

Propylene Glycol 용매계에서 DL-Alanine 과 D-Glucose 의 마이야르 반응에 의한 휘발성 화합물의 생성

김영희 · 김옥찬 · 이정일 · 양광규
한국인삼연초 연구소 향료연구실

Formation of Volatile Compounds from Maillard Reaction of D-Glucose with DL-Alanine in Propylene Glycol Solution

Young-Hoi Kim, Ok-Chan Kim, Jung-Il Lee and Kwang-Ku Yang

Laboratory of Flavor Research, Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Taejeon

Abstract

The volatile compounds produced from the browning reaction of 0.5M DL-alanine and 0.5M D-glucose mixture using propylene glycol as a reaction medium were analysed by gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry and effects of temperature(100°C, 120°C, 140°C) and time(20min, 2hours) on the formation of volatile compounds were investigated. Browning reaction were rapidly increased as the reaction temperature and time increased. From methylene chloride extracts, twenty six compounds, including 7 alkyl pyrazines, 4 pyrroles, 3 furans, 1 furanone and 11 miscellaneous compounds were identified. The relative amounts of pyrazines, pyrroles and furans were markedly increased as reaction temperature and time increased. The results showed that caramel-like and burnt sugar-like aroma produced by alanine-glucose reaction must be mainly comprised of nitrogenous heterocyclic such as pyrazines, pyrroles and oxygen heterocyclic compounds such as 2-hydroxy-3-methyl-2-cyclopenten-1-one and 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone.

Key words: Maillard reaction, DL-alanine, D-glucose, volatile compounds

서 론

식품의 향기는 신선한 상태에서 식품이 본래 지니고 있는 향기 이외에도 식품의 건조, 농축, 볶음, 굽기와 같은 가공과정에서 가해지는 열에 의해 이차적으로 생성되기도 하는데 대표적인 예로 식육이나 커피, 땅콩, 코코아와 같은 두류등은 익히지 않은 상태보다 어느 정도 가열처리를 함으로서 특징적인 향기가 생성된다.

이러한 가열처리에 의해 생성된 향기는 주로 식품중에 함유되어 있는 당류, 아미노산, 지방질과 같은 비휘발성 성분들의 분해 또는 상호반응에 의해 생성되는데 그 중에서도 특히 아미노산과 카르보닐 화합물간의 반응 즉 마이야르 반응이 향기성분의 생성과 밀접한 관계가 있으며⁽¹⁾

이때 생성되는 pyrazine 류⁽²⁻⁵⁾, furan 및 furanone 류^(1,6), oxazole 류^(7,8), thiazole 류 및 thiophene 류^(9,10)와 같은 헤테로고리 화합물들이 향기발현물질로서 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다.

한편 Lane 등⁽¹¹⁾은 모델계에서 각종 아미노산과 glucose 혼합물을 가열했을때 생성되는 향기는 아미노산의 종류에 따라 다르다고 보고하였으며 또한 가열온도, 가열시간, pH, 농도에 따라서도 다른것으로 알려져 있다⁽²⁾.

이러한 모델계의 이용은 반응기작을 이해하는데 유용할 뿐 아니라 근래에는 식품 및 담배첨가용 향료의 개발을 목적으로한 연구가 외국에서는 활발히 진행되고 있다^(1,13).

따라서 마이야르 반응에 의해 생성되는 향기는 어떠한 아미노산이 반응에 참여하느냐에 따라 향기는 달라진다고 할 수 있으며 특히 곡류식품을 가공, 가열처리 할 경

Corresponding author: Young-Hoi Kim, Laboratory of Flavor Research, Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, 302 Shinsung-dong, Seo-gu, Taejeon, Chungnam-do 302-345

우 구수한 카라멜 향기가 일반적으로 많이 생성되는데 이에 대하여 Hodge 등⁽¹⁾은 maltol, furanone 유도체와 같은 함 산소화합물들이 주로 카라멜 및 설탕태운냄새 (burnt sugar-like)를 낸다고 보고하였고, Lane 등⁽¹¹⁾은 glucose 와 alanine 또는 glycine 을 혼합 가열했을 때 특징적인 카라멜 냄새를 낸다고 보고하였으며, Shigematsu 등^(14,15)은 glucose 와 alanine 을 고온 단시간 가열시 생성되는 휘발성 성분들에 대하여 보고한 바 있다.

