송절편을 첨가한 송이주의 향기 성분

윤정아¹, 신인웅¹, 박은희¹, 이하연^{1,2}, 김명동^{1,3*}

¹강원대학교 바이오산업공학부

²강원도농업기술원 농식품연구소

³강원대학교 누룩연구소

Received: March 25, 2019 / Revised: June 29, 2019 / Accepted: July 8, 2019

Flavor Compounds in Pine Mushroom Liquor Added with Pine Tree Chips

Jeong-Ah Yoon¹, In-Ung Shin¹, Eun-Hee Park¹, Ha-Yeon Lee^{1,2}, and Myoung-Dong Kim^{1,3*}

¹Division of Food Biotechnology and Biosystems Engineering, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea

²Agro-Food Research Institute, Gangwon Agricultural Research and Extension Services, Chuncheon 24203, Republic of Korea

³Institute of Fermentation and Brewing, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea

Changes in flavor compounds in pine mushroom (*Tricholoma matsutake*) liquor added with pine tree chips were analyzed using gas chromatography/mass spectrometry. While three flavor compounds were detected in the control, fifteen were detected in the pine mushroom liquor added with pine tree chips. After eight-weeks of aging, the relative concentrations of β -fenchyl alcohol, 2-octanol, and methyl cinnamate, which are distinctive flavor characteristics of the pine mushroom, increased by 67.57%, 2.14%, and 0.94%, respectively, when pine tree chips were added (5%). Principal component analysis revealed that although flavor characteristics of the pine mushroom liquor were affected by the increased production of β -fenchyl alcohol due to the addition of pine tree chips, the aging time exerted a greater influence on flavor.

Keywords: Pine mushroom liquor, pine tree chip, flavor compound, GC-MS, aging

송이버섯(*Tricholoma matsutake*)은 한국을 비롯한 동아시아 지역의 소나무 숲에서 자생하며, 담황색 표면을 갖는 식용버섯으로서 비타민 B, 칼슘, 철분 등의 무기질이 풍부한 식품이다[1, 2]. 항암효과[3], 항산화 효과[4, 5], 면역 증강[6] 등의 다양한 생리활성이 보고되었으며, 권 등[7]은 송이즙의 결장암세포에 대한 생육 억제 효과를 보고한 바 있다. 또한, 송이버섯 균사체 추출물은 tyrosinase 효소에 대한 억제 활성이 우수하고 멜라닌 생성을 감소시키는 것으로 보고되었다[8]. 송이버섯은 맛, 향기, 식감이 뛰어나 버섯 중에서도 으뜸으로 평가되는 우리나라 전통 고급 기호식품으로서, 최근 인공재배 기술이 개발되어 생산량 증대가 기대되고 있다[9].

송이버섯의 특징적인 향기 성분은 1-octen-3-ol과 *trans*-methyl cinnamate로 알려져 있으며, 3-octanone, 3-octanol,

β -fenchyl alcohol 등도 송이버섯의 품질에 영향을 미치는 주요 성분으로 알려져 있다[10]. 송이버섯의 향기 성분은 생산 지역, 부위 등에 따라서 함량이 다르며, 완전히 전개된 송이버섯의 갓 부분에서는 *trans*-methyl cinnamate 함량이 가장 높은 것으로 보고되었다[11]. 송이버섯 고유의 향기 특성에 대한 소비자들의 선호도가 높아, 최근 가공 제품들이 다양하게 개발되었으나, 가공 공정을 거치면서 송이버섯 고유의 향기 성분이 급격히 감소하는 문제점이 있다[12].

소나무(*Pinus densiflora*, pine tree)는 우리나라 전역에 분포하고 있는 침엽수로서 솔잎, 솔방울, 꽃가루, 송진 등 대부분의 부위가 식용으로 이용되고 있다[13]. 솔잎의 항산화[14], 항비만[14], 면역력 증진[15] 등의 생리활성 효과와 솔잎 가공품의 향미 특성에 대한 연구결과가 보고되었으며[16], 목질부 에탄올 추출물의 항균효과[17] 및 줄기 추출물의 충치 억제활성[13]도 보고되었다.

본 연구에서는 송이버섯이 첨가된 약주를 제작한 후, 송절편 첨가와 숙성 기간에 따른 향기 특성을 조사하였다.

