J Korean Soc Food Sci Nutr
34(2), 230~235(2005)

한국식품영양과학회지

동결건조에 의한 양파의 휘발성 향기성분의 변화

김준형[1] · 서혜영[1] · 노기미[1] · 한병재[2] · 이성진[2] · 서유석[3] · 김경수[1†]

[1]조선대학교 식품영양학과
[2]조선대학교 응용과학과
[3]조선대학교 의과대학 약리학교실

Changes of Volatile Odor Components in Onion by Freeze-drying

Jun-Hyoung Kim[1], Hye-Young Seo[1], Ki-Mi No[1], Byung-Jae Han[2], Seong-Jin Lee[2], Yu-Seog Seo[3] and Kyong-Su Kim[1†]

[1]Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea
[2]Dept. of Application and Science, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea
[3]Dept. of Pharmacology, College of Medicine, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

Abstract

Volatile organic components from fresh and freeze-dried onions were extracted by SDE apparatus and analyzed by GC/MS. Components of 40 and 31 were identified in fresh and freeze-dried onions respectively. These components included esters, aldehydes, ketones, alcohols and S-containing compounds. Major compounds of S-containing compounds such as 1-propanethiol, dipropyl trisulfide, and methyl propyl trisulfide in fresh onions were clearly decreased in freeze-dried onions. Then, S-containing compounds such as methyl allyl sulfide, propyl ally sulfide, dially disulfide and 3,5-diethyl-1,2,4-trithiolane and alcohols such as pentanol, hexanol and propanol were disappeared by freeze-drying. Exceptionally, ethyl acetate, dimethyl disulfide and 2-methyl-2-pentenal were increased as different trend with major S-containing compounds. (Z)-Propenyl methyl disulfide and (E)-propenyl methyl disulfide were also changed by freeze-drying in the similar pattern as mentioned above compounds.

Key words: onion, volatile, freeze-drying, S-containing compounds

서 론

양파(*Allium cepa* L.)는 재배역사가 오래되었고, 향기성분의 특성으로 인하여 고추, 마늘 등과 더불어 조미, 향신료로 이용되고 있다. 최근 연구에서 항균(1), 항암(2-4), 항산화(3,5) 및 중금속 제거 효과(6) 등 양파의 다양한 생리활성기능이 밝혀져 민간요법의 효능이 재확인되고 있으며, 이들 특성은 주로 S-alkyl 또는 S-alkenyl thiosulfinate류 및 sulfide류 등 함황화합물에 기인한다는 사실도(7,8) 밝혀져 소비가 증가하고 있다.

그러나 양파는 수분함량이 높아 저장성이 매우 약하며, 저장기간 중 중량감소 및 부패가 일어나기 쉬울 뿐만 아니라 맹아, 발근 및 위조에 의해 상품가치가 저하되므로 이를 예방하기 위해 저온저장(9,10), 방사선 처리(11,12), 훈증처리(13,14), 건조(15,16) 등에 대한 연구가 이루어지고 있다.

건조에 의한 식품의 저장은 식품 내의 수분 감소로 용질의 상대적 농도를 높여 식품내의 수분활성도를 저하시킴으로써 미생물 및 효소에 의한 부패나 변패 및 변질을 방지하는 원리를 이용하는 것이다. 그러나 식품은 건조에 의해 풍미 저하, 색깔 퇴조, 영양성분 손실 및 조직과 형태의 손상 등 품질이 저하되므로 가능한 저온에서 단시간에 수분을 제거해야 한다. 현재 식품건조에 이용되는 다양한 방법 중 동결건조는 냉동한 식품 중 고체상의 수분을 온도와 압력이 낮은 물의 삼중점 이하에서 건조시키는 방법이다(17). 이 방법은 식품을 높은 온도에 노출시키지 않기 때문에 열손상이 거의 없고 식품의 구조변화가 최소로 유지될 뿐 아니라, 다공성 구조로 건조되므로 복원성이 뛰어나다. 또한 식품원료의 조직, 향기 및 색 등을 비교적 잘 보존하는 장점이 있어 최근 식품업계에서 널리 적용되고 있다(18). 건조식품은 색깔이나 풍미를 제대로 보존하고, 조리할 때 원상복구 능력이 커야하며 저장 수송이 편리해야 하므로 이러한 조건을 충족시킬 수 있는 가장 적절한 방법이 동결건조이다(17). 또한 동결건조시킨 시료는 향기가 비교적 온후하였으며 향기성분의 보존 특성이 우수한 것으로 보고된 바 있고(18,19), 동결건조

†Corresponding author. E-mail: kskim@mail.chosun.ac.kr
Phone: 82-62-230-7724, Fax: 82-62-224-8880

시스템에서 동결속도가 향미물질 보존에 미치는 영향에 대하여 연구된 바 있다(20).