그러나 모델계를 이용한 대부분의 실험이 수용액상태에서 행한 경우가 많으나 실제 일반 두류나 곡류식품의 경우는 수분이 비교적 적은 상태로 가공될때가 많다. 따라서 이와같은 수분이 적은 조건을 유지하기 위해서 Koehler 등⁽²⁾은 물 대신 수용성 용매인 diethylene glycol 을 사용한 바 있다.

본 실험에서는 두류나 곡류를 가공할때와 같이 수분이 적은 조건에서 alanine 과 glucose 를 반응시켰을때 생성되는 휘발성 성분을 조사하기 위해서 물 대신 propylene glycol 을 용매로 사용하여 반응온도와 시간이 휘발성 성분생성에 미치는 영향을 조사한 바 그 결과를 보고코저 한다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 DL-alanine(α -amino-propionic acid)와 D-(+)-glucose 그리고 용매인 propylene glycol 은 Fluka 제 (Switzerland)를 사용하였고 기타 시약은 특급을 사용하였다.

반응의 조제

500ml 용량의 둥근바닥 플라스크에 0.5M의 alanine(13.4g)과 0.5M의 glucose(27.0g)가 함유된 propylene glycol 용액 300ml 를 넣고 냉각관을 부착하여 100°C, 120°C 및 140°C에서 가열 반응시켰다. 반응기간동안 자석것개로 계속 교반하였으며 냉각수의 온도는 -5°C를 유지하였고 반응액은 경시적으로 꺼내어 급속히 냉각시킨 다음 증류수로 희석하여 갈색도 측정시료로 하였다.

갈색도의 측정

반응액은 UV-200S spectrophotometer (Shimadzu 사제, Japan)를 사용하여 400nm 에서 흡광도를 측정하

였다.

Methylene chloride 가용성 획분의 분리

위에서의 갈색도 측정용 반응액의 조제시와 동일한 방법으로 가열반응시킨 다음 급속히 냉각후 반응액 50g 에 증류수를 가하여 2배로 희석후 내부표준 물질로서 n-hexadecane(100 μ g/ml)을 함유한 methylene chloride 1ml 를 가하고 용매로서 methylene chloride(100 ml \times 3회)를 사용하여 추출하였다. 추출액은 무수황산나트륨으로 탈수후 30°C이하에서 감압농축하여 분석시료로 하였다.

사용기기 및 조건

Gas chromatography 는 Hewlett-Packard 사제 (U. S. A.) 모델 5880A 를 사용하였다. 컬럼은 Supelcowax 10 fused silica capillary (30m \times 0.25mm)를 사용하였고, 오븐온도는 50°C에서 220°C까지 3°C/min 속도로 승온하였다. 주입구 및 검출기 (FID)온도는 250°C로 하였고 운반기체는 질소가스를 2ml/min 로 하여 split mode(split ratio = 50 : 1)로 주입하였다.

GC-MS는 Hewlett-Packard 사제 (U. S. A.) 모델 5730A GC에 연결된 Hitachi 사제 (Japan) 모델 RMU-6MG mass spectrometer 를 사용하였다.

GC-MS 조건은 이온화 전압 70eV, 가속 전압 3,200 V, 진공도 1.8×10^{-5} torr, interface 온도는 250°C로 하였다. GC 컬럼은 supelcowax 10 fused silica capillary (60m \times 0.25mm)를 사용하였고 컬럼온도는 70°C에서 220°C까지 3°C/min 속도로 승온하였고 GC의 기타 조건은 위에서와 동일한 조건으로 하였다. 한편 분리된 각 성분은 표준품과의 mass spectrum 및 머무름시간의 비교에 의해 확인하였다.

