

가열살균 약주의 향기성분 분석

강미영* · 유승석** · 박영서 · 목철균 · 장학길

경원대학교 공과대학 식품생물공학과, *국립보건원 특수질환부 중앙연구과,
**서울대학교 농업생물신소재연구센터

Analysis of Flavors in Heat-Sterilized Yakju

Mi-Young Kang*, Seung Seok Yoo**, Young Seo Park, Chulkyoon Mok and Hak-Gil Chang

Department of Food and Bioengineering, College of Engineering, Kyungwon University

*Laboratory of Cancer Research, Department of Biomedical Science, National Institute of Health

**Research Center for New Bio-Materials in Agriculture, Seoul National University

Abstract

Volatile components in non-sterilized Yakju and heat-sterilized Yakju were analyzed using static head space technique by gas chromatograph (GC). In non-sterilized Yakju, ten components were isolated from the head-space including four alcohols, one aldehyde, one ester and an organic acid. Ethyl alcohol was the predominant volatile component with the concentration of 6,239 ppm, and this amount reached up to 97% of total volatile compounds in Yakju. In addition to ethyl alcohol, ethyl acetate, *iso*-amyl alcohol, acetaldehyde, *iso*-butyl alcohol and *n*-propyl alcohol were also detected in the range of 10-80 ppm. After the sample was heat-sterilized either at 50°C, 60°C, 70°C, or 80°C, the contents of the volatile components were not greatly affected in the comparison with the non-sterilized Yakju. However, the ratio of major volatile compounds of fusel oils formed through the heat treatment of Yakju were changed as follows; *iso*-amyl alcohol, *iso*-butyl alcohol, and *n*-propyl alcohol were proportionated by 23 : 8 : 5 in non-sterilized Yakju, whereas 10 : 6 : 5 in heat-sterilized Yakju at over 70°C.

Key words: Yakju, heat-sterilization, ethyl alcohol, volatile compounds

서 론

우리나라의 전통적인 발효주는 쌀과 누룩으로 병행발효시켜 양조한 것으로 원료와 제조방법, 관능적 특성에 따라 25종 이상으로 구분할 수 있는데 그 중에서 가장 대표적인 것이 탁주와 약주로 알려져 있다. 탁주와 약주는 제조방법에서 차이가 있는데, 양조 후 증류하지 않고 발효된 술덧을 체로 걸러서 외관이 백탁한 상태인 것을 막걸리 또는 탁주라 하고, 발효된 술덧에 용수를 박아서 맑은 액을 취한 것을 약주라 한다 (이한창, 1991; 송형익과 신중엽, 1995). 전통약주에 관한 연구는 현재까지 많이 이루어지지 않고 있으며, 특히 객관적 지표가 될 과학적 분석자

료는 극히 미비한 실정이다. 또한 약주에 관한 대부분의 보고는 주로 약주 제조시 발효중간산물 및 제품분석에 관한 연구, 원료의 하나인 누룩 중의 미생물과 제조법에 관한 연구, 주류의 일반성분과 저장성 향상에 관한 연구 등이 있다 (이철호와 김기명, 1995; 정기택, 1967; 조선, 1981). 그러나 이들 연구는 모두 약주의 영양, 맛 또는 위생에 중점을 둔 일반성분의 분석과 저장에 관한 것이다.

주류는 기호식품으로서 관능적 품질요소인 맛, 향, 색이 아울러 중시됨에도 불구하고 향기에 관한 연구 (Park, 1975; 정순택, 1987)가 거의 이루어지고 있지 않은데, 그 이유는 향기성분의 함량이 대부분 미량이며, 휘발성이 높아서 정성 및 정량 분석이 어렵기 때문이다 (Harrison, 1967; Teranish *et al.*, 1971). 이러한 이유로 주류의 향기성분평가는 주로 감별사의 주관적 관능검사에 의존하여 맛과 향의 평가가 이루어져 왔다. 따라서 이러한 의미에서 주류의 향기성분을

Corresponding author : Young-Seo Park, Department of Food and Bioengineering, Kyungwon University, Bokjung-Dong, Sujung-Ku, Sungnam, Kyunggi-Do 461-701, Korea (Tel.: 0342-750-5378, Fax.: 0342-750-5501)

과학적으로 분석하는 것은 매우 중요한 의의를 가진다고 할 수 있다 (이동선 등, 1994a).

