

Solid-Phase Microextraction(SPME)을 이용한 등굴레차의 증자 여부에 따른 향기성분 특성 비교

박난영 · 서지형* · 김영희** · 권중호

경북대학교 식품공학과, *경북과학대학 첨단발효식품과, **한국인삼연초연구원

Comparison of Flavor Compounds in Steamed- and Nonsteamed-Roasted *Polygonatum odoratum* Roots by Solid-Phase Microextraction

Nan-Young Park, Ji-Hyung Seo*, Young-Hoi Kim** and Joong-Ho Kwon

Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University

*Department of Fermented Food, Kyongbuk College of Science

**Korea Ginseng & Tobacco Research Institute

Abstract

The headspace flavors of roasted tea, prepared with steamed and nonsteamed polygonatum roots, were absorbed in solid-phase microextraction(SPME) fiber coated with 65 μm of carbowax/divinylbenzene(CW/DVB) and analysed by GC-MS. The absorption conditions of SPME fiber for equilibrated headspace were selected as 60°C and 30 min. In a comparison for both samples roasted at 130°C for 15 min, gas chromatograms showed a similar pattern in overall profiles between steamed and nonsteamed samples before roasting, but some differences were observed in peak characteristics. From 40 separated peaks, 25 compounds were identified with both GC-MS and retention time comparison. The pyrazines including 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one, 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone, 2-acetyl-1-pyrroline, etc. were higher in their contents in nonsteamed-roasted sample than steamed-roasted one. In particular, steamed-roasted polygonatum showed higher contents of acetic acid(8.17%) and hexanoic acid(5.43%) than the corresponding compounds of nonsteamed-roasted one, 2.40% and 2.00%.

Key words : polygonatum tea, SPME fiber, flavors, steaming

서 론

등굴레(*Polygonatum odoratum*)는 백합과에 속하는 다년생 초본으로 옛부터 근경(根莖)은 한방과 민간에서 자양강장, 당뇨, 갈증 해소, 허약 증상, 영양 불량, 폐결핵 등에 효능이 있는 것으로 전래되고 있다⁽¹⁾. 등굴레 근경은 감미가 있고 끈적끈적한 특성을 지닌 전통 약용 및 식용 식물자원이며, 건조 후 볶음 처리할 경우 우리 입맛에 맞는 구수한 순농맛을 내는 독특한 풍미가 있어서 전통차로서 다양하게 가공·이용되었다. 가열가공식품에서 당과 아미노산의 상호작용에 의해 일어나는 Maillard 반응은 갈색색소와 향미 등을 생성

하므로 식품의 품질에 중요한 영향을 미치게 된다. 그리하여 지금까지 cocoa bean의 가열처리에 따른 초코렛 향기의 전구체로서 당의 변화⁽²⁾, 보리의 볶음에 따른 휘발성 향기성분 생성에 함황 화합물, 지방산, neutral non-carbonyl oxygenated compounds 등이 관여한다는 보고⁽³⁾, 쌀보리 맥아를 발아시켜 가열 처리함에 따른 향기성분의 관능적 특성에 대해 보고⁽⁴⁾, cocoa bean에 아미노산과 과당을 반응시켜 pyrazine 화합물의 생성을 밝혀낸 Arnoldi 등⁽⁵⁾의 보고 등이 향미 생성과 관련된 주요 연구들이다.

등굴레 근경의 가공품은 구중구포(九蒸九曝)한 제품도 있으나 대부분이 향미를 살린 볶음 등굴레차라고 할 수 있다. 현행 등굴레차의 가공은 수확된 근경을 일정 시간 동안 증자처리(steam)한 후 볶음처리하고 있다. 그러나 볶음 전 증자 여부는 등굴레차의 향기성분 생성에 많은 영향을 미칠 것으로 예상되며, 더욱이 제조공정 상에도 중요한 의미를 지니게 된다. 지금까

Corresponding author : Joong-Ho Kwon, Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea
Tel : 82-53-950-5775
Fax : 82-53-950-6772
E-mail : jhkwon@knu.ac.kr

