

캔 오렌지주스의 중금속 함량 및 개봉 저장 중의 변화

이혜선 · 이서래

이화여자대학교 식품영양학과

Heavy Metal Content and its Change in Open Storage of Canned Orange Juice

Hye-Sun Lee and Su-Rae Lee

Department of Food and Nutrition, Ewha Woman's University

Abstract

The average concentration of Pb in 53 samples of canned orange juice currently sold in Korean market was 0.225 mg/kg, and that of Sn, 40.7 mg/kg. There was no appreciable difference in Pb concentration according to elapsed time after manufacturing, whereas Sn concentration increased 0.66 mg/kg per month. During the storage at room temperature or in refrigerator after opening, the Pb concentration increased slowly, reaching 1.7 to 1.8 times of original concentration, whereas Sn concentration increased by 20% per day, resulting in 3 times of original concentration after 7 days. There were no serious changes in Pb and Sn concentration in storage at room temperature or refrigerator for 3 days, when juice samples were opened and transferred to glass container. It is needed that detailed inspection by undertaken to monitor the contents of heavy metals in canned orange juice, since 18% of samples within recommended distribution period exceeded the legal standard for Pb, and recommended that more attention be paid in handling canned orange juice after opening, in order to avoid the hazard from heavy metals.

Key words: lead & tin, canned orange juice, open storage

서 론

캔 용기는 강철판에 주석으로 도금을 하고 그 위에 락카피막(lacquer film)을 사용하는 것이 보통이며 용기의 이음새 부분은 납땜으로 되어 있다. 캔의 이음새를 봉하는데 사용되는 납땜은 98%가 납이고 2%가 주석으로 되어 있어 캔에 담긴 식품에서 납 오염의 주원인이 되고 있으며⁽¹⁾, 내부에 피막을 씌우는 것도 납 용출을 막는 효과는 없다⁽²⁾. 또한 저장 중 피막이 벗겨져서 주석판이 노출되고 부식되어 주석이 식품으로 녹아 나오게 된다^(3,4). 더욱이 캔에 들어 있는 식품의 납과 주석함량은 저장기간이 길어짐에 따라 증가하면 캔 주스를 개봉 후 실온이나 냉장고에 보관하여도 납과 주석 함량은 증가한다⁽⁵⁾.

납은 인간에게 독성을 줄 가능성이 높은 중금속으로써 배설율이 낮기 때문에 신체에 축적되는 특성을 지니고 있다⁽⁶⁾. 한편 동물실험에서 과량의 주석을 투여하면 동물체내에 Ca, Cu, Zn, Fe 등의 무기원소 보유량이 감

소하고 성장 지연, 빈혈 현상 등이 나타났다고 한다⁽⁷⁾. 현재 우리나라의 식품위생법에서는 과실음료 중 중금속의 허용기준으로 납의 경우 0.3 mg/kg, 주석의 경우 150 mg/kg을 설정하고 있으며 캔 포장한 과채류 음료의 권장 유통기한은 24개월이다⁽⁸⁾.

국내에서 이⁽⁹⁾는 캔 오렌지 주스의 Pb 농도가 평균 0.55 mg/kg이라고 보고하였다. 이는 1974년 당시 식품위생법에서의 중금속 허용기준인 10 ppm에는 못미치는 수준이나 현행 규정의 Pb 허용 한계인 0.3 mg/kg은 초과하는 농도이다. 한편 캔에 들어있는 주스를 개봉 후 그대로 실온이나 냉장고에 보관하면 중금속 함량은 증가하지만 이를 유리 용기에 옮겨 담아서 보관하면 중금속 함량은 크게 변화하지 않는다고 하였다^(9,10). 그러나 최근에 들어와 한국인에 의한 캔 주스의 소비량이 크게 증가하고 있고 중금속 함량의 허용기준이 새로 개정된 바 있으므로 이와 관련된 체계적 연구가 요구된다.

