발효차의 향기 (I)

- 홍차 및 우롱차의 향기 생성 메커니즘 -

Aroma of Fermented Tea (I)

- Mechanisms of Aroma Formations on Black Tea and Oolong Tea -

조정용 · 문제학[1] · 박근형[1] · 마승진*
Jeong-Yong Cho, Jae-Hak Moon[1], Keun-Hyung Park[1], Seung-Jin Ma*

목포대학교 식품공학과, [1]전남대학교 식품공학과 및 기능성식품연구센터
Department of Food Engineering, Mokpo National University,
[1]Department of Food Science & Technology and Functional Food Research Center

I. 서 론

차(茶)는 코코아, 커피와 함께 세계 3대 비알콜성 기호음료 중의 하나로서 우리나라를 포함한 세계 각지에서 널리 음용되고 있으며 주로 동백나무과(Theaceae)의 카멜리아 시넨시스(*Camellia senensis*)의 잎을 가공하여 만든 것을 의미한다(1).

일반적으로 차는 각각의 산지 및 민족의 기호에 따라서 다양한 방법에 의하여 제조되어 왔기 때문에 그 종류가 대단히 많아 세계적으로 3000가지 이상의 차 종류가 유통되고 있다(2). 이들 차 종류 중 우롱차, 홍차 등으로 널리 알려진 효소발효차는 후발효차인 흑차(보이차)와 달리 미생물에 의한 발효가 아닌 차 잎에 원래 존재하는 효소들의 작용에 의한 것으로 엄밀한 의미의 발효차는 아니나 관습적으로 '발효' 라는 표현을 사용하여 왔고 현재에도 널리 사용되기 때문에 본 논문에서도 '발효' 라는 표현을 사용하기로 한다. 효소발효차는 제다과정 중 차 잎의 산화효소 및 가수분해 효소 등의 작용에 의하여 차 잎의 성분이 생화학적으로 변화된 것으로 효소의 불활성화 시점에 따른 효소반응의 시간 및 정도에 따라 반발효차 및 완전발효차 등으로 구분한다 (Fig. 1). 즉, 불발효차인 녹차는 제다공정의 첫 단계에서 차 잎을 가열하여 효소의 활성을 정지시키는 반면 반발효차인 우롱차는 수확한 차 잎을 위조조작을 통하여 약발효시킨 뒤 효소활성을 정지시키고, 완전발효차인 홍차는 위조, 발효공정을 통하여 효소반응을 충분히 시킨 다음 효소활성을 정지시킨다(2). 발효차는 이러한 효소반응에 의하여 차 잎의 성분이 변화됨에 따라 맛과 색 그리고 향기가 달라지면서 불발효차와는 다른 발효차 고유의 특성을 갖게 된다. 이러한 특성 중 향기는 발효차 고유의 특성과 품질을 결정하는 중요한 인자

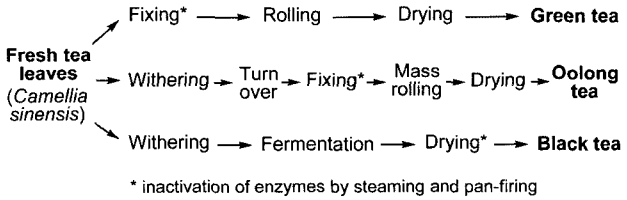

Fig. 1. Tea classification by method of manufacturing.

*Corresponding author: Seung-Jin Ma
Department of Food Engineering, Mokpo National University, Jeonnam 534-729
Tel: +82-61-450-2428
Fax: +82-61-454-1521
E-mail: sjma@mokpo.ac.kr

중의 하나로서 약 600여종 이상의 성분이 관여하는 것으로 알려져 있다(3). 차의 향기에는 이렇게 많은 성분들이 관여하고 있기 때문에 아직도 불분명한 부분이 없지 않으나 최근 기기분석법의 발달로 인해 새로운 향기성분의 탐색과 함께 향기성분들의 생성 메카니즘에 대해서도 활발히 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 불발효차인 녹차와는 다른 독특한 향을 가진 우롱차와 홍차 등의 발효차의 향기와 그 생성 메커니즘에 대하여 현재까지 보고된 바를 소개하고자 한다.

