



## Purge & Trap 법에 의한 국내산 우유 중의 휘발성 향기성분 분석

전장영 · 김성한 · 광병만 · 안장혁\* · 공운영  
남양유업(주) 중앙연구소

### Analysis of Volatile Flavor Compounds in Cow's Milk by Purge & Trap Method

Jang-Young Jun, Sung-Han Kim, Byung-Man Kwak, Jang-Hyuk Ahn\*,  
and Un-Young Kong

Research and Development Center, Namyang Dairy Products Corporation

#### Abstract

Purge & Trap method was applied to perform more simple and rapid detection for analysis of volatile flavor compounds in milk. Maximal sampling of 30 mL milk for glass flask sparger was treated by He gas purging for 2 hours. Reported major volatile compounds were detected by GC-MS after 2 hours absorption and desorbed from Purge & Trap equipped with Tenax trap. Volatile flavor compounds were analyzed by Purge & Trap and GC-MS to investigate the changes of flavor components in milk between raw and deodorized milk. Fourteen volatile compounds including acetaldehyde, ethanol, 2-propanone, dimethyl sulfide, isobutanal, 3-methyl 2-butanone, 2-butanone, 3-methyl butanal, pentanal, 3-hydroxy-2-butanone, methyl disulfide, hexanal, and 2 others were detected. Six compounds such as ethanol, dimethyl sulfide, pentanal, 3-hydroxy-2-butanone, and methyl disulfide were completely eliminated after deodorization treatment. Four compounds such as 3-methyl 2-butanone, 2-butanone, 3-methyl butanal, and an unknown compound 81 (M<sup>+</sup>) were also decreased after raw milk was deodorized. The other four compounds such as acetaldehyde, 2-propanone, hexanal, and an unknown compound 92 (M<sup>+</sup>) were not decreased.

Key words : milk, flavor, volatile compounds, dimethyl sulfide, purge & trap, GC-MS

#### 서 론

우유는 소의 원유를 살균 또는 멸균 처리한 것을 말하며, 단백질, 지방, 탄수화물 등과 같은 주요 영양성분 외에도 다양한 무기질과 비타민 등이 함유되어 있어 인체에 필요한 영양섭취와 건강증진에 매우 중요한 식품 중의 하나로서 그 영양성분에 대하여는 이미 국외뿐만 아니라 국내에서도 많은 연구가 진행되어 있다. 그러나 우유 고유의 휘발성 향기 성분에 대하여는 국외의 문헌을 그대로 인용만 할 뿐 국내의 연

구 자료는 거의 찾아볼 수 없는 현실이다. 이러한 실정은 우유의 향기 성분을 분석하기 위해서 HR-MS나 GC-MS와 같은 고가의 분석기기가 필요하며, 다른 식품보다 우유 향기 성분의 함량이 매우 적어 추출시간이 많이 소요되고 시험 조작이 까다로운 등 분석방법이 어려울 뿐만 아니라, 향기 성분의 연구 수행 결과에 따른 응용에 한계가 있기 때문인 것으로 사료되며, 이미 상당히 외국문헌에 보고가 되어 있어 인용이 용이한 데에 기인한다.

국외에서는 Shipe 등(1962)이 우유로 유입되는 향기 성분들에 대한 연구를 수행한 이후, Scanlan 등(1968)이 가열처리된 우유의 향취에 대한 연구를 수행하였고, Jeon 등(1978)이 UHT우유(Ultra High Temperature treated milk, 초고온멸균유)를 3시간 동안 증류하여 농축한 후 GC-MS로 향기 성분들을 분석하고, Haytham 등(1978)은 증류장치와 GC를 이용하여

\* Corresponding author : Jang-Hyuk Ahn. Department of R&D Center, Namyang Dairy Products Co., Ltd. 160. Bongan-ri. Janggi-myun, Gongju-si, Choongnam 314-914. Korea. Tel: 82-41-857-1551, Fax: 82-41-857-7933, E-mail: ahn5470@hanmail.net

