

필름 포장된 콩나물의 유통 중 축적되는 이취의 종류 및 발생 특성

조경심 · 김용호 · 이영상[†]

순천향대학교 생물자원공학과

Characterization of Off-flavors from Film-Packed Soybean Sprouts

Kyoung-Shim Cho, Yong-Ho Kim, and Young-Sang Lee[†]

Dept. of Biological Resources and Technology, Soonchunhyang University, Asan 336-745, Korea

ABSTRACT Soybean sprout is a traditional food and its market circulation as packed in a transparent film is increasing. To characterize the off-flavor produced from film-packed soybean sprouts, harvested soybean sprouts were stored at different temperature and oxygen conditions, and time-series changes in headspace O₂, CO₂, ethanol (EtOH) concentrations as well as sensory off-flavor levels were measured. Lower temperature resulted in lower consumption of O₂, lower production of EtOH and less off-flavor. No off-flavors could be detected when atmospheric O₂ concentration was maintained over 4%, while alcoholic-flavor and off-flavor were initiated when O₂ decreased down to 2% and 1%, respectively. Under low O₂ conditions alcoholic-flavor following EtOH production preceded prior to sensory off-flavor detection. Various aldehydes and fatty acids such as nonylaldehyde, decylaldehyde and stearic acid were identified by GC/MS from film-packed sprouts producing off-flavors. In conclusion to suppress off-flavor, soybean sprouts should be packed in a film which can control O₂ concentration over 2% and stored at low temperature around 4°C.

Keywords : soybean sprouts, off-flavor, alcoholic-flavor, O₂, CO₂, EtOH, GC/MS

대두를 발아시킨 콩나물은 고려시대 이전부터 이용된 우리나라 고유의 전통식품으로 한국 성인 일일 평균 섭취량(20 g)이 배추, 무 다음으로 높으며 연간 생산량은 650,000톤, 생산액은 4천억원에 이르는 대중 식품이다(Choi *et al.*, 2000). 콩나물은 콩 종자보다 vitamin A는 300%, vitamin C는 500~600% 증가하며 발아되는 과정에서 전분이 단당

으로 전환되어 소화되기 쉽게 되는 등 그 영양적 가치가 매우 높은 것으로 알려져 있다(Kim *et al.*, 1993, Lee *et al.*, 2005).

콩나물의 유통은 관행적으로는 재배 용기에 재배 한 후 재배 용기 그대로 시장에 내어 놓고 소비자들에게 판매되는 방식이었으나, 최근에는 수확된 콩나물을 세척, 선별 후 PE 혹은 PP와 같은 투명한 플라스틱 필름 포장지에 300 g~500 g 단위로 소포장 되어 판매되고 있다. 필름 포장되어 유통되는 콩나물은 주로 자엽의 녹화(청변)와 이취의 발생이라는 두 가지 요인에 의하여 상품성의 저하가 이루어진다. 자엽의 녹화는 포장 내부 내용물을 육안으로 확인하고자 하는 소비자의 요구를 충족하기 위하여 투명한 포장 필름이 사용되고, 투과된 빛에 의하여 엽록소가 형성되기 때문으로 알려져 있으며(Lee and Kim, 2004, Park *et al.*, 1997), 소비자들이 콩나물 포장을 개봉할 때 감지되는 이취는 콩나물의 지속적인 호흡과 산소의 소모로 인해 조성되는 포장 내부의 혐기적 조건에 기인한 것으로 추정된다.

작물은 수확 후 유통 중에도 호흡을 계속 진행한다. 호흡은 생물체 내에서 탄수화물이 분해되어 CO₂와 H₂O, 에너지를 생성하는 작용으로, 산소가 부족한 혐기조건 하에서는 glucose가 pyruvic acid로 분해된 후 CO₂를 잃고 acetaldehyde가 되고 이것이 다시 환원되어 에탄올이 생성되는 혐기성 호흡이 진행된다(Campbell, 1997). 이러한 혐기성 호흡 결과 생성되는 다양한 대사물질은 MAP 포장 유통되는 브로콜리나 mung bean sprouts, zucchini 등 다양한 원예 상품의 유통 중 발생하는 이취의 원인으로 보고되고 있다(Mencarelli *et al.*, 1983; Hansen *et al.*, 2001; Jennifer *et al.*, 2000; Park *et al.*, 1999; Gurbuz *et al.*, 2001).