양파는 세포가 파괴될 때 alliinase라는 효소가 비휘발성의 전구물질에 작용하여 황을 함유한 많은 휘발성 화합물과 pyruvate, ammonia, thiosulfinate 등을 생성한다(21,22). 이 중에서 양파의 주요한 휘발성 성분이 methyl allyl sulfide, dimethyl disulfide, dially disulfide, methyl allyl trisulfide 등의 함황화합물들이라고 보고된 바 있다(22,23).

이에 본 연구는 향신료 중 이용가치가 높은 양파를 대상으로 양파의 보다 효과적인 활용을 위해 동결건조에 의한 양파의 주요 휘발성 향기성분의 변화를 관찰하였다.

재료 및 방법

시약

본 연구에 사용된 모든 표준시약은 Sigma Chemical Co. (St. Louis, USA)에서 구입하였으며, 추출 및 chromatography에 사용한 유기용매는 wire spiral packed double distilling 장치(Normschliff Geratebau, Germany)로 재증류한 것을 사용하였다. 또한 물은 순수재증류장치(Millipore Milford, USA)에서 얻은 Milli Q water를 사용하였다. 유기용매의 탈수에 사용된 무수 Na_2SO_4는 105°C dry oven에서 미리 4시간 동안 건조시켰다.

재료

전남 무안에서 재배된 양파를 시료로 사용하였다. 생 시료는 양파 300 g을 구입상태 그대로 진공포장하여 저온저장(4~5°C)하였으며, 동결건조 시료는 아래와 같은 방법으로 건조시켜 사용하였다.

시료의 동결건조

진공 포장한 양파를 -70°C 냉동고에서 24시간 냉동시켰다. 냉동된 시료를 freeze dryer의 cell에 넣고 실온(20~25°C)에서 응축기 온도 -50°C, 압력 10 mmTorr의 조건하에서 48시간 동결 건조하였다. 동결건조기 chamber 내부의 온도와 건조중인 시료의 실제온도는 20±1°C이었다.

시료의 휘발성 향기성분 추출

생양파 300 g과 생양파 300 g에 해당하는 건조 양파에 증류수 1 L를 혼합하여 Waring blender(JK200, Braun, Germany)로 분쇄하여 2 L round flask에 옮겨 담아 pH meter (DP880M, DMS, USA)를 이용하여 pH 6.5로 보정하였다.

휘발성 향기성분의 추출은 연속증류추출장치(Likens & Nickerson type simultaneous steam distillation and extraction apparatus, SDE)(24)로 상압에서 2시간 동안 추출하였다. 이때 휘발성 향기성분의 추출용매는 재증류한 n-pentane과 diethylether 혼합용매(1:1, v/v) 200 mL를 사용하였으며 냉각수의 온도는 4°C로 유지하였다. 추출 후 추출용매에 무수 Na_2SO_4를 첨가하여 4°C에서 하룻밤 동안 방치하여 수분을 제거하였다. 정량분석을 위해 n-butylbenzene 1 μL를 내부표준물질로서 시료에 첨가하였다.

휘발성 유기성분의 유기용매 분획분은 Vigreux column (Normschliff Geratebau, Germany)을 사용하여 약 2 mL까지 농축하고 GC용 vial에 옮긴 후 질소가스 기류 하에서 약 1 mL까지 농축하여 GC/MS의 분석시료로 하였다.