황 화합물들을 포함한 우유의 향기 성분들에 대한 분석을 하는 등 많은 연구가 수행되었다. Rerkrai 등(1987)이 UHT 우유의 저장기간 중 주요 향성분에 대한 연구를 수행한 이후, 1990년대에 들어서는 Badings(1991)가 우유 중에 함유된 각각의 aromatic compound들에 대한 평가를 시도하였으며, Moio 등(1993)은 우유를 감압 하에서 7시간 동안 증류하여 중성 휘발성 성분을 추출한 후 HR-ME로 분석을 수행하여 더욱 많은 향기 성분들의 특성을 밝히고, 1994년에는 동일한 방법으로 원유와 살균유 및 UHT우유에 대하여 휘발성 향기 성분을 비교 분석하였다. Valero 등(2001)은 UHT우유의 저장기간 중의 향기 성분의 변화를 Purge & Trap concentrator 및 GC-MS를 사용하여 분석하였다. Toso 등(2002)은 우유의 휘발성 향기 성분을 간단한 dynamic headspace법을 사용하여 GC-MS로 분석하였다.

국내산 우유의 영양성분 조성이 국외의 경우와 크게 상이하지 않으므로 우유의 향기 성분도 국외의 경우와 유사할 것이라고 생각할 수도 있겠지만, Desage 등(1996)과 Urbach (1990)가 이 우유의 휘발성 향기 성분이 대기를 통해서나 소의 반추위 가스에 의하여 또는 소화기를 통해서 혈관을 통해 우유 중으로 이행될 수 있으므로 소에게 먹이는 사료에 따라 향기 성분에 차이가 있을 수 있다고 보고한 점을 볼 때 사료의 종류와 급식방식 및 목장취 등 목장환경이 국외의 환경과 상이한 부분이 많으므로, 국외문헌에 보고 되어 있는 우유의 향기 성분을 확일적으로 그대로 인용한다는 것은 다소 무리가 있을 것으로 사료된다.

이에 본 연구에서는 국내산 우유 중의 휘발성 향기 성분들에 대하여 외국에서 보고 되고 있는 것과 어떻게 다른지를 조사하고, 원유 중에 함유되어 이취를 느끼게 하는 대표적인 물질인 dimethyl sulfide와 같은 이취 성분을 탈취하여 제거할 경우에 발생하는 다른 휘발성 향기 성분의 변화를 분석하였다. 또한, 더욱 간단하고 신속하게 분석할 수 있는 방법을 위하여 Ha(1997)와 이 등(1998)이 참기름의 향기 성분 분석에 응용하고, Shin 등(1999)이 마늘의 향미 성분 분석에 응용한 Purge & Trap 및 GC-MS 방법을 이용하여 시료추출 과정 중에 발생할 수 있는 휘발성 향기 성분의 소실을 최소화하여 우유 중의 휘발성 향기 성분을 검출할 수 있는 분석조건을 연구하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용된 소의 원유는 경상도 지역의 목장에서 집유되어 유가공 공장에 공급된 원유를 시료로서 사용하였으며, 탈취우유는 이 원유를 130 bar 압력에서 균질화하고, 132 °C에서 2초간의 살균을 수행한 후 감압하면서 질소가스를 불

어 넣어 제조하였다. Purge & Trap의 sparger를 세척하기 위하여 사용된 초순수는 EASY Pure System(Barnstead, Dubuque, IA, USA)에 의해 18.0 MΩ 수준으로 정제된 물을 사용하였으며, 검출 한계 실험에 사용된 표준물질인 2-butanone은 Sigma사(USA)에서 구입하여 사용하였다.