본 연구는 필름 포장되어 유통되는 콩나물로부터 발생하는 이취의 특성을 구명하고자 수행되었다.

[†]Corresponding author: (Phone) +82-41-530-1287
(E-mail) mariolee@sch.ac.kr <Received February 14, 2006>

재료 및 방법

콩나물 재배

본 시험에 사용된 콩나물은 국내산 콩(준저리) 종자 1 kg 을 3시간동안 침종 후, 재배용기(25×25×25 cm)에 담아 콩나물 재배실에서 5일간 재배하여 사용되었다. 재배실의 온도는 23℃± 5℃를 유지하였고, 관수는 자동 살수 시설로 1일 8회 실시하였다.

포장 및 저장 방법

콩나물은 수확 직후 흐르는 수돗물에 간략히 세척하고, 상품성이 우수한 시료 300 g을 취하여 A 회사의 콩나물용 polypropylene 포장필름(21×24 cm, 두께 0.04 mm, 300 g 용)에 넣은 후 열 밀봉기로 포장하여 실험에 사용하였다.

포장 내부 O₂, CO₂ 및 EtOH 분석 및 이취 관능 평가

저장 온도별 포장 내부 기체 조성의 변화를 측정하기 위하여 포장된 콩나물을 냉장고 온도인 4℃, 유통 진열대 온도인 12℃ 및 상온 조건 20℃에 저장하고 시간 경과에 따라 포장 내부의 기체 1 mL를 gas-tight syringe로 취하여 gas chromatography(Varian, CP-3800)로 분석하였다. O₂, CO₂ 및 EtOH 분석을 위한 GC 조건은 Table 1과 같다. 정량분석을 위한 표준품으로 O₂, CO₂는 Supelco(USA)社의 표준품을, EtOH은 Sigma(USA)社의 표준품을 구입하여 사용하였다. EtOH 표준품은 액체 상태이므로 본 실험의 분석

Table 1. Analytical conditions for GC to measure head space O₂, CO₂ and EtOH concentration.

Analyte	Conditions	
O ₂ CO ₂	Column	CTR1 (Alteck, 3 m)
	Injector	120℃
	Detector	TCD, 120℃
	Oven temp.	Isothermal 35℃
	Carrier gas	N ₂
	Pressure	10 psi
EtOH	Column	Poraplot Q (30 m × 0.32 mm)
	Injector temp.	25 ℃
	Detector	FID, 250 ℃
	Oven temp.	175℃ (8 min) → 5℃·min ⁻¹ → 250℃ (10.5 min)
	Carrier gas	N ₂
	Pressure	10 psi

대상인 기체에 함유된 EtOH 농도와와의 정량적 환산이 어려워 EtOH 표준품을 이용하여 retention time을 확인 후, 해당 peak의 면적 비율을 이용하여 상대적 농도로 표시하였다.

포장 내부의 이취 조사를 위하여 관능평가를 실시하였는데, 관능평가는 포장 필름을 개봉한 즉시 콩나물 고유의 냄새인 콩나물취, 알코올 냄새인 알콜취 그리고 콩나물취와는 상이한 냄새로 부패 시 발생하는 것과 유사한 악취로 구분하여 0-3의 4단계: 0(감지 안 됨) - 1(감지 가능하지만 약함) - 2(뚜렷이 감지됨) - 3(아주 심함)으로 평가하였다.