*Corresponding author

Tel: +82-33-250-6458, Fax: +82-33-259-5565

E-mail: mdkim@kangwon.ac.kr

© 2020, The Korean Society for Microbiology and Biotechnology

2018년 10월 강원도 양양군에서 수확한 송이버섯은 불순물을 제거한 후 냉동보관 하였으며, 상온에서 해동한 후 분쇄기(한일산업, Korea)를 사용하여 분쇄하였다. 수돗물로 2회 세척한 쌀 80 kg을 분쇄하고 80℃에서 60분간 증자하였으며, 상온에서 냉각한 후 종국(충무발효, Korea) 200 g을 첨가하여 입국을 제조하였다. 물 14 L, 탁주 제조용 효모(*Saccharomyces coreanus*, 충무발효) 100 g을 첨가하고 25℃에서 4일간 발효하여 밀술을 제조하였다. 제조된 밀술에 입국 70 kg, 물 100 L를 첨가하고 25℃에서 48시간 발효하여 1단 담금을 하였으며, 분쇄한 쌀 240 kg, 누룩(송학곡자, Korea) 4 kg, 물 496 L, 분쇄 송이버섯 1 kg을 첨가하고 25℃에서 3일간 발효하여 2단 담금을 하였다. 여과지(mixed cellulose ester filter, HM, Korea)를 사용하여 여과한 발효액에 1 cm² 크기로 절단한 송절편(천년약초, Korea)을 첨가하여 10℃에서 8주간 숙성하였다. 숙성이 완료된 시료는 원심분리(5,867 × g, 20분)하여 상등액을 회수한 후, 여과지를 사용하여 여과하였다.

회수한 시료 5 ml를 용기(Supelco, USA)에 넣고 밀봉한 후 SPME fiber (50/30 μm DVB/CAR/PDMW, Supelco)에 30분 동안 흡착시켰다. 흡착된 향기 성분을 250℃에서 3분간 열 탈착한 후 DB-5MS (30 m × 0.32 mm, Agilent, USA)

컬럼과 질량 검출기(5975C, Agilent)가 연결된 기체 크로마토그래프(7890A, Agilent)를 사용하여 분석하였다. 주입구와 컬럼의 온도는 각각 250℃와 280℃로 설정하였고, 이동상으로 1.0 ml/min 유속의 헬륨(He) 가스를 5:1의 분할 비율(split ratio)로 유지하였다.

Box-Whisker's 도표[18]는 XLSTAT (Addinsoft, France)을 사용하여 작성하였으며, SIMCA (version 14, Umetrics, Sweden)를 사용하여 주성분 분석(Principal Component Analysis, PCA)을 하였다. 모든 측정은 3회 반복하였으며, 통계분석은 SigmaPlot (version 11, SPSS Inc., USA)을 이용하여 평균값 및 표준오차를 계산하였다. SPSS Statistics (SPSS Inc.)를 사용하여 Duncan의 다중 범위 검증[19]을 실시하였다.

송절편을 첨가한 송이주의 휘발성 성분을 분석한 결과 총 15 종류의 향기 성분이 검출되었다(Table 1). 송절편을 첨가하지 않은 대조구 송이주에서는 3-methyl-1-butanol, benzaldehyde, 2-phenylethanol 등의 향기 성분이 동정되었으나, 2-octanol, β-fenchyl alcohol 및 methyl cinnamate와 같은 송이버섯 특유의 향은 검출되지 않았다. 또한 ethyl acetate와 cinnamaldehyde는 송절편을 첨가하지 않은 대조구 송이주에서 검출되지 않았으며, 송절편을 첨가한 경우는

Table 1. Volatile compounds in pine mushroom liquor added with pine tree chip.