### 휘발성 향기 성분의 추출

국내산 원유 및 탈취우유의 휘발성 향기 성분을 보다 간단하고 신속하게 추출하기 위하여 Purge & Trap Concentrator (Tekmar 3100, Tekmar-Dohrmann, USA)를 사용하였다. 40 mL 용량의 sparger라고 하는 glass flask에 우유 시료 30 mL를 넣은 후 25 °C 실온에서 시료의 하부로부터 상부 방향으로 헬륨 가스를 분당 60 mL의 유속으로 2시간 동안 흘려보내어 휘발성 향기 성분을 추출하였다. 헬륨가스 purging에 의하여 추출한 향기 성분은 내경 3.0 cm×길이 30.4 cm의 stainless steel 재질에 Tenax가 충전된 Purge/Trap A(Supelco, USA)에 흡착시켜 포집하였다. 이 때 sparger 온도는 25±2 °C로 유지하였다. 포집된 휘발성 향기성분은 Tenax Trap A를 180 °C에서 4분간 가온하여 탈착시켜 GC-MS로 주입하였다. 그 밖의 Purge & Trap에 대한 기기조건은 Table 1과 같이 설정하였다.

### 휘발성 향기성분의 분석

원유 및 탈취우유 시료에서 추출하여 Purge & Trap의 Tenax trap에 농축하여 탈착시킨 휘발성 향기 성분은 GC-MS를 이용하여 분석하였다. 분석기기는 HP 6890 A<sup>+</sup> GC (Hewlett-Packard Company, USA)에 연결된 HP 5973 Mass Selective Detector(Hewlett-Packard Company, USA)를 사용하였다. 각 휘발성 향기 성분들은 비극성의 모세관(HP-5MS, 0.25 mm I.D×30 m, 0.25 μm in film thickness, Hewlett-Packard,

Table 1. Analytical conditions for volatile flavor compounds by Purge & Trap

Classification	Condition
Trap	PURGE/TRAP A (Tenax, 30.4 cm×30.0 cm I.D)
Purging temperature, time	25 °C, 120 min
Purging gas, flow	He, 60 mL/min
Desorb preheat temperature	30 °C
Desorb temperature, time	180 °C, 4 min
Trap baking temperature, time	220 °C, 10 min
Valve temperature	100 °C
Line temperature	100 °C
MCS temperature	30 °C → 225 °C
Ionization voltage	1482 Volts

**Table 2. Analytical conditions for volatile flavor compounds by GC-MS**

Classification	Condition
Column	HP-5MS (30 m×0.25 mm I.D×0.25 μm df)
Mobile phase	He
Flow rate	0.9 mL/min, constant flow
Oven temperature	30°C
Injector	Splitless at 200°C
Detector	MSD at 300°C
Oven temperature	40°C(2 min) → 10°C/min → 280°C (10 min)
Interface temperature	300°C
Mass source temperature	230°C
Mass quadrupole temperature	150°C
Mass range	50~500
Ionization voltage	1482 Volts

USA)을 사용하여 각 성분들로 분리한 후 질량분석기에서 mass spectrum을 얻었다. 그 밖의 GC-MS 기기분석 조건은 Table 2에 나타내었다.

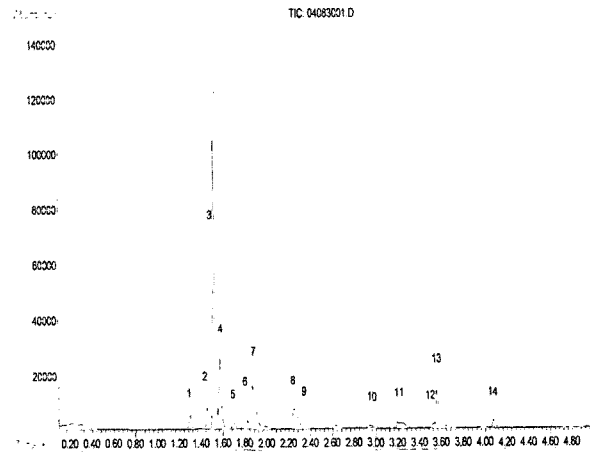
**휘발성 향기성분의 동정 및 상대함량**

우유 시료에서 추출하여 분리한 각각의 휘발성 향기성분에 대한 동정은 GC-MS에 의하여 얻은 각 향기성분의 질량스펙트럼을 HP GC-MS computer library file인 Wiley 275.L과 비교하여 분석하였으며, 분석된 향기 성분 각각의 상대적 함량은 GC-MS의 chromatogram에서 얻은 peak의 area로부터 계산하였다. 또한, 본 실험에 사용된 기기분석조건에서의 검출한계를 알아보기 위하여 원유 중의 대표적인 이취성분 중의 하나로 알려진 2-butanone을 사용하여 동일조건에서 검출한계 실험을 수행하였다.