EtOH과 이취 발생 한계 산소 농도의 구명

EtOH 및 이취가 생성되는 한계 O₂ 농도를 구명코자 상이한 산소 농도(0, 1, 2, 4, 6, 21% ; N₂ balance)의 gas를 유속 300 mL·min⁻¹로 콩나물에 불어넣었다. Gas cylinder에서 공급된 gas는 실험 중 콩나물이 건조하는 것을 방지하기 위하여 500 mL 삼각 플라스크에 담긴 증류수를 통과시켜 100%의 상대습도를 유지하였고, 그 이후 콩나물 300 g을 담은 삼각 플라스크(2 L)에 공급하였다. 플라스크를 배출관이 삽입된 실리콘 마개로 막은 후 배출관을 통해서 나오는 가스는 O₂, CO₂ 측정기(Check mate 9900, USA)를 이용하여 공급된 gas와 동일한 O₂ 농도가 유지됨을 확인하였다. 상온에서 12시간동안 상기 가스를 불어 넣은 후 배출관을 통해서 나오는 공기를 gas-tight syringe를 이용하여 1 mL 취한 후 EtOH 발생 정도를 GC로 측정하였으며 이취는 배출관을 통해 나오는 기체를 대상으로 관능평가를 실시하였다.

GC/MS를 이용한 이취 성분 구명

콩나물에서 발생하는 이취의 원인물질 동정을 위하여 20℃에서 6시간 동안 저장되어 이취가 심하게 발생하는 콩나물을 동결건조하고 액체질소를 이용하여 분쇄하였다. 분쇄시료 1 g을 5 mL vial에 담고 60℃에 40분간 두어 이취성분의 휘발을 유도한 후 vial 내부의 headspace 상부 기체 1

Table 2. Analytical conditions for GC/MSD.

Item	Conditions
Column	HP-1-MS (50 m × 0.20 mm)
Injector	220℃
Detector	280℃
Oven temp.	50℃ (1 min) → 7℃·min ⁻¹ → 250℃ (3 min)
Carrier gas	Nitrogen
Flow rate	1 mL·min ⁻¹

mL을 gas-tight syringe로 취하여 GC/MS(HP 5890, USA) 분석 하였다. GC/MS 분석 조건은 Table 2와 같으며 물질 동정을 위한 DB로는 WILEY275 library를 사용하였다.

결과 및 고찰

포장내부 기체변화와 이취와의 관계

저장 온도별 포장 내 O₂, CO₂ 및 EtOH의 농도와 이취 발생 정도를 조사한 결과 4°C에서는 약 33시간이 경과해도 포장내부 O₂는 2% 이상, CO₂는 10% 이하가 유지되었으나, 12°C에서는 호흡에 의한 O₂의 감소나 CO₂의 생성이 4°C에서보다 빠르게 진행되어 약 12시간 경과 시 O₂가 1% 이하로 감소하였고 CO₂는 33시간 경과 시 약 27%까지 지속적으로 증가하였다. 20°C에 저장된 경우 CO₂ 농도의 증가와 O₂의 소모가 가장 급격하여 약 6시간 경과 후 O₂가 1% 미만으로 감소하였다.

GC를 이용하여 EtOH 발생 시점을 조사한 결과 모든 저장 온도에서 공통적으로 필름 포장 내부의 O₂ 농도가 약 2% 이하로 감소되는 시점인 12°C - 2시간, 20°C - 6시간 경

과 시 검출되기 시작하였다. 한편 4°C에 저장된 콩나물의 경우 33시간이 경과할 때까지도 EtOH의 생성이 관찰되지 않았는데, 이는 O₂ 농도가 지속적으로 2% 이상을 유지한 때문으로 사료된다. 한편 관능평가로 측정된 알콜취 발생 시점은 EtOH의 발생과 유사한 시간에 감지되기 시작하였다(Fig. 1).

