

과일 통조림의 팽창원인에 관한 연구

문 은주 · 김 형용 · 경 규항

세종대학 식품공학과

Causes of Can Swelling of Commercially Canned Fruits

Eun Joo Moon, Hyeung Yong Kim and Kyu Hang Kyung

Department of Food Science, King Sejong University, Seoul

Abstract

Seventy nine swollen commercially canned grapes and peaches were collected from wholesale and retail outlets in Seoul area for the investigation of the causes of their swell. Hydrogen generation and microbial spoilage were the only two common causes of can swelling. Nevertheless, the spoilage profile of the two products was different. Seventeen out of twenty one canned peaches were spoiled by microorganisms, while the rest of five were swollen due to hydrogen generation. In contrast, fifty one out of fifty eight canned grapes were swollen due to hydrogen generation, while the rest of seven were spoiled by microorganisms. Seventeen yeast and five bacterial strains were isolated and only the yeasts were identified to their genera and species. *Saccharomyces cerevisiae* was the most frequently isolated spoilage yeast, closely followed by *Torulopsis stellata*. *Candida parapsilosis*, *Pichia kluyveri*, *Pichia membranaefaciens*, *Torulopsis globosa* and *Torulopsis lactis-condensi* were also isolated but with lower frequencies.

서 론

산도가 높은 식품 통조림의 부패 유형 중에서 흔히 일어나는 것은 화학반응에 의한 수소발생과 산도가 높은 환경에서도 번식할 수 있는 미생물에 의한 생물학적인 부패이다. 수소팽창은 통조림통의 재료로 쓴 철금속과 유기산의 철염이 생기면서 수소가스가 발생되어 통을 부풀게 하는 것인데, 이 결과로 pH는 상승하게 된다. 산성 통조림 식품에 증식하여 부패를 일으킬 수 있는 미생물로서는 발효성 효모가 가장 대표적이고 그 외에 *Bacillus coagulans* 와 같은 통성 혐기성 세균, *Clostridium pasteurianum* 과 같은 혐기성 세균과 *Lactobacillus* 속의 중온성 무포자 세균 등이나^{1,2} *Byssochlamys* 등의 내열성 자낭포자를 형성할 수 있는 곰팡이가 중요하다.³ 부패된 산성 과일 제품에서 가장 흔히 발견되는 부패 미생물은 효모이고 그 중에서도 가장 일반적으로 발견되는 것들은 *Candida*, *Rhodotorula*, *Saccharomyces* 및 *Pichia* 속에 속하는 효모이다.⁴ Put 등⁵ 이 청량음료를 부패시킬 수 있는 효모를 분리해서 내열성을 조사해 본 결과 무포자 효모는 유포자 효모에 비해 내열성이 낮았으며 유포자 효모 중에서는 *Saccharomyces cerevisiae* 와 *Saccharomyces chevalieri* 가 가장 높은 내열성을 보였다고 한다. 특히, 부패된 산성 과일 통조림 제품으로부터 분리해 낸 효모 중에서 *Kluyveromyces bulgaricus* 의 포자는 내열성이 아주 높아

(D60=20-40분) 영양세포에 비해 200-350배의 내열성을 가지고 있다. 또, 위와 같은 종류의 제품에서 분리된 *S. cerevisiae* 의 자낭포자의 내열성(D60)은 대개 5-20분 정도가 되며 영양세포에 비해 40-130배의 높은 내열성을 갖는다고 하였다.⁶

본 연구에서는 우선 대표적인 과일 통조림인 깡모도와 복숭아 통조림의 팽창원인을 조사하고 특히, 과일 통조림의 팽창과 관련된 효모의 분리 및 동정에 중점을 두었다.

재료 및 방법

재료

서울 시내 도·소매상에서 부풀어 오른 과일 통조림을 수집하여 사용하였으며 시료 구입기간은 1983년 6월부터 1984년 9월까지 16개월 동안이었다.

