c	1.66±0.14 ^c	1.40±0.07 ^c
3-Vinyl-1,2-dithiin	4.57±1.41 ^a	1.03±0.19 ^{bc}	1.62±0.17 ^b	0.00±0.00 ^d	0.66±0.16 ^{bcd}	0.50±0.11 ^{cd}	1.12±0.12 ^{bc}
Dipentyl disulfide	0.00±0.00 ^c	0.66±0.07 ^b	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^c	1.43±0.24 ^a
Allicin	12.78±1.90 ^a	3.19±0.29 ^{cd}	4.80±0.51 ^b	2.04±0.14 ^{de}	1.66±0.17 ^e	1.19±0.11 ^c	3.84±0.51 ^{bc}
Diallyl trisulfide	359.00±33.00 ^a	123.67±6.77 ^c	174.54±14.42 ^b	173.44±5.24 ^b	79.28±2.91 ^d	82.95±4.91 ^d	88.57±9.51 ^d
Allyl sulfide	8.75±1.08 ^a	3.29±0.63 ^{bc}	3.91±0.79 ^b	2.38±0.15 ^{de}	1.68±0.05 ^{ef}	1.39±0.10 ^f	2.62±0.08 ^{cd}
Diallyl tetrasulfide	2.80±0.36 ^a	0.89±0.09 ^d	1.61±0.21 ^b	1.12±0.15 ^c	0.66±0.08 ^e	0.79±0.14 ^{de}	0.92±0.22 ^d

¹⁾SHS: Superheated steam.

²⁾Each value represents mean±SD (n=3). Means with different letters in the same row are significantly different at P<0.05.

성하게 된다. 그리고 이들이 마늘의 특유한 냄새를 가지는 allyl sulfide 등의 휘발성 향기성분으로 변하여 불쾌취를 생성한다(38).

결과를 살펴보면 휘발성 향기성분에 기여하는 주요물질은 비처리구에서 월등히 높은 함량을 나타내는 di-, tri-sulfide와 같은 함황화합물이라 생각되며, 그중에서도 본 실험에서 가장 많이 차지하는 휘발성 향기성분으로는 tri-sulfide로 생각된다(Table 3). 비처리구와 과열증기 처리구 모두에서 가장 높은 함량을 나타낸 diallyl trisulfide의 함량을 보면 비처리구에서 359.00 µg/g으로 나타났으며 과열증기 처리구인 T100에서 123.67, T150에서 174.54, T200에서 173.44, T250에서 79.28, T300에서 82.95, T350에서 88.57 µg/g으로 나타나 과열증기 처리에 의해 diallyl trisulfide의 함량이 감소하는 경향을 보였다. 또한, di-sulfide 계열 향기성분인 diallyl disulphide에서도 비처리구에서 76.18 µg/g으로 나타났고 과열증기 처리구인 T100에서 25.07, T150에서 41.34, T200에서 31.61, T250에서 13.87, T300에서 24.44, T350에서 33.14 µg/g으로 비처리구보다 감소하였으나 처리온도에 따라서 감소하는 경향을 보이지 않았다. 그리고 allyl sulfide 역시 위에 di-, tri-sulfide와 유사한 결과를 보였다. 그 밖에 2-ethylidnen-1,3-dithiane, 2-vinyl-1,3-dithiane, 3-vinyl-1,2-dithiin, diallyl tetrasulfide, allicin 등의 향기성분도 비처리구보다 과열증기

처리구에서 감소하는 결과를 보였다. 그 이유로는 과열증기 처리에 의해서 alliinase의 효소 활성을 저해시켜 thio-sulfinate가 생성되지 않아 그 결과로 di-, tri-sulfide와 같은 향기성분이 생성되지 않았다고 생각한다. Jeong 등(39)의 연구에서는 마늘을 130°C에서 2시간 동안 열처리하였을 때 모든 마늘에서 di-, tri-sulfide가 크게 감소하였다는 결과를 보고하였다. 또한, Chung 등(2)의 연구에서도 건조온도가 증가할수록 마늘의 휘발성 향기성분의 함량이 감소한다는 결과를 보고하였다.