휘발성 유기성분의 분석 및 확인

SDE에서 추출하여 농축된 시료는 GC/MS에 의하여 분석되었다. 질량분석에 사용한 분석기기는 GC/MS QP-5000 (Shimadzu, Japan)을 사용하였으며 시료의 ion화는 electron impact ionization(EI)방법으로 행하였다. GC/MS 분석조건은 ionization voltage를 70 eV로 하였고, ion source temperature는 230°C로 하였다. 또한 분석할 분자량의 범위(m/z)는 41~400으로 설정하였다. Column은 DB-Wax(60 m×0.25 mm i.d., 0.25 μm film thickness, J&W, USA)을 사용하였고, temperature program은 40°C에서 3분간 유지한 다음 2°C/min의 속도로 150°C까지, 다시 4°C/min의 속도로 220°C까지 상승시킨 후 5분간 유지하였다. Injector와 detector의 온도는 각각 250°C, 300°C이며, carrier gas는 helium을 사용하여 유속은 1.0 mL/min으로 하고 시료는 1 μL를 주입하였고 split ratio는 1:20으로 하였다. Total ionization chromatogram(TIC)에 분리된 각 peak의 성분분석은 mass spectrum library(WILEY 139, NIST 62, NIST 12)와 mass spectral data book(25,26)의 spectrum과의 일치, 문헌상의 retention index(27)와의 일치 및 표준물질의 분석 data를 비교하여 확인하였다.

결과 및 고찰

SDE 방법으로 추출하여 동정된 휘발성 유기성분

n-Pentane과 diethylether를 이용한 SDE 방법으로 추출한 생양파와 동결건조한 양파의 휘발성 유기성분을 분석하고 chromatogram을 Fig. 1에 도식하였다. GC/MS의 mass spectrum과 retention index 분석에 의하여 동정된 휘발성 유기성분들과 이들의 정량값은 Table 1에, 동정된 휘발성 유기성분들의 관능기에 따른 상대적 농도를 Table 2에 나타내었다. 생양파와 동결건조한 양파에서 각각 40종, 31종의 휘발성 유기성분이 분리 동정되었다.

생양파에서 동정된 휘발성 성분은 23종의 함황화합물류가 전체 휘발성 성분 중의 절반이상을 차지하고 있었으며, 6종의 aldehyde류, 1종의 ester류, 5종의 alcohol류, 2종의 ketone류, 3종의 기타물질이 확인되었다. 생양파의 주요 휘발성 성분으로는 전체성분 중의 22.74%와 18.17%를 나타낸 1-propanethiol과 dipropyl trisulfidel이었으며, 그 외에 methyl propyl trisulfide(15.06%), dimethyl trisulfide(13.75%), methyl propyl disulfide(6.73%), 2-methyl-2-pentenal(4.08%), propenyl propyl disulfide(3.3%), dimethyl disulfide(2.42%) 등

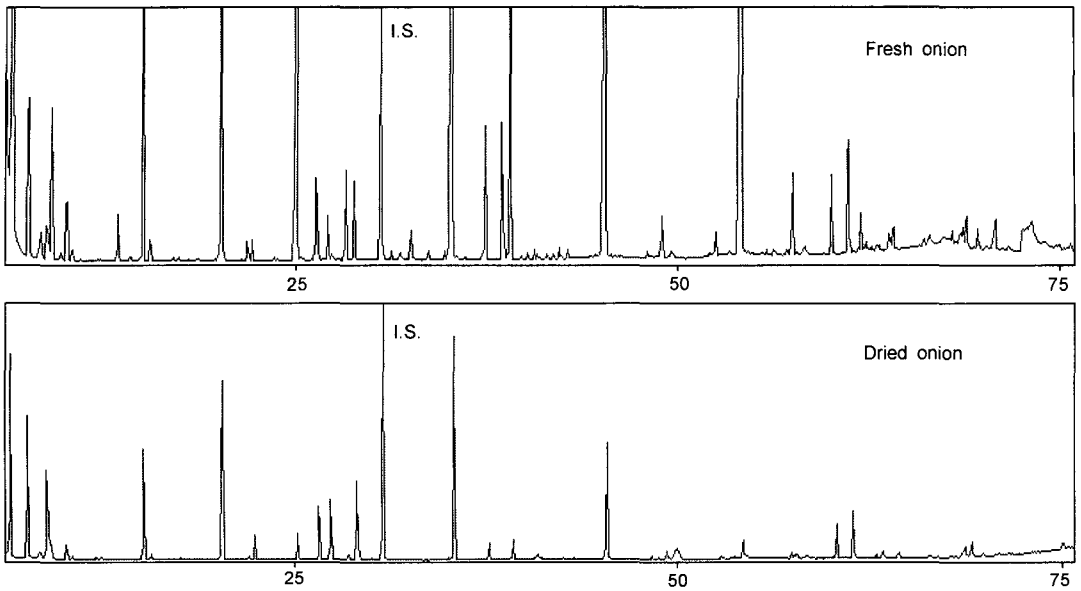

Fig. 1. GC/MS chromatograms of volatile odor components from fresh and freeze-dried onions.
DB-Wax (60 m×0.25 mm id., 0.25 μm film thickness, J&W), helium 1 mL/min, split ratio 1:20, 40°C (3 min) - 2°C/min - 150°C - 4 °C/min - 220°C (5 min)