지 등굴레의 향미와 관련된 연구로는 Kim⁽⁶⁾의 등굴레차와 치커리차의 향기성분 생성 특성에 대한 연구, Ryu⁽⁷⁾의 볶음 처리에 따른 이화학적 및 관능적 품질 변화 등이 있으며, Lim⁽⁸⁾은 등굴레 근경의 증자 여부에 따른 이화학적 품질을 비교한 바 있다. 그러나 증자 여부에 따른 향기성분 생성 특성에 대한 보고는 아직 없다. 특히 최근 활용이 증대되고 있는 solid-phase microextraction(SPME) headspace 방법은 휘발성이 약한 향기성분의 분석에 좋은 결과를 나타내었고⁽⁹⁻¹¹⁾ 주로 vegetable oil에 있는 butter향⁽¹²⁾, 과일음료의 향기성분⁽¹³⁾, hop에 있는 정유성분⁽¹⁴⁾, 식품 model계의 pyrazine⁽¹⁵⁾과 보드카의 휘발성 성분⁽¹⁶⁾을 분석하는데 사용되고 있어서 등굴레의 향 분석에 적합하리라 기대된다.

따라서 본 연구에서는 고품질의 등굴레차 제조를 위한 기반 연구로서, SPME를 이용한 headspace 방법에 의하여 등굴레 근경의 증자 여부에 따른 등굴레차의 향기성분 특성을 비교하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 등굴레(*Polygonatum odoratum*) 근경은 1998년 12월경에 경남 함양에서 수확된 시료를 수세하여 증자 및 볶음용 시료로 사용하였다.

증자 및 볶음 처리

등굴레 근경의 증자처리(steaming)는 Lim 등⁽⁸⁾의 보고를 바탕으로 30~150분의 범위에서 실시한 다음 실온에서 냉각하였으며, 무증자 시료와 함께 볶음시 보다 균일한 열처리를 위하여 일정한 크기(2 mm×2 mm×2 mm H)로 절단한 다음 동결 건조하여 볶음실험에 사용하였다. 등굴레 근경의 볶음은 온도계가 부착된 밀폐형 glass vessel에 시료 일정량을 넣고 oil bath(OS-180, Advantec Co., Japan) 상에서 관능적 예비실험에서 최적 조건으로 확인된 130°C에서 15분간 실시하였다. 이때 볶음용기 내의 온도는 ±2°C 범위에서 조절이 가능하게 하였다.

증자시간 결정을 위한 관능검사

볶음용 시료의 증자시간을 결정하기 위하여 30~150분 범위에서 증자 처리된 시료를 130°C에서 15분 동안 볶음 처리한 다음, 아래 관능검사 방법에 의해 최적 증자시간을 결정하였다. 즉, 각 시간에서 증자 후 볶음 처리된 시료의 관능적 품질평가는 본 실험에 흥미를 가진 10명의 연구원에게 등굴레차 특유의 기호

도 평가요령을 훈련시킨 뒤 색상, 향미 및 전반적 기호도에 대한 관능평가를 5점채점법⁽¹⁷⁾(5: 매우 좋다, 4: 좋다, 3: 보통이다, 2: 좋지 않다, 1: 매우 좋지 않다)에 의해 실시하게 하였다. 이때 평가시료의 조제는 볶음시료 5g을 1500 mL의 열수에 넣어 약 20분간 추출한 다음 여과하여 고유한 향미를 잘 느낄 수 있는 50~60°C 부근⁽¹⁸⁾에서 관능검사를 실시하였다. 이 때 각 시료간의 통계적 유의성 검정은 Duncan's multiple range test⁽¹⁹⁾를 이용하여 실시하였다.