본 연구에서는 캔 용기에 의한 과일 주스의 중금속 오염 실태와 개봉 후 저장기간에 따른 중금속의 용출 상태를 평가하기 위하여 현재 시중에서 유통되고 있는 캔 오렌지 주스의 납과 주석 함량을 측정하였고 개봉 후 실온 및 냉장고에서 저장시 이들 중금속의 함량 변화를 조사하였다.

Corresponding author: Su-Rae Lee, Department of Food and Nutrition, Ewha Woman's University, Seodaemun-gu, Seoul 120-750, Korea

재료 및 방법

시료의 수집 및 저장

유통 주스의 수집 : 시료는 시장 점유율이 높은 주석캔 (tin can)에 들어 있는 가당 오렌지 주스(50% 과즙음료)로 2개 회사의 제품을 1992년 1월부터 8월에 걸쳐 수집하였다. 모든 시료는 한 캔당 190g 중량의 것으로 서울 시내의 7개 구에 걸쳐 슈퍼마켓 및 가게에서 무작위로 총 53개를 수집하였다.

주스의 개봉 저장 : 한 캔당 1400g 중량의 가당 오렌지 주스(50% 과즙음료)를 구입하여 개봉한 후 즉시 분석하고 한편 개봉한 시료를 실온과 냉장고(5°C)에 보관하면서 일정시간 간격으로 분석하였다. 실온 보관시는 8월이었고 용기의 윗면에 두 곳의 구멍을 뚫어서 일정시간마다 흔들어서 시료를 채취하고 pH, Pb 농도, Sn 농도를 측정하였다. 또한, 개봉한 시료를 비이커에 옮겨서 PE랩으로 덮고 실온과 냉장고에 보관하면서 일정시간 간격으로 중금속 함량을 분석하였다.

중금속의 분석방법

시료중 Pb의 정량은 식품 공전⁽⁸⁾에 따라, Sn의 정량은 AOAC법⁽¹¹⁾에 따라 실시하였다. 즉, 오렌지 주스 100 ml를 취하여 습식분해를 시킨 후 추출과정을 거쳐 원자흡광분광광도계(Perkin-Elmer Co., Model 2380)로 air-acetylene을 이용하여 중금속의 농도를 각각 측정하였다. Pb와 Sn의 표준용액(일본 昭和化學주식회사 제품)을 이용하여 검량선을 작성하고 여기에서 시험용액의 농도를 구하였으며 모든 분석은 2반복 실시하여 그의 평균값으로 표현하였다. 회수율 시험결과 Pb는 90%, Sn은 60%를 나타내었으나 분석결과에는 반영하지 않았다.

pH의 측정

흔들어 혼합한 주스 시료의 pH를 pH 메타(Corning Model 220)에 의하여 2번씩 측정하여 평균값을 구하였다.

결과 및 고찰

유통 주스의 중금속 함량

농도범위별 중금속 함량 : 시중에서 유통되고 있는 오렌지 주스 중 수집한 53개 시료의 Pb와 Sn 농도를 분석한 결과는 Table 1과 같다. 모든 시료의 평균치를 보면 Pb 0.225 mg/kg, Sn 40.7 mg/kg이었다. Pb의 평균농도는 식품위생법에서 규정된 과채류음료중 Pb의 허용기준인 0.3 mg/kg의 75% 수준이었고, Sn의 평균농도는 허용기준인 150 mg/kg의 27% 수준이었다.

수집된 53개 시료중 Sn 농도가 허용기준을 넘는 시료는 하나도 없었으나 Pb 농도가 허용기준을 넘는 시료는 9개로 전체 시료의 17%를 차지하였다. 시료중 두 가지 중금속의 분포상태를 보기 위하여 분산계수(CV)를

Table 1. Detection frequency of lead and tin in canned orange juice samples (Unit: mg/kg)

Range	Pb		Sn		%
	No. of Samples	% Frequency	Range	No. of Samples	
<0.10	7	13.2	<20	3	5.7
0.11-0.20	19	35.8	21-40	25	47.2
0.21-0.30	18	34.0	41-60	19	35.8
0.31-0.40	5	9.4	61-80	6	11.3
>0.41	4	7.5	>81	0	0
Mean±SD	0.225±0.137		40.7±10.0		
CV(%)	60.9		24.5		
Detection limit	0.01		0.1		