주류의 향기성분으로는 주로 alcohols, organic acids, esters, aldehydes 등이 알려져 있고 (西谷尙道, 1977) 와인이나 위스키 등의 향기분석에 기체크로마토그래프가 사용되는 것으로 보고되어 있다 (Reanzin *et al.*, 1976; Martin *et al.*, 1981; Vidal *et al.*, 1994). 한편 발효와 미생물 대사작용으로 생성되는 약주의 고유한 향기도 20종이 넘는 alcohol류와 ester류, aldehyde류 및 유기산 등으로부터 기인하는 것으로 알려져 있다. 약주는 원료성분의 발효대사물과 양조과정에서 생산된 다양한 향기성분에 의하여 독특한 주류성분을 나타낼 수 있으나, 숙성과정과 후처리과정 및 보존기간 중 전통주 고유의 주류특성이 쉽게 훼손되거나 손실된다는 문제점이 제기되고 있다 (김성환, 1971; 정수열, 1987). 최근 약주 제조업체에서 가열살균처리로 약주의 보존성을 향상시키기 위한 노력을 계속하고 있는데, 이론적으로 가열살균은 약주를 장기간 고온에서 저장하는 것과 마찬가지로 영향을 주는 것으로, 그 결과 약주 내용물의 산화 및 분해가 촉진되어 이취가 발생하고 단백질 등의 열변성에 의한 백탁이 생겨 맛에 영향을 미치며 향기성분의 손실을 야기할 가능성을 내포하고 있는 것이다.

따라서 본 연구에서는 온도별로 가열살균한 약주의 각종 향기성분들의 변화유무를 정성 및 정량적으로 분석하여 가열살균 처리한 약주의 향기성분 보존성을 검증하고자 한다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 약주는 김포양조공사에서 제조한 약주로 발효 후 나일론백으로 여과한 약주를 실험재료로 사용하였다. 내부표준물질로는 1-heptyl alcohol을 Fischer (FairLawn, NJ, USA)사로부터 구입하였고, 그 외에 표준물질로 사용한 각종 alcohol류, aldehyde류, ketone 및 acid류 등의 화합물은 Sigma-Aldrich 사 (Seoul) 제품을 사용하였다. 또한 C₅~C₁₆의 *n*-paraffin standard mixture는 Polyscience (Niles, IL, USA)사 제품을 사용하였다.

약주의 가열살균

약주를 가열살균하기 위하여 내경 48 mm, 외경 60 mm, 길이 50 cm인 동 파이프를 항온수조에 장치한 다음 peristaltic pump를 이용하여 약주를 파이프 내

로 통과시켰다. 이 때 파이프에서의 체류시간, 즉 살균시간은 30초가 되도록 통과속도를 조절하였고 살균온도는 각각 50°C, 60°C, 70°C, 80°C로 하였다.

향기성분의 포집

살균하지 않은 약주와 일정 온도에서 가열살균한 약주를 각각 20 mL 취하여, 유리병 (60 mL)에 옮긴 후, crimper (Wheaton, Pittsburgh, PA, USA)를 이용하여 밀폐시켰다. 이때 시료인 약주에 포함되어 있는 휘발성 향기성분의 정량을 위하여 1-heptyl alcohol 일정량을 내부표준물질로 약주에 첨가하여 그 농도가 500 ppm이 되도록 하였다. 시료 중에 포함되어 있는 향기성분을 시료병의 head-space 부분으로 충분히 이동시키기 위하여, 80°C oven에서 30분간 가온하여 향기성분을 휘발시켰다. 가온에 의해 head-space로 추출된 향기성분을 gas tight syringe (5 mL)로 각각 1 mL 취하여 기체크로마토그래프 (GC) 분석을 위한 시료로 사용하였다.