가스검사

Head space 내의 가스는 끝을 날카롭게 만든 금속 파이프(내경7mm)에 고무호스를 연결한 기구(본 대학공학실에서 제작)로 수상치환법에 의해 수집했는데 이때 구멍을 뚫는 순간 구멍주위의 통조림 표면으로부터 가스의 누출을 막기 위해 금속 파이프의 날카로운 끝부분의 0.5cm상단에는 부드러운 고무마개를 끼우므로써 밀봉하였다. 시료 통조림의 구멍을 뚫을 때는 상면을 알콜로 닦고 되도록이면 중앙 부분을 피해 이중면체부

분이 가까운 곳을 택했다. 가스를 수집할 때는 작은 시험관(10×60mm)을 사용했으며 빠른 동작으로 2개의 시험관에 받아 각각 수소가스와 탄산가스의 유무를 조사했다. 가스가 수집된 시험관을 바로 세우고 입구를 막은 손가락을 떼는 순간 성냥불을 댔을 때 수소의 폭발음(부드럽게 콧 소리가 남)이 나면 수소가스가 생성되었다고 판정하였다. 그리고 가스가 수집된 시험관에 KOH 용액(5%) 5ml 정도를 넣고 시험관의 입구를 손가락으로 막은 채 가볍게 흔들어 주었을 때 시험관내에 흡인력이 생겨 손가락이 빨려드는 현상을 보이면 탄산가스가 있다고 판정하였다.

부패 미생물의 분리

가스수집이 끝나면 즙액을 취해 미리 준비한 Yeast extract (0.3%)—malt extract (0.3%)—peptone (0.5%)—glucose (1.0%) agar (YMPGA) 및 trypticase soy agar (TSA: Difco) 에 평판배양법에 의해 접종하여 YMPGA는 호기적으로, TSA는 혐기적으로 28°C에서 배양하므로써 부패 미생물을 분리하였다.

효모의 동정

효모는 Lodder¹⁾의 *The yeasts* 를 주로 사용하여 동정하였고 Barnett 등²⁾의 *A guide to identifying and classifying yeasts* 도 부분적으로 사용하였다. 자낭포자의 형성유무를 알기 위해 potato glucose agar, acetate agar 와 Gorodkova agar 를 사용했으며 관찰을 용이하게 하기 위해 malachite green 으로 염색하여 관찰하였다.

Glucose, galactose, sucrose, maltose, lactose, cellobiose, xylose, trehalose, melibiose, raffinose 및 inulin의 발효성을 0.5% yeast extract medium을 기본배지로 하여 Durham 발효관으로 검사하였고, glucose, galactose, sucrose, maltose, lactose, raffinose, cellobiose, xylose, trehalose, melibiose, inulin, rhamnose, soluble starch 등의 당이나 기타 methanol, ethanol, inositol, mannitol, sorbitol, glucosamine, 2-ketoglucuronate, citrate, lactate, succinate의 자화성은 6.7% yeast nitrogen base (Difco)를 기본배지로 하여 검사하였고 질산 및 아질산의 자화성은 11.7% yeast carbon base (Difco)를 기본배지로 하여 검사하였다. Cycloheximide에 대한 내성을 시험하였고 위의 모든 발효성 및 자화성 검사 물질들은 여과살균(0.22 μ pore, 25 mm diameter; Gelman Sciences, Ann Arbor, MI. with Millipore filter holder, Bedford MASS.) 하여 보관하면서 사용하였다.

세균의 경우는 속·종까지 동정하지 않았고 단지 형태, Gram 염색성, catalase 생성유무 및 산소 요구상태만 검사하였다.

결 과

간포도 통조림의 팽창

외관으로 보아 뚜렷하게 팽창된 간포도 통조림 58개를 수집하여 팽창정도에 따라 분류한 바 52개가 hard swell 된 것이었고 6개가 soft swell 된 것이었으며 head space 내 가스검사 결과 탄산가스만이 확인된 시료가 6개, 수소가스만 확인된 시료는 51개 또 두가지 가스가 모두 발견된 시료가 1개였다.

탄산가스나 수소가스의 유무, 현미경에 의한 미생물의 관찰, 관벽의 부식, 즙액의 상태 등을 고려해 판단했을 때 수소발생이 통조림 팽창의 원인이었던 시료가 51개였으며 미생물의 번식에 의해 팽창된 것은 7개였다. 그러므로 수소팽창이 전체부패의 88%를 점유하여 주요 팽창원인으로 밝혀졌으며 나머지 12%는 미생물 번식에 의한 부패였는데 부패미생물은 모두 효모로 확인되었고 미생물에 의해 부패된 7시료중 5시료에서만 부패효모를 분리하여 동정하였으나 나머지 2시료에서는 탄산가스 발생과 현미경 관찰로만 확인되었을 뿐 효모의 분리는 불가능하였다. 분리된 효모 5균주 중 4균주는 자낭포자를 형성할 수 있는 *Saccharomyces* 속과 *Pichia* 속의 효모였고 나머지 하나는 *Candida* 속에 속하는 포자를 형성할 수 없는 효모였다.

pH분포를 보면 미생물에 의해 팽창된 시료의 pH(3.1-4.5)는 정상적인 통조림의 pH(3.1-3.4)와 비슷하여 비교적 낮으면서 좁은 분포를 나타낸 반면 수소팽창된 시료의 pH(3.5-6.8)는 전반적으로 높으면서 분산된 경향을 보였다 (Table 1).