Table 2. Detection data of lead and tin in orange juices from different processors

	Lead		Tin	
	Brand A	Brand B	Brand A	Brand B
No. of samples	32	21	32	21
Detection range (mg/kg)	0.024~0.657	0.016~0.525	16.5~48.9	36.9~76.4
Mean±SD ^{a)} (mg/kg)	0.238±0.149	0.205±0.105	32.0±8.8	54.0±10.3

^{a)}Means of lead content in brand A & B are not significantly different whereas those of tin content in brand A & B are significantly different at p<0.05 by t-test

계산한 결과 Pb는 60.9%, Sn은 24.5%로써 Pb가 Sn보다 평균값을 중심으로 넓게 분포되어 있었고 시료에 따른 농도의 차이가 크다는 것을 알 수 있었다.

제조 회사별 중금속 함량 : 수집한 53개 오렌지 주스의 Pb와 Sn 농도를 brand별로 표현하면 Table 2와 같다. Pb의 평균농도는 brand A 0.238 mg/kg, brand B 0.205 mg/kg으로서 5% 유의 수준에서 t-test 결과 brand간에 유의적 차이가 없었다. 한편 Sn의 경우는 brand A 32.0 mg/kg, brand B 54.0 mg/kg으로서 brand간에 유의적 차이가 있었다.

Table 2에서 각 평균에 대한 시료들의 분포상태를 비교하기 위해 분산계수를 구하면 Pb 농도에서 brand A는 62.6%, brand B는 51.2%였으며 Sn의 경우 brand A는 27.7%, brand B는 19.1%였다. 그러므로 Pb와 Sn 모두 brand A는 brand B에 비해 넓은 범위에 분포되어 있고 시료에 따른 농도의 차이가 크다는 것을 알 수 있었다.

유통 기간별 중금속 함량 : 두 제조회사에서 생산된 캔 오렌지 주스의 제조 후 경과 시간에 따른 Pb 및 Sn 농도를 비교한 결과는 Table 3 및 Fig. 1, 2와 같다.

우리나라 식품위생법⁽⁸⁾에서 과채류 음료의 권장 유통기한은 캔 포장제품일 경우 24개월로 되어 있다. 본 실험에 사용된 53개 주스 시료중 권장 유통기한을 초과한 제품은 3개였으나 이들 시료의 Pb 및 Sn 농도는 허용

Table 3. Detection data of lead and tin in canned orange juices after manufacturing

Time elapsed (month)	No. of samples	Lead(mg/kg)	Tin(mg/kg)
		Mean±SD	Mean±SD
0~6	26	0.174±0.070	35.4±13.7
7~12	15	0.309±0.179	42.5±10.5
13~18	7	0.252±0.159	49.0±17.7
19~24	2	0.171±0.067	48.7±23.4
25~30	3	0.222±0.076	53.4±8.0

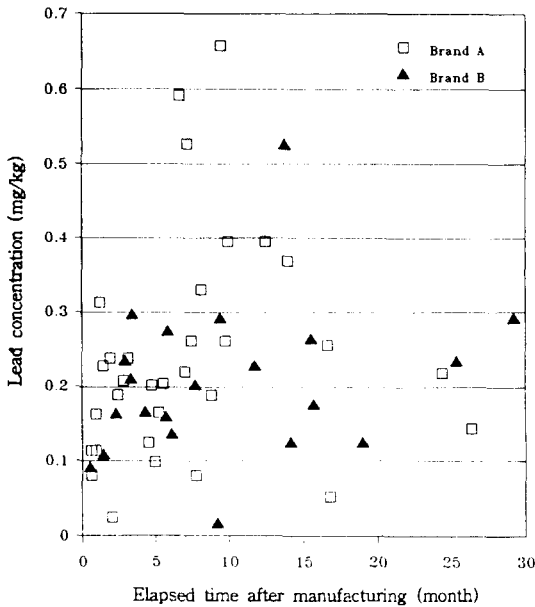


Fig. 1. Distribution of lead content of canned orange juices with various elapsed times after manufacturing

기준을 초과하지 않았다. 한편 Pb의 허용기준이 초과된 9개 시료중 brand A는 8개, brand B는 1개를 차지하였다.