(Relative peak area, %)

Compound	Odor	Source	Retention time (min)	Aging time (week)														
				0			2			4			6			8		
				Control	5%	10%	Control	5%	10%	Control	5%	10%	Control	5%	10%	Control	5%	10%
Ethyl acetate	Ethereal	PTC	02:32	ND	0.22	0.31	ND	0.20	0.17	ND	0.30	0.16	ND	0.23	0.24	ND	0.22	0.21
3-Methyl-1-butanol	Fruity	PML (Nuruk, Mushroom)	03:91	1.97	3.25	3.53	2.71	3.25	1.57	0.96	0.32	2.78	2.67	2.23	1.18	2.59	2.30	1.52
2-Methyl-1-butanol	Roasted	PTC	03:97	ND	1.80	1.80	ND	1.13	0.82	ND	0.72	0.72	ND	0.23	0.60	ND	0.20	0.38
Benzaldehyde	Sweet	PML, PTC	08:03	1.41	3.98	3.97	1.94	3.69	6.11	1.41	4.82	6.50	4.03	4.97	6.70	4.47	5.00	7.14
2-Octanol	Fresh	PTC	08:61	ND	0.38	0.38	ND	0.67	1.23	ND	1.63	1.58	ND	1.64	1.81	ND	2.14	1.89
m-Tolualdehyde	Sweet	PTC	10:12	ND	0.47	0.47	ND	0.61	0.65	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-Phenylethanol	Floral	PML (Nuruk)	10:63	96.62	83.75	83.42	95.35	51.33	34.93	97.63	41.75	23.23	93.30	27.65	23.57	92.94	19.69	17.00
Diethyl succinate	Fruity	PTC	11:52	ND	0.56	0.55	ND	0.56	0.78	ND	1.06	1.32	ND	1.41	2.47	ND	1.56	2.21
Ethyl octanoate	Fruity	PTC	11:78	ND	0.58	0.58	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
β-Fenchyl alcohol	Camphor	PTC	11:89	ND	ND	ND	ND	35.09	51.36	ND	46.79	61.30	ND	59.80	61.36	ND	67.24	67.57
2-Phenylacetic acid	Sweet	PTC	12:51	ND	0.42	0.42	ND	0.44	0.40	ND	0.37	0.27	ND	0.21	0.27	ND	0.11	0.07
Phenylethyl acetate	Floral	PTC	12:00	ND	2.78	2.77	ND	1.80	1.37	ND	0.87	1.09	ND	0.50	0.55	ND	0.26	0.34
Cinnamaldehyde	Sweet	PTC	13:00	ND	0.38	0.38	ND	0.40	0.33	ND	0.39	0.42	ND	0.31	0.47	ND	0.34	0.74
Methyl cinnamate	Sweet	PTC	14:54	ND	0.76	0.75	ND	0.83	0.28	ND	0.98	0.63	ND	0.82	0.78	ND	0.94	0.93
Ethyl palmitate	Waxy	PTC	22:78	ND	0.67	0.67	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND: Not detected

PTC: Pine tree chip

PML: Pine mushroom liquor

Fig. 1. Box-and-whisker's plot of volatile compounds of which relative concentration increase in pine mushroom liquor added with pine tree chip. Relative peak area for each compound in the given sample was shown with average and standard error determined from three independent measurements. Pine mushroom liquors were stored at 10 °C for 8 weeks.

숙성 기간 동안 유사한 수준의 상대적 함량을 유지하였다. 대조구 송이주에서 송이버섯 고유의 향이 검출되지 않은 것은 송이주 제조과정에서 향기 성분이 손실된 것으로 판단되며, 송이버섯의 첨가량, 시기, 부재료 등에 대한 고려가 필요할 것으로 사료된다.

달콤한 향을 나타내는 benzaldehyde [20] 및 methyl cinnamate [21], 과일향을 나타내는 diethyl succinate [22]는 송절편을 첨가하였을 때 숙성 기간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 나타냈다. Benzaldehyde는 송절편을 첨가하지 않은 대조구 송이주를 8주 동안 숙성하였을 때 숙성 초

기보다 약 3배 높은 함량을 나타냈으나, 전체 휘발성 성분의 4.47% 수준이었다. 그러나 송절편을 10% 수준으로 첨가한 실험구는 숙성 기간이 경과함에 따라 꾸준히 증가하여 8주간 숙성 후 7.14%으로 대조구 송이주 보다 약 1.6배 높은 함량을 나타내었다. 송절편을 10% 첨가하여 8주 동안 숙성한 경우 methyl cinnamate의 상대적 함량은 0.93% 수준이었지만, 최소 감지농도[23]가 낮아 송절편을 첨가한 송이주의 향기에 영향을 미칠 것으로 판단되었다.