SPME 포집조건 설정시험

관능검사에서 최적의 증자 및 볶음 조건을 설정한 다음 SPME fiber에 노출되는 시간을 알아보기 위하여 glass vessel 내의 온도를 25, 40, 60, 80°C로, 시간을 5, 15, 30, 60분으로 각각 구분하여 향기성분을 포집한 다음 GC 분석에 의해 얻어진 peak profile에 의해 SPME fiber의 최적 노출온도 및 시간을 설정하였다. 이때 사용된 SPME fiber는 Quach 등⁽²⁰⁾의 방법에 준하여 Carbowax/divinylbenzene(CW/DVB, 65 µm coating thickness, Supelco, USA)를 선택하여 실험하였다.

향기성분 분석

등굴레 근경의 증자 여부 및 볶음처리에 따른 향기성분의 포집은 SPME를 이용한 headspace분석법⁽¹³⁾을 이용하였다. 포집된 향기성분의 분석을 위한 GC는 Shimadzu 17A를 사용하였고, 이때 분석조건은 CBP-20 fused silica capillary(25 m×0.25 mm, i.d.×0.25 µm film thickness) column과 FID detector를 사용하였다. Column 온도는 50°C(10 min)에서 220°C(35 min)까지 2°C/min로 programming하였고, carrier gas는 N₂ gas(1 mL/min)를 사용하였다. GC-MS는 Shimadzu QP 5050A를 사용하였으며, column은 Supelcowax 10(30 m×0.25 mm, i.d.×0.25 µm)을 사용하였다. 이온화전압은 70 eV였고, 그 외 조건은 GC와 동일하게 하였다. 향기성분의 동정은 준비된 표준품과의 retention time 비교와 문헌상의 mass spectral data⁽²¹⁾의 대조로써 실시하였다.

결과 및 고찰

증자시간 설정

등굴레 근경의 증자 여부에 따른 볶음 처리 시 향기성분의 특성을 비교하기 위하여, 먼저 여러 시간에서 증자된 시료를 일정 조건에서 볶음처리하여 관능검사를 실시한 결과는 Table 1과 같다. 색상에 대한 관

Table 1. Sensory properties of Polygonatum odoratum tea roasted at 130°C for 15 min after steaming with different time

| Sensory parameters | Steaming time (min) ¹⁾ | | | | |
|----------------------|-----------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |
| Color | 4.00 ^a | 4.00 ^a | 2.83 ^{abc} | 3.66 ^{ab} | 3.47 ^{ab} |
| Flavor | 3.83 ^a | 3.17 ^{ab} | 3.83 ^a | 4.33 ^a | 4.33 ^a |
| Overall palatability | 4.00 ^a | 4.00 ^a | 4.00 ^a | 4.33 ^a | 4.15 ^a |

¹⁾Each value represents the mean of the rating by 10 judges using 5-point scales (1: very poor, 3: fair, 5: very good).

^{a-c)}Means in the same row with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

농평점은 30분과 60분에서 높게 나타났으나 향미는 120분과 150분에서 높았으며 전반적 기호도에서는 120분에서 가장 높은 관능적 기호도를 나타내었다. 따라서 본 실험에서는 향미와 전반적 기호도를 고려하여 둥굴레 근경의 증자시간을 120분으로 설정하였으며, 이 결과는 Lim⁽⁶⁾의 적정 증자시간에 대한 보고와 일치하였다.

SPME 포집조건

둥굴레 근경의 향기성분 분석을 위하여 SPME-GC 분석법을 이용하면서 볶음시 생성된 headspace의 평형에 요구되는 온도와 시간의 영향을 검토한 결과는 Fig. 1과 같다. 볶음온도 130°C에서 15분간 볶음처리 한 후 25~80°C 범위에서 일정 시간 동안 유지하여 향기성분을 포집 분석한 결과, 25°C 및 40°C에 비하여 60°C와 80°C에서 향기성분의 peak area가 크게 나타났으며, 80°C에서는 시간별 peak area가 불안정하였으나 60°C에서는 5분 이후부터 매우 안정된 포집효과가 있음이