유통기간의 경과에 따른 Pb 농도를 5% 유의 수준에서 회귀분석한 결과 상관계수는 0.15였고 회귀방정식은 $Y = 0.199 + 0.003X$ 이었다. 변수 X와 Y사이의 연관성에 대한 유의성 검정 결과 기간과 Pb 농도간에는 상관관계가 없었다. 한편 경과기간에 따른 Sn 농도를 5% 유의 수준에서 회귀 분석한 결과 상관계수는 brand A의 경우 0.50, brand B의 경우 0.49이었으며 변수 X와 Y사이의 연관성에 대한 유의성 검정 결과 두 brand 모두 상관관계가 있었다. 제조 후 경과 기간에 따른 Sn 농도의 회귀방정식을 보면 brand A, B의 경우 기울기는 각각 0.68, 0.64로 한 달이 경과할 때 마다 Sn 농도가 평균 0.66 mg/kg씩 증가한다고 볼 수 있다. 밀폐된 용기내에서 Sn의 용출현상은 점선으로 표시한 바와 같이 제한된 산소농도 때문에 유통기간 초기에는 Sn의 용출이 빨랐

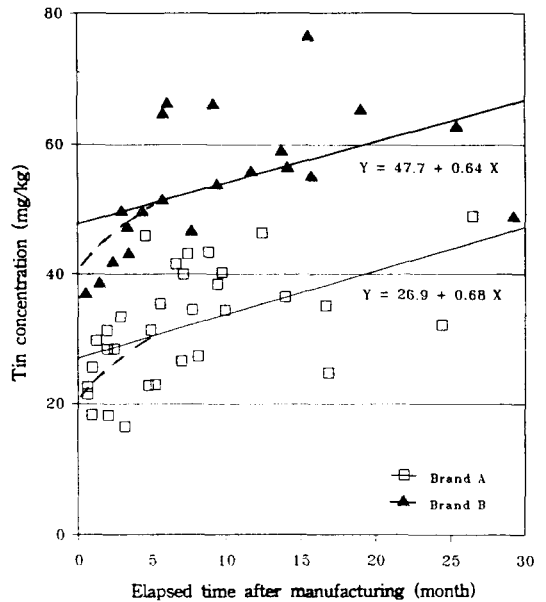


Fig. 2. Linear regression plots for the tin content of canned orange juices

으나 후기에는 그의 용출이 매우 완만해진다고도 할 수 있을 것이다.

이러한 결과는 미국에서 시판되고 있는 grapefruit 쥬스의 Sn 농도가 제조 후 경과기간에 따라 증가한다는 Rouseff 등⁽⁴⁾의 결과와 비슷하다. 그러나, 그들의 보고에서 제조 후 경과 기간의 범위가 1~7개월이었고, Sn 농도의 범위는 34~180 mg/kg으로 넓었으며 판매 조건에서 6개월 이상 저장시 Sn 농도가 125 mg/kg이라는 결과와는 차이를 보이고 있다. 이것은 통조림 캔 재료의 차이, 제조방법의 차이, 제조 후 보관 조건의 차이 등에 기인한다고 볼 수 있다.

본 연구에서 유통기간에 따른 Pb와 Sn 농도의 변화 경향은 현저히 달랐는데 이는 캔 용기에서 Pb와 Sn이 용출되는 면이 다르며 쥬스와 접촉하여 용출되는 메카니즘이 다르기 때문이라 생각된다. 즉 주석캔(tin can)에 포장된 식품에서 납의 주 오염원은 캔 옆면의 이음새를 봉하는데 사용한 납땀이며 이에 반해 주석은 용기의 전면을 통해 용출될 가능성이 있기 때문이다.