II. 주요 향기 성분인 알코올계 향기의 생성 메커니즘

불발효차인 녹차의 주요 향기성분은 hexenol, hexenal, furfural 및 각종 aldehyde 등이며 이 중 신선한 향을 느끼게 하는 hexenol 및 hexenal 류의 성분은 차 잎에 원래 존재하는 성분으로 차 잎의 세포막을 구성하는 성분인 지방산(linolenic acid)으로부터 lipoxygenase나 hydroperoxide lyase 등의 효소의 작용에 의하여 생성되는 것으로 보고되어 있다(4). 또한, 제다과정 중 차 잎을 가열함에 따라 maillard 반응(가열에 의한 당과 아미노산과의 반응)이 일어나 다양한 성분들이 생성되는 것으로 알려져 있다(5-7).

반면, 우롱차나 홍차와 같은 효소발효차의 향기성분으로는 linalool, linalool oxide, geraniol, benzylacohol, 2-phenylethanol, phenylacetaldehyde, jasmine lactone, methyl jasminate, benzaldehyde, indole 등이 보고되어 있으며 특히 이들 성분 중 linalool, geraniol 등의 monoterpene alcohol과 2-phenylethanol, benzyl alcohol 등의 방향족 alcohol이 주요 성분으로 알려져 있다(8). 이들 알코올계 성분은 장미, 쟈스민 등의 꽃과 여러 종류의 과일의 주요 향기성분으로도 잘 알려져 있어 발효차의 중요한 특징 중의 하나인 꽃과 같은 향기의 본체로 주목받고 있다(3).

Takeo (9)는 동일한 차 잎을 이용하여 불발효차와 발효차를 제조한 후 이들 향기성분을 조사한 결과, 불발효차에서는 소량이었던 linalool, geraniol, benzylacohol 등의 알코올계 향기성분이 발효차에서 다량 생성되는 것을 발견하고 이들 향기성분이 발효차의 제조과정 중에 생성됨을 보고하였다(Fig. 2). 또한, Yano(10,11), Yamanashi(12), Sakata(13,14), Kobayashi(15) 등은 차

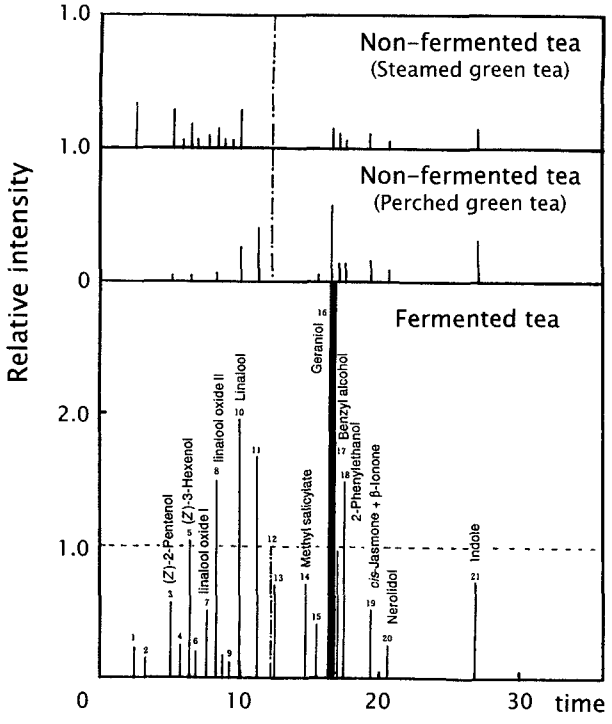

Fig. 2. Comparison of volatiles from non-fermented and fermented tea prepared from same tea leaves (Takeo, T., Phytochemistry, 1981).

