

미생물에 의한 풍미료 및 향료의 생산

서울대학교 농과대학 식품공학과 이 형 주



1. 서 론

식품의 풍미란 미각과 후각을 위주로 기타 촉각, 통각, 온·냉각을 포함하는 종합적인 감각 또는 그와 같은 감각을 주는 식품의 특성을 말하며 이같은 풍미특성을 위해 사용되는 물질을 풍미료라고 하게 된다. 풍미가 맛과 냄새를 함께 뜻하고 또 우리가 함께 느끼는 경우가 대부분이지만 풍미에 관여하는 성분은 맛에 관여하는 맛 성분과 냄새에 관여하는 방향성분으로 나뉘볼 수 있고 이들은 그 휘발성(비등점)에 의해 차이가 생기는데 방향에 주로 관여하는 것은 식품향으로 따로 불리우기도 한다.

일반적으로 어느 사회의 생활수준이 향상되게 되면 식생활도 생존단계, 영양단계, 식도락단계를 거쳐 발전하는 것이 보통인데 우리나라도 가까운 시일내에 소위 선진국으로 진입할 것인만큼 고품질의 식품 특히 풍미 좋은 식품에 대한 요구는 늘어날 것이고 이에 따라 풍미료의 수요도 더욱 커질 것으로 생각된다. 풍미료 및 향료는 그 특성상 소량 사용되며 기술집약적이고 부가가치가 높은 고가제품인데 1985년 현재 세계 시장규모는 78억불 정도이고 우리나라의 경우 약 4000만불 정도의 수요가 있으나 대부분 수입에 의존하고 있다.

이들 풍미료 및 향료는 그 생산방법에 따라 식물, 동물, 미생물에서 얻어지는 천연물질과 화학적으로 합성되는 합성물로 대별된다. 현재 약 200여종이 사용되고 있는 천연 풍미료 및 향료는 일반적으로 안정성이나 선평도가 높은 반면 고가이고 기상 등에 따라 공급이 불안정하다는 단점이 있어 저가에 안정적으로 공급될 수 있는 합성물이 전체 사용량의 70% 이상을 차지하고 있다.

그러나 최근 각종 생물공학기술이 발전됨에 따라 이들 풍미료나 향료를 식물이나 미생물 세포

의 개량과 대량 배양에 의해 생산하려는 시도가 활발하게 이뤄지고 있는데(5, 6, 8, 12, 16) 식물이나 미생물에 의해 생산된 이들 물질은 "천연물질"로 인정되고 있다. 이들 생물공학적 생산방법 중 식물 세포배양을 이용하는 것은 향료를 위한 것이 많고 미생물을 이용하는 방법은 풍미료를 위한 것이 많은데(13-15) 이 글에서는 미생물에 의한 풍미료 및 향료의 생산에 관해 알아보기로 한다.

2. 풍미성분

1) Glutamate와 5' nucleotides

맛난 맛을 내는 glutamate는 1900년대부터 사용되어 왔고 현재 세계적으로 연간 27만여톤이 생산된다. 대부분의 glutamate는 *Corynebacterium glutamicum*, *C. lilium*, *Brevibacterium flavum*, *Micrococcus glutamicus* 등의 균주를 사용하여 당밀로부터 생산되는데 지난 50년대이래 발효법이 급속히 발전되어 미생물 공업의 기초를 확립하는데 크게 기여했다고 볼 수 있다.

한편 5'-nucleotide는 glutamate가 내는 맛난 맛에 대해 상승효과를 내는 것으로 알려진 성분인데 이것은 glutamic acid와 결합하는 맛난 맛 receptor의 "allosteric site"에 결합함으로써 구조를 변화시켜 glutamate와의 결합능을 증대시키는 것으로 추측되고 있다(2). 풍미료로 사용되는 nucleotide는 주로 5' IMP와 5' GMP인데 이들은 *Bacillus subtilis* (1) 등의 미생물을 사용하여 직접발효를 하거나 *Torula*, *Saccharomyces* 등에서 추출한 RNA를 *Penicillium*, *Aspergillus*, *Streptomyces* 등에서 분리한 5' phosphodiesterase로 분해하는 방법 등으로 생산된다(10).