쥬스의 개봉 저장중 중금속 함량의 변화

실온 보관 : 오렌지 쥬스를 개봉 후 즉시 분석하고 개봉한 시료를 더운 계절인 8월에 그대로 실온에 보관하면서 일정량을 취하여 pH, Pb 농도, Sn 농도를 분석한 결과는 Fig.3과 같다. 개봉 즉시 pH는 brand A 3.3, brand B 3.4이었고 저장 기간중 두 회사 제품 모두 pH의 큰 변화는 없었다.

개봉 즉시 brand A의 Pb 농도는 0.14 mg/kg으로 보관

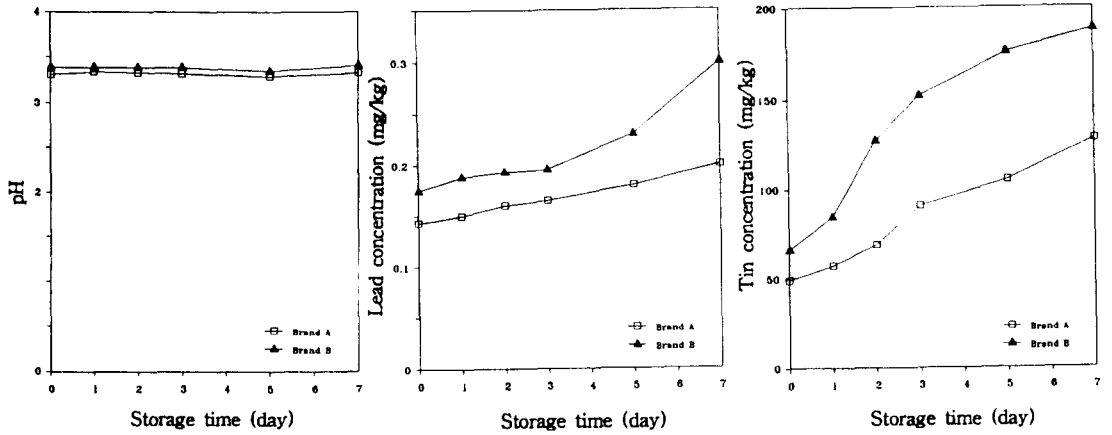


Fig. 3. pH and metal contents of canned orange juices during storage at room temperature after opening

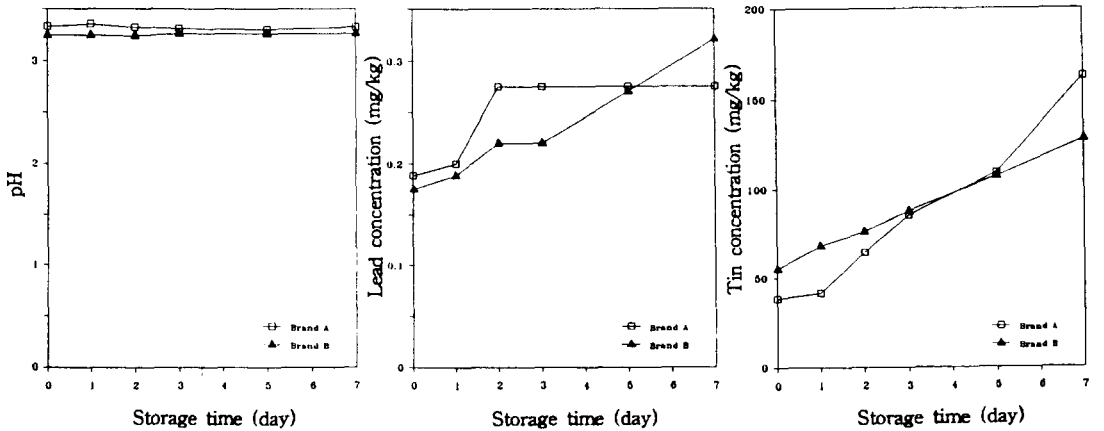


Fig. 4. pH and metal contents of canned orange juices during storage in refrigerator after opening

시간이 경과함에 따라 1일에 약 0.01 mg/kg씩 증가하여 7일 저장 후에는 0.20 mg/kg에 이르렀으며 저장 전보다 43% 증가하였다. 개봉 즉시 brand B의 Pb 농도는 0.18 mg/kg으로 저장 후 1일 0.01 mg/kg씩 증가하였으나 5일부터는 그 농도가 급격히 증가하여 7일 후에는 0.30 mg/kg에 이르렀고 저장 전에 비하여 67%나 증가하였다.