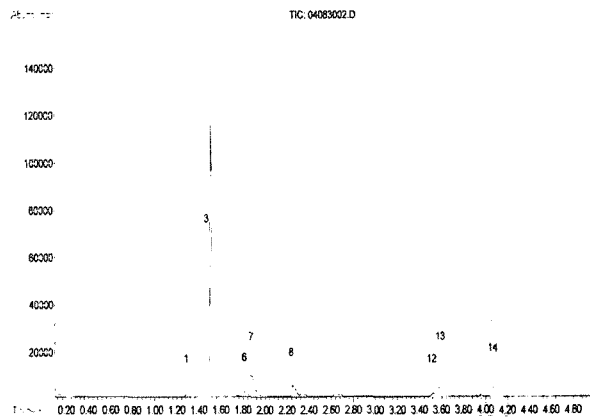
**결과 및 고찰**

**Purge & Trap 및 GC-MS에 의한 휘발성 향기성분의 동정**

국내산 원유 및 우유의 휘발성 향기 성분들을 분석하기 위하여 Purge & Trap법을 사용하였다. 우유 중의 향기 성분의 양은 수 ppb 수준으로 매우 함량이 낮아 일반적인 headspace 방법으로 분석하는데 어려움이 있다. 따라서 Tenax trap에 흡착시켜 농축시킨 후 탈착하여 GC-MS로 주입하여 각각 Fig. 1 및 Fig. 2와 같은 total ion chromatogram을 얻을 수 있었으며, 각 성분의 상대적인 함량을 Table 3에 나타내었다. 이는 수 회 반복 실험하여 얻은 결과로부터 가장 보편적인 양상을



**Fig. 1. Total ion chromatogram of volatile compounds from raw milk by GC-MS.**



**Fig. 2. Total ion chromatogram of volatile compounds from deodorized milk by GC-MS.**

나타내는 결과를 선별한 것이다. 본 실험에 사용된 기기분석 조건에서의 검출한계는 2-butanone으로서 0.01 ppb(μg/L)로 나타나 문헌상 보고된 우유의 향기성분들에 대하여 충분히 검출해낼 수 있는 분석조건임을 알 수 있었다. Purging 장치에 연결된 Tenax trap에 의해 우유 중 향기성분은 추출과정 중 소실없이 농축되게 되며, 그 상대적 양은 Abundance로 나타난다.

원유에서는 acetaldehyde, ethanol, 2-propanone(acetone), dimethyl sulfide, isobutanal, 3-methyl 2-butanone, 2-butanone, 3-methyl butanal, pentanal, 3-hydroxy-2-butanone, methyl disulfide, hexanal 및 2종의 미지성분 등 총 14종의 휘발성 향기 성분이 검출되었는데, 모두 최근에 Moio 등(1993, 1994)과 Toso 등(2002)이 보고한 우유의 향기 성분들에 해당하였으나, dimethyl sulfide와 methyl disulfide의 경우에 있어서는 이 성분들이 쉽게 산화되어 생성되는 dimethyl sulphone의 형태로 분석해 내었다.

Table 3. Relative abundance and characteristics of volatile compounds in raw milk and deodorized milk (area counts/100)