다수의 함황화합물들이 생양파 특유의 휘발성 향기특징을 나타내고 있는 것으로 생각되었다.

동결건조한 양파에서는 ester류가 2종, aldehyde류가 6종, ketone류가 3종, alcohol류가 2종, 함황화합물류가 17종 그리고 기타화합물 2종이었으며, 생양파에서와는 달리 함황화합물의 함량은 감소하는 반면 ester류, aldehyde류, ketone류들이 소량 증가하였음을 확인할 수 있었다. 동결건조된 양파의 주요 휘발성 성분은 dimethyl trisulfide, 2-methyl-2-pentenal, methyl propyl trisulfide, 1-propanethiol, ethyl acetate 등으로 각각18.36%, 12.56%, 9.65%, 8.44%, 7.31%의 함량을 나타내었다. 그리고 생양파에서 확인되지 않은 2-hexyl-5-methyl-[2H]furan-3-one이 검출되었으나 methyl ally sulfide, propanol, dially disulfide, 3,5-diethyl-1,2,4-trithiolane 등 생 양파에서 확인된 많은 함황화합물들이 동결건조한 양파에서는 확인되지 않았다.

GC/MS 분석과 관능검사를 통하여 전 처리된 양파의 휘발성 향기성분에 기여하는 주요한 화합물로 propyl thiosulfonate(freshly cut onion), propyl-과 propenyl-, di-와 trisulfide류(boiled onion), 그리고 dimethylthiophene(fried onion)을 확인하고 이러한 화합물들의 생성경로에 대한 연구 보고가 있다(22). 확인된 몇 가지의 carbonyl compound 류 중에서 propanal은 생양파의 중요한 향 화합물 중의 하나로 이는 중요한 양파의 향 전구물질인 *S*-propenyl-cystein-S-oxide가 불안정한 lachrymatory factor(최루요소)를 형성하며(10), 이 화합물은 자연적으로 propanal과 sulfur 형태로 재배열되고, 또한 2-methyl-2-pentenal은 propanal 두 분자로부터 aldol condensation과 계속되는 dehydration에 의해 형성될 수 있다고 보고되었다. 또한 thiosulfonate류가 *Allium* 속 식물의 휘발성성분 분석에서 잘 동정되어지지 않는 이유가 화합물들의 낮은 증기압과 높은 수용성에 기인되어 향기성분 추출시 증류되는 동안 추출용매층으로 전환되지 않고 수용층에 남아있기 때문이며, 관능검사 결과 4개 이상의 탄소원자를 지닌 thiosulfonate류는 freshly cut onion의 강력하고 뚜렷한 odor를 나타낸다고 보고되었다(22).

동정된 휘발성 유기성분의 함량 변화

동결건조한 양파 시료에서 주요 성분으로 검출된 휘발성 유기성분들의 함량 변화를 Fig. 2와 3에 나타내었다. 생양파의 주요 향기성분으로 확인되었던 1-propanethiol, dipropyl trisulfide의 함량은 21.419 mg/kg와 17.174 mg/kg이었으나, 동결건조 후에는 각각 5.443 mg/kg와 0.942 mg/kg로 현저히 감소되었다. 또한 methyl propyl trisulfide는 동결건조에 의해 14.225 mg/kg에서 6.226 mg/kg으로 절반 정도 감소하였으며, methyl propyl disulfide 역시 같은 경향을 보였다. (*E*)-Propenyl propyl disulfide와 (*Z*)-Propenyl propyl disulfide는 생양파에 비해 약 2~3배 감소되었다. 그리고 생양파에서 확인된 methyl allyl sulfide, propyl ally sulfide, dially disulfide 및 3,5-diethyl-1,2,4-trithiolane 등의 함황화합물들과 propanol, pentanol, hexanol 등의 alcohol류는 동결건조된 양파에서 확인되지 않았다. 양파의 총 휘발성 화합물 함량은 생양파에서 94.344 mg/kg이었던 것이 동결건조 후에는 64.741 mg/kg로 감소하였고, 함황화합물류는 유의적 감소를 보였으며 이들을 제외한 다른 관능기에서는 ester류와 aldehyde류의 증가와 alcohol류의 미미한 감소가 관찰되었다. 이 결과는 숙성된 김치를 24시간에서 48시간 동안 동결건조한 결과 그 휘발성 냄새성분이 현저하게 감소되었고