개봉 즉시 brand A의 Sn 농도는 49 mg/kg으로 저장 후 1일에 평균 20%씩 증가하여 7일이 경과했을 때 저장 전의 2.6배로 증가하였다. 한편 brand B의 Sn 농도는 개봉 즉시 66 mg/kg으로 저장 후 1일에 평균 25%씩 증가하였다. Brand B의 Sn 농도는 3일 저장 후부터 허용기준인 150 mg/kg을 초과하였고 7일이 경과했을 때 저장 전의 2.8배로 증가하였다.

Sn 농도는 brand A와 B 모두 개봉 후 저장기간이 경과함에 따라 급속히 증가하는데 이러한 현상은 주석의 부식을 촉진시키는 여러 인자 중 계속적으로 공급되는 산소가 큰 영향을 미쳤기 때문이라 예상된다⁽⁴⁾. 이에 반하여 Pb 용출은 용기의 옆면 이음새 부분에서

주스와의 접촉 비율에 의존하고 개봉에 따른 산소의 영향을 적게 받기 때문에 Sn보다는 완만하게 증가한 것으로 생각된다.

냉장 보관: 오렌지 주스를 개봉 후 즉시 분석하고 개봉한 시료를 그대로 냉장고에 보관하면서 일정량을 취하여 pH, Pb 농도, Sn 농도를 분석한 결과는 Fig. 4와 같다. 개봉 즉시 pH는 두 brand 모두 3.3이었고 저장 기간중 pH의 큰 변화는 없었다. 개봉 즉시 brand A의 Pb 농도는 0.19 mg/kg으로 저장 후 2일까지 급격히 증가하였으나 그 후에는 큰 변화가 없었다. 7일 저장했을 때 Pb 농도는 저장 전에 비하여 1.5배로 증가하였다. 개봉 즉시 brand B의 Pb 농도는 0.18 mg/kg으로 저장 후 25시간마다 평균 7%씩 증가하였으며 7일이 경과했을 때는 저장 전의 1.8배가 되었다.

이⁽⁴⁾의 실험에 의하여 개봉 후 즉시 오렌지 주스의 Pb 농도를 분석한 결과 0.55 mg/kg으로 이미 허용기준을 초과하였으며 냉장고에서 3일 보관했을 때 Pb 농도는 0.92 mg/kg으로 저장 전의 1.7배로 증가하였다. 본 실험

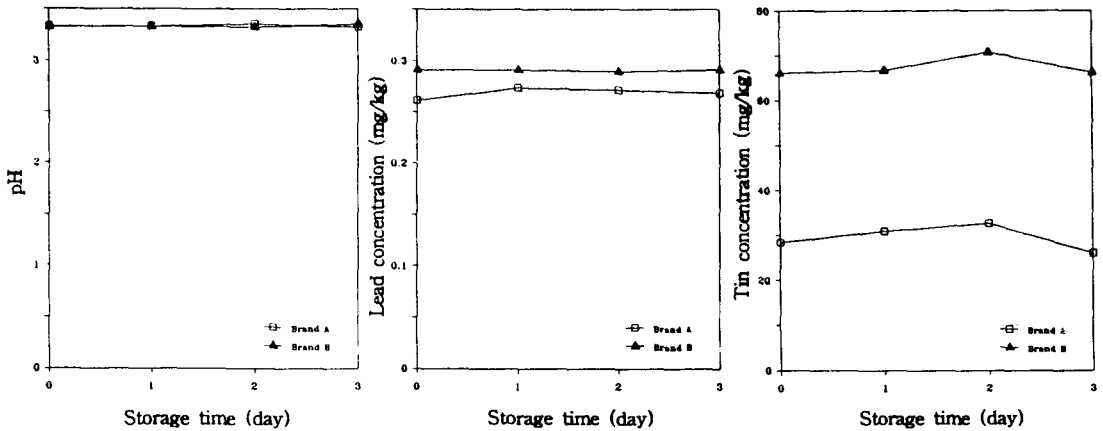


Fig. 5. pH and metal contents of canned orange juices during storage in refrigerator after transferring to glass container