포장 내부의 냄새를 콩나물취, 알콜취 그리고 이취로 세분하고, 포장 내부 O₂, CO₂ 농도 변화와의 상호 관계를 구명코자 포장된 콩나물을 20°C에서 보관하며 순차적인 평가를 수행한 결과 저장 210분까지는 콩나물취만이 감지되었으나, O₂ 농도가 0.8%로 저하된 저장 260분 후에는 알콜취가 감지되었고, 이어서 저장 280분에 GC를 이용한 EtOH의 측정이 가능하였다(Table 3). 저장 후 320분의 경우 알콜취가 2로 증가하였어도 이취는 감지되지 않았으나, 알콜취가 3으로 증가하는 저장 후 390분에 이취가 감지되기 시작하였으며, 이때 산소농도는 약 0.6% 수준이었다. 이후 알콜취는 지속적으로 3 수준이 유지되었으며, 이취는 600분에 2 수준으로, 1,160분에 3 수준으로 증가하였으며, 이 기간 동안 O₂의 농도는 0.3%로, CO₂ 농도는 46.4%로 각각 변화되었다. 한편 초

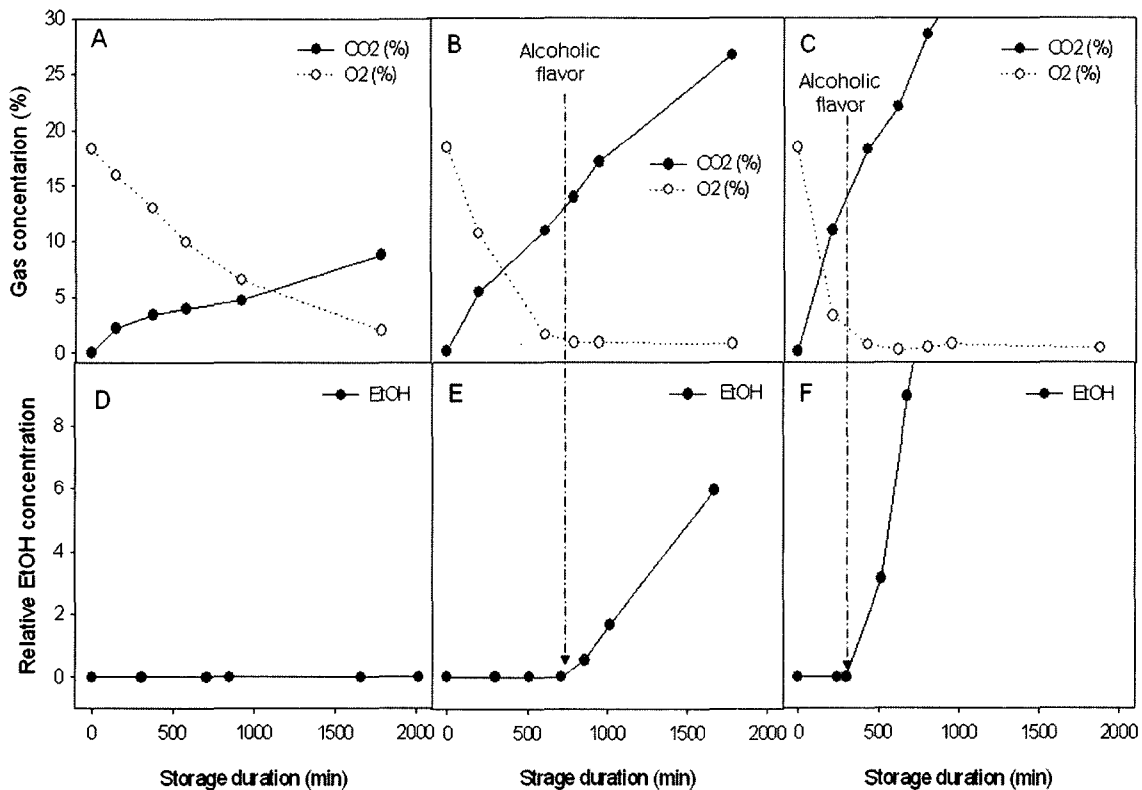


Fig. 1. Storage temperature-dependent head space O₂, CO₂ and relative EtOH concentration of film-packed soybean sprouts. Sprouts were stored at 4°C (A, D), 12°C (B, E) and 20°C (C, F).