Table 1. Comparison of volatile components identified in fresh and freeze-dried onion

Peak No.	RT[1]	RI[2]	Compound name	MF[3]	MW[4]	mg/kg	
						fresh	dried
1	6.35	812	Ethyl formate	$C_3H_6O_2$	74	-	0.155
2	6.49	819	1-Propanethiol	C_3H_8S	76	21.419	5.443
3	7.58	871	Ethyl acetate	$C_4H_8O_2$	88	1.095	4.771
4	7.73	877	Diehyl acetal	$C_6H_{14}O_2$	118	0.038	0.063
5	8.28	900	2-Methyl butanal	$C_5H_{10}O$	86	0.073	0.042
6	8.41	904	3-Methyl butanal	$C_5H_{10}O$	86	0.164	0.195
7	8.79	917	Propylene sulfide	C_3H_6S	74	0.238	2.405
8	9.11	928	Ethanol	C_2H_6O	46	0.947	0.526
9	9.69	946	Methyl allyl sulfide	C_4H_8S	88	0.038	-
10	10.1	959	2,4-Dimethylfuran	C_6H_8O	96	0.013	0.496
11	10.5	969	2,3-Butanedione	$C_6H_4O_2$	86	0.354	0.099
12	12.1	1012	(*E*)-Methyl 1-propenyl sulfide	C_4H_8S	88	-	-
13	13.4	1040	Propanol	C_3H_8O	60	0.347	-
14	15.1	1070	Dimethyl disulfide	$C_2H_6S_2$	94	2.295	4.578
15	15.6	1078	Hexanal	$C_6H_{12}O$	100	0.153	0.187
16	17.1	1104	Propyl allyl sulfide	$C_6H_{12}S$	116	0.023	-
17	17.4	1110	2-Propenol	C_3H_6O	58	0.016	-
18	20.2	1157	2-Methyl-2-pentenal	$C_6H_{10}O$	98	3.862	8.104
19	21.9	1181	Pyridine	C_5H_5N	79	0.131	0.163
20	22.2	1186	2,5-Dimethyl thiophene	C_6H_8S	112	0.166	1.035
21	25.1	1230	Methyl propyl disulfide	$C_4H_{10}S_2$	122	6.355	1.120
22	26.4	1250	2,4-Dimethyl thiophene	C_6H_8S	112	0.761	2.511
23	26.55	1252	Pentanol	$C_5H_{12}O$	88	0.054	-
24	27.2	1260	(*Z*)-Propenyl methyl disulfide	$C_4H_8S_2$	120	0.380	2.779
25	27.41	1264	Methylpyrazine	C5H6N2	94	0.023	-
26	28.3	1277	Methyl allyl disulfide	$C_4H_8S_2$	120	0.782	0.271
27	28.9	1284	(*E*)-Propenyl methyl disulfide	$C_4H_8S_2$	120	0.617	3.840
I.S.	30.7	1310	Butylbenzene	$C_{10}H_{14}$	134	-	-
28	32.61	1339	3-Hydroxy-2pentanone	$C_5H_{10}O_2$	102	0.257	-
29	33.74	1356	Hexanol	$C_6H_{14}O_2$	102	0.093	-
30	35.2	1377	Dimethyl trisulfide	$C_6H_{14}S_2$	150	12.992	11.845
31	37.5	1410	(*Z*)-Propenyl propyl disulfide	$C_6H_{12}S_2$	148	1.268	0.716
32	38.6	1427	Propenyl ally disulfide	$C_6H_{12}S_2$	148	1.282	-
33	39.2	1436	(*E*)-Propenyl propyl disulfide	$C_6H_{12}S_2$	148	3.114	0.873
34	41	1464	Furfural	$C_5H_4O_2$	96	0.053	0.355
35	42.3	1484	Dially disufide	$C_6H_{10}S_2$	146	0.078	-
35	42.9	1492	2-Ethyl hexanol	$C_8H_{18}O$	130	-	-
36	45.5	1533	Methyl propyl trisulfide	$C_4H_{10}S_3$	154	14.225	6.226
37	48.4	1577	2-Furyl ethyl kethone	$C_7H_8O_2$	124	-	0.193
38	49.1	1588	Methyl ally trisulfide	$C_4H_8S_3$	152	0.384	-
39	52.6	1645	2-Acetylthiazole	C_5H_5NOS	127	0.249	0.244
40	54.4	1674	Dipropyl trisulfide	$C_6H_{14}S_3$	182	17.174	0.942
41	57.6	1730	3,5-Diethyl-1,2,4-trithiolane	$C_6H_{12}S_3$	180	0.826	-
42	60.2	1776	(*Z*)-Propenyl propyl trisulfide	$C_6H_{12}S_3$	180	0.843	1.789
43	61.3	1795	(*E*)-Propenyl propyl trisulfide	$C_6H_{12}S_3$	180	1.162	2.559
44	69.9	2007	2-Hexyl-5-methyl-[2H]furan-3-one	$C_{11}H_{18}O_2$	182	-	0.216
			Total			94.344	64.741