에서는 냉장고에 보관시 5일까지는 허용기준을 초과하지 않았으나 권장 유통기한안에 있던 50개 오렌지 쥬스 중 18%에 해당하는 9개 시료가 이미 허용기준을 초과했던 것을 감안하면 현재 유통되고 있는 캔 오렌지 쥬스를 개봉 후 냉장 보관하게 되면 허용기준을 초과하는 경우가 많아질 것으로 예상된다.

개봉 즉시 brand A의 Sn 농도는 38 mg/kg으로 저장 후 24시간마다 평균 25%씩 증가하였으며 7일 저장했을 때 저장 전의 4.2배로 증가하였다. 개봉 즉시 brand B의 Sn 농도는 55 mg/kg으로 저장 후 24시간마다 평균 13%씩 증가하였으며 7일 저장 후에는 2.3배로 증가하였다. 즉 오렌지 쥬스를 개봉하여 냉장고에 보관하면 Sn 농도가 증가하였고 1주일 저장시 허용기준에 근접하거나 초과하는 경우도 있었다. 이러한 결과는 저장 전 오렌지 쥬스의 Sn 농도는 52 mg/kg이었으나 개봉 후 냉장고에 1주일 동안 보관하면 175 mg/kg으로 증가한다는 Greger 등⁽⁵⁾의 결과와 비슷하였고 저장 전 Sn 농도는 69 mg/kg이었으나 냉장고에 3일 보관 후 85 mg/kg으로 증가한다는 이⁽⁹⁾의 결과와도 비슷하였다.

이와같이 개봉한 시료를 그대로 실온이나 냉장고에 보관하면 저장 기간에 따라 pH는 크게 변화하지 않았으나 7일 저장 후 Pb 함량은 실온 보관시 1.4~2.1배로 증가하였고 냉장 보관시 1.5~1.8배로 증가하여 냉장 보관시 Pb 함량의 증가율이 적은 것을 볼 수 있었다. Sn의 경우 brand B는 실온 보관시 2.8배, 냉장 보관시 2.3배로 증가하여 실온 보관에 비해 냉장 보관시 Sn 함량의 증가율이 적었으나 brand A는 냉장보관시 그의 증가율이 더 컸다. 그러므로 실온 보관에 비해 냉장 보관시 중금속의 증가율이 적었으나 시료에 따른 차이도 배제할 수는 없었다.

유리 용기에 옮겨서 실온 보관 : 오렌지 쥬스를 개봉 후 즉시 분석하고 개봉한 시료를 비이커에 옮겨 투명

랩으로 덮어서 실온에 보관하였다. 실험시기는 8월이었고 보관 후 1일, 2일, 3일에 각각 일정량을 취하여 pH, Pb 농도, Sn 농도를 분석하였다.

pH는 보관기간이 증가해도 거의 변화하지 않았다. 개봉 즉시 brand A의 Pb 농도는 0.24 mg/kg으로 2일 저장 후 10% 증가하였고 brand B의 경우는 3일 저장 후 10% 증가하였다. 서⁽¹⁰⁾는 오렌지 쥬스를 개관 즉시 초자기구에 옮겨 담아 실온에서 5일 방치한 경우 Pb 농도는 개관 직후와 같았다고 하였으나 본 실험에서는 2~3일 보관 후 약간 증가하였다. 쥬스를 옮겨 담은 비이커에서도 약간의 Pb는 용출될 가능성이 있다고 생각 된다.

개봉 즉시 Sn 농도는 brand A가 35 mg/kg, brand B가 66 mg/kg이었고 저장기간 동안 두 brand 모두 큰 변화는 인정할 수 없었다. 유리 용기에서 Sn의 용출은 기대할 수 없으며 오렌지 쥬스를 개관 즉시 유리기구에 옮겨 담아 실온에서 5일 방치하여도 별로 변화가 없다는 실험 결과⁽¹⁰⁾와도 일치한다.