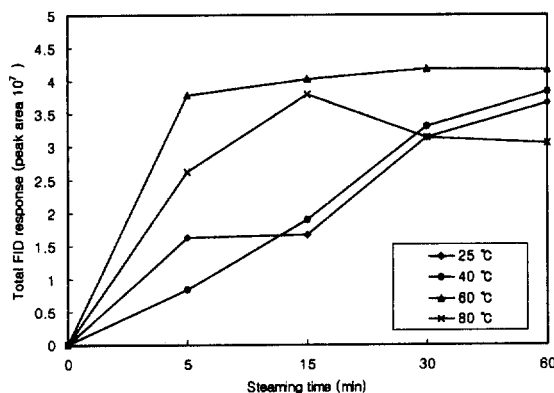


Fig. 1. Effects of temperature and time on the equilibrium of flavor compounds between the SPME coating and the headspace of roasted polygonatum.

확인되었다. Jia 등⁽²²⁾에 의하면 향기성분의 평형을 위한 온도조건이 올라갈수록 peak area는 감소되는 경향을 나타내었고 whey protein concentrate solution에서는 40°C, 30분에서 GC의 profile이 일정하게 나타내었으며⁽²⁰⁾ 본 실험에서는 60°C, 5분 이상에서 증가하는 폭이 줄어들어 일정한 평형상태를 나타내었다. 이는 SPME fiber를 낮은 온도에서 장시간 노출시키는 것보다는 고온에서 단시간에 분석하는 것이 유용하였다⁽²²⁾는 보고에 따라, 본 실험에서는 평형 온도와 시간을 60°C, 30분으로 설정하였다. 이 같은 결과는 Jia 등⁽²²⁾의 orange juice의 SPME 분석에서 평형 온도와 시간에 대한 보고와 유사한 값이었다.

향기성분 분리 및 동정

이상과 같이 SPME fiber에 의한 향기성분 포집조건을 확립하여 무증자 및 증자(120분)된 시료를 130°C에서 15분간 볶음 처리하여 분석 비교한 GC chromatogram은 Fig. 2와 같이 머무름 시간 5분 정도 경과 후부터 여러 성분들이 분리되기 시작하였다. 두 시료의 chromatogram profile을 비교해 보면 40여 종의 peak가 분리되었고, 전반적인 pattern은 유사하였으나 서로 상이한 peak의 생성과 면적을 확인할 수 있었다. 이상의 분리된 성분들을 동정하고자 GC-MS의 확인과 표준물질과의 retention time 비교를 실시하여 본 결과, Table 2와 같이 25종의 향기관련 성분들이 확인되었다. 이들

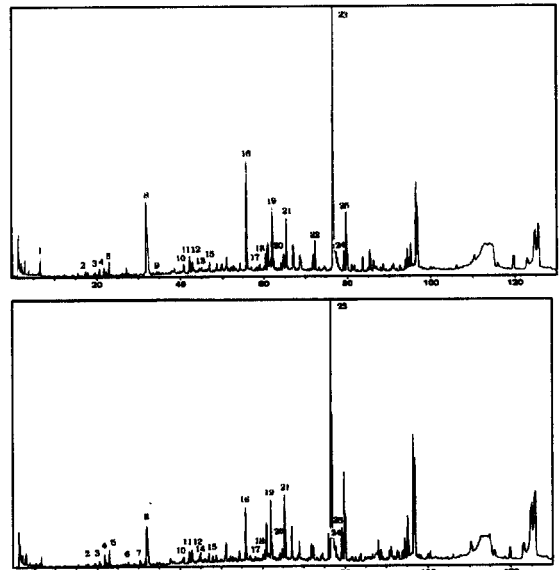


Fig. 2. GC chromatogram of flavor compounds in Polygonatum odoratum roasted at 130°C for 15 min (top: steamed-roasted, bottom: nonsteamed-roasted).