2) Esters

각종 ester 화합물은 식품에서 과일이나 꽃의 향

Table 1. Organisms Producing Esters

Microorganism	Ester Produced
<i>Pseudomansas fragi</i>	Ethylbutyrate,
<i>Pseudomonas fragi</i>	Ethylisovalerate,
<i>Pseudomonas fragi</i>	Ethylhexanoate
<i>Lactococcus diacetyllactis</i> ATCC 15346	
<i>Lactococcus lactis</i> ssp <i>lactis</i> ML3	
<i>Lactococcus lactis</i> ssp <i>cremoris</i> TR	Ethylbutyrate
<i>Lactobacillus</i> {No. 81}	Ethylhexanoate
<i>Lb. casei</i> L323	
<i>Pseudomonas</i> strains No. 50 and 53	

을 나타내게 되는데 이들 향은 비교적 '소수의 "character impact compound"로서 특정 과일이나 꽃의 향을 이루는 수가 많다. 미생물이 생산하는 것으로서는 사과, 파인애플, 딸기, 멜론 타입의 ester 향이 알려져 있는데(11), Table 1은 ester를 생산하는 미생물과 생성되는 ester의 종류를 나타낸 것이다(15).

3) Diacetyl(2, 3-butanedione)

Diacetyl은 버터, 요구르트, 카터지 치즈, 크림 치즈, 버터밀크의 필수 풍미성분이다. 이 성분은 citrate 기질이 pyruvate를 거쳐 acetaldehyde TPP를 생성하고 이것이 diacetyl synthetase에 의해 diacetyl로 대사되는 citrate 발효 경로에 의해 생산되는데 일반 유산균의 EMP 경로에서 생성된 pyruvate는 대부분 lactic acid로 환원되기

Table 2. Microorganisms Producing Pyrazines

Microorganism	Pyrazine Produced
<i>Bacillus subtilis</i>	tetramethyl pyrazine
<i>Corynebacterium glutanicum</i>	tetramethyl pyrazine
<i>Lactococcus lactis</i>	2-methoxy-3-isopropylpyrazine
<i>Pseudomonas perolens</i>	2-methoxy-3-isopropylpyrazine
<i>Pseudomonas taetolens</i>	2-methoxy-3-isopropylpyrazine
<i>Streptomyces</i> {from soil}	2-methoxy-3-isopropylpyrazine

때문에 별도의 발효경로가 필요하게 된다(7). 이 diacetyl 생산을 위해서는 일찍부터 *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* biovar. *diacetyllactis*의 변이주가 상업적으로 사용되어 왔는데 이 균주는 모균주에 비해 citrate 발효에 관련된 plasmid를 하나 더 갖고 있는 것으로 밝혀졌다(4). 이밖에도 *Leuconostoc dextranicus* 나 *Lactobacillus citrovorum*이 diacetyl 생산을 위해 사용되는 경우도 있다.

4) Pyrazines

Pyrazine은 질소를 함유하고 있는 복소환 화합물로서 구운 고기, 볶은 견과류, 치즈, 커피 등의 광범위한 식품에서 "meaty", "nutty", 또는 "roasted" 풍미를 부여하는 성분이다. 분말스프 등의 제조시에는 이 pyrazine 성분이 함유된 육류 풍미료를 만들기 위해 환원당과 단백질수분해물 등을 반응시켜 Maillard 반응물을 생성시키기도

Table 3. Production of Terpenes by Microorganisms

Microbe	Terpenes Produced	Odor
<i>Trametes odorata</i> <i>Phellinus</i> spp.	Geraniol, d-limonene -pinene	
<i>Kluyveromyces lactis</i>	Citronellol, linalool, geraniol	fruity, flowery
<i>C. moniliformis</i>	Citronellol, geraniol, linalool	fruity, banana, peach
<i>Ceratolystis</i> spp.	Nerol, terpineol	
<i>Ascoidea hylecocti</i>	Citronellol, linalool	fruity, flowery
<i>Ceratocystis coeruleus</i>	Citronellol, citronellyl acetate	fruity
<i>C. fimbriata</i>	Citronellol, linalool, geraniol	sweed, fruity
<i>C. variopora</i>	Geraniol, citronellol, nerol	fragrant, banana
<i>C. virescens</i>	Linalool, geranylacetate	fruity
<i>Lentinus lepideus</i>	Linalool, several sesquiterpenes	aromatic fruity
<i>Penicillium decumbens</i>	Thujopsene, nerolidol	soapy perfume

한다. 미생물 중에도 이들 pyrazine을 생산하는 것들이 알려져 이를 이용하려는 시도가 이뤄지고 있는데 Table 2는 이들 미생물과 생성되는 pyrazine을 나타낸 것이다(15).

이들 미생물 중에서 *Bacillus subtilis*와 *Corynebacterium glutamicum*은 이미 식품에 사용되고 있으며 pyrazine 생산성이 높은 변이주도 유도되어 실용 가능성이 가장 높은 균주라 하겠다(3). 필자의 실험실에서는 *Lactococcus lactis*의 변이주를 사용하여 중간 대사물을 생성시키고 이에서 pyrazine을 생산하는 것에 대한 실험이 진행 중이다.