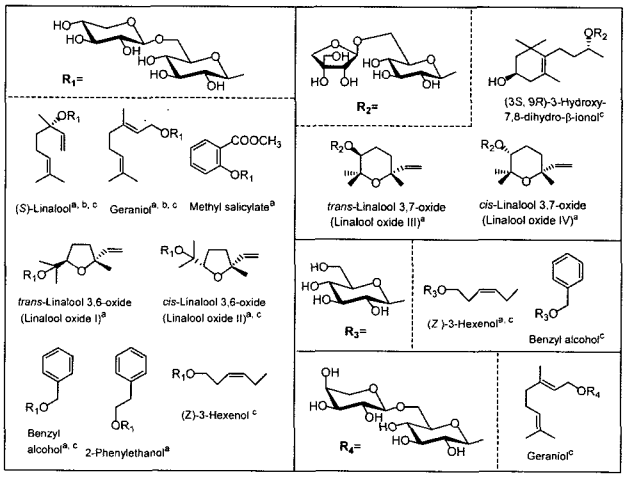

Fig. 3. Glycosidic aroma precusors isolated from tea leaves (*Camellia sinensis var. sinensis*).
a) From oolong tea leaves(cv. Maoxie)
b) From oolong tea leaves(cv. Shuixain)
c) From oolong tea leaves(cv. Yabukita)

잎 추출물에 신선한 차 잎에서 추출한 조효소 또는 β-glycosidase를 반응시키면 linalool, geraniol등의 알코올계통 향기가 생성되는 사실을 발견하고 이들 향기성분이 배당체 형태로 잎에 존재할 가능성을 제시하였다. 특히, Sakata와 Kobayashi 등(15-18)은 차 잎의 열수추출물에 신선한 차 잎으로부터 조제한 조효소를 반응시켜 생성된 향기를 분석하는 방법을 통해 이들 향기성분의 전구물질을 추적한 결과 (Fig. 3), 이들 향기성분의 대부분이 β-primeveroside (6-*O*-β-D-xylopyranosyl-β-D-glucopyranoside), β-accuminoside (6-*O*-β-D-apiofuranosyl-β-D-glucopyranoside), β-bisianoside (6-*O*-α-L-arabinopyranosyl-β-D-glucopyranoside) 등의 이당과 결합되어 있는 배당체로 존재하고 있으며 그 중에서도 β-primeveroside의 형태가 가장 많음을 보고하였다.

발효차의 알코올계 향기의 전구물질이 대부분 이당배당체인 β-primeveroside로서 존재한다고 보고되면서 이 배당체로부터 향기를 생성하는 효소에 대한 관심이 증가되었다. Guo 등(19-21)은 녹차용 품종인 Yabukita종의 잎에서의 향기 전구물질인 *β-primeveroside*를 이당 부분과 aglycone(향기성분)으로 가수분해하여 향기를 생성하는 효소를 정제하고 이 효소를 β-primeverosidase로 명명하였으며, 그 후 녹차용 품종(*C. sinensis* var. *sinensis* cv.Yabukita)뿐만 아니라 우롱차용 품종(*C. sinensis* var. *sinensis* cv. Shuixan)과 홍차용 품종(*C. sinensis* var. *assamica*)에도 동일한 효소가 존재함을 확인하였다.

이어서 수행된 Ma와 Mizutani 등(22,23)은 효소학적 연구를 통하여 이 효소가 발효차의 향기생성에 key역할을 하는 주요 효소임을 보고하였다. 또한 이 효소가 자연계에 존재하지 않는 이당 배당체나 단당 배당체인 β-D-glucopyranoside는 전혀 분해하지 않는 반면, 자연계에 존재한다고 보고된 이당배당체만을 선택적으로 분해하며 특히 β-primeveroside에 대하여 대단히 높은 기질특이성을 가지고 있음을 확인하였다(Fig. 4). 이들 연구 group은 계속된 연구를 통하여 이 효소의 amino acid 서열이 청산 배당체를 가수분해함으로서 식물의 자기방어기작에 관여한다고 알려져 있는 amygdalin hydrolase와 가장 높은 상동성을 나타냄으로 이 효소 역시 식물의 자기방어기작에 관여하는 효소일 가능성이 높다고 추론하였으며, 잎의 위치에 따른 향기 생성효소의 분포와 향기 전구물질의 함량을 조사한 결과, 성숙한 잎보다 어린 잎에