Table 3. Time-series changes in head space O₂, CO₂, EtOH concentration and sensory level of beany, alcoholic and off flavors in film-packed soybean sprouts stored at 20°C.

Time (min)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	EtOH	Sensory level		
				Beany-flavor	Alcoholic-flavor	Off-flavor
85	5.3	10.3	- [†]	1	0	0
100	-	-	0.016	1	0	0
140	9.4	2.9	-	1	0	0
150	-	-	0.000	1	0	0
190	9.5	2.4	-	1	0	0
210	-	-	0.000	1	0	0
260	13.5	0.8	-	0	1	0
280	-	-	0.052	0	1	0
320	17.0	0.6	-	0	2	0
340	-	-	0.221	0	2	0
370	21.3	0.6	-	0	3	1
390	-	-	0.223	0	3	1
520	21.5	0.8	-	0	3	1
540	-	-	0.191	0	3	1
600	22.0	0.6	-	0	3	2
615	-	-	0.323	0	3	2
720	28.8	0.5	-	0	3	2
735	-	-	0.600	0	3	2
1160	46.4	0.3	-	0	3	3
1180	-	-	1.505	0	3	3

[†] - Not measured

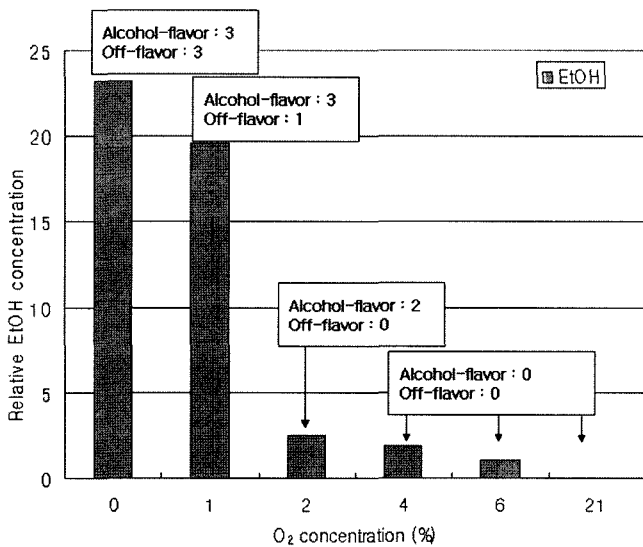


Fig. 2. Production of EtOH, off-flavor and alcoholic-flavor from soybean sprouts under different levels of steady O₂ conditions.

기에 감지되었던 콩나물취는 알콜취가 감지되기 시작한 260분 이후에는 더 이상 감지되지 않았는데, 이는 콩나물 취에 비해 알콜취 및 이취의 자극정도가 상대적으로 강해 콩나물취가 관능적으로는 감지되지 못하는 masking 효과 때문인 것으로 사료된다. 한편 관능평가로 감지되는 알콜 취 발생 시점이 EtOH 검출 가능 시기와 매우 근접함은 GC 를 이용한 포장 내부 head space 함유 EtOH 분석이 알콜취 의 정량적 지표로 활용될 수 있음을 나타내는 것으로 판단 되었다.

EtOH과 이취 발생 한계 산소 농도의 구명

포장 내부 O₂ 농도의 저하에 따라 알콜취 및 이취가 발생 하였음에 기초하여, 어느 수준 이하의 O₂ 조건에서 알콜취 및 이 취의 발생이 시작되는지 한계농도를 구명할 필요가 대두되었 다. 이에 상이한 O₂ 농도로 조성된 기체를 콩나물에 지속적으로 공급한 결과, EtOH은 대기 O₂ 농도인 21%에서는 검출되