Table 2. The flavor compounds identified from steamed-roasted and nonsteamed-roasted *Polygonatum odoratum*

| Peak No. | Compounds | RT(min) | Peak area (%) | | Identification ²⁾ |
|----------|---|---------|-----------------|--------------------|------------------------------|
| | | | Steamed-roasted | nonsteamed-roasted | |
| 1 | Hexanal | 6.73 | 0.46 | 0.21 | GC-MS |
| 2 | Pentanol | 17.41 | 0.21 | 0.18 | GC-MS |
| 3 | Propanone | 20.75 | 0.31 | 0.19 | GC-MS |
| 4 | 2,5-dimethyl pyrazine | 21.92 | 0.30 | 0.43 | GC-MS, RT |
| 5 | 2-acetyl-1-pyrroline | 23.04 | 0.57 | 0.58 | GC-MS, RT |
| 6 | 2,3,5-trimethylpyrazine | 27.70 | - ¹⁾ | 0.16 | GC-MS, RT |
| 7 | 2,6-dimethyl-3-ethyl pyrazine | 30.60 | - | 0.26 | GC-MS |
| 8 | Acetic acid | 31.92 | 8.17 | 2.84 | GC-MS |
| 9 | 1-octanol | 34.52 | 0.22 | - | GC-MS |
| 10 | 2-acetylpyridine | 40.84 | 0.34 | 0.18 | GC-MS |
| 11 | Hexadecane | 40.99 | 0.23 | 0.16 | GC-MS |
| 12 | Dihydro-2(3H)-furanone | 42.29 | 0.90 | 0.53 | GC-MS |
| 13 | Pentane | 44.59 | 0.22 | - | GC-MS |
| 14 | 2-octenal | 45.00 | - | 0.25 | GC-MS |
| 15 | Heptadecane | 47.10 | 0.34 | 0.24 | GC-MS |
| 16 | Hexanoic acid | 56.00 | 5.43 | 2.00 | GC-MS |
| 17 | Phenol | 59.19 | 0.24 | 0.28 | GC-MS, RT |
| 18 | Benzothiazole | 60.65 | 0.78 | 0.16 | GC-MS |
| 19 | 2-Acetyl pyrrole | 62.13 | 2.83 | 2.35 | GC-MS, RT |
| 20 | 2-Pyrrolidinone | 64.85 | 1.14 | 0.67 | GC-MS |
| 21 | 2,5-Dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone | 65.53 | 2.43 | 2.57 | GC-MS, RT |
| 22 | Nonanoic acid | 72.41 | 1.28 | - | GC-MS |
| 23 | 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one | 76.85 | 0.21 | 19.78 | GC-MS |
| 24 | 2-Ethyl-4-hydroxy-5-methyl-3(2H)-furanone | 77.73 | 0.31 | 0.87 | GC-MS |
| 25 | Ethanol | 79.33 | 5.03 | 1.44 | GC-MS |
| Total | | | 31.95 | 36.33 | |

¹⁾Not detected.²⁾GC-MS, RT: Identified by comparing of mass spectra and GC retention time to those of authentic samples.
GC-MS: Identified by comparing of mass spectra only.

주요 peak들을 화학적 특성 별로 나누어 보면 증자 후 볶음처리한 등굴레는 aldehyde 및 ketone류가 5종, alcohol류가 3종, acid류가 3종, pyrazine류가 1종, phenol류가 1종, 기타 9종으로 acetic acid, hexanoic acid, ethanol, 2-acetyl pyrrole 등의 순으로 높은 함량을 보였고, 증자하지 않고 볶은 등굴레는 aldehyde 및 ketone류가 6종, alcohol류가 2종, acid류가 2종, pyrazine류가 3종, phenol류가 1종, 기타 8종으로 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one, acetic acid, 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone, 2-acetyl pyrrole 등이 주요 향기성분으로 나타났다. 이들 향기 성분 중 증자 후 볶은 등굴레의 경우 peak area가 acetic acid 8.17%, hexanoic acid 5.43%로 증자하지 않고 볶은 등굴레의 2.84% 및 2.00%에 비해 월등히 높게 나타났으며, 증자하지 않고 볶은 등굴레는 2,3,5-trimethylpyrazine과 2,6-dimethyl-3-ethylpyrazine 등의 pyrazine류가 증자 후 볶은 등굴레 보다 많이 생성됨을 알 수 있었다. 이들 pyrazine류는 가열처리 식품에