결과 및 고찰

마이야르반응은 카르보닐화합물에 아미노화합물이 친핵적으로 공격함으로써 반응이 시작되면서 Schiff 염기, Amadori 전위 또는 Heyns 전위등을 거쳐 최종적으로 갈색색소인 melanoidin 이 생성되는데 이 반응과정에서 분해, 탈수, 고리화반응등에 의해서 저비점화합물 및 각종 헤테로고리 화합물들이 생성된다⁽³⁾. 따라서 갈색화반응의 진행정도는 휘발성 화합물의 생성량과 밀접한 관계를 갖게되며 용매로서 propylene glycol 을 사용하여 alanine 과 glucose 를 반응시켰을때 반응온도와 시간경

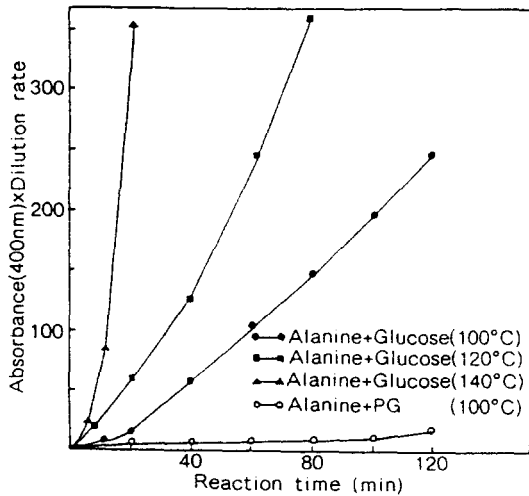


Fig. 1. Changes of absorbance during browning reaction of alanine with glucose in propylene glycol solution.

과에 따른 갈색도의 변화를 측정 한 결과는 Fig. 1과 같다.

100°C의 경우 갈색화반응의 진행속도가 20분까지는 완만한 증가를 보였으나 그 이후부터는 직선적으로 증가하고 있으며 반응온도가 높을수록 갈색화가 급격히 증가되고 있음을 보여주고 있다.

반응개시후 20분 경과시 100°C에서의 흡광도는 8.8이었고 120°C 및 140°C에서는 각각 60.3, 362.4이었으나 대조구로서 propylene glycol에 alanine만을 첨가후 100°C에서 반응시켰을때의 흡광도는 20분 경과시 0.54, 2시간 경과시 5.3이었으며 용매로서 propylene glycol 대신 증류수 (pH7.0)를 사용하여 alanine과 glucose를 반응시켰을때의 흡광도는 2시간 경과시 0.56으로서 증류수보다 propylene glycol을 용매로 사용했을때가 보다 빨리 갈색화반응이 일어남을 나타내고 있다.

한편 alanine과 glucose를 100°C에서 20분간 반응시킨후 얻어진 methylene chloride 가용성 획분의 gas chromatogram은 Fig. 2와 같고 GC-MS 및 표준품과의 머무름시간의 비교에 의해서 확인된 성분의 면적을 내부표준물질로서 첨가한 n-hexadecane의 면적으로 나눈 상대적인 값을 Table 1에 나타내었다.

100°C, 120°C 및 140°C에서 각각 20분간 반응시켜 얻어진 methylene chloride 가용성 획분으로부터 26개의

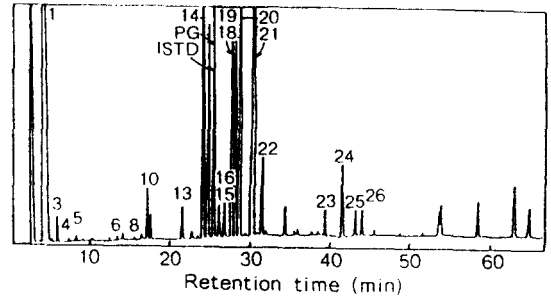


Fig. 2. Gas chromatogram of methylene chloride extract obtained from the reaction mixture of glucose with alanine at 100°C for 20 min in propylene glycol solution.