기체크로마토그래프 분석

약주의 향기성분은 head-space technique에 의해 Hewlett-Packard 6890 기체크로마토그래프를 사용하여 분석하였다. 이때 GC에 장착된 검출기는 FID (flame ionization detector)였고, 분석관은 극성인 HP innowax type의 fused silica capillary column (길이 25 m, column 내경 0.2 mm, film thickness 0.25 μm)을 사용하였다. 오븐의 온도는 40°C에서 5분간을 유지한 후 분당 5°C의 상승비율로 200°C까지 증가시키고 5분간 온도를 유지시켰다. 주입부 온도와 검출기 온도는 모두 210°C로 하였다. Carrier gas로 사용되어진 수소의 유속은 0.5 mL/min였으며 분배비는 10:1 이었다. 각 성분에 대한 정량은 시료 제조시 첨가한 내부표준물질과의 상대 면적비에 의해 실시하였으며, 모든 결과는 HP 6890A GC workstation을 이용하여 저장 및 처리하였다. 그 외의 분석조건은 Table 1과 같다.

Retention Index (RI) 결정

약주의 향기성분중 동정된 화합물에 대한 retention index를 구하기 위하여 C₅에서 C₁₆까지의 *n*-paraffin의 mixture를 dichloromethane에 희석하여 농도가 1,000 ppm이 되도록 제조한 후, 1 μl를 GC에 주입하여 각각의 머무름 시간을 구하였다. 또한 약주로부터 얻어진 각각의 향기성분에 대한 머무름 시간과 *n*-paraffin 표준물질 (C₅~C₁₆)에 의한 결과로부터 다음과

Table 1. GC operating conditions for the analysis of flavors in Yakju

Type	Hewlett Packard 6890 GC system
Column	HP Innowax (25 m×0.2 mm ID×0.25 μm film thickness)
Detector	FID (Flame Ionization Detector)
Carrier gas	H ₂
Split ratio	10 to 1
Injection volume	1 mL
Injector temp.	210°C
Injector pressure	6.1 psi
Detector temp.	210°C
Oven temp.	Initial temp.: 40°C, Initial holding time: 5 min Rate: 5°C/min Final temp.: 200°C, Final holding time: 5 min

같이 Majlat의 방법 (Majlat *et al.*, 1974)을 이용하여 각각의 retention index를 결정하였으며, 이를 기존에 보고된 결과와 비교, 확인하였다.

$$RI = 100 \times [n + (\log RT_x - \log RT_n) / (\log RT_{n+1} - \log RT_n)]$$

여기서 n = 탄화수소의 탄소수

RT_x = 미지 peak의 retention time

RT_n = 표준 탄화수소 C_n의 retention time

RT_{n+1} = 표준 탄화수소 C_{n+1}의 retention time

휘발성 성분의 정량

약주로부터 동정된 각각의 향기성분의 정량은 동정되어진 물질의 integrated peak area와 사용되어진 내부 표준물질의 peak area 사이의 상대적인 비율을 이용하여 계산되었다. 각 성분의 함량 변화는 이와 같이 하여 정량된 것을 근거로 삼았으며, 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{농도 (ppm)} = \frac{\text{확인된 화합물의 peak area} \times \text{내부표준물질의 중량} (\mu\text{g}) \times \text{희석배수}}{\text{내부표준물질의 peak area} \times \text{시료량} (\text{g})}$$