복숭아 통조림의 팽창

21개의 팽창된 복숭아 통조림이 수집되었는데 이 중 16개는 hard swell 된 시료였으며 나머지 5개는 soft swell 된 것이었다. Head space 내의 가스검사 결과 8개의 시료에서 수소가스가 확인되었고 10개에서는 탄산가스가 확인되었으며 가스의 종류를 판단할 수 없었던 시료도 3개가 있었다. 간포도 통조림에서와 같은 기준으로 판정했을 때 수소팽창된 부패관은 5개였으며 16개는 미생물의 번식에 의한 부패였다. 복숭아 통조림의 경우 수소팽창에 의해 부패된 것이 24%에 지나지 않는 반면 미생물의 번식에 의한 부패가 76%로서 미생물의 부패가 복숭아 통조림 팽창의 주요원인이었

Table 1. pH distribution of normal, microbially spoiled, and hydrogen-swelled canned grapes

(numbers of cans)

pH	normal ^a	microbially spoiled	hydrogen swelled	pH	normal	microbially spoiled	hydrogen swelled
3.1	1	1	0	5.1	0	0	0
3.2	3	2	0	5.2	0	0	1
3.3	5	0	0	5.3	0	0	2
3.4	1	0	0	5.4	0	0	1
3.5	0	1	2	5.5	0	0	3
3.6	0	0	0	5.6	0	0	2
3.7	0	1	0	5.7	0	0	1
3.8	0	0	1	5.8	0	0	2
3.9	0	0	2	5.9	0	0	1
4.0	0	0	0	6.0	0	0	3
4.1	0	1	1	6.1	0	0	0
4.2	0	0	0	6.2	0	0	1
4.3	0	0	3	6.3	0	0	2
4.4	0	0	1	6.4	0	0	3
4.5	0	1	5	6.5	0	0	3
4.6	0	0	0	6.6	0	0	1
4.7	0	0	3	6.7	0	0	0
4.8	0	0	5	6.8	0	0	1
4.9	0	0	0	6.9	0	0	0
5.0	0	0	1	7.0	0	0	0

a: Normal cans mean unswollen cans purchased from local retail stores.

Table 2. Yeasts isolated from swollen canned grapes and the frequencies of their appearance

Strain	Frequencies of appearance
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	3
<i>Pichia membranaefaciens</i>	1
<i>Candida parapsilosis</i>	1

다. 미생물에 의해 부패된 시료 중에는 효모에 의한 부패가 대부분(70%)이었지만 세균(30%)도 비교적 높은 빈도로 발견되었다. 부패효모를 분리하여 동정한 결과 *Saccharomyces* 속(*S. cerevisiae*; 4균주)과 *Torulopsis* 속(*T. stellata*; 5균주, *T. globosa*; 1균주, *T. lactic-condensi*; 1균주)이 주요 부패효모균이었고 그 외 *Pichia kluyveri*가 발견되어(Table4) 모든 효모가 자낭 포자를 형성하거나 또는 포자를 형성치 않더라도 영양 세포 자체가 내열성이 있다고 알려진 것들이었다. 이와 함께 속·종까지 동정은 하지 않았지만 5종류의 세균

도 발견되었다 (Table5).

pH분포양상은 깎포도 통조림에서와 같이 미생물에 의해 부패된 팽창관(pH범위=3.6-4.8)은 정상관(pH범위=3.6-4.3)과 마찬가지로 대체적으로 낮으면서 좁은 분포를 나타냈으나 수소팽창된 시료(pH범위=3.8-6.9)는 전체적으로 높으면서 분산된 양상을 띄었다(Table3).