송절편을 첨가한 실험구에서 3-methyl-1-butanol, 2-methyl-1-butanol, 2-phenylethanol 및 2-phenylacetic acid는

Fig. 2. Principle component analysis of volatile compounds in pine mushroom liquor with different content of pine tree chip (PTC) and aging time. Panel A is score plot (★: pine mushroom liquor, ■: 5% PTC, two weeks, ▲: 5% PTC, four weeks, ◆: 5% PTC, six weeks, ●: 5% PTC, eight weeks, □: 10% PTC, two weeks, △: 10% PTC, four weeks, ◇: 10% PTC, six weeks, ○: 10% PTC, eight weeks) and panel B is loading plot. The loading plot illustrates the flavor components (●) that are responsible for the pattern appears in panel A. Pine mushroom liquors were stored at 10 °C for 8 weeks.

송절편의 첨가량과 관계없이 숙성 기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타냈다. 장미향을 부여하는 2-phenylethanol [22, 24]의 경우 숙성 8주 후에 대조구 보다 약 5배 낮은 상대 함량을 나타내었고 ethyl octanoate와 ethyl palmitate는 송절편의 첨가량과 관계없이 숙성 2주 후부터 검출되지 않았으며, m-tolualdehyde는 숙성 4주 이후에는 검출되지 않았다.

송이버섯의 특징적인 향기 성분의 하나인 β -fenchyl alcohol은 송절편을 10% 첨가하였을 때, 숙성 기간이 경과함에 따라 상대적인 함량이 지속적으로 증가하여 숙성 8주 후에는 67.54%로 가장 높은 비중을 차지하는 성분으로 나타났다. 송이버섯의 주요 향기성분으로 알려진 2-octanol 또한 송절편을 10% 첨가하였을 때, 숙성 기간의 경과에 따라 함량이 증가하여 8주 후에는 1.89%의 상대적인 비율을 나타냈다. 송절편을 첨가하지 않은 대조구에서는 2-phenylethanol의 함량이 숙성 과정 동안 유지된 반면, 송절편을 첨가한 송이주에서는 2-phenylethanol 함량이 감소하면서 이성질체인 β -fenchyl alcohol의 함량이 증가하는 경향을 나타내어 송절편의 첨가가 2-phenylethanol을 β -fenchyl alcohol로 변환시키는데 기여하는 것으로 사료된다. 또한, β -fenchyl alcohol, 2-octanol과 Methyl cinnamate는 대조구에서는 검출되지 않았고, 송절편을 첨가한 송이주에서 검출되어 송절편으로부터 유래된 것으로 판단되었다.

송절편의 첨가에 의해 함량이 증가하는 5점의 향기 성분의 함량 변화를 나타냈다(Fig. 1). 과일향을 나타내는 diethyl succinate는 송절편을 5% 첨가하였을 때 숙성 4주차부터 함량이 증가하여 8주차에는 1.56%의 비율을 나타냈다. 송절편을 10% 수준으로 첨가하였을 때 benzaldehyde의 상대적 함량은 숙성 2주 후부터 증가하여 8주차에는 7.14%의 상대적 비율을 나타내었으며, 이는 5%의 송절편을 첨가한 실험구에 비해 약 1.5 배 높은 수준이었다.

송이버섯의 주요 향기 성분인 2-octanol, methyl cinnamate의 상대적 함량은 숙성기간이 경과함에 따라 꾸준히 증가하여 5%의 송절편을 첨가하였을 때 숙성 8주 후에는 각각 2.14%와 0.94%의 수준으로 나타났으나, 송절편의 첨가량에 의한 영향은 크지 않은 것으로 나타났다. β -Fenchyl alcohol의 경우 송절편을 첨가한 후 2주 동안 숙성하였을 때 검출되었으며, 상대적인 함량은 숙성기간이 경과함에 따라 지속적으로 증가하여 숙성 8주 후에는 67% 이상의 비율을 차지하였으나, 송절편의 첨가량에 따른 차이는 미미한 것으로 나타났다. 송절편의 첨가에 의한 β -fenchyl alcohol과 2-octanol의 변화를 고려하였을 때, 송이주의 송이버섯향을 보완하는데는 송절편의 첨가량 보다는 숙성 기간을 조절하는 것이 보다 적합할 것으로 판단되었다.