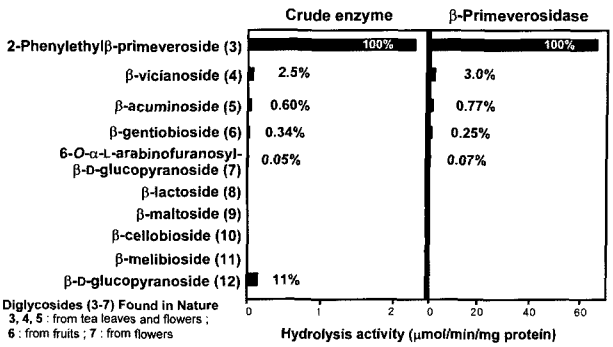

Fig. 4. Hydrolysis activities of enzymes from tea leaves (Ma S. J. *et al.*, Biosci. Biotechnol. Biochem., 2001).
(Substrates: 2-phenylethyl diglycosides (10 mM); enzymes: the crude enzyme (0.18 unit/ml) and β-primeverosidase (0.22 unit/ml); hydrolysis activity was calculated after incubation in 20 mM citrate buffer (pH 6.0) at 37 ℃. The amount of liberated 2-phenylethanol was analyzed by HPLC (ODS-AQ, 33% MeCN)

향기생성 효소와 전구물질이 많이 함유되어 있음을 확인하였다.

최근 Kobayashi 등(24)은 홍차의 제조공정 중 알코올계 향기 전구체인 배당체의 함량 변화를 조사한 결과 (Table 1), 발효과정 중에 이당배당체의 함량이 급격히 감소되었으며 이러한 결과를 바탕으로 발효차의 향기생성에 이당배당체와 이당배당체 가수분해 효소인 β-primeverosidase의 역할이 중요함을 보고하였다.

III. 기타 향기 성분의 생성

1. 휘발성 aldehyde의 생성

장미의 꽃향기로 잘 알려진 phenylacetaldehyde는 발효차의 대표적인 휘발성 aldehyde 성분 중 하나로 불발효차인 녹차에도 소량 함유되어 있으나 발효도가 높은 홍차의 향기 형성에 더욱 기여하는 성분으로 알려져 있다. Saijo 등(25)은 차 잎에 ^{14}C로 치환된 L-phenylalamine을 가하여 발효시킨 뒤 그 대사산물을 분석한 결과 ^{14}C로 표지된 phenylacetadehyde가 다량 생성되는 것을 확인하고, 홍차의 발효과정 중에 각종 아미노산이 Strecker 분해(α-diketone의 존재 하에서의 아미노산의 탈탄산반응)됨으로서 각각의 aldehyde가 생성됨을 확인하였다 (Table 2). 또한 그들은 이 반응에서 (-)-epicatechin을 비롯한 catechol 구조의 phenol성 화합물이 필수적인 cofac-

Table 1. Changes of the glycoside contents in tea leaves during the black tea manufacturing process (Wang, D. *et al.*, J. Agric. Food Chem. 2001)