결과 및 고찰

약주의 향기성분 동정

약주에는 ethanol 외에도 각종 alcohol류, aldehyde류, ketone류 및 ester와 유기산 등의 휘발성 물질이

Table 2. Gas chromatographic parameters for the volatile compounds

Standard chemicals	Boiling point (°C)	Retention time (min)	Retention index
Acetaldehyde	21	2.05	700
Acetone	56	2.60	812
Ethyl acetate	77	3.30	876
Methyl alcohol	65	3.66	900
Iso-propyl alcohol	82	4.03	928
Ethyl alcohol	78	4.15	933
Diacetyl	88	5.12	983
Sec-butyl Alcohol	98	6.44	1021
1-propyl Alcohol	97	6.86	1023
n-butyl acetate	125	7.82	1045
Hexanol	157	8.05	1052
Iso-butyl alcohol	108	8.50	1058
1-butyl alcohol	118	10.17	1082
Formaldehyde	96	12.08	1206
Iso-amyl alcohol	130	12.13	1210
1-heptyl alcohol	176	18.96	1436
Acetic acid	118	19.21	1441
Sec-phenylethyl alcohol	104	27.14	-
2-ethyl Hexanoic acid	228	30.16	-

존재하며, 이들 물질이 약주의 주요 향기성분을 구성하고 각기 다른 농도 및 분포비율에 따라 고유한 향미특성을 부여하는 것으로 알려져 있다.

본 실험에서는 기체크로마토그래프를 이용하여 살균처리 조건에 따른 약주내에 존재하는 휘발성 향기성분을 정성 및 정량 분석하였다. 우선 약주의 향기성분으로 보고되었거나, 기타 제제류에 있어 공통적으로 중요시되는 각종 휘발성 물질들을 외부표준물질로 하여 이들에 대한 기체크로마토그래프의 결과를 Table 2에 나타내었다.

시료내의 향기성분은 표준물질의 머무름시간 및 RI 값 (Retention Time Index Value)의 비교에 의해 동정하였다 (Majlat *et al.*, 1974). 이를 위하여 18종의 표준물질 및 정량을 위해 내부표준물질로 사용한 1-heptyl alcohol을 용매에 희석하여, 적정 농도로 조절 한 후 기체크로마토그래프에 주입함으로써 각각의 결과를 얻었다.

비기열 약주의 향기성분 분석

살균하지 않은 약주 모액내에 존재하는 휘발성 향기성분을 분석하기 위하여 약주를 80°C에서 30분간 처리한 후 head-space 내의 기체 1 mL를 기체크로마

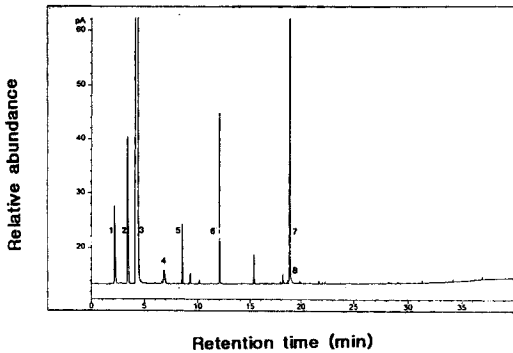


Fig. 1. Gas chromatogram of volatile components in non-sterilized Yakju. 1: acetaldehyde, 2: ethyl acetate, 3: ethyl alcohol, 4: *n*-propanol, 5: *iso*-butyl alcohol, 6: *iso*-amyl alcohol, 7: 1-heptanol, 8: acetic acid.