Peak No.	Compounds (Raw milk)	Relative abundance	Compounds (Deodorized milk)	Relative abundance	Characteristics
1	Acetaldehyde	105.6	Acetaldehyde	113.6	Pungent acescent
2	Ethanol	91.0	ND <sup>1)</sup>	0	Pungent alcoholic
3	2-propanone	1479.9	2-propanone	1487.9	Pungent sweetish
4	Dimethyl sulfide	389.1	ND	0	Sulphurous, burnt
5	Isobutanal	37.0	ND	0	Pungent burnt acid
6	3-methyl 2-butanone	55.8	3-methyl 2-butanone	41.7	Sweetish, mint
7	2-butanone	386.4	2-butanone	239.9	Varnish
8	3-methyl butanal	211.1	3-methyl butanal	136.0	Unripe, cheesy
9	Pentanal	97.5	ND	0	Ripe acidic burnt
10	3-hydroxy 2-butanone	27.3	ND	0	Buttery, fatty
11	Methyl disulfide	33.0	ND	0	Sulphurous, burnt
12	Unknown 92(M <sup>+</sup> )	28.6	Unknown 92(M <sup>+</sup> )	29.2	
13	Unknown 81(M <sup>+</sup> )	317.9	Unknown 81(M <sup>+</sup> )	90.0	
14	Hexanal	43.9	Hexanal	44.8	Freshly cut grassy

<sup>1)</sup> ND: Not detected.

Moio 등(1993)은 우유를 분석하여 검출해낸 향기 성분들 중에서 dimethyl sulphone을 sulphurous burnt 취라고 그 특성을 언급하였고, 2-butanone을 varnish 취, 3-methyl butanal은 unripe, apple-like, cheesy 취, pentanal은 herbaceous 취, 3-methyl-2-butanone은 sweetish mint 취, hexanal은 fresh cut- grass, green 취라고 하였다. 이 중 isobutanal과 pentanal은 우유지방으로부터 생성되는 straight-chain aldehyde이며, 3-methyl butanal은 아미노산의 분해로 생성되는 branched-chain compound라고 언급하였다. 이후, Moio 등(1996)은 ovine milk의 향성분 연구에서도 낮은 농도의 dimethyl sulphone은 양(羊)원유 고유의 향취를 느끼게 해주지만 높은 농도일 때는 불쾌취를 준다고 하며, 그 향 특성이 sulphurous, hot milk, burnt라고 다시 한번 언급하였다.

한편, dimethyl sulfide는 Patton 등(1956)이 원유 중의 주요 향기 성분이라고 이미 오래전에 보고하였으며, Morgan 등(1962)이 풀, 잔디, 옥수수 목초 등 목초취의 주요 원인이라고 보고한 성분이다. Day 등(1964)이 버터에서 발생하는 사료취의 원인이라고도 보고한 이후, Reddy 등(1966)이 우유 중의 이취성분으로서 flavor score와의 상관관계를 보고하기도 한 원유 중의 주요 이취성분에 해당하였다. Haytham(1978)은 열처리된 우유에서의 이취가 dimethyl sulfide 등 황화합물들의 성분과 밀접한 관계가 있다고 보고하였으며, 이후 Valero (2001) 등에 의한 UHT milk의 저장기간 중 향성분 변화 연구에서도 dimethyl sulfide는 지속적으로 존재하는 우유의 향성분으로 분석되었다. 상기의 연구들을 종합하여 볼 때 dime-

thyl sulfide와 dimethyl sulphone은 우유중에 존재하는 대표적인 황화합물로서 목초취와 같은 이취를 내는 성분이라 할 수 있다.

Toso 등(2002)은 그 이외에도 acetaldehyde, ethanol, 2-propanone(acetone), isobutanal, methyl disulfide 등의 향기 성분들을 분리 검출하여 총 41종의 우유의 향기 성분들을 보고하였다. 이 중 2-propanone(acetone)은 이미 Senorans 등(1996)과 Nursten 등(1997)이 신선한 원유 중에서, 가장 많이 함유되어 있는 우유향의 주요 성분이라고 보고하였으며, Buchin 등(1998)이 숙성치즈에서의 향기성분으로 언급하였는데, 본 연구의 결과에서도 2-propanone이 상대적으로 가장 많이 함유되어 있는 향기성분으로 분석되었다(Table 3). 우유 중의 향기성분 중 두 번째로 많이 함유되어 있는 것으로 알려진 aldehyde류 중에서 검출된 acetaldehyde는 Adda(1986)에 의하면 유산균의 미생물학적 작용에 의하여 생성되는 것으로 보고되었다. 한편, Moio 등(1993, 1994)이 언급하지 않은 methyl disulfide에 대하여는 Verdier 등(1995)이 아주 적은 양으로도 우유의 향취에 매우 많은 영향을 주는 성분이라고 하였다.