Glycosides[a]	Contents (㎎/100g of dried leaves)			
	fresh leaves	withered leaves	rolled leaves	fermented leaves
(*Z*)-3-hexenyl-Glc	6.6 ± 0.5	5.8 ± 0.4	8.6 ± 0.5	4.8 ± 0.1
benzyl-Glc	23.1 ± 1.1	22.5 ± 0.6	24.1 ± 0.3	15.1 ± 0.3
2-phenylethyl-Glc	1.3 ± 0.0	1.5 ± 0.0	1.7 ± 0.1	1.4 ± 0.0
methyl salicylate-Glc	12.7 ± 1.1	12.2 ± 0.2	12.7 ± 0.2	8.6 ± 0.2
(3*S*,6*S*)-LO Ⅰ-Glc[b]	1.7 ± 0.2	2.4 ± 0.2	2.6 ± 0.0	2.1 ± 0.3
(3*S*,6*R*)-LO Ⅱ-Glc[b]	2.6 ± 0.4	2.3 ± 0.0	2.2 ± 0.1	1.8 ± 0.2
(3*S*)-LO Ⅲ and Ⅳ-Glc[b]	4.8 ± 0.9	3.0 ± 0.6	4.3 ± 0.0	2.6 ± 0.2
geranyl-Glc[b]	0.8 ± 0.0	0.7 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0
total glucosides	53.5 ± 4.2	50.3 ± 2.0	57.2 ± 1.2	37.4 ± 1.3
(Z)-3-hexenyl-Prim	6.7 ± 0.8	10.5 ± 0.4	1.4 ± 0.0	0.1 ± 0.0
benzyl-Prim	20.1 ± 1.6	20.9 ± 0.8	12.5 ± 0.1	1.8 ± 0.0
2-phenylethyl-Prim	41.1 ± 4.5	38.2 ± 0.2	2.7 ± 0.0	0.3 ± 0.0
methyl salicylate-Prim	45.2 ± 4.2	40.9 ± 1.0	13.7 ± 0.7	0.8 ± 0.1
LO Ⅰ and(3*S*,6*S*)-LO Ⅱ-Prim[b,d]	5.3 ± 0.8	4.4 ± 0.1	2.0 ± 0.0	tr
(3*S*,6*S*)-LO Ⅱ-Prim[b]	13.4 ± 2.7	9.1 ± 0.2	4.1 ± 0.1	tr
LO Ⅲ and Ⅳ-disaccharides[c]	4.4 ± 0.6	4.5 ± 0.2	4.1 ± 0.1	2.4 ± 0.1
geranyl-Prim	47.2 ± 7.0	40.8 ± 1.3	1.4 ± 0.0	1.3 ± 0.0
geranyl-Vic	3.6 ± 0.2	3.4 ± 0.0	2.7 ± 0.2	1.5 ± 0.1
total disaccharides	187.3 ± 22.5	172.6 ± 4.2	44.5 ± 1.2	8.1 ± 0.3
total	240.7 ± 26.7	222.9 ± 6.2	101.8 ± 2.4	45.5 ± 1.6

[a] Positive identification except for methyl salicylate-Prim and LO Ⅲ and Ⅳ-disaccharides (tentative identification). [b]Quantification is based on the GC-MS analyses in an HP-50 column or, othetwise, in a DB-5 column. [c]The calibration curve of the corresponding glucoside was used for quantification. [d]Overlapped with (*S*)-linaly-Prim.

Table 2. Volatile aldehydes produced form amino acids during black tea manufacturing (Saijo, R. *et al.*, Agric. Biol. Chem., 1970)

Amino acid	Odor formed	Volatile aldehyde formed
Glycine	None	Formaldehyde
Alanine	Flowery	Acetaldehyde
Valine		Isobutyraldehyde
Leucine		Isovaleraldehyde
Isoleucine		2-Metylbutanal
Methionine		Methional
Phenylalanine	Rose-like	Phenylacetaldehyde
Glutamic acid	Flowery	None
Tyrosine	Unpleasant	None
Tryptophan	Unpleasant	None

tor로 작용한다는 사실을 아울러 확인하였다(Fig. 5).

2. C_{13}-isoprenoid 화합물의 생성

α- 또는 β-ionone, theaspirone, β-damascenone 등의 C_{13}-isoprenoid 화합물은 과일이나 꽃의 정유를 비롯한 여러 식물에 그 존재가 확인된 물질로 특히 홍차의 중요한 향기성분으로 알려져 있다. 이들 C_{13}-isoprenoid 관련 화합물은 홍차를 비롯한 발효차의 제조공정 중 발효에 의하여 polyphenol이 산화할 때 carotenoid류가 분해되어 생성되는 것으로 추정되고 있으나(Fig. 6) 주로 비효소적인 열분해나 산화 분해에 의한 연구가 이루어지고 있을 뿐(3) 관련 효소 및 산에 의