고 찰

깎포도와 복숭아 통조림의 경우 공히 수소팽창된 시료의 pH는 광범위한 분포를 나타낸 데 반해 미생물에 의해 부패된 시료의 pH는 정상관과 비슷하게 좁고 낮은 분포를 보였다. 수소팽창된 시료의 pH가 높은 이유는 식품 중의 유기산이 관벽의 주석층을 침식한 후 철과 반응하여 유기산의 철염과 수소가스가 발생되면서 수소가온도가 감소되기 때문이다.¹⁾ 또한 미생물에 의해 부패되었으면서도 pH가 정상관의 pH보다 다소 높은 시료(복숭아; 4.6, 4.7, 4.8, 포도; 3.7, 4.1, 4.5)는 모두 관벽이 부식되어 있었던 점으로 보아 미생물 번식

Table 3. pH distribution of normal, microbially spoiled, and hydrogen-swelled canned grapes

(numbers of cans)

pH	normal ^a	microbially spoiled	hydrogen swelled	pH	normal	microbially spoiled	hydrogen swelled
3.1	0	0	0	5.1	0	0	0
3.2	0	0	0	5.2	0	0	0
3.3	0	0	0	5.3	0	0	0
3.4	0	0	0	5.4	0	0	0
3.5	0	0	0	5.5	0	0	0
3.6	1	4	0	5.6	0	0	0
3.7	1	0	0	5.7	0	0	0
3.8	1	0	1	5.8	0	0	0
3.9	3	2	0	5.9	0	0	0
4.0	5	3	0	6.0	0	0	0
4.1	1	2	1	6.1	0	0	2
4.2	2	1	0	6.2	0	0	0
4.3	1	0	3	6.3	0	0	1
4.4	0	0	0	6.4	0	0	0
4.5	0	0	0	6.5	0	0	0
4.6	0	1	0	6.6	0	0	0
4.7	0	1	3	6.7	0	0	0
4.8	0	1	5	6.8	0	0	0
4.9	0	0	0	6.9	0	0	1
5.0	0	0	0	7.0	0	0	0

a: Normal cans mean unswollen cans purchased from local retail stores.

Table 4. Yeasts isolated from canned peaches and the frequencies of their appearance

Strains	Frequencies of appearance
<i>Torulopsis stellata</i>	5
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	4
<i>Torulopsis globosa</i>	1
<i>Torulopsis lactis-condensi</i>	1
<i>Pichia kluyveri</i>	1

과 수소팽창이 동시에 일어난 것으로 사료된다. 즉 pH가 정상보다 높은 사실은 미생물 번식의 결과라기 보다는 수소팽창의 결과라고 판단된다.

제품별 부패경향을 보면 깡포도는 88%에 상당하는 시료가 수소팽창된데 비해 복숭아는 24%만이 수소팽창되어 두제품의 부패원인은 지극히 대조적인 현상을 보였다. 이와같이 깡포도 제품이 복숭아 제품에 비해 수소팽창이 잘 일어나고 복숭아 제품이 깡포도 제품에

비해 미생물에 의한 부패가 잘 일어나는 가장 큰 원인은 깡포도 제품의 pH가 미생물이 번식하기에는 너무 낮는데 비해 복숭아 제품의 pH는 비교적 높으므로 pH가 낮은 포도 제품에서 수소팽창이 잘 일어나고 pH가 비교적 높은 복숭아 제품에서는 오염 미생물의 번식 기회가 높았던 것으로 생각된다.

pH가 낮은(pH<4.5) 과일 통조림을 부패시키는 미생물은 주로 효모라는 많은 연구보고가 있었는데^(2,4,9,11)이 연구에서도 분리가 가능했던 미생물만으로 본다면 효모가 17균주이고 세균이 5균주로서 숫자상으로 효모가 주축을 이루었고 *Saccharomyces* 속(7균주)과 *Torulopsis* 속(7균주)에 속하는 효모가 가장 빈번히 발견된 부패효모였으며 기타, *Pichia* 속(2균주)과 *Candida* 속(1균주)에 속하는 효모도 있었다(Table 2와 Table 4).

Saccharomyces 속 등의 효모가 생성한 자낭포자는 영양세포보다 매우 높은 내열성을 가진다.^(9,11) 자낭포자는 형성치 않으나 영양세포 자체가 내열성이 있는 것으로 알려진 *Torulopsis* 속의 효모가 부패통조림으로부터 분

Table 5. Characteristics of bacteria isolated from spoiled canned peaches

No. of sample	Shape	Gram stain	Catalase formation	Oxygen requirement	Spore formation
2	coccus	+	-	facultative anaerobe	-
1	coccus	+	-	obligate anaerobe	-
1	bacillus	+	+	facultative anaerobe	+
1	bacillus	-	-	facultative anaerobe	-

리되었거나¹³⁾ 부패를 일으킬 수 있다고 추정되는데 특히 *具등*¹⁴⁾은 복숭아 통조림의 부패를 일으키는 효모의 내열성을 연구하기 위해 부패통조림이 아닌 원로 복숭아로부터 내열성이 있는 효모를 분리하여 *Torulopsis candida* 였다고 동정하고 이 효모의 내열성을 연구하여 보고하였다. 본 연구에서는 *Torulopsis* 속에 속하는 효모가 41%를 차지했고 포자를 형성할 수 있는 *Saccharomyces* 속과 *Pichia* 속의 효모가 거의 53%를 차지하는 것으로 보아 과거의 연구보고^{15),16)}와 잘 일치됨을 알 수 있다.