[1]Retention time. [2]Retention index. [3]Molecular fomular. [4]Molecular weight.

(28), 또한 과실쥬스에서 12시간 이상 동결건조하였을 경우 78~87%의 보유력이 감소하였다는 연구결과와 유사하였다(29). 동결건조 후 양파 중의 휘발성 성분의 함량 감소, 나아가 완전 소실은 건조처리에 의한 향기생성 관련 효소의 불활성화에 의한 결과로 생각되어진다.

그러나, 이와는 반대로 생양파에서 ethyl acetate, dimethyl disulfide와 2-methyl-2-pentenal은 각각 1.095 mg/kg, 2.295 mg/kg 및 3.862 mg/kg이었으나 동결건조된 양파에서는 4.771 mg/kg, 4.578 mg/kg와 8.104 mg/kg로 증가한 것으로 확인되었다. 또한, (*Z*)-propenyl methyl disulfide와 (*E*)-propenyl methyl disulfide 역시 생양파보다 동결건조양파에서 그 함량이 증가되었다. 과실쥬스를 16시간 정도 동결건조하였을 경우 휘발성 화합물이 감소하다가 증가하는 현상을 보이는데 이는 16시간 정도 동결건조시키면 시료내의 모든 수분이 제거되는데, 이때 chamber 내의 휘발성분이 시료로 복귀하기 때문에 생기는 Backflow 현상 때문으로 연구보고

Table 2. Relative content of functional groups in identified volatile components from fresh and freeze-dried onions

Functional group	Fresh onion		Freeze-dried onion	
	No.	Area %	No.	Area %
Alcohols	5	1.53	2	0.92
Aldehydes	6	5.00	6	13.68
Esters	1	1.15	2	7.55
Ketones	2	0.65	3	0.77
S-compounds	23	91.5	17	76.06
Miscellaneous	3	0.17	2	1.02
Total	40	100	32	100

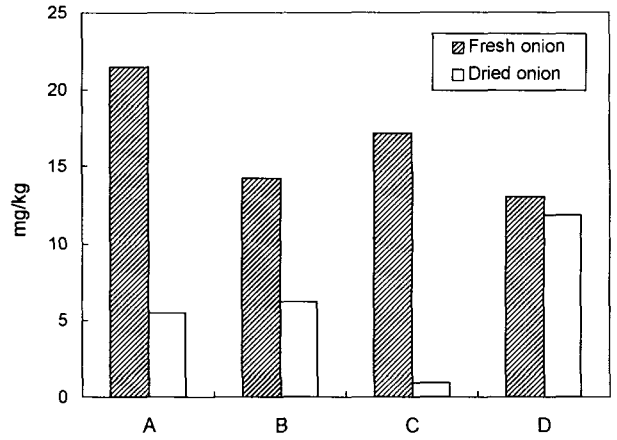

Fig. 2. Effect of freeze-drying on the major volatile compounds in onions.
A: 1-propanethiol, B: dipropyl trisulfide, C: methyl propyl disulfide, D: methyl propyl trisulfide.