성분이 확인되었으며 양적으로 많이 생성된 성분은 acetaldehyde propylene glycol acetal(PGA), 5-methyl furfuryl alcohol, propylene glycol monopropionate, propylene glycol monoacetate 그리고 furfuryl alcohol과 2-acetyl-1-methyl pyrrole 등이었다. 이 중에서 acetaldehyde PGA, propionaldehyde PGA 및 propylene glycol monoacetate와 monopropionate 등은 반응과정에서 생성된 aldehyde와 acid들이 용매로서 사용한 propylene glycol과 ether 결합 또는 ester 결합을 하여 생성되는 것으로 판단된다.

Pyrazine 류로서는 8종이 확인되었는데 2,6-dimethyl pyrazine, 2-ethyl-6-methyl pyrazine, 2-ethyl-3,6-dimethyl pyrazine 및 2-ethyl-3,5-dimethyl pyrazine을 제외한 기타 pyrazine은 alanine과 glucose의 가열반응생성물에서 확인된 바 있으며⁽¹⁵⁻¹⁸⁾ 이러한 pyrazine 화합물들은 마이야르 반응과정에서 생성되는 대표적인 성분들로서 가열육류⁽¹⁹⁾, 코코아⁽²⁰⁾, 참깨등과⁽²²⁾ 같이 식품을 굽거나 볶았을때 생성되는 구수한 냄새의 주원인 물질들인데 Hodge등⁽¹⁾은 식품을 가공했을때 생성되는 bready, nutty, popcorny 및 roasted aroma는 주로 pyrazine과 같은 함질소화합물에 기인한다고 보고하였다.

Pyrrole 류로서는 2-acetyl-1-methyl pyrrole외 3종이 확인되었다. 특히 2-acetyl pyrrole은 마이야르반응시 생성되는 pyrrole 화합물 중에서 가장 대표적인 성분으로서 향기발현에 그다지 큰 역할을 하지는 못하나 2-formyl-5-methyl pyrrole은 특징적인 강한 almond 냄새를 가진다⁽³⁾.

Table 1. Compounds identified^c from the reaction mixtures of glucose with alanine for 20 min in propylene glycol solution

Peak No.	Compounds	100°C	120°C	140°C
1	Acetaldehyde PGA ^b	825 ^c	767	702
2	Acetaldehyde PGA	-	7	8
3	Propionaldehyde PGA	7 ^d	2	-
4	Butyraldehyde PGA	t	-	-
5	Butyraldehyde PGA	t	-	-
6	2,5-Dimethyl pyrazine	t	13	56
7	2,6-Dimethyl pyrazine	-	4	23
8	2-Ethyl-6-methyl pyrazine	t	6	9
9	2-Ethyl-5-methyl pyrazine	-	4	7
10	2,3,5-Trimethyl pyrazine	4	54	63
11	2-Ethyl-3,6-dimethyl pyrazine + 3-Ethyl-2,5-dimethyl pyrazine	-	63	109
12	2-Ethyl-3,5-dimethyl pyrazine	-	3	7
13	2-Acethyl furan	4	5	7
14	Propylene glycol monoacetate	211	42	4
15	Propylene glycol monoacetate	4	16	21
16	Propylene glycol monopropionate	4	27	17
17	2-Acethyl-1-ethyl pyrrole	-	7	3
18	Furfuryl alcohol	85	106	7
19	2-Acethyl-1-methyl pyrrole	85	49	14
20	Propylene glycol monopropionate	215	114	298
21	5-Methyl furfuryl alcohol	346	103	257
22	2-Hydroxy-3-methyl-2-cyclopenten-1-one	5	20	63
23	2-Acethyl pyrrole	4	40	111
24	2,5-Dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone	18	11	25
25	m-Cresol	5	7	3
26	2-Formyl-5-methyl pyrrole	5	13	4

a: Each compound was identified by comparison of mass spectrum and retention time with that of authentic standard

b: Propylene glycol acetal

c: Peak area of each compound × 100 / peak area of internal standard (n-hexadecane, 100 μg / CH₂Cl₂ 1 ml)

d: Trace

또한 Hodge 등⁽¹⁾은 가열 향기에서 구수한 카라멜냄새, 설탕 탄냄새 (burnt sugar-like)를 내는 성분은 주로 maltol, 2-hydroxy-3-methyl-2-cyclopenten-1-one 및 furanone 유도체와 같은 함 산소화합물들이라고 보고하였다. 본 실험에서의 경우 역시 2-hydroxy-3-methyl-2-cyclopenten-1-one 및 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone 이 확인되었는데 양적으로는 비교적 적게 생성되었지만 이러한 성분들이 한계값 (threshold)이 낮아 냄새가 강하기 때문⁽²³⁾에 alanine 과 glucose 가 반응시 생성되는 특징적인 카라멜냄새 또는 설탕 탄냄새를 구성하는 주요 성분들일 것으로 판단되며 이들은 식품용 향료로서 널리 사용되고 있다.