부패세균은 속·종명까지는 밝히지 않았으나 pH가 비교적 낮은 깡포도에서는 분리되지 않았고 pH가 높은 복숭아에서는 5균주가 밝혀졌으며 그 중 1균주만 내생포자(endospore)를 형성할 수 있는 Gram 양성 간균이고 나머지는 모두 포자를 형성하지 않는 것으로 밝혀진 간균 및 구균이었다(Table 5). 이와같이 포자를 형성할 수 없는 세균들이 부패미생물로 밝혀진 원인은 가열살균이나 냉각공정이 부적합했거나 권체부분이 불량했을 것으로 추정할 수 있으나 본 연구에서는 이 원인을 확인할 수가 없었다. 그러나 어떠한 원인 때문에 오염균이 존재했는지를 불문하고 복숭아 통조림에서만 세균이 부패를 일으킬 수 있었던 근본적인 원인은 깡포도 제품의 pH에 비해 복숭아 제품의 pH가 높았기 때문으로 판단된다.

요 약

팽창된 과일 통조림을 수집하여 팽창된 원인이 화학적 반응에 의한 수소팽창 때문인지 또는 미생물에 의한 부패인지를 조사하였고 미생물에 의한 부패로서 효모가 부패 미생물로 밝혀졌을 때는 속·종까지 동정하였다. 전체적으로 볼 때 깡포도 통조림은 수소팽창에

의해 팽창된 비율이 88%였으나 복숭아 통조림은 24% 뿐이었고, 미생물에 의한 부패율이 76%로서 같은 산성 식품이라고 하더라도 이들 두 제품의 주요 팽창원인이 현저히 다르게 나타났는데, 그 이유는 다음과 같이 판단된다. 깡포도 통조림의 정상적인 pH범위(3.1-3.4)는 복숭아 통조림의 pH범위(3.6-4.3)에 비해 낮기 때문에 수소팽창이 잘 일어나고 이와같이 복숭아 통조림의 높은 pH가 미생물 번식에 유리함은 물론 기타의 다른 복숭아 통조림의 제품특성이 가열 살균효과에 영향을 주었을 것으로 추정된다. 그리고 가장 흔히 발견된 부패효모는 *Saccharomyces* 속과 *Torulopsis* 속의 효모로 밝혀졌고 기타 *Candida* 속이나 *Pichia* 속의 효모도 낮은 빈도로 발견되었다.

문 헌

1. Davis, D. R. and Breedlove, A. L. : *J. Food Sci.*, **48**, 1148 (1983)
2. Odlag, T. E. and Pflug, I. J. : *J. Food Prot.*, **41**, 566 (1978)
3. Juven, B. J. : *J. Milk Food Technol.*, **39**, 819 (1976)
4. Beuchat, L. R. and Rice, S. L. : *Adv. Food Res.*, **25**, 237 (1979)
5. Mendoza, S., Mon emayor, L., Boscan, L. A. and Barreiro, J. A. : *Archiv. Latinoamer. Nutr.*, **32**, 617 (1982)
6. Put, H. M. C., De Jong, J., Sand, F. E. M. J. and Van Grinsven, A. M. : *J. Appl. Bacteriol.*, **40**, 135 (1976)
7. Put, H. M. C. and De Jong, J. : *J. Appl. Bacteriol.*, **53**, 73 (1982)
8. Lodder, J. : *The yeasts; A Taxonomic Study*, 1st

- ed., North-Holland Publ. Co., Amsterdam. (1970)
9. Barnett, J. A., Payne, R. W. and Yarrow, D.: *A Guide to Identifying and Classifying Yeasts*, Cambridge Univ. Press., Cambridge. (1979)
10. Huhtanen, C. N., Naghski, J., Custer, C. S. and Russell, R. W.: *Appl. Environ. Microbiol.*, 32, 711 (1976)
11. Montville, T. J.: *Appl. Environ. Microbiol.*, 44, 334 (1982)
12. 具英祖 · 李東善 · 申東禾 · 劉太鍾: 한국 식품과학회지, 13, 43(1981)
 (1985년 1월 30일 접수)