이 원유를 탈취과정을 거쳐 얻은 탈취우유에서는 ethanol, dimethyl sulfide, pentanal, 3-hydroxy-2-butanone 및 methyl disulfide 등 향기성분 6종이 완전히 제거되어 검출되지 않았다. 한편, 3-methyl 2-butanone, 2-butanone, 3-methyl butanal 및 미지성분 81(M<sup>+</sup>)의 4종은 그 양이 현저히 감소하였는데, 상대적인 함량으로서 3-methyl-2-butanone은 약 25.3 %, 2-butanone은 약 37.9 %, 3-methyl butanal은 약 35.6 %, 그리고 미지

성분 81(M<sup>+</sup>)은 약 71.7 % 감소하였다. 그러나 acetaldehyde, 2-propanone(acetone), hexanal 및 미지성분 92 (M<sup>+</sup>)의 4종은 탈취전과 탈취후의 우유에서 그 양에 차이가 거의 없이 유사한 결과를 나타내었는데 이에 대한 자세한 연구가 요구된다.

## 요 약

국내산 원유 및 우유의 향기성분을 보다 신속하고 간단하게 분석하기 위하여 Purge & Trap 및 GC-MS에 의하여 분석할 수 있는 조건에 대하여 연구를 수행하였다. Purge & Trap에 최대한 취할 수 있는 우유시료의 용량인 30 mL를 취하여 2시간 동안 헬륨가스로 purging하여 Tenax Trap에 흡착시켜 농축시킨 우유의 향기성분들을 탈착 후 GC-MS로 분석한 결과 우유의 향기성분들로 보고 된 주요 향기 성분들을 검출해 낼 수 있었다.

실험에 사용된 경상도 지역의 국내산 원유에서는 acetaldehyde, ethanol, 2-propanone(acetone), dimethyl sulfide, isobutanal, 3-methyl 2-butanone, 2-butanone, 3-methyl butanal, pentanal, 3-hydroxy-2-butanone, methyl disulfide, hexanal 및 2종의 미지 성분 등 총 14종의 휘발성 향기 성분이 검출되었다. 이 원유를 탈취하여 얻은 우유에서 acetaldehyde, 2-propanone, hexanal 및 미지 성분 92(M<sup>+</sup>)의 4종은 탈취전의 우유와 비교하여 그 양에 변화가 없었으나, ethanol, dimethyl sulfide, pentanal, 3-hydroxy-2-butanone 및 methyl disulfide 등의 향기 성분 6종은 완전히 제거되어서 검출되지 않았다. 또한, 3-methyl 2-butanone, 2-butanone, 3-methyl butanal 및 미지성분 81(M<sup>+</sup>)의 4종은 그 양이 현저히 감소하였다.