지 않았으나 6% 이하의 O₂ 농도 수준부터 검출되었고, O₂ 농도가 2%~6% 범위에서 EtOH 생성량은 유사하였으나, O₂ 농도가 1% 이하일 때 급격히 그 생성량이 증가하였다. 이취 또한 에탄올의 농도가 급격히 증가한 O₂ 1%에서부터 감지되었고 O₂ 2%에서는 알콜취만이 감지되었으며, O₂ 농도가 4% 이상인 경우에는 알콜취나 이취 모두 감지되지 않았다. 이상의 결과를 종합할 때, GC로 감지 가능한 EtOH의 검출은 약 6%, 관능적으로 감지 가능한 알콜취는 2~4%, 그리고 이취는 1~2%의 O₂농도가 발생 한계농도일 것으로 판단되었다. 단, 본 실험의 조건상 유속 300 mL·min⁻¹로 배출되는 가스를 대상으로 관능 평가 및 GC 분석이 이루어졌고, 이는 소비자가 콩나물 포장지를 개봉할 대기로 확산되는 알콜취 및 이취를 감지하는 것과는 다소 상이한 조건임을 감안할 때, 보다 정밀한 실험이 수행될 필요가 있을 것으로 사료된다.

필름 포장되어 조성되는 혐기성 조건에서의 알콜취 및 이취 발생은 다양한 종류의 원예상품에서 보고되고 있는데, Brussels sprouts의 경우 저장 중 산소 2.0% 이하, 이산화탄소 5% 이상에서 혐기조건으로 인한 상품성이 저하되며 (Kader, 1992), 브로콜리와 같은 *Brassica* vegetables에서는 포장 내부의 조성이 10% 이하의 CO₂, 0.5%의 산소 조건에서 이취가 발생한다고 보고되고 있다(Forney and Jordan, 1999).

한편 본 실험에서 사용된 기체의 CO₂ 농도는 모두 0%였

는데, 그럼에도 불구하고 알콜취 및 이취가 감지되었음을 고려할 때, 콩나물의 포장 내부에 축적되는 높은 농도의 CO₂와 이취와의 직접적인 관계는 낮을 것으로 판단되나, 낮은 O₂ 조건과 높은 CO₂ 조건간의 상호작용에 의한 이취 발생에 관한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

GC/MS를 이용한 이취 성분의 구명

포장 유통되는 콩나물에서 발생하는 이취의 원인 물질을 구명하고자 GC/MS를 이용하여 이취를 포함한 gas를 분석한 결과 nonyl-aldehyde, decylaldehyde 등의 다양한 aldehyde류 및 myristic acid, oleic acid 등의 fatty acid들이 동정되었다(Fig. 3, Table 4). 예비 실험 결과 콩나물의 이취는 배축 부위보다는 자엽 부위에서의 발생이 심하였음과 본 연구 결과 다양한 fatty acid류가 동정되었음을 고려할 때, 콩나물 자엽의 주요 구성 요소인 지방에 유래한 지방산류들의 존재 및 지방산 관련 특유의 냄새가 콩나물의 이취와의 관련성이 높을 것으로 사료된다. 비록 본 연구 결과 일부 물질들이 동정되었으나, 동정된 물질들과 이취와의 직접적인 관련성 및 각 동정 물질이 이취에 미치는 상대적 영향력 등은 향후 이취의 발생 정도와 상기 물질들의 정량 분석결과와의 상관 관계 등 추가 연구를 통하여 평가되어야 할 것으로 사료된다.