토그래프에 주입하여 분석하였다 (Fig. 1). 그 결과 Table 3에서와 같이 약주내에 존재하는 휘발성 향기 성분은 ethyl alcohol 및 propyl alcohol 등 4종의 alcohol류, 각각 한 종류의 aldehyde, ester, acid 외에도 3종의 unknown 화합물 등 총 10종의 화합물이 검출되었다. 특히 head-space 내의 ethyl alcohol은 그 함량이 6,000 ppm 이상으로 총 휘발성 성분의 97%를 차지하였다. Ethyl alcohol은 당으로부터 효모발효에 의해 생성되는 주요 향미성분으로 약주뿐만 아니라 탁주 및 증류주에서도 주요 성분으로 알려져 있다. 그 외의 휘발성 성분은 농도가 10~80 ppm 범위로 ethyl acetate, *iso*-amyl alcohol, acetaldehyde, *iso*-butyl alcohol, *n*-propyl alcohol의 순으로 존재함을 알 수 있었다. 이 밖에 3종의 미지성분과 함께 2-ethyl hexanoic acid, *sec*-butanol 등은 극미량으로 검출되었다. 본 실험에서 검출된 alcohol류 중에서 특히 *iso*-amyl alcohol, *iso*-butyl alcohol, *n*-propyl alcohol은 그 함량 및 함량비가 향과 맛에 크게 영향을 미치는 것으로 알려져 있다 (이동선 등, 1994b). *iso*-amyl alcohol은 *iso*-pentyl alcohol이라 불리기도 하며, leucine을 전구체로 하여 형성되는 퓨젤유의 일종으로 주로 바나나향을 갖는 반면, *iso*-butyl alcohol은 valine으로부터 형성되고 ethanol과 유사한 관능 특성을 가지는 것으로 보고되고 있다. 자극적인 냄새가 강하고 맥주 등의 미숙취로 알려진 acetaldehyde와 더불어 과일향을 내며 저급지방산의 ester화에 의해 생성되어 주로 뒷맛에 영향을 주는 ethyl acetate도 약주의 주요 향기 성분으로 확인되었다 (In *et al.*, 1995). 한편, 미생물의 산화 생성물로 자극취가 강하고 산미를 나타내는 acetic acid는 미량이 함유되어

Table 3. Quantity of volatile compounds in non-sterilized Yakju

Volatile compounds	Concentration (ppm) ¹⁾
Acetaldehyde	35
Ethyl acetate	75
Ethyl alcohol	6,239
<i>n</i> -propyl alcohol	11
<i>Iso</i> -butyl alcohol	16
<i>Iso</i> -amyl alcohol	46
1-heptanol ²⁾	500
Acetic acid	2

¹⁾ppm: part per million.

²⁾Internal standard.

있는 것으로 확인되었다.

가열살균약주의 향기성분분석

약주의 저장성을 증진시키기 위해서는 약주에 존재하는 미생물을 사멸 또는 제거시켜야 한다. 본 연구팀에서는 약주에 존재하는 미생물의 열저항성을 조사하여, 65°C 이상에서 2초 이상 가열한 약주에서는 생장미생물이 발견되지 않음을 밝힌 바 있다 (목철균 등, 1998). 따라서 본 연구에서는 약주를 50°C, 60°C, 70°C, 80°C에서 각각 30초씩 가열살균한 후 가열전후 약주에 존재하는 향기성분을 분석하여 가열살균에 따르는 약주 향기성분의 변화를 관찰하였다. “재료 및 방법”에서 설명한 가열살균장치를 이용하여 약주를 일정한 온도에서 각각 살균한 후 밀폐된 head-space내의 휘발성 향기성분을 기체크로마토그래프로 분석한 결과 Fig. 2a-2d 와 같은 결과를 얻었다. 약주를 각 온도별로 가열 살균하면 살균과정에서 휘발성 성분이 소실되고 소실된 휘발성 성분의 종류와 양은 살균온도에 따라 다르리라 예상하였다. 따라서 각 온도별로 가열 살균한 후 소실되지 않고 잔존하는 휘발성 성분을 분석하기 위해서는 살균온도보다 높은 온도로 가열해야 하므로, 80°C에서 30분간 가열 처리하여 포집된 head-space내의 휘발성 향기성분을 분석하였다. 분석 결과, 가열하지 않은 약주와 가열살균한 약주에 존재하는 ethyl alcohol의 peak area 비는 약 94-97% 였으며 가열 또는 비가열 약주에서 6,000-7,000 ppm 존재하여 가열에 의한 ethyl alcohol의 함량변화는 거의 없는 것으로 나타났다. Ethyl alcohol 이외의 휘발성 성분도 가열하지 않은 약주와 가열살균한 약주에서 함량변화가 크게 차이가 나지 않아 가열에 의한 향기성분의 손실은 별로 없는 것으로 나타났다.