주성분 분석 결과 제 1주성분은 97.9%, 제 2주성분은 1.9%

의 기여율을 나타내어 총 99.8%의 누적 기여율을 나타냈다(Fig. 2). 송절편을 5% 첨가한 송이주의 경우 PC2를 기준으로 아래쪽에 분리되었고, 10%의 송절편을 첨가한 경우 위쪽에 분리되어 송절편의 첨가량에 의하여 향기 성분의 차이가 발생한 것으로 판단되었다(Fig. 2A). 숙성기간이 경과함에 따라 PC1을 기준으로 우측으로 이동하여 송절편을 첨가하였을 때 숙성에 의해 향기 성분이 유의적으로 변화하는 것을 확인하였다. 또한 97.9%의 기여율을 보였던 PC1에서 계수가 가장 큰 변수는 β -fenchyl alcohol로서 송절편의 첨가 후 숙성기간에 따른 상대적 함량의 증가가 향기성분의 유의적인 차이를 유발한 것으로 판단되었다(Fig. 2B). 1.9%의 기여율을 보였던 PC2에서 계수가 큰 변수는 2-phenylethanol로서 송절편을 첨가한 후 숙성기간이 경과하면서 상대적인 함량이 유의적으로 감소함에 따른 것으로 판단되었다. 즉, 송절편 첨가에 의한 β -fenchyl alcohol 함량의 증가가 송이주의 송이버섯향을 유의적으로 증진시킨 것으로 판단된다.

본 연구를 통하여 송절편을 첨가한 송이주의 향기 성분 변화에 대하여 조사하였으며, 숙성 기간 동안 송이버섯 특유의 향기 성분이 유의적으로 증가하는 것을 확인하였다. 전통주에 가격이 저렴한 송절편을 첨가하여 송이버섯 특유의 향을 부여함으로써 전통주의 부가가치를 증진시킬 것으로 기대되었으며, 송절편의 첨가 시기, 첨가 방법 등에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

요 약

송이버섯이 첨가된 전통주를 제조한 후 송절편을 첨가하여 첨가량과 숙성 기간에 따른 향기 성분의 변화를 기체 크로마토그래피 질량분광법을 통해 조사하였다. 송절편을 첨가하지 않은 대조구에서는 총 3종의 향기 성분이 검출되었으나, 송절편을 첨가한 송이주에서는 총 15종의 향기 성분이 검출되었다. 송절편을 5% 첨가한 실험구에서 송이버섯 특유의 향기 성분인 β -fenchyl alcohol과 2-octanol, methyl cinnamate은 숙성기간 동안 상대적인 함량이 증가하여 8주 후에는 각각 67.57%, 2.14%와 0.94%를 나타냈다. 주성분 분석 결과 송절편 첨가에 의한 β -fenchyl alcohol의 상대적 함량 증가가 송이주의 향미 특성에 영향을 미치며, 송이주의 향미 특성은 송절편의 첨가량 보다 숙성 기간에 의해 더 큰 영향을 받는 것으로 판단된다.

Acknowledgments

Following are results of a study on the "Leaders in Industry-university Cooperation +" Project, supported by the Ministry of Education and National Research Foundation of Korea.

Conflict of Interest

The authors have no financial conflicts of interest to declare.