한편 반응온도에 따라 성분들의 생성량에 있어 차이를 보이고 있는데 반응온도가 높아짐에 따라 현저히 증가한 성분은 주로 pyrazine 류로서 100°C에서는 생성되지 않거나 또는 미량 생성되었으나 120°C와 140°C에서는 급격히 증가하였다. 특히 2-ethyl-3,6-dimethyl + 2-ethyl-2,5-dimethyl pyrazine, 2,5-dimethyl

pyrazine 및 2,3,5-trimethyl pyrazine 이 많이 증가하였으며 이외에도 2-acetyl pyrrole 과 2-hydroxy-3-methyl-2-cyclopenten-1-one 도 역시 온도가 증가함에 따라 급격한 증가를 보였다.

또한 가열시간이 휘발성 화합물의 생성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 100°C, 120°C 및 140°C에서 각각 2시간 가열반응시켰다. 이중 100°C에서 가열하여 얻어진 methylene chloride 가용성획분의 gas chromatogram 은 Fig. 3과 같고 확인된 성분들은 Table 2에서와 같다. 생성된 성분들은 20분간 가열반응 시켰을때와 유사하였으나 생성량에 있어서는 뚜렷한 차이가 있었다. 100°C에서 20분간 반응시는 pyrazine 류가 미량씩 검출되었으나 2시간 반응시켰을때는 급격히 증가하였으며 특히 2,5-dimethyl pyrazine, 2,6-dimethyl pyrazine, 2,3,5-trimethyl pyrazine 및 2-ethyl-3,6-dimethyl pyrazine + 3-ethyl-2,5-dimethyl pyrazine 의 증가가 현저하였다.

또한 2-acetyl-1-methyl pyrrole 을 제외한 기타

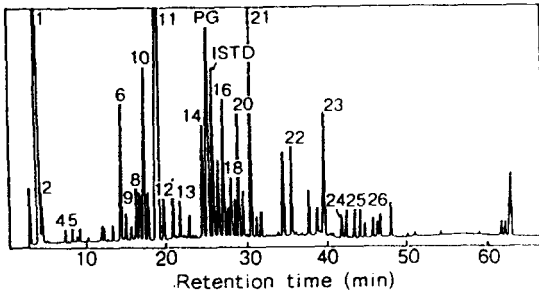


Fig. 3. Gas chromatogram of methylene chloride extract obtained from the reaction mixture of glucose with alanine at 100°C for 2 hours in propylene glycol solution.

Table 2. Compounds identified^a from the reaction mixtures of glucose with alanine for 2 hours in propylene glycol solution

Peak No.	Compounds	100°C	120°C	140°C
1	Acetaldehyde PGA ^b	479 ^c	557	361
2	Acetaldehyde PGA	69	440	-
3	Propionaldehyde PGA	t ^d	17	-
4	Butyraldehyde PGA	7	-	-
5	Butyraldehyde PGA	8	26	-
6	2,5-Dimethyl pyrazine	434	901	994
7	2,6-Dimethyl pyrazine	180	370	839
8	2-Ethyl-6-methyl pyrazine	80	154	325
9	2-Ethyl-5-methyl pyrazine	58	110	271
10	2,3,5-Trimethyl pyrazine	214	372	421
11	2-Ethyl-3,6-dimethyl pyrazine + 3-Ethyl-2,5-dimethyl pyrazine	1159	2093	3512
12	2-Ethyl-3,5-dimethyl pyrazine	76	145	350
13	2-Acetyl furan	71	138	263
14	Propylene glycol mono acetate	176	313	848
15	Propylene glycol mono acetate	95	199	400
16	Propylene glycol mono propionate	195	330	673
17	2-Acethyl-1-ethyl pyrrole	48	81	160
18	Furfuryl alcohol	103	148	160
19	2-Acethyl-1-methyl pyrrole	53	37	37
20	Propylene glycol mono propionate	190	203	1655
21	2-Methyl furfuryl alcohol	361	604	1453
22	2-Hydroxy-3-methyl-2-cyclopenten-1-one	108	128	392
23	2-Acethyl pyrrole	279	376	369
24	2,5-Dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone	32	56	92
25	m-Cresol	41	47	65
26	2-Formyl-5-methyl pyrrole	60	84	118