한편 lipoxigenase 효소가 작용하게 되면 불포화 지방산

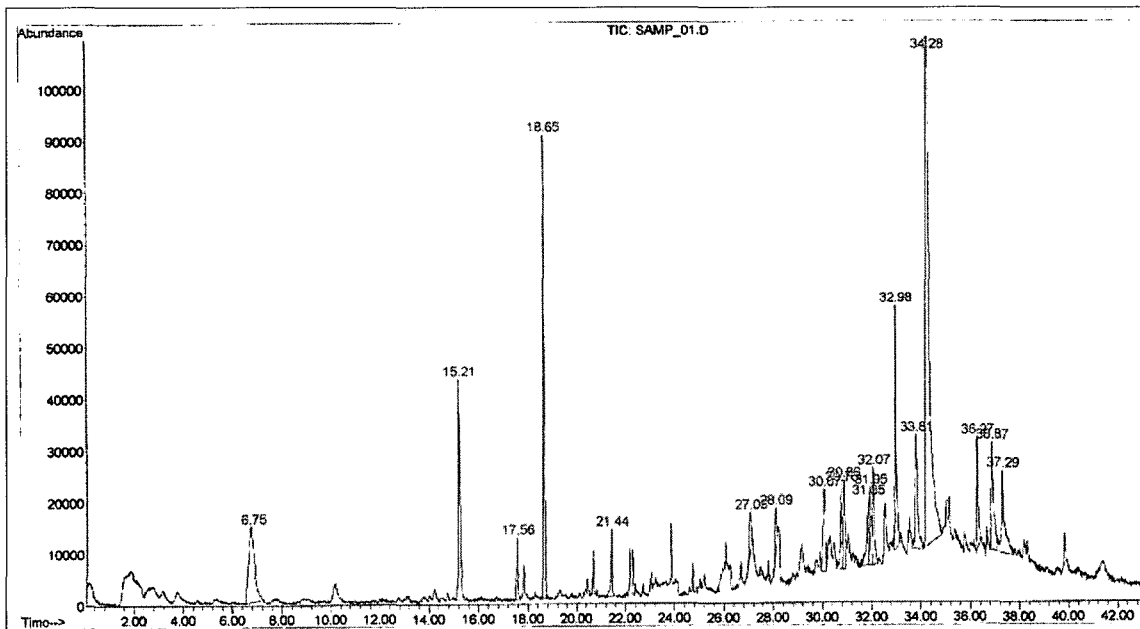


Fig. 3. Chromatogram of GC/MS analysis of off-flavors from film-packed soybean sprouts.

Table 4. Identification of off-flavor compounds from film-packed soybean sprouts by using a GC/MS.

Retention time (min)	Most possible identification of compound
6.75	Methyl ester of 3-cyano-2-propenoic acid
15.20	Nonyl aldehyde
17.56	Decyl aldehyde
21.44	Undecanal
27.05	2-acetoxybicyclo-3.1.1-heptane-6-on
28.09	Heneicosane
30.07	Heptadecane
30.76	Tetradecanoic acid-Myristic acid
30.86	9-Octadecenoic acid-Oleic acid
31.85	Tritetraoctane-Triatetracontane
31.93	Farnesol isomer B
32.50	Thiosulfuric acid/9
32.98	Pyrrolidine
33.81	bicyclo{2.2.1}hept-2'-en-7'-ylidene)acetic acid
34.25	Hexadecanoic acid-Palmitic acid
36.86	1-Dotriacontanol
37.29	Octadecanoic acid

이 산화되어 여러 가지 알콜류와 알데하이드류가 생성되고 (Kim, 1996) lipoxigenase에 의하여 생성된 불안정한 대사 물질들이 분해되어 강한 냄새와 맛을 지니는 화합물을 생성함(Alobaidy and Siddiqi, 1981)을 고려할 때, 혐기 조건하에서의 lipoxy-genase 활성변화 역시 콩나물 유통중 발생하는 이취의 주요한 연구 과제가 될 것으로 판단된다. 또한 콩나물은 재배 기간 중 다양한 종류의 미생물에 의하여 부패가 발생(Park *et al.*, 1986; Kim *et al.*, 2004)하는 바, 콩나물 표면에 부착된 미생물로 인한 이취의 발생 가능성에 대한 연구도 수행되어야 할 것으로 판단된다.

적 요

필름 포장 상태로 유통되는 콩나물의 주요 상품성 저하 원인 중 하나인 이취의 종류 및 발생 조건 등을 구명하고자 수행된 실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 콩나물은 저장 온도가 높을 수록 호흡속도가 증가하여 O₂의 빠른 소모와 높은 농도의 CO₂ 축적 및 알콜취, 이취의 발생 축진을 가져왔다.
2. 알콜취는 이취에 앞서 발생하였으며 EtOH은 이취와

유사한 시점에서 GC를 이용한 검출이 가능하였다.