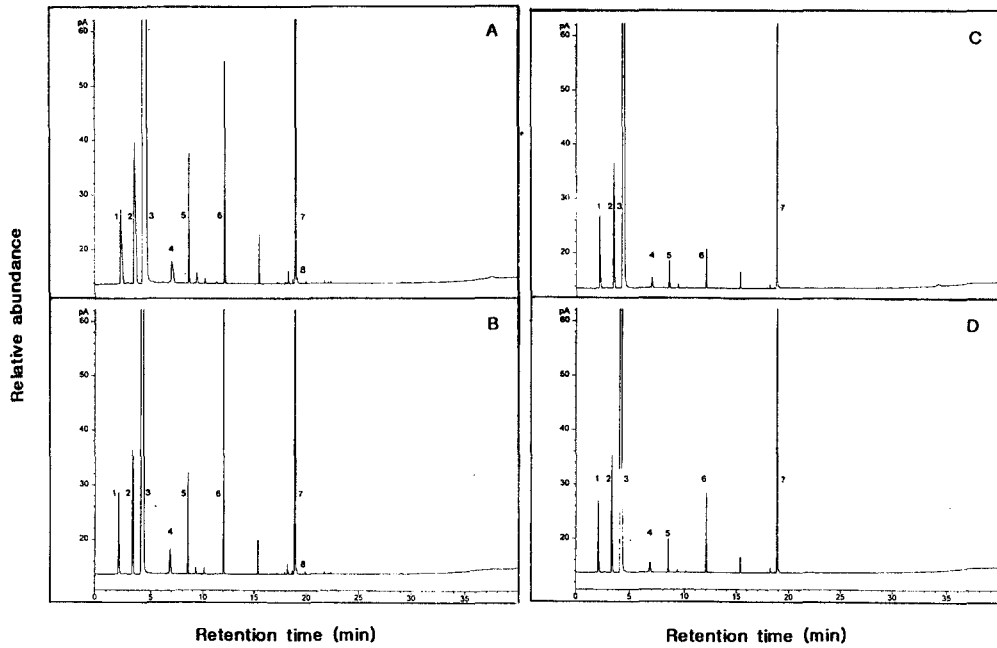


Fig. 2. Gas chromatogram of volatile components in heat sterilized Yakju at various temperatures. A: 50°C, B: 60°C, C: 70°C, D: 80°C, 1: acetaldehyde, 2: ethyl acetate, 3: ethyl alcohol, 4: *n*-propanol, 5: *iso*-butyl alcohol, 6: *iso*-amyl alcohol, 7: 1-heptanol, 8: acetic acid.

약주의 주성분인 ethyl alcohol에 비하여 약주로부터 검출된 다른 휘발성 성분은 상대적으로 농도가 매우 낮았으므로, 나머지 휘발성 성분의 정량분석시 ethyl alcohol의 영향을 최소화하기 위하여 Table 4와 같이 크로마토그램에 나타난 전체 피크 면적에서 ethyl alcohol의 피크면적을 뺀 총 피크면적에 대한 각각의 휘발성 성분들의 피크 면적을 상대면적으로 환산하여 비교하였다.