a: Each compound was identified by comparison of mass spectrum and retention time with that of authentic standard
 b: Propylene glycol acetal
 c: Peak area of each compound × 100 / peak area of internal standard (n-hexadecane, 100ug/CH₂Cl₂ 1ml)
 d: Trace

-1-one, 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone 과 같은 합 산소화합물과 pyrazine, pyrrole 류와 같은 합 질소화합물이 복합되어 생성되며 이러한 성분들은 본 실험조건에서는 반응온도가 높을수록 그리고 반응시간이 길어질수록 더 많이 생성되었다.

pyrrole 류 및 2-hydroxy-3-methyl-2-cyclopenten-1-one 도 역시 반응시간이 길어질수록 생성량은 증가하였으나 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone 은 pyrazine 이나 pyrrole 류에 비해서는 증가폭이 적은 편이었다. 각 온도에서 2시간 반응시켰을 경우에도 역시 온도가 높을수록 pyrazine, pyrrole 및 furan 화합물의 생성량이 증가하였으며 120°C 또는 140°C에서 20분 반응시보다 100°C에서 2시간 반응시켰을때가 더 많이 생성되었다.

이상의 결과로 보아 alanine 과 glucose 가 반응시 생성되는 구수한 카라멜냄새 및 설탕 탄냄새 (burnt sugar-like) 은 2-hydroxy-3-methyl-2-cyclopenten

요 약

Propylene glycol 용매계에서 0.5M DL-alanine (α -amino-propionic acid) 와 0.5M D-glucose 를 100°C, 120°C 및 140°C에서 각각 20분, 2시간 반응시켜

생성되는 휘발성 화합물을 분석하고 반응온도와 시간이 갈색화반응 및 휘발성 화합물생성에 미치는 영향을 조사하였다. 갈색화반응은 반응온도와 시간이 증가함에 따라 급격히 증가하였다. 휘발성 화합물은 7종의 alkylpyrazine, 4종의 pyrrole, 3종의 furan, 1종의 furanone 그리고 기타 성분으로 2-hydroxy-3-methyl-2-cyclopenten-1-one 을 포함하여 11종이 확인되었으며 pyrazine, pyrrole 및 furan 화합물의 생성량은 반응온도가 높아지고 반응시간이 길어짐에 따라 급격히 증가하였다. 또한 alanine 과 glucose 의 마이야르반응에 의해 생성되는 구수한 카라멜냄새 및 설탕 탄냄새 (burnt sugar-like) 는 주로 2-hydroxy-3-methyl-2-cyclopenten-1-one, 2, 5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone 과 같은 함 산소화합물과 pyrazine, pyrrole 과 같은 함 질소화합물에 의해 생성되는 것으로 추정되었다.