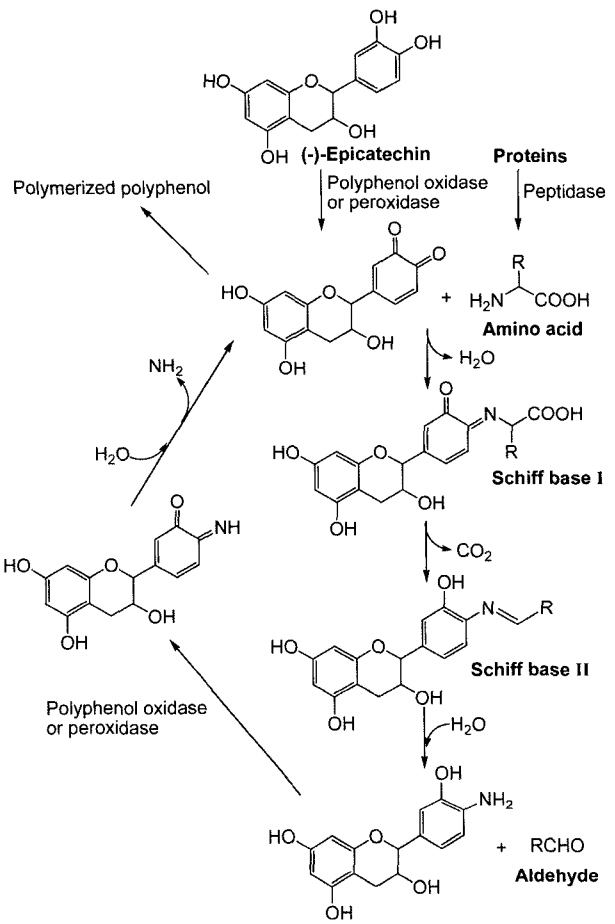

Fig. 5. Biosynthesis pathway of aldehydes from amino acid and quinone.

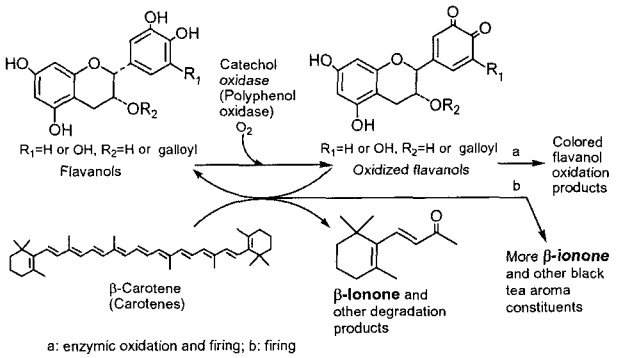

Fig. 6. Proposed synthetic pathway of β-ionone from β-carotene during tea fermentation.

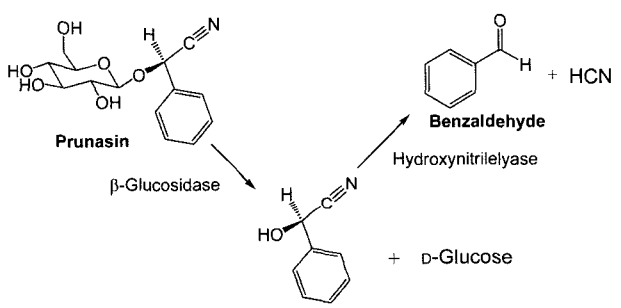

Fig. 7. Formation of benzaldehyde from prunasin during tea fermentation.

한 전이경로 등에 대한 연구는 아직 미흡한 편이다(26).

3. Benzaldhyde의 생성

Benzaldhyde는 차 잎에 소량 함유되어 있으며 우롱차와 홍차의 제조과정 중에 생성량이 증가된다는 사실이 보고되었으나 그 생성 메카니즘은 해명되지 못한 상태였다(24). 최근, Guo 등(27)은 발효차의 향기생성 전구물질에 관한 연구과정에서 benzaldehyde의 전구물질이 청산 배당체인 prunasin임을 보고하였다. 이들에 의하면 청산 배당체의 prunasin이나 amygdalin에서 가수분해효소에 의하여 aglycone이 분리된 후 이 aglycone으로부터 benzaldehyde이 생성된다고 하였으며 (Fig. 7) 이러한 과정은 매실, 복숭아, 버찌 등에서의 benzaldehyde 생성과정과 동일할 것으로 추정하였다.