References

- Ahn JS, Lee KH. 1986. A study on the mineral contents in edible mushrooms produced in Korea. *Korean J. Food Hygiene*. **1**: 177-179.
- Hur YH, Kim OK. 1991. Studies on the mineral content of edible mushrooms. *Korean J. Env. Helth. Soc.* **17**: 129-135.
- Ebina T, Kubota T, Ogama N, Matsunaga KI. 2002. Antitumor effect of a peptide-glucan preparation extracted from a mycelium of *Tricholoma matsutake* (S. Ito and Imai) Sing. *Biotherapy* **16**: 255-259.
- Ding X, Tang J, Cao M, Guo CX, Zhang X, Zhong J, et al. 2010. Structure elucidation and antioxidant activity of a novel polysaccharide isolated from *Tricholoma matsutake*. *Int. J. Biol. Macromol.* **47**: 271-275.
- Mau JL, Lin HC, Song SF. 2002. Antioxidant properties of several specialty mushrooms. *Food Res. Int.* **35**: 519-526.
- Byeon SE, Lee JH, Lee SY, Hong EK, Kim YE, Cho JY. 2009. Functional activation of macrophages, monocytes and splenic lymphocytes by polysaccharide fraction from *Tricholoma matsutake*. *Arch. Pharm. Res.* **32**: 1565-1572.
- Kim YE, Yang JW, Lee CH, Kwon EK. 2009. ABTS radical scavenging and anti-tumor effects of *Tricholoma matsutake* sing. (Pine mushroom). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **38**: 555-560.
- Choi SY, Kim NN, Kim YE, Lee Y, Kim SJ, Kim JH. 2011. Inhibitory effects of cultured *Tricholoma matsutake* mycelia on melanin biosynthesis. *Korean J. Food Sci. Technol.* **43**: 240-242.
- Ka KH, Kim HS, Hur TC, Park H, Jeon SM, Ryoo R, et al. 2018. Analysis of environment and production of *Tricholoma matsutake* in matsutake-infected pine trees. *Korean J. Mycol.* **46**: 34-42.
- Cho DH, Lee KJ, Han SH. 1999. Aroma characteristics of *Tricholoma matsutake* mushrooms collected from eleven major sites in Korea. *J. Korean For. Soc.* **38**: 490-497.
- Lee WY, Park YK, Ahn JK, Ka KH. 2003. HPLC analysis of methyl trans-cinnamate contents in *Tricholoma matsutake* mushroom in Korea. *J. Korean For. Soc.* **92**: 470-474.
- Hong JS, Lee KR, Kim YH, Kim MK, Kim YS, Yeo KY. 1988. Volatile flavor compounds of Korean shiitake mushroom (*Lentinus edodes*). *Korean J. Food Sci. Technol.* **20**: 606-612.
- Choi HD, Koh YJ, Choi IW, Kim YS, Park YK. 2007. Anticariogenic activity and glucosyltransferase inhibitory effects of extracts from pine needle and twig. *Korean J. Food Sci. Technol.* **39**: 336-341.
- Boo YC, Jeon CO, Oh JY. 1994. Isolation of 4-hydroxy-5-methyl-3[2H]-furanone from pine needles as an antioxidative. *Agric. Chem. Biotechnol.* **37**: 310-314.
- Choi HS, Hang D, Kang SC, Sohn ES, Lee SP, Pyo SK, et al. 2006. Immunomodulatory activity of pine needle (*Pinus densiflora*) extracts in macrophages. *J. Food Sci. Nutr.* **11**: 105-109.
- Won JS, Ahn MS. 2001. A study on the development and evaluation of the pine needle flavor oil. *Korean J. Soc. Food Cook. Sci.* **17**: 129-138.
- Lim YS, Park KN, Bae MJ, Lee SH. 2001. Antimicrobial effects of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. extract on pathogenic microorganisms. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* **8**: 462-468.
- Miličević B, Ačkar Đ, Babić J, Jozinović A, Miličević R, Petošić E. 2018. Aroma profile and sensory quality of honey brandy produced by the fermentation process with immobilized yeast cells. *Poljoprivreda* **24**: 34-42.
- Duncan DB. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* **1**: 1-42.
- Nishiya T. 1977. Composition of soju. *J. Jap. Soc. Brew.* **72**: 415-432.
- Jeong EJ, Park HJ, Cha YJ. 2016. Fermented production of onion vinegar and its biological activities. *Korean J. Food Nutr.* **30**: 962-970.
- Peinado RA, Moreno M, Bueno JE, Moreno JA. 2004. Comparative study of aromatic compounds in two young white wines subjected to pre-fermentative cryomaceration. *Food Chem.* **84**: 585-590.
- Wellw F, Buettner A. 2004. Intra-oral detection of potent odorants using a modified stir-bar sorptive extraction system in combination with HRGC-O, known as the buccal odour screening system(BOSS). *Flavour Frag. J.* **19**: 505-514.
- Etschmann MM, Bluemke W, Sell D, Schrader J. 2002. Biotechnological production of 2-phenylethanol. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **59**: 1-8.