문 헌

- Hodge, J.E. Mills, F.D. and Fisher, B.E. : Compounds of browned flavor derived from sugar-amine reaction. *Cereal Sci. Today*, **17**, 34(1972)
- Kohler, P.E. and Odell, G.V. : Factors affecting the formation of pyrazine compounds in sugar-amine reaction. *J. Agric. Food Chem.*, **18**, 895(1970)
- Shibamoto, T. and Bernhard, R.A. : Investigation of pyrazine formation pathways in sugar-ammonia model systems. *J. Agric. Food Chem.*, **25**, 609(1977)
- Maga, J.A. : Pyrazine in foods. *CRC Critical Rev. Food Sci. Nutr.*, **16**, 1(1982)
- Shibamoto, T. : Heterocyclic compounds in cooked meats. *J. Agric. Food Chem.*, **28**, 237(1981)
- Maga, J.A. : Bread flavor. *CRC Critical Rev. Food Technol.*, **5**, 55(1974)
- Turchi, I.J. and Dewar, M.J.S. : The chemistry of oxazoles. *Chem. Rev.*, **75**, 389(1975)
- Carlin, J.T., Jin, Q.Z., Uang, T.C. Ho, C.T. and Chang, S.S. : Identification of alkyloxazoles in the volatile compounds from Frenchfried potatoes. *J. Agric. Food Chem.*, **34**, 621(1975)
- Maga, J.A. : Thr role of sulfur compound in food flavor. 1. Thiazoles. *CRC Critical Rev. Food Sci. Nutr.*, **6**, 153(1975)
- Sakaguchi, M. and Shibamoto, T. : Formation of heterocyclic compounds from the reaction of cysteamine and D-glucose, acetaldehyde, or glyoxal. *J. Agric. Food Chem.*, **26**, 1179(1978)
- Lane, M.J. and Nusten, H.E. : The variety of odors produced in maillard model systems and how they are influenced by reaction conditions. *In the Maillard Reaction in Food Nutrition*, Waller, G.R. and Feather, M.S. (ed), ACS Symp. Ser., Washington, D. C., **215**, p.141(1983)
- Hayashi, F. and Kato, H. : Maillard reaction products from D-glucose-butylamine. *Agric. Biol. Chem.*, **49**, 467(1985)
- Danehy, J.P. and Wolnak, B. : Maillard reaction; Manufacturing application in food products. *In the Maillard Reaction in Foods and Nutrition*, Waller, G. R. and Feather, M.S. (ed), ACS Symp. Ser., Washington, D.C., **215**, p.303(1983)
- Shigematsu, H., Kurata, T., Kato, H. and Fujimaki, M. : Formation of 2-(5-hydroxymethyl-2-formylpyrrol-1-yl) alkyl acid lactones on roasting alkyl- α -amino acid with D-glucose. *Agric. Biol. Chem.*, **35**(13), 2097(1972)
- Shigematsu, H., Kurata, T., Kato, H. and Fujimaki, M. : Volatile compounds formed on roasting DL- α -alanine with D-glucose. *Agric. Biol. Chem.*, **36** (9), 1631(1972)
- Mills, F.D., Baker, B.G. and Hidge, J.E. : Amadori compounds as nonvolatile flavor precursors in processed foods. *J. Agric. Food Chem.*, **17**, 723(1969)
- Scanlan, R.A. and Libbey, L.M. : N- nitrosamines not identified from heat-induced D-glucose/L-alanine reaction. *J. Agric. Food Chem.*, **19**, 570(1971)
- Fujimaki, M., Tajima, M. and Kato, H. : Volatile basic compounds identified from a heated D-glucose/L-alanine mixture. *Agric. Biol. Chem.*, **36**(4), 663(1972)
- Mussinan, C.T. and Walradt, J.P. : Volatile constituents of pressurecooked pork liver. *J. Agric. Food Chem.*, **22**, 827(1974)
- Saittagaroom, S., Kawakishi, S. and Namiki, M. : Aroma constituents of roasted coconut. *Agric. Biol. Chem.*, **48**, 2301(1984)
- Ho, C.T., Lee, M.H. and Chang, S.S. : Isolation and identification of volatile compounds from roasted

- peanuts. *J. Food Sci.*, **47**, 127(1981)
22. Manley, C.H., Vallon, P.P. and Erickson, R.E. : Some aroma components of roasted sesame seed (*Sesamum indicum* L.), *J. Food Sci.*, **39**, 73(1974)
23. Fors, F. : Sensory properties of volatile maillard

reaction products and related compounds. *In The Maillard Reaction in Foods and Nutrition*, Waller, G.R. and Feather, M.S. (ed), ACS Symp. Ser., Washington, D.C., **215**, p.185(1983)

(1987년 9월 17일 접수)