5) Terpenes

Geraniol, citronellol, linalool, nerol 등의 terpene 화합물은 감귤류, 포도 등의 과일과 포도주 등에서 중요 풍미성분으로 작용하는데 terpene을 함유한 천연 풍미료는 대개 감귤류 껍질에서 추출하여 사용하고 있다. 미생물 중에서도 isoprene에서 terpene 향을 생성하는 것이 보고되어 왔는데 Table 3은 그 미생물과 생산되는 terpene의 종류를 보여주는 것이다(13-15).

이들 미생물 중에서 일찍부터 알려진 것은 *Ceratocystis* 속으로서 *C. variospora*, *C. moniliformis*, *C. virescens*의 terpene 생산성이 검토된 바 있다(13). 필자의 실험실에서는 *Kluyveromyces lactis*의 변이주를 유청에서 현탁 배양하여 terpene을 생산하는 것에 관한 실험이

Table 4. Production of Lactone from Keto Acids by Microorganisms

Microorganism	-deca-lactone recovered		
	mg	% Yields	{a}D +
<i>Cladosporium butyricum</i>	71	14.2	- 15°
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	355	71	+ 48.2°
<i>Saccharomyces fragilis</i>	329	65.8	+ 48.5°
<i>Candida pseudotropicalis</i>	252	50.4	+ 48.2°
<i>Candida globiformis</i>	233	46.6	+ 55.8°
<i>Sarcina lutea</i>	302	60.4	- 29.2°
	1400*	58.3	- 36.8°

*from 2400 mg keto acid

+ The odor of dextro and levorotatory -deca-lactones was identical.

진행되고 있다.

6) Lactones

Lactone 화합물은 여러 식품에서 “fruity”, “coconut-like”, “buttery sweet”, “nutty” 등의 풍미 특성을 나타내는데 현재는 대부분 keto acid에서 화학적으로 합성된 것들이 사용되고 있다. 그런데 미생물 중에 γ - 또는 δ -Keto acid를 환원하여 lactone으로 전환시키는 것이 알려졌는데 이렇게 생산된 lactone은 “천연” 풍미성분이 되고 또 광학적으로 순수한 성분을 얻을 수 있다는 장점을 갖게 된다(9). Table 4는 Keto acids에서 lactone을 생산할 수 있는 미생물을 보여주고 있다(15).

3. 방향성분

각종 미생물들은 앞에서 살펴본 식품용 풍미성

Table 5. Structure of fragrance compounds from microorganisms

Microorganism	Fragrance	Chemical structure
<i>Ascoidea hylacoeti</i>	fruity, rose	-phenylethanol
		furan-2-carboxylate
<i>Inocybe corydalina</i>	fruity, jasmine	cinnamic acid methyl ester
<i>Mycocacia uda</i>	fruity, grassy	<i>P</i> -methylacetophenone
		almond
		<i>P</i> -tolyl-1-ethanol <i>P</i> -tolylaldehyde
<i>Penicillium decumbens</i>	pine, rose	thujopsene, 3-octanone
		apple, mushroom
<i>Phellinus species</i>	fruity, rose	1-octen-3-ol, nerolidol
		wintergreen
<i>Sporobolomyces odoris</i>	peach	-phenylethanol
<i>Streptomyces odorifer</i>	earthy, campher	methylbenzoate, methyl-salicylate, -phenylethanol
<i>Trametes odorata</i>	honey, rose	trans-1,10-dimethyl-hydroxy-2-methylbornane
		fruity, anise
<i>Trichoderma viride</i>	coconut	methylphenylacetate
		geraniol, nerol citronellol
		6-pentyl-2-pyrone

분외에도 여러 방향성분을 생산하는 것으로 알려져 있다. Table 5는 여러 방향성분을 생산하는 미생물을 보여주고 있는데 일부 성분들은 풍미성분으로도 사용될 수 있는 것이다(13). 표에서 보는 바와 같이 방향성분을 생산하는 미생물들은 대부분 *fungi*에 속하는 것으로서 과일, 장미, 재스민 등의 향을 나타내는 alcohol, ester, aldehyde, lactone, terpene 등의 화합물은 생산할 수 있다. 미생물에 의한 방향성분의 생산은 일반적으로 4-6 일간 현탁배양을 함으로서 얻을 수 있는데 이때 탄소나 질소원, pH, 배양시간에 의해 생산성이 영향받게 된다.