과열증기 처리에 따른 마늘의 항균력 측정

과열증기 처리에 따른 마늘의 항균력을 나타내는 inhibition zone의 모습과 결과를 각각 Fig. 1과 Table 4에 나타내었다. 과열증기 처리에 따라 *S. aureus*, *E. coli*, *B. cereus* 세 균주 모두에서 비처리구보다 항균력이 많이 감소하였다. *S. aureus*에서 비처리구의 inhibition zone의 지름은 17.0 mm였고, 과열증기 처리구인 T100~T350에서 각각 1.7, 1.7, 2.0, 5.0, 5.3, 7.0 mm로 나타났다. 그리고 *E. coli*에서 비처리구의 inhibition zone의 지름은 14.3 mm, 과열증기 처리구인 T100~T350에서 각각 2.7, 3.0, 3.7, 4.7, 5.0, 9.7 mm로 나타났다. 두 균주에서는 과열증기 처리온도가 증가할수록 마늘의 항균력이 다소 증가하는 경향을 나타내었다. *B. cereus*에서 비처리구의 inhibition zone 지

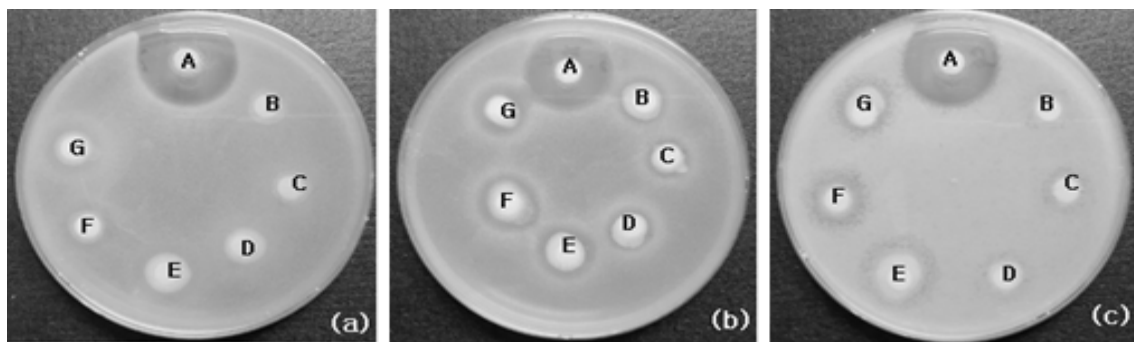


Fig. 1. Changes in inhibition zone of food poisoning strains on garlic by SHS treatment at different temperatures. (a) *Staphylococcus aureus*, (b) *Escherichia coli*, (c) *Bacillus cereus*. A: control, B: 100°C, C: 150°C, D: 200°C, E: 250°C, F: 300°C, G: 350°C.

Table 4. Changes in antimicrobial sensitivity and the number of aerobic bacteria, coliform, yeast, mold on garlic by SHS¹⁾ treatment at different temperatures

Treatment	Diameter of inhibition zone (mm)			Aerobic bacteria (log CFU/g)	Coliform (log CFU/g)	Yeast (log CFU/g)	Mold (log CFU/g)
	(a) ²⁾	(b)	(c)				
	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>B. cereus</i>				
Control	17.0±2.6 ^{a3)}	14.3±1.5 ^a	16.3±1.5 ^a	8.69±0.01 ^a	ND ⁴⁾	ND	ND
T100	1.7±1.5 ^c	2.7±1.2 ^d	0.7±0.6 ^d	5.65±0.06 ^b	ND	ND	ND
T150	1.7±1.5 ^c	3.0±1.0 ^{cd}	1.3±1.2 ^d	5.18±0.02 ^c	ND	ND	ND
T200	2.0±2.0 ^c	3.7±1.5 ^{cd}	1.7±1.5 ^d	5.15±0.02 ^d	ND	ND	ND
T250	5.0±1.0 ^b	4.7±0.6 ^{cd}	4.3±0.6 ^{bc}	4.85±0.06 ^e	ND	ND	ND
T300	5.3±1.2 ^b	5.0±1.0 ^c	3.7±0.6 ^c	4.75±0.05 ^f	ND	ND	ND
T350	7.0±1.0 ^b	9.7±1.5 ^b	3.3±0.6 ^{cd}	2.92±0.03 ^g	ND	ND	ND

¹⁾SHS: Superheated steam. ²⁾Fig. 1's name.