3. 이취의 발생 한계 O₂ 농도는 1~2% 수준으로, 알콜취의 발생 한계 O₂ 농도는 4~2% 수준인 것으로 나타났다.
4. 이취 기체 내에는 다양한 종류의 aldehyde류 및 fatty acid류가 동정되었다.

인용문헌

Alobaidy, H. M. and A. M. Siddiqi. 1981. Properties of broad bean lipoxxygenase. *J. Food Sci.* 46 : 622-629.

Ashraff, H. L. and H. E. Synder. 1981. Influence of ethanolic soaking of soybeans on flavor and lipoxxygenase activity of soymilk. *J. Food Sci.* 46 : 1201-1204.

Campbell, M. K. 1997. Unit 11. Glycolysis. *Biochemistry.* 290-294.

Choi, H. D., S. S. Kim, H. D. Hong, and J. Y. Lee. 2000. Comparison of physicochemical and sensory characteristics of soybean sprouts from different cultivars. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* 43(3) : 207-212.

Mencarelli F, W. J. Lipton, and S. J. Peterson. 1983. Responses of 'Zucchini' squash to storage in low-O₂ atmospheres at chilling and nonchilling temperature. *J. Amer Soc. Hort. Sci.* 108(6) : 884-890.

Forney, C. F. and M. A. Jordan. 1999. Anaerobic production of methanethiol and other compounds by *Brassica* vegetables. *HortSci.* 34(4) : 696-699.

Gunes, G., C. B. Watkins, and J. H. Hotchkiss. 2001. Physiological responses of fresh-cut apple slices under high CO₂ and low O₂ partial pressures. *Postharvest Biology and Technology* 22 : 197-204.

Hansen, M. E., H. Sorensen, and M. Cantwell. 2001. Changes in acetaldehyde, ethanol and amino acid concentrations in broccoli florets during air and controlled atmosphere storage. *Postharvest Biology and Technology* 22 : 227-237.

Jennifer R. D. and V. Clement. 2000. Vacuum cooling and storage temperature influence the quality of stored Mung Bean Sprouts. *HortSci.* 35(5) : 891-893.

Kader, A. A. 1992. Postharvest technology of horticultural crops. Division of agriculture and natural resources. University of California 86-87.

Kim, H. J., D. S. Lee, and H. D. Park. 2004. Characterization of *Bacillus cereus* isolates from raw soybean sprouts. *Journal of Food Protection.* 67(5) : 1031-1035.

Kim, S. D., S. H. Kim, and E. H. Hong. 1993. Composition of soybean sprouts and its nutritional value. *Korean Soybean Dig.* 6: 1-9.

Kim, S. H. 1996. Physicochemical and processing characteristics of lipoxxygenase deficient soybeans. Seoul National University. 89-93.

Lee, Y. S. and Y. H. Kim. 2004. Changes in postharvest

- respiration, growth, and vitamin C content of soybean sprouts under different storage temperature conditions. Kor. J. Crop Sci. 49(5) : 410-414.
- Lee, Y. S., Y. H. Kim, and S. B. Kim. 2005. Changes in the respiration, growth, and vitamin C content of soybean sprouts in response to chitosan of different molecular weights. HortSci. 40(5) : 1333-1335.
- Park, M. H., D. C. Kim, B. S. Kim, and B. Nahmgoong. 1997. Studies on pollution-free soybean sprout production and circulation market improvement. Korean Soybean Dig. 295(5) : 51-67.
- Park, J. D., S. I. Hong, H. W. Park, and D. M. Kim. 1999. Modified atmosphere packaging of "Tsugaru" apple (*Malus domestica* Borkh) for distribution. Korean J. Postharvest Sci. Technol. 6(4) : 357-364.
- Park, W. M., I. S. Myung, and Y. S. Lee, 1986. Biological control against rot of soybean sprouts. Korea Soybean Dig. 3 : 4-9.