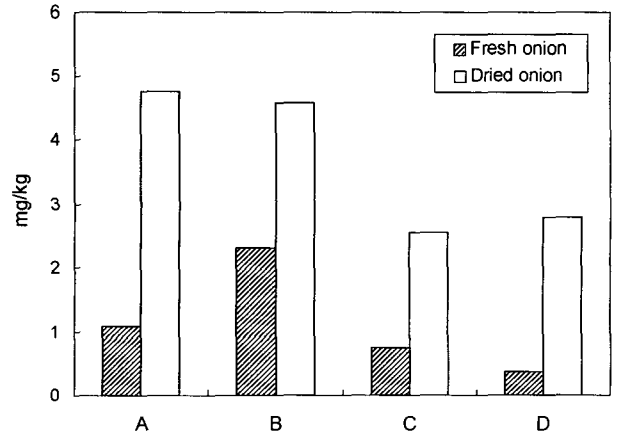

Fig. 3. Effect of freeze-drying on the minor volatile compounds in onions.
A: ethyl acetate, B: dimethyl disulfide, C: 2-methyl-2-pentenal, D: propenyl methyl disulfide.

되어 있다(29). 이는 Flink와 Karel(30), Rulkens와 Thijssen (31)의 결과와도 일치하였다.

요 약

SDE 추출방법과 GC/MS 분석에 의하여 동결건조한 양파의 휘발성 유기성분변화를 비교 분석하였다. 생양파와 동결건조양파에서 각각 40와 31종의 화합물이 확인되었으며, 이들은 ester류, aldehyde류, ketone류, alcohol류, 함황화합물류이었다. 함황화합물류들이 생양파와 동결건조 양파에서 주요 화합물로 가장 많은 함량을 차지하였고, 이 중 1-propanethiol과 dipropyl trisulfide, methyl propyl tirsulfide, dimethyl trisulfide는 생양파와 동결건조 양파에서 모두 다량 확인되었다. 생양파에서 주요 성분으로 확인되었던 1-propanethiol, dipropyl trisulfide는 동결건조 양파에서 매우 감소되었고, methyl propyl trisulfide, methyl propyl disulfide 역시 같은 경향을 보였다. Methyl allyl sulfide, propyl ally sulfide, dially disulfide 그리고 3,5-diethyl-1,2,4-trithiolane 등의 함황화합물과 propanol, pentanol, hexanol 등의 alcohol류 등은 생양파에서 확인되었으나 동결건조 양파에서 확인되지 않았다. 이러한 결과를 통하여 양파의 건조과정 중 특징적인 휘발성 유기성분의 구성변화와 특성의 손실 그리고 효소 불활성화로 인한 휘발성 성분의 불완전한 생성 등을 알 수 있었다. 또한 동결건조 양파에서 ethyl acetate, dimethyl disulfide와 2-methyl-2-pentenal은 생양파에서보다 그 함량이 증가되었고, (*Z*)-propenyl methyl disulfide와 (*E*)-propenyl methyl disulfide 또한 동결건조 양파에서 증가되어짐을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구지원(R-05-2004-000-10457-0)으로 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. Sheo HJ. 1999. The antibacterial action of garlic, onion, ginger and red pepper juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 94-99.
2. Ma SJ. 2000. Inhibitory effect of onion seasoning on angiotensin converting enzyme. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 395-400.
3. Lee CJ, Kim HD, Choung EH, Suh JK, Park CW, Ha YL. 2000. Reduction effect of carcinogen-induced mouse epidermal and forestomach carcinogenesis by the extract of onion wastes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 525-530.
4. Rho SR, Han JH. 2000. Cytotoxicity of garlic and onion methanol extract on human lung cancer cell lines. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 870-874.
5. Sheo HJ, Jung DL. 1997. The effects of onion juice on serum lipid levels in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 1164-1172.
6. Sheo HJ, Lim HJ, Jung DL. 1993. Effects of onion juice on toxicity of lead in rat. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 22: 138-143.
7. Block E, Putman D, Zhao SH. 1992. Allium chemistry: GC-MS analysis of thiosulfinates and related compounds from onion, leek, scallion, shallot, chive and chinese chive. *J Agric Food Chem* 40: 2431-2438.