³⁾Each value represents mean±SD (n=3). Means with different letters in the same column are significantly different at $P<0.05$.

⁴⁾ND: not detected.

름은 16.3 mm, 과열증기 처리구인 T100~T350에서 각각 0.7, 1.3, 1.7, 4.3, 3.7, 3.3 mm로 나타났으며 T250까지 inhibition zone의 크기가 다소 증가하다가 T250부터 T350까지는 다소 감소하는 경향을 보였다. 마늘의 항균작용은 allicin(diallyl thiosulfinate)이나 이의 analog인 methyl methanethiosulfonate가 세포 내 중요한 단백질의 SH기와 반응하여 단백질의 활성을 저해함으로 나타난다는 보고가 있다(40). 과열증기 처리 시 마늘의 항균력이 감소하는 이유로 과열증기 처리 시 함황화합물의 함량이 감소하였기 때문이라고 생각한다.

과열증기 처리에 따른 미생물 수

과열증기 처리에 따른 일반세균, 대장균군, 효모 및 곰팡이 균수의 변화를 Table 4에 나타내었다. 대장균군, 효모 및 곰팡이 균수는 모든 조건에서 검출되지 않았다. 그 이유는 100~350°C의 높은 증기온도 처리에 따른 살균 효과 때문이라고 생각한다. 검출된 일반세균 균수를 살펴보면 비처리구에서 8.69 log CFU/g 수준으로 검출되었고 과열증기 처리구인 T100에서 5.65, T150에서 5.18, T200에서 5.15, T250에서 4.85, T300에서 4.75, T350에서 2.92 log CFU/g 수준으로 검출되었다. 과열증기 처리 시 약 3~6 log CFU/g 수준으로 크게 감소하는 경향을 나타내었으며 과열증기 처리온도가 높을수록 살균 효과가 크게 나타났다. Kim 등(41)은 조리방법에 따른 채소류의 품질 변화에서 살펴보면

raw material의 오이, 애호박, 피망, 당근, 무 양파의 총균수는 각각 7.30×10^5 , 5.29×10^6 , 2.15×10^5 , 7.45×10^5 , 6.65×10^5 , 4.30×10^5 수준으로 검출되었으나 과열증기 30초 처리로 총균수가 검출범위 이하로 나타났다는 연구 결과를 보고했다.

결과적으로 과열증기 처리가 마늘의 일반세균의 균수를 감소시키는 데 매우 효과적인 것으로 나타났으며, 과열증기 온도가 증가할수록 미생물의 수가 크게 감소하였고, 특히 T350에서는 비처리구보다 약 6 log CFU/g의 수준이 감소한 것을 알 수 있었다.

관능평가

과열증기 처리에 따른 마늘의 관능평가 결과는 Table 5에 나타내었다. 관능평가 항목으로는 매운맛, 외관, 향미, 조직감(식감), 전반적인 기호도를 검사하였다. 매운맛이 많이 나고 불쾌할수록 매운맛 항목에 낮은 점수를, 외관이 보기 좋을수록 외관 항목에 높은 점수를, 마늘을 씹었을 때 식감이 좋을수록 조직감 항목에 높은 점수를, 그리고 마지막으로 종합적인 기호도가 높을수록 전반적인 기호도 항목에 높은 점수를 주도록 하였다.

대부분 항목에서 과열증기 처리 시 높은 점수를 보였다. 먼저 매운맛 항목에서는 비처리구와 T100, T150, T200 조건에서는 유의적인 차이가 없었으나 T250 조건에서부터 과열증기 처리온도가 증가할수록 매운맛 항목의 점수도 향

Table 5. Changes in sensory evaluation on garlic by SHS¹⁾ treatment at different temperatures

Treatment	Pungency	Appearance	Flavor	Texture	Overall acceptability
Control	2.45±1.05 ^{c2)}	2.95±1.19 ^b	2.80±1.11 ^c	2.80±1.20 ^c	2.45±0.83 ^d
T100	2.65±0.67 ^c	4.55±0.89 ^a	2.90±0.97 ^c	3.40±0.75 ^{bc}	2.95±0.72 ^c
T150	2.90±0.91 ^c	4.70±1.26 ^a	3.15±0.93 ^c	3.65±0.81 ^{ab}	3.20±0.89 ^{bc}
T200	2.85±0.81 ^c	4.65±0.75 ^a	3.10±1.12 ^c	3.80±1.11 ^{ab}	3.20±0.83 ^{bc}
T250	4.20±0.83 ^b	4.55±0.76 ^a	3.90±1.33 ^b	3.70±1.17 ^{ab}	3.25±1.07 ^{ab}
T300	4.70±1.34 ^{ab}	4.60±0.88 ^a	4.45±1.00 ^b	4.25±0.72 ^a	5.25±0.85 ^a
T350	5.00±1.49 ^a	4.40±0.68 ^a	5.40±1.23 ^a	4.20±0.89 ^a	5.75±1.21 ^a