4. Methyl jasminate의 생성

Methyl jasminate는 우롱차와 홍차 등의 꽃과 같은 향기 형성에 중요한 향기 성분으로 알려져 있으며, 최근의 연구결과에 의하면 식물의 phytoxylipin의 생합성 경로인 linolenic acid로부터 hexenol 및 hexanal 성분이 생성되는 과정에서 남은 linolenic acid의 나머지 부분에 allenoxide 합성효소 등의 효소가 작용하여 생성되는 것으로 추정되고 있다(28).

IV. 결 론

향기는 식품의 특성을 결정하는 중요한 인자 중의 하나이며 한두가지의 향기성분이 아니라 여러 성분들이 복합적으로 혼합됨으로서 발현되는 관능적 특징이다. 홍차나

우롱차와 같은 효소발효차는 그 제조공정 중의 발효과정에 의해 다양한 향기성분이 생성되는데 그 주요 메카니즘은 주로 이당배당체 형태로 차 잎에 존재하는 향기성분이 위조, 발효 등의 제다과정 중에 이 이당배당체를 선택적으로 분해하는 β-primeverosidase에 의하여 가수분해됨으로서 생성되며 이 성분들이 그 외의 다양한 메커니즘에 의하여 생성된 기타 향기성분들과 혼합되면서 발현되는 것으로 보고되고 있다. 최근 소비자들의 기호가 다양해지고 차 잎의 재고가 늘어가면서 차의 제품 다양화의 일환으로 발효차의 생산에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히 발효차의 경우 향기가 제품의 품질과 특성을 결정하는 중요한 인자이기 때문에 보다 고품질의 발효차를 생산하기 위해서는 제조공정 중의 향기생성 메커니즘을 충분히 이해함과 동시에 이들 향기성분이 충분히 발현되도록 공정을 개선하는 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. Flament, I. Coffee, cocoa, and tea. Food Review Int. 5: 317-414 (1989)
2. Cheng, Z.M. in Zhonggou Chajing, Shanghai Culture Publishing House, Shanghai, p. 222-235, 419-425 (1992)
3. Yamanishi, T. Special issue on tea: Flavor of tea. Food Review Int. 11: 477-525 (1995)
4. Hatanaka, A. The biogeneration of green odour by green leaves. Phytochemistry 34: 1201-1218 (1993).
5. Hara, T., Kubota, E. and Horita, H. Volatile compounds formed on heating L-theanine with D-xylose. Chagyo Gijutsu Kenkyu 62: 55-56 (1982).
6. Hara, T. and Kubota, E. Aroma compounds formed on heating reaction between amino compounds and sugar found in green tea. Chagyo Gijutsu Kenkyu 63: 39-44 (1982).
7. Hara, T. and Kubota, E. Volatile compounds formed on roasting catechin with L-theanine. Chagyo Gijutsu Kenkyu 64: 32-33 (1983)
8. Yamanishi, T. Tea. Koryo 161: 57-72 (1989)
9. Takeo, T. Production of linalool and geraniol by hydrolytic breakdown of bound forms in disrupted tea shoots. Phytochemistry 20: 2145-2147 (1981)
10. Yano, M., Okada, K., Kubota, K. and Kobayashi, A. Studies on precursors of monoterpene alcohols in tea leaves. Agr. Biol. Chem. 54: 1023-1028 (1990)
11. Yano, M., Joki, Y., Mutoh, M., Kubota, K. and Kobayashi, A. Benzyl glucoside from tea leaves. Agr. Biol. Chem. 55: 1205-1206 (1991)
12. Yamanishi, T. Gloval Adavances in Tea Science, ed. by N. K. Jain, Aravali Books International Ltd. New Delhi, p. 707 (1999)
13. Sakata, K., Watanabe, N. and Usui, T. Food for Health in the Pacific Rim, ed. by Whitaker, J. R. Shoemaker, C.F., and Singh, R. P. Foods Nutrition Press, Inc. Trumbull, Conneticut, p. 93 (1999)
14. Sakata, K. Caffeinated Beverages, Health Benefits, Physiological Effects, and Chemistry, ed. by Parliament, T.H., Ho, C. and Schieberie, P. American Chemical Society, Washington, DC. p. 327 (2000)
15. Kobayashi, A., Kubota, K., Joki, Y., Wada, E. and Wakabayashi, M. (*Z*)-3-Hexenyl β-D-glucopyranoside in fresh tea leaves as a precursor of green odor. Biosci. Biotechnol. Biochem. 58: 592-593 (1994).