주류의 맛과 향은 *iso*-amyl alcohol (A), *iso*-butyl alcohol (B), *n*-propyl alcohol (P) 등의 퓨젤유의 상대비 (ABP ratio)가 좌우한다고 보고되어 있다 (Nishitani, 1977). 이들 퓨젤유들은 그 양이 많으면 퀴퀴한 냄새가 나고 두통과 숙취의 원인이 되지만 극미량 존재할 경우 맛과 향을 높이며 이들 알코올은 그 자체의 양도 맛에 영향을 주지만, 이들 양의 비율이 맛에 미치는 영향이 더 크다고 알려져 있다 (이동선 등, 1994b). *n*-Propyl alcohol은 알코올 특유의 향에 사람을 약하게 마취시키는 작용이 있고, *iso*-butyl alcohol과 *iso*-amyl alcohol은 불쾌한 향을 가지고 있다는 것으로 알려져 있다. 맥주, 청주, 과일주, 일본 소주의 퓨젤유 성분 중 *iso*-amyl alcohol이 가장 많은 성분이며 *iso*-butyl alcohol은 그 다음으로 많으나 청주에서는 *n*-propyl alcohol이 많은 것으로 보고되어

있다 (원창도, 1967).

본 연구에서 가열하지 않은 약주와 가열살균한 약주에서의 퓨젤유의 상대비를 조사해 본 결과 가열하지 않은 약주에서는 ABP 비가 23:8:5으로 *iso*-propyl alcohol의 함량이 가장 높게 나타났으며 50°C와 60°C에서 가열살균한 약주에서도 비슷한 결과를 보여주었다. 그러나 70°C 이상 가열살균하였을 경우 ABP의 비가 10:6:5 정도로 나타나 고온에서 가열살균시 퓨젤유의 일종인 *iso*-amyl alcohol의 상대적인 함량이 크게 줄어들음을 알 수 있었다.

이상의 결과로부터 약주를 가열살균하였을 때 전

Table 4. Relative peak areas calculated from gas chromatograms of major flavor compounds in heat-sterilized Yakju

Compounds	Relative peak area (%)				
	Non-heated	50°C	60°C	70°C	80°C
Acetaldehyde	18	18	15	18	23
Ethyl Acetate	38	36	26	46	42
<i>n</i> -propyl alcohol	5	6	6	5	5
<i>iso</i> -butyl alcohol	8	9	9	6	6
<i>iso</i> -amyl alcohol	23	20	25	9	11
Acetic acid	1	1	1	-	-

체적인 향기성분의 손실은 별로 나타나지 않았으나, 70°C 이상에서 가열살균하였을 경우 약주에 존재하는 퓨젤유의 하나인 *iso-amyl alcohol*의 함량비가 크게 줄어들었음을 알 수 있었다.

본 연구에서는 휘발성 성분이 약주의 향에 어떻게 기여하는지의 관능적인 면은 관찰하지 않았고 단지 온도별 살균에 따른 휘발성 성분의 정성·정량분석에 관점을 두었는데 앞으로 휘발성 성분과 약주의 향과의 연관성에 관한 연구가 필요하다고 판단된다.

요 약

약주의 저장성을 증진시키기 위하여 약주를 가열 살균하였을 때 약주내에 존재하는 향기성분의 변화를 관찰하기 위하여 기체크로마토그래프에 의해 약주의 휘발성 향기성분을 정성·정량분석한 결과 비살균약주에서는 ethyl alcohol이 총 휘발성 성분의 97%를 차지하였고 그 양은 6,200 ppm 수준이었다. 그 밖의 휘발성 성분은 ethyl acetate, *iso-amyl alcohol*, acetaldehyde, *iso-butyl alcohol*, *n-propyl alcohol*의 순으로 존재하였고 이들의 양은 10~80 ppm 정도로 존재하였다. 약주를 50°C, 60°C, 70°C, 80°C에서 각각 가열살균한 후 head-space 내의 휘발성 성분을 분석한 결과 가열전후 휘발성 성분의 함량변화는 크게 나타나지 않아 가열에 의한 휘발성 향기성분은 크게 손실되지 않음을 알 수 있었다. 가열 전후의 약주에 존재하는 주요 퓨젤유인 *iso-amyl alcohol*, *iso-butyl alcohol*, *n-propyl alcohol*의 비는 가열 전 약주에서는 23:8:5로 *iso-amyl alcohol*의 함량이 가장 높게 나타났으나 70°C 이상에서 가열살균한 약주에서는 10:6:5로 나타나 *iso-amyl alcohol*의 함량이 크게 줄어들었음을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부에서 시행한 특정연구 개발사업의 연구결과 중 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