¹⁾SHS: Superheated steam.

²⁾Each value represents mean±SD (n=3). Means with different letters in the same column are significantly different at $P<0.05$.

상하였다. 외관 항목에서는 모든 조건에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 그리고 향미 항목에서는 매운맛 항목과 유사한 결과를 나타냈으며, 비처리구와 T100, T150, T200 조건에서는 유의적인 차이가 없었지만 T250 조건에서부터 과열증기 처리온도가 증가할수록 향미 항목의 점수도 향상하였다. 이와 같은 결과는 맛과 향은 연관이 크다는 것으로 생각한다. 과열증기 처리온도가 높을수록 마늘 특유의 매운맛과 불쾌취가 감소되면서 과열증기 처리온도가 낮을 때보다 높을 때 더 높은 점수를 얻었다고 생각한다. 다음으로 조직감 항목에서는 과열증기 처리구가 비처리구보다 높은 점수를 얻었다. 그 이유로는 과열증기 처리에 의해서 수분의 함량이 다소 증가하면서 마늘의 조직감이 약해지고 씹기에 좋은 식감을 가져 높은 점수를 얻었다고 생각한다(Table 1). 그리고 매운맛 항목과 향미 항목은 과열증기 처리에 따른 total thiosulfinate와 total pyruvate의 함량 결과 및 마늘의 휘발성 향기성분 결과와 동일한 결과로 확인되어 과열증기 처리는 마늘 특유의 매운맛 및 불쾌취를 저감화하면서 관능적으로 좋은 효과가 있는 공정으로 생각한다(Table 1, Table 3).

요 약

본 연구에서는 과열증기 처리온도에 따른 마늘의 불쾌취 제거 효과를 비롯한 이화학적, 미생물학적, 관능적 특성을 연구하고자 하였다. 과열증기 장치의 장점으로 에너지 효율적이고 환경오염이 적으며, 식품 고유의 영양성분 변화가 적게 일어난다는 등의 장점을 가지고 있다. 마늘 특유의 불쾌취 및 매운맛 정도를 알아보는 total thiosulfinate, total pyruvate 함량에서는 비처리구보다 과열증기 처리한 모든 조건에서 감소하였고, 관능평가에서는 비처리구보다 과열증기 처리한 모든 조건에서 높은 점수를 획득한 것을 확인할 수 있었다. 또한, 마늘의 휘발성 향기물질 특성에서도 비처리구보다 과열증기 처리구에서 마늘 특유의 불쾌취를 생성하는 향기성분이 크게 저감화된 것을 확인할 수 있었다. 항산화 활성 및 총 페놀 화합물 함량에서는 비처리구가 과열증기 처리구보다 다소 높은 특성을 나타내었지만 과열증기 처리 시에도 FRAP는 77~93%, ABTS 라디칼 소거능은 89~97%, 총 페놀성 화합물 함량은 76~79%로 잔류하여 모든 항산화 활성에서 비교적 높게 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 조직감 항목에서는 과열증기 처리구가 비처리구보다 경도가 다소 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 항균성 특성에서는 비처리구가 과열증기 처리구보다 큰 항균성을 나타내었다. 모든 균주에서 비처리구는 10 mm 이상의 inhibition zone을 형성하였고, 과열증기 처리구에서는 1.0~10.0 mm의 inhibition zone을 형성하였다. 다음으로 일반세균, 대장균, 효모 및 곰팡이 균수에서는 대장균과 효모 및 곰팡이는 검출되지 않았지만, 일반세균수는 비처리구에서 8.69 log CFU/g이었으며 과열증기 처리 온도를 100~350°C로

처리한 T100~T350 처리구들에서는 각각 5.65, 5.18, 5.15, 4.85, 4.75, 2.92 log CFU/g으로 대조구보다 3~6 log CFU/g의 수준이 감소한 균수를 확인하였다. 결과적으로 과열증기 처리는 마늘 특유의 불쾌취 및 매운맛을 저감화하며 다른 열처리에 비해 마늘의 영양물질 및 생리활성 물질이 높게 유지하고, 또한 미생물 제거 및 저감화에도 효과적이라고 생각한다.