서 강렬하고 특징적인 향미의 주성분⁽²³⁾으로 알려져 있고, 식품 중의 아미노산과 단백질이 당과의 반응에 의해 생성되며, 반응온도와 시간, 당의 종류 등에 따라 그 생성량도 달라지게 된다⁽²⁴⁾. 또한 증자 후 볶음처리 등굴레 보다 증자하지 않고 볶은 등굴레에서는 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one, 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone, 2-acetyl-1-pyrroline 등이 높은 함량을 나타내어 단맛과 구수한 향에 큰 영향을 미칠 것으로 추정된다⁽²⁵⁾. 특히, 2-acetyl-1-pyrroline 은 팝콘향으로 쌀밥의 주요 향기성분이며, 이는 극미량으로도 쌀밥의 향기에 미치는 영향이 매우 크다고 보고되었고⁽²⁶⁾, 물에서의 최소 감지량은 0.1 ppb로써 극히 미량이지만 강한 향기를 지니고 있다. 또한 이들 화합물들은 Kim⁽⁶⁾에 의한 등굴레의 향기성분 연구에서는 확인되지 않은 성분으로서 SPME-headspace법에 의한 향기성분의 분석이 SDE방법보다 적합한 방법으로 사료된다. 따라서 이들 성분은 등굴레차의 향기성분에서 주요 향기성분으로서의 역할이 기대되며, 본 연

구에서 둥굴레차의 제조시 증자 여부는 향기성분의 생성에 커다란 영향을 미치는 것으로 확인되어 현재 sniffing 방법에 의해 증자 여부에 따른 둥굴레차 향기성분의 관능적 profile을 연구 중에 있다.

요 약

고품질 둥굴레차의 제조를 위한 기반연구로서 solid-phase microextraction(SPME)을 이용한 headspace 방법에 의해 볶음 전 증자(steaming) 여부에 따른 둥굴레차의 향기성분 특성을 비교하였다. SPME fiber에 대한 향기성분의 흡착조건은 60°C에서 30분이 적합하였고, 무증자 및 증자(120분)된 시료를 130°C에서 15분간 볶음 처리하여 분석 GC chromatogram에서는 40여종의 peak가 분리되었고, 전반적인 pattern은 유사하였으나 서로 상이한 peak특성이 관찰되었다. 분리된 성분들을 GC-MS와 retention time 비교에 의해 25종을 동정하였으며, 무증자 볶음처리 둥굴레는 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one, 2,5-di-methyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone, 2-acetyl-1-pyrroline 등의 pyrazine류 함량이 증자후 볶음 둥굴레보다 높게 나타나 둥굴레의 고유한 향과 맛에 큰 영향을 미칠 것으로 추정되었다. 특히 증자 후 볶음 처리한 둥굴레의 경우에는 acetic acid(8.17%)와 hexanoic acid(5.43%)의 함량이 무증자 시료(2.40%와 2.00%)보다 높게 나타났다.