문 헌

김성환. 1971. 부패되지 않는 병약 탁주의 저장법. 특허공보 제 237 호
 목철균, 이주연, 장학길. 1998. 약주 가열살균 조건의

- 최적화. *산업식품공학* 2(2): 137-143
 송형익, 신중엽. 1995. 현대발효공학. p193
 이동선, 박혜성, 김건, 이택수, 노봉수. 1994a. GC-MS를 이용한 전통민속소주의 향기성분 분석과 다변량 통계해석. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26(6): 750-758
 이동선, 박혜성, 김건, 이택수, 노봉수. 1994b. 대한화학회지 38: 640
 이철호, 김기명. 1995. 가열살균 후 무균포장한 한국 전통 청주의 저장성에 관한 연구. *한국식품과학회지* 27(2): 156-163
 이한창. 1991. 발효식품. 신광출판사. p122
 정기택. 1967. 한국재래주 개량에 관한 연구 (2). 경북대학교 논문집 11: 51-63
 정수열. 1987. 시판 탁주의 저장중 품질변화. 동주여전 논문집 9: 251-258
 정순택. 1987. 약주의 제조방법에 따른 향기성분에 관한 연구. 전남대학교 박사학위논문
 조선. 1981. 한국발효식품연구. 기전연구사. p1
 Harrison, G.A.F. 1967. Some practical investigation of beer aroma. *Brewers Dig.* 42: 74-79
 In, H.Y., T.S. Lee, D.S. Lee, and B.S. Noh. 1995. Volatile components and fusel oils of sojues and mashes brewed by Korean traditional method. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27(2): 235-240
 Majlat, P., Erdos, Z., and J. Tatars. 1974. Calculation and application of retention indices in programmed temperature gas chromatography. *J. Chromatogr.* 91: 89-103
 Martin, G.E., J.M. Burggraff, R.H., Dyer, and P.C., Buscemi, 1981. Gas-liquid chromatographic determination of Congeners in alcoholic products with confirmation by gas chromatography/mass spectrometry. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 64: 186
 Nishitani, T. 1977. Use of statistical methods to better understand gas chromatographic data obtained from complex flavor systems. *J. Brew. Soc. Japan* 72: 415-418
 Park, M.Y. 1975. Evaluation of batch fermentation condition on beer flavor development. *Korean J. Appl. Microbiol. Bioeng.* 3: 24-28
 Reanzin, G.H., S. Baldwin, H.S., Scales. H.W. Washington, and A.A. Andreasen. 1976. Alcoholic Beverages; Determination of the Congeners produced from ethanol during whisky maturation. *J. Asso. Off. Anal. Chem.* 59: 770-776
 Teranish, R., I. Hornstein, P. Issenberg, and E.L., Wick. 1971. *Flavor Research*. Marcel Dekker Inc., N.Y. p 2
 Vidal, J.P., Estreguil, S. and Cantagrel, R. 1994. Quantitative analysis of Cognac carbonyl compounds at the ppb level by GC-MS of their o-(pentafluorobenzyl amine) derivatives. *Chromatographia* 36: 183-192
 西谷尚道. 1977. 本格焼酎 製品成分. 日本醸造協會雜誌 72: 415-421
 原昌道. 1967. 清酒成分一覽 (alcohol). 日本醸造協會雜誌 62: 1196