감사의 글

본 연구는 경상대학교 산학협력 선도대학(LINC) 육성사업의 연구비 지원에 의해 이루어진 것이며, 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

- Sohn KH, Lim JK, Kong UY, Park J, Noguchi A. 1996. High pressure inactivation of alliinase and its effects on flavor of garlic. *Korean J Food Sci Technol* 28: 593-599.
- Chung SK, Seog HM, Choi JU. 1994. Changes in volatile sulfur compounds of garlic (*Allium sativum* L.) under various drying temperatures. *Korean J Food Sci Technol* 26: 679-682.
- Shin DB, Seog HM, Lee YC. 1999. Flavor composition of garlic from different area. *Korean J Food Sci Technol* 31: 293-300.
- Iciek M, Kwiecień I, Włodek L. 2009. Biological properties of garlic and garlic-derived organosulfur compounds. *Environ Mol Mutagen* 50: 247-265.
- Pittler MH, Ernst E. 2007. Clinical effectiveness of garlic (*Allium sativum*). *Mol Nutr Food Res* 51: 1382-1385.
- Štajner D, Milić N, Čanadanović-Brunet J, Kapor A, Štajner M, Popović BM. 2006. Exploring *Allium* species as a source of potential medicinal agents. *Phytother Res* 20: 581-584.
- Horie T, Awazu S, Itakura Y, Fuwa T. 1992. Identified diallyl polysulfides from an aged garlic extract which products the membranes from lipid peroxidation. *Planta Med* 58: 468-469.
- Barlow SM. 1990. Toxicological aspects of antioxidants used as food additives. In *Food Antioxidants*. Hudson B, ed, Elsevier, London, UK. p 253-307.
- Krest I, Glodek J, Keusgen M. 2000. Cysteine sulfoxides and alliinase activity of some *Allium* species. *J Agric Food Chem* 48: 3753-3760.
- Lawson LD, Wang ZJ. 2001. Low allicin release from garlic supplements: a major problem due to the sensitivities of alliinase activity. *J Agric Food Chem* 49: 2592-2599.
- Lagunas LLM, Castaigne F. 2008. Effect of temperature cycling on alliinase activity in garlic. *Food Chem* 111: 56-60.
- Brodnitz MH, Pascale JV, Derslice LV. 1971. Flavor components of garlic extract. *J Agric Food Chem* 19: 273-275.
- Choi YH, Shim YS, Kim CT, Lee C, Shin DB. 2007. Characteristics of thiosulfates and volatile sulfur compounds from branched garlic reacted with alliinase. *Korean J Food Sci Technol* 39: 600-607.
- Jeon MR, Kim MH, Kim MY, Kim MR. 2009. The effects of heat treatments and herb addition on flavor on garlic. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 105-110.
- Yu TH, Wu CM, Ho CT. 1993. Volatile compounds of