4. 결 론

미생물을 이용한 식품의 발효는 거의 인류의 역사와 함께 시작되었다고 볼 수 있는데 풍미나 향의 특성만을 위한 미생물의 이용도 근대에 활발해져 glutamate나 5' nucleotide는 물론이고 각종 치즈, 버섯, 빵류의 풍미특성을 갖는 풍미료가 이미 사용되고 있다. 앞으로 생활수준의 향상과 함께 천연 풍미 또는 향에 대한 선호도는 더욱 높아지게 될 것이며 이에 따라 여러 미생물의 대사특성이나 배양조건에 관한 연구가 크게 진전되면 전통적으로 식물이나 화학적 합성에서 얻어지던 여러 풍미 또는 방향성분이 미생물에 의해 생산될 수 있게 될 것이다.

REFERENCES

1. Aoki, R., H. Momose, N. Muramatsu, Y. Kondo, and Y. Tsuchiya. 1966. Recent studies of 5' nucleotides as new flavor enhancers. *Flavor Chem. Adv. Chem. Series* **56**: 261.
2. Cagan, R.H. 1987. Allosteric regulation of glutamate taste receptor function pp 155-172 in Kawamura, Y. and M.R. Kare (eds) *Umami: A Basic Taste*. Marcel Dekker. New York.
3. Demanin, A., Jackson, and Tremer. 1967. Accumulation of tetramethylpyrazine. *J. Bac-*

- teriol.* **94**: 223.
4. Kempler, G.M. and L.L. Nckay. 1981. Biochemistry and genetics of citrate utilization in *Streptococcus lactis* subspecies *diacetylactis*. *J. Dairy Sci.* **64**: 1527.
5. Knorr, D. 1987. Food biotechnology: its organization and potential. *Food Technol.* **41**(4): 95.
6. Knorr, D. and A.J. Sinskey. 1985. Biotechnology in food production and processing. *Science* **229**: 1224.
7. Marshall, V.M. 1987. Fermented milks and their future trends. I. Microbiological aspects. *J. Dairy Res.* **54**: 559.
8. Moshy, R.J. 1985. Impact of biotechnology on food product development. *Food Technol.* **39**(10): 113.
9. Muys, G., V.B. der van Tuynenberg, and A.P. DeJonge. 1962. Synthesis of optically active γ and δ -lactones by microbiological reduction. *Nature* **194**: 995.
10. Ogata, K., Y. Nakao, S. Igarashi, E. Omura, Y. Sugino, M. Koneda, and I. Suhara. 1963. Degradation nucleic acids and their related compound by microbial enzymes. I. on the distribution of extracellular enzymes capable of degradating ribonucleic acid into 5'-mononucleotides in microorganisms. *Agr. Biol. Chem.* **27**: 110.
11. Pereira, J.N. and M.E. Morgan. 1958. Identity of esters produced in milk cultures of *Pseudomonas fragi*. *J. Dairy Sci.* **41**: 1201.
12. Ruttloff, H. 1987. Impact of biotechnology on food and nutrition. pp 37-94 in Knorr, D.(ed) *Food Biotechnology*. Marcel Dekker. New York.
13. Schindler, J. and R.D. Schmid. 1982. Fragrance or aroma chemicals-microbial synthesis and enzymatic transformation-a review. *Process Biochem.* **17**(5): 2.
14. Sharpell, F.H. Jr. 1985. Microbial flavors and fragrances. pp 965-981 in Moo-Young, M.(ed) *Comprehensive Biotechnology*. vol. 3. The Practice of Biotechnology: Current Commodity Products. Pergamon. Oxford.

15. Trivedi, N. 1986. Use of microorganisms in the production of unique ingredients pp 115-132 in Harlander, S.K. and T.P. Labuza (eds) Biotechnology in Food Processing.

Noyes. Park Ridge, NJ.

16. Wasserman, B.P., T.J. Montville, and E.L. Korwek. 1988. Food biotechnology. Food Technol. 42(1): 133.

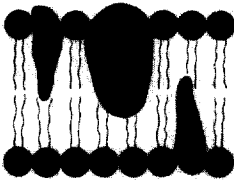
微生物生理學

金炳弘 著

아카데미서적

微生物生理學

金炳弘 著



아카데미서적

- 김 병 홍 저 -

微生物生理學

- 국내 최초의 미생물 생리학 교재
- 에너지 대사를 중심으로 한 미생물 반응 해석
- 충실하게 간추린 내용
- 군주, 영문 및 국문 색인

도서출판 아카데미서적

☎ 151-742

서울특별시 동작구 사당동 1042-19

전화 : 02-587-2121~4

FAX : 02-587-2125