## 참고문헌

- Adda, J. (1986) Flavour of dairy products. In: Development in food flavours, Elsevier Applied Science, pp. 151-172
- Badings, H. T. (1991) Milk. In: Volatile compounds in foods and beverages. Maarse, H (ed), Marcel Dekker, NY, pp. 91-106.
- Buchin, S., Delague, V., Duboz, G., Berdague, J. L., Beuvier, E., Pochet, S., and Grappin, R. (1998) Influence of pasteurization and fat composition of milk on the volatile compounds and flavor characteristics of a semihard cheese. *J. Dairy Science* **81**, 3097-3108.
- Day, E. A., Lidsay, R. C., and Forss, D. A. (1964) Dimethyl sulfide and the flavor of butter. *J. Dairy Science* **47** : 197.
- Desage, M., Schaal, B., Soubeyrand, J., Orgeur, P., and Brazier, J. L. (1996) Gas chromatographic-mass spectrometric method to characterize the transfer of dietary odorous compounds into plasma and milk. *J. Chromatography B*, **678**, 205-210.
- Ha, J. H. (1997) Characteristics of the volatile compounds in the oil from roasted sesame seed. *Korean J. Food Sci. Technol.* **29**, 1101-1104.
- Haytham, A. Jaddou, Pavey, John A. and Manning, Donald J. (1978) Chemical analysis of flavor volatiles in heat-treated milks. *J. Dairy Research* **45**, 391-409.
- Jeon, I. J., Thomas, E. L., and Reineccius, G. A. (1978) Production of volatile flavor compounds in ultra high temperature processed milk during aseptic storage. *J. Agric. Food Chem.* **26**, 1183-1188.
- Lee, S. H. and Joo, K. J. (1998) Analysis of volatile flavor compounds in sesame oil extracted by Purge-and-Trap method. *J. Food Sci. Technol.* **30**, 260-265.
- Moio, L., Dekimpe, J., Etievant, P., and Addeo, F. (1993) Neutral volatile compounds in the raw milks from different species. *J. Dairy Research* **60**, 199-213.
- Moio, L., Dekimpe, J., Etievant, P., Langlois, D., and Addeo, F. (1994) Detection of powerful odorant in heated milk by use of extract dilution sniffing analysis. *J. Dairy Research* **61**, 385-394.
- Moio, L., Rillo, L., Lleda, A., and Addeo, F. (1996) Odorous constituents of ovine milk in relationship to diet. *J. Dairy Science* **79**, 1322-1331.
- Morgan, M. E. and Pereira, R. L. (1962) Volatile constituents of grass and corn silage. II. Gas entrained aroma. *J. Dairy Science* **45**, 467.
- Nursten, H. E. (1997) Milk of different kinds, milk powder, butter and cream. In: The flavor of milk and dairy products. *Int. J. Dairy Technol.* **50**, 48-56.
- Patton, S., Forss, D. A., and Day, E. A. (1956) Methyl sulfide and the flavor of milk. *J. Dairy Sci.* **39**, 1469-1470.
- Reddy, M. C., Bassette, R., Ward, G., and Dunham, J. R. (1966) Relationship of methyl sulfide and flavor score of milk. *J. Dairy Science* **50**, 147-150.
- Rerkrai, S. Jeon, I. J., and Bassette, R. (1987) Effect of various direct ultra-high temperature heat treatments on flavor of commercially prepared milks. *J. Dairy Science* **70**, 2046-2054.
- Senorans, F. J., Tabera, J., Herraiz, M., and Reglero, G. (1996) A method for direct isolation and gas chroma-

- tographic analysis of milk flavor components using a programmed temperature vaporizer. *J. Dairy Science* **79**, 1706-1712.
19. Shin, D. B., Soeg, H. M., Kim, J. H., and Lee, Y. C. (1999) Flavor composition of garlic from different area. *Korean J. Food Sci. Technol.* **31**, 293-300.
20. Shipe, W. F., Ledford, R. A., Peterson, R. D., Scanlan, R. A., Geerken, H. D., Doughery, R. W., and Morgan, M. E. (1962) Physiological mechanism involved in transmitting flavors and odors to milk. II. Transmission of some flavor compounds of silage. *J. Dairy Science* **45**, 477-484.
21. Scanlan, R. A., Lindsay, R. C., Libbey, L. M., and Day, E. A. (1968) Heat induced volatile compounds in milk. *J. Dairy Science* **51**, 1001-1007.
22. Toso, B., Procida, G., and Stefanson, B. (2002) Determination of volatile compounds in cow's milk using head-space GC-MS. *J. Dairy Research* **69**, 569-577.
23. Valero, E., Villamiel, M., Miralles, B., Sanz, J., and Martinez-Castro, I. (2001) Changes in flavor and volatile components during storage of whole and skimmed UHT milk. *Food Chemistry* **72**, 51-58.
24. Verdier, I., Coulon, J. B., Pradel, P., and Berdague, J. L. (1995) Effect of forage type and cow breed on the characteristics of matured Saint-Nectaire cheese. *Lait*. **75**, 523-533.
25. Urbach, G. (1990) Effect of feed on flavor in dairy foods. *J. Dairy Science* **73**, 3639-3650.

---

(2004. 9. 24. 접수 ; 2005. 3. 3. 채택)