- deep-oil fried, microwave-heated, and oven-baked garlic slices. *J Agric Food Chem* 41: 800-805.
16. Kim KW, Kim YT, Kim M, Noh BS, Choi WS. 2014. Effect of high hydrostatic pressure (HHP) treatment on flavor, physicochemical properties and biological functionalities of garlic. *LWT - Food Sci Technol* 55: 347-354.
 17. Amatsubo T, Hagura Y, Suzuki K. 2006. The effect of superheated steam treatment on the quality of vegetable oils. *Food Sci Technol Res* 12: 114-118.
 18. Tang Z, Cenkowski S. 2000. Dehydration dynamics of potatoes in superheated steam and hot air. *Can Agric Eng* 42: 43-49.
 19. Xiao HX, Bai JW, Sun DW, Gao ZJ. 2014. The application of superheated steam impingement blanching (SSIB) in agricultural products processing - A review. *J Food Eng* 132: 39-47.
 20. Choi Y, Oh JH, Bae IY, Cho EK, Kwon DJ, Park HW, Yoon S. 2013. Changes in quality characteristics of seasoned soy sauce treated with superheated steam and high hydrostatic pressure during cold storage. *Korean J Food Cook Sci* 29: 387-398.
 21. Kim OS, Lee DH, Chun WP. 2008. Eco-friendly drying technology using superheated steam. *Korean Chem Eng Res* 46: 258-273.
 22. Idrus NFM, Yang TA. 2012. Comparison between roasting by superheated steam by convection on changes in colour, texture and microstructure of peanut (*Arachis hypogaea*). *Food Sci Technol Res* 18: 515-524.
 23. Wang TC, Chen BY, Shen YP, Wong JJ, Yang CC, Lin TC. 2012. Influence of superheated steaming and roasting on the quality and antioxidant activity of cooked sweet potatoes. *Int J Food Sci Technol* 47: 1720-1727.
 24. Satou K, Takahashi Y, Yoshii Y. 2010. Effect of superheated steam treatment on enzymes related to lipid oxidation of brown rice. *Food Sci Technol Res* 16: 93-97.
 25. AOAC. 1999. *Official methods of analysis*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 124.
 26. Freeman GG, McBreen F. 1973. A rapid spectrophotometric method of determination of thiosulphinate in onion (*Allium cepa*) and its significance in flavour studies. *Biochem Soc Trans* 1: 1150-1152.
 27. Schwimmer S, Weston WJ. 1961. Onion flavor and odor, enzymatic development of pyruvic acid in onion as a measure of pungency. *J Agric Food Chem* 9: 301-304.
 28. Biglari F, AlKarkhi AFM, Easa AM. 2008. Antioxidant activity and phenolic content of various date palm (*Phoenix dactylifera*) fruits from Iran. *Food Chem* 107: 1636-1641.
 29. Kim DO, Jeong SW, Lee CY. 2003. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chem* 81: 321-326.
 30. Lim CL, Hong EJ, Noh BS, Choi WS. 2010. Effects of high hydrostatic pressure and pH on the reduction of garlic off-flavor. *Korean J Food Sci Technol* 42: 533-540.
 31. Yoon IS. 2009. Sensitivity test on the food poisoning bacteria of the garlic extract. *J Korea Contents Assoc* 9: 339-349.
 32. Chun JY, Kwon BG, Lee SH, Min SG, Hong GP. 2013. Studies on physico-chemical properties of chicken meat cooked in electric oven combined with superheated steam. *Korean J Food Sci An* 33: 103-108.
 33. Shin YK, Kyung KH. 2014. Cysteine reacts to form blue-green pigments with thiosulfates obtained from garlic (*Allium sativum* L.). *Food Chem* 142: 217-219.
 34. Cavagnaro PF, Camargo A, Galmarini CR, Simon PW. 2007. Effect of cooking on garlic (*Allium sativum* L.) antiplatelet activity and thiosulfates content. *J Agric Food Chem* 55: 1280-1288.
 35. Park GY, Lee SJ, Im JG. 1997. Effects of green tea catechin on cytochrome P₄₅₀, xanthine oxidase activities in liver and liver damage in streptozotocin induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 901-907.
 36. Shin JH, Choi DJ, Lee SJ, Cha JY, Sung NJ. 2008. Antioxidant activity of black garlic (*Allium sativum* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 965-971.
 37. Arnao MB. 2000. Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. *Trends Food Sci Technol* 11: 419-421.
 38. Machizuki E, Yamamoto T, Suzuki S, Nakazawa H. 1996. Electrophoretic identification of garlic and garlic products. *J AOAC Int* 79: 1466-1470.
 39. Jeong JY, Woo KS, Hwang IG, Yoon HS, Lee YR, Jeong HS. 2007. Effects of heat treatment and antioxidant activity of aroma on garlic harvested in different cultivation areas. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1637-1642.
 40. Small LVD, Bailey JH, Cavallito CJ. 1949. Comparison of some properties of thiosulfonates and thiosulfates. *J Am Chem Soc* 69: 3565-3566.
 41. Kim BC, Hwang JY, Wu HJ, Lee SM, Cho HY, Yoo YM, Shin HH, Cho EK. 2012. Quality changes of vegetables by different cooking methods. *Korean J Culinary Res* 18: 40-53.