8. Block E. 1992. The organosulfur chemistry of the genus *Allium*-Implications for the organic chemistry of sulfur. *Angew Chem Int Ed Engl* 31: 1135-1178.
9. Cho HO, Kwon JH, Byun MW, Yang HS. 1983. Batch scale storage of sprouting foods by irradiation combined with natural low temperature-Ⅲ. Storage of onions (3). *J Korean Agric Chem Soc* 26: 82-89.
10. Lee WS. 1984. Studies on improvement of storability of onion bulbs. *J Kor Soc Hort Sci* 25: 227-232.
11. Park NP, Choi EH, Byun KE. 1972. Studies on the storage of onions by radiation (1). *Korean J Food Sci Technol* 4: 84-89.
12. Park NP, Choi EH, Kim SK, Kim YJ. 1974. Studies on the storage of onions by radiation (2). *J Kor Soc Hort Sci* 15: 163-167.
13. Kim HK, Lee HC, Park MH, Shin DH. 1986. Effects of fumigation treatment on the physiological changes of onion bulbs. *Korean J Food Sci Technol* 18: 6-10.
14. Kim HK, Lee HC, Park MH, Shin DH. 1986. Microflora of decayed onion bulbs and their suppression by fumigation treatment. *Korean J Food Sci Technol* 18: 1-5.
15. Kim MH, Kim BY. 1990. Effect of mild heat treatments prior to air dehydration of dried onions quality. *Korean J Food Soc Technol* 22: 539-542.
16. Lee JY, Kang HA, Chang KS, Kim SS. 1995. Drying of onion and ginger using drying system controlled by microcomputer. *Agric Chem Biotechnol* 38: 78-82.
17. Hong SS. 2000. The drying characteristics of food stuff (beet) by freeze drying. *J Ind Sci Tech Institute* 14: 49-58.
18. Lee MS, Choi HS. 1995. Volatile flavor components of *Commelina communis* L. as influenced by drying methods. *Korean J Food Sci Technol* 27: 380-386.
19. Lee MS, Cho HS. 1996. Volatile flavor components of *Sapsella bursa-pastoris* as influenced by drying methods. *Korean J Food Sci Technol* 28: 814-821.
20. Byun MH, Choi MJ, Lee S, Min SG. 1998. Influence of freezing rate on the aroma retention in a freeze drying system. *Korean J Food Sci Ani Resour* 18: 176-184.
21. Hanum T, Sinha NK, Guyer DE, Cash JN. 1995. Pyruvate and flavor development in macerated onion (*Alliums cepa* L.) by γ-glutamyl transpeptidase and exogenous C-S lyase. *Food Chemistry* 54: 183-188.
22. Bolenes M, De Valois PJ, Wobben HJ, Van der Gen A. 1971. Volatile flavor compounds from onion. *J Agric Food Chem* 19: 984-991.
23. Park ER, Ko CN, Kim SH, Kim KS. 2001. Analysis of volatile organic components from fresh and decayed onions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 1011-1020.
24. Nikerson GB, Likens ST. 1966. Gas chromatography evidence for the occurrence of hop oil components in beer. *J Chromatography* 21: 1-5.
25. Robert PA. 1995. *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy*. Allured Publishing Corporation, IL, USA.
26. Stehagen E, Abbrahansom S, Mclafferty FW. 1974. *The Wiley/NBS registry of mass spectral data*. John Wiley and Sons, NY, USA.
27. Laboratories SR. 1986. *The Sadtler standard gas chromatography retention index library*. Sadtler, PA, USA.
28. Ko YT, Kang JH. 2002. Changes of volatile odor components in Kimchi by freeze-drying. *Korean J Food Sci Technol* 34: 559-564.
29. Shim KH, Choi JS, Joo OS, Kang KS. 1990. Volatile retention during freeze drying of fruit juices. *J Korean Soc Food Nutr* 19: 555-564.
30. Flink JM, Karel M. 1970. Effect of process variables on retention of volatiles in freeze drying. *J Food Sci* 35: 444-448.
31. Rulkens WH, Thijssen HA C. 1972. Retention of model aromas in freeze drying slabs of maltodextrin. *J Food Technol* 7: 95-100.

(2004년 12월 17일 접수; 2005년 1월 27일 채택)