문 헌

- Ann, D.G. Restorative of Korea. Yeollin Chakdle, Seoul, Korea (1993)
- Rohan, T.A. and Stewart, T. The precursors of chocolate aroma, changes in the sugars during the roasting of cocoa beans. *J. Food Sci.* 31: 206-209 (1966)
- Wang, P.S., Kato H. and Fujimaki M. Studies on flavor components of roasted barley(II); The major volatile carbonyl compounds. *Agr. Biol. Chem.* 32: 501-504 (1968)
- Seog, H.M. The effects of the roasting temperature on the formation of volatile compounds in the malted naked barley. Ph. D. Thesis, Joongang University, Seoul, Korea (1987)
- Arnoldi, A., Arnoldi, C., Baldi, O. and Griffini, A. Flavor components in the maillard reaction of different amino acids with fructose in cocoa butter-water. Qualitative and quantitative analysis of pyrazines. *J. Agric. Food Chem.* 36: 988-992 (1988)
- Kim, K.H. Volatile flavor components and formation model system of dunggule(*Polygonatum* sp.) tea and chicory(*Cichorium intybus* L.) tea. M.S. Thesis, Dongeui University. Pusan, Korea (1998)
- Ryu, K.C., Chung, H.W., Lee, G.D. and Kwon, J.H. Color changes and optimization of organoleptic properties of roasted *Polygonatum odoratum* Tea. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 26: 831-837 (1997)
- Lim, C.H. Effects of steaming and roasting on physicochemical properties of *Polygonatum odoratum* roots. M.S. Thesis, Kyungpook National University. Taegu, Korea (1996)
- Arthur, C.L., Pawliszyn, J. Solid-phase microextraction with thermal desorption using fused silica optical fibers. *Anal. Chem.* 62: 2145-2148 (1990)
- Arthur, C.L., Killam, L.M., Buchholz, K.D., Pawliszyn, J. Automation and optimization of solid-phase microextraction. *Anal. Chem.* 64: 1960-1966 (1992)
- Zhang, Z., Pawliszyn, J. Headspace solid-phase microextraction. *Anal. Chem.* 65: 1843-1852 (1993)
- Yang, X., Peppard, T. Solid-phase microextraction for flavor analysis. *J. Agric. Food Chem.* 42: 1925-1930 (1994)
- Penton, Z. Flavor volatiles in a fruit beverage with automated SPME. *Food Test. Anal.* June: 16-18 (1996)
- Field, J.A., Nickerson, G., James, D.D. and Heider, C. Determination of essential oils in hops by headspace solid-phase microextraction. *J. Agric. Food Chem.* 44: 1768-1772 (1996)
- Ibanez, E. and Bernhard, R.A. Solid-phase microextraction(SPME) of pyrazines in model reaction systems. *J. Sci. Food Agric.* 72: 91-96 (1996)
- Ng, L.K., Hupe, M., Harnois, J. and Moccia, D. Characterization of commercial vodkas by solid-phase microextraction and gas chromatography/mass spectrometry analysis. *J. Sci. Food Agric.* 70: 380-388 (1996)
- Larmond, E. Methods for sensory evaluation of food. Canada Department of Agriculture. Publication 1284: 27-30 (1970)
- Kwon, J.H., Jacqueline, M.L. and Jacelyn, J.R. Effects of ionizing energy treatment on the quality of ginseng products. *Radiat. Phys. Chem.* 34: 963-967 (1989)
- Lee, C.H., Chai, B.G., Lee, S.G. and Park, B.S. Quality control of food industry, Yulim Moonhwas, Seoul, Korea (1982)
- Quach, M.L., Chen, X.D. and Stevenson, R.J. Headspace sampling of whey protein concentrate solutions using solid-phase microextraction. *Food Research International* 31: 371-379 (1999)
- Wiley/National Bureau of Standards (NBS). Registry of mass spectral data. Wiley Science, N.Y. USA (1989)
- Jia, M., Zhang, Q.H. and Min, D.B. Optimization of solid-phase microextraction analysis for headspace flavor compounds of orange juice. *J. Agric. Food Chem.* 46: 2744-2747 (1998)
- Hayase, F. and Kato, H. Volatile components formed by thermal degradation of nondialyzable melanoidins prepared from sugar-amino acid reaction systems. *Agr. Biol. Chem.* 39: 1143-1148 (1975)
- Shibamoto, T. and Bernhard, R.A. Effect of time, temperature, and reaction ratio on pyrazine formation in

- model systems. *J. Agric. Food Chem.* 24: 847-852 (1976)
25. Shu, C.K., Mookherjee, B.D. and Ho, C.T. Volatile components of the thermal degradation of 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone. *J. Agric. Food Chem.* 33: 448-450 (1985)
26. Lee, J.C. and Kim, Y.H. Comparison of volatile flavor components of Korean aromatic rice and nonaromatic rice. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 28: 299-304 (1999)
-
- (1999년 12월 31일 접수)