16. Moon, J.-H., Watanabe, N., Ijima, Y., Yagi, A., Ina, K. and Sakata, K. *cis*- and *trans*-Linalool 3,7-oxides and methyl salicylate glycosides and (*Z*)-3-hexenyl β-D-glucopyranoside as aroma precursors from tea leaves for oolong tea. Biosci. Biotechnol. Biochem. 60: 1815-1819 (1996)
17. Moon, J.-H., Watanabe, N., Sakata, K., Yagi, A., Ina, K. and Luo, S. *trans*- and *cis*-Linalool 3,6-oxides 6-O-β-D-xylopyranosyl-β-D-glucopyranosides isolated as aroma precursors from leaves for oolong tea. Biosci. Biotechnol. Biochem. 58: 1742-1744 (1994)
18. Ma, S.-J., Watanabe, N., Yagi, A. and Sakata, K. The (3*R*,9*R*)-3-hydroxy-β-ionol disaccharide glycoside is an aroma precursor in tea leaves. Phytochemistry 56: 819-825 (2001)
19. Guo, W., Ogawa, K., Yamauchi, K., Watanabe, N., Usui, T., Luo, S. and Sakata, K. Isolation and characterization of a β-primeverosidase concerned with alcoholic aroma formation in tea leaves. Biosci. Biotechnol. Biochem. 60: 1810-1814 (1996)
20. Ogawa, K., Ijima, Y., Guo, W., Watanabe, N., Usui, T., Dong, S., Tong, Q. and Sakata, K. Purification of a β-primeverosidase concerned with alcoholic aroma formation in tea leaves (cv. Shuixian) to be processed to oolong tea. J. Agric. Food Chem. 45: 877-882 (1997)
21. Ijima, Y., Ogawa, K., Watanabe, N., Usui, T., Ohnishi-Kameyama, M., Nagata, T. and Sakata, K. Characterization of β-primeverosidase, being concerned with alcoholic aroma formation in tea leaves to be processed into black tea, and preliminary observation on its substrate specificity. J. Agric. Food Chem. 46: 1712-1718 (1998)
22. Ma S.-J, Mizutani, M., Hiratake, J., Hayashi, K., Yagi, K., Watanabe, N. and Sakata, K. Substrate specificity of β-primeverosidase, a key enzyme in aroma formation during oolong tea and black tea manufacturing. Biosci. Biotechnol. Biochem. 65: 2719-2729 (2001)
23. Mizutani, M., Nakanishi, H., Ema, J., Ma, S.-J., Noguchi, E., Mizutani, M.F., Ochiai, K., Tanaka Y. and Sakata, K. Cloning of β-primeverosidase, a key enzyme in aroma formation from *Camellia sinsesis* var. *sinensis* cv. Yabukita, Plant Physiology 130(4): 2164-2176 (2002)
24. Wang, D., Kurasawa, E., Yamaguchi, Y., Kubota, K. and

Kobayashi, A. Analysis of glycosidically bound aroma precursors in tea leaves. 2. Changes in glycoside contents and glycosidase activities in tea leaves during the black tea manufacturing process. J. Agric. Food Chem. 49: 1900-1903 (2001)
25. Saijo, R. and Takeo, T. The information of aldehydes from amino acids by tea leaves extracts. Agric. Biol. Chem. 34: 227-233 (1970)
26. Winterhalter, P. Biotechnology for Improved foods and Flavors, ed. by Takeoka, G.R., Teranishi, R., Williams, P.J., and Kobayashi, A. American Chemical Society, Washington, DC. p. 295 (1996)
27. Guo, W., Sasaki, N., Fukuda, M., Yagi, A., Watanabe, N. and Sakata, K. Isolation of an aroma precursor of benzaldehyde from tea leaves. Biosci. Biotechnol. Biochem. 62: 2052-2054 (1998)
28. 伊奈和夫, 茶の化學成分と機能, I&K Corporation, Tokyo, Japan, p. 58 (2002)