유리 용기에 옮겨서 냉장 보관 : 오렌지 쥬스를 개봉 후 즉시 분석하고 개봉한 시료를 비이커에 옮겨 담아서 냉장고에 보관하면서 일정량을 채취하여 pH, Pb 농도, Sn 농도를 분석한 결과는 Fig.5와 같다.

3일 동안 pH는 brand A와 brand B 모두 3.3~3.4로 큰 변화는 없었다. 개봉 직후 Pb 농도는 두 brand에서 0.26~0.29 mg/kg으로 저장 후 3일까지 그 농도에 큰 변화가 없었다. 오렌지 쥬스를 개봉 후 유리 용기에 옮겨 실온에 저장 시에는 2일 후에 Pb 농도가 약간 증가했던 먼지의 실험결과는 대조를 이룬다. 저장온도가 냉장은 도이기 때문에 유기 용기로부터 Pb의 용출이 억제되었기 때문이 아닌가 생각한다. 개봉 직후 Sn 농도는 28 또는 66 mg/kg으로 저장 기간중 두 brand 모두 큰 변화가 없었다.

요 약

현재 국내에서 유통되고 있는 캔 오렌지 쥬스의 중금속 (Pb, Sn) 함량과 쥬스의 개봉 저장중 이들 중금속의 함량변화를 습식 분해 후 추출과정을 거쳐 원자흡광광도계로 분석하였다. 오렌지 쥬스 53개 시료중 중금속의 평균농도는 Pb 0.225 mg/kg, Sn 40.7 mg/kg이었다. 쥬스의 유통기간 경과에 따라 Pb 농도는 거의 증가하지 않았으나 Sn 농도는 한달이 경과할 때마다 평균 0.66 mg/kg씩 증가하는 것으로 나타났다. 개봉한 시료를 그대로 실온과 냉장고에 보관한 결과 Pb 농도는 7일 경과 후에 저장 전의 1.7~1.8배로 증가하였고 Sn 농도는 1일 평균 20%씩 증가하여 7일 경과 후에 저장 전의 약 3배로 증가하였다. 또한 개봉한 시료를 유리 용기에 옮겨 담아 실온과 냉장고에 보관한 결과 Pb와 Sn 농도는 저장 기간중 큰 변화가 없었다. 결론적으로 보아 유통되고 있는 캔 오렌지 쥬스는 권장 유통기한 이내의 제품에서도 Pb 함량이 법적 기준을 초과하는 빈도가 18%나 되므로 생산 공정 또는 유통 기간 중의 규제용 검사를 강화해야 될 것이며 캔 오렌지 쥬스를 개봉한 후에는 Pb나 Sn의 농도가 크게 증가하므로 사용상의 주의를 필요로 한다.

문 헌

1. Rouseff, R.L. and Ting, S.V.: Lead uptake of grapefruit juices stored in cans as determined by flameless ato-

- mic absorption spectroscopy. *J. Food Sci.*, **45**, 965 (1980)
2. Thomas, B., Edmunds, J.W. and Curry, S.J.: Lead content of canned fruit. *J. Sci. Food Agric.*, **26**, 1(1975)
3. Nagy, S. and Nikdel, S.: Tin, iron, and aluminum contents of commercially canned single-strength grapefruit juice stored at varying temperatures. *J. Agric. Food Chem.*, **34**, 588(1986)
4. Rouseff, R.L. and Ting, S.V.: Effects of pH, storage time and temperature on the tin content of single strength canned grapefruit juice. *J. Food Sci.*, **50**, 333 (1985)
5. Greger, J.L. and Baier, M.: Tin and iron content of canned and bottled foods. *J. Food Sci.*, **46**, 1751(1981)
6. Chaney, R.L., Hornick, S.B. and Simon, P.W.: In *Safety of Foods*, 2nd ed., Graham, H.D., Avi Publishing Co., Westport, CT, p.432(1980)
7. Greger, J.L. and Johnson, M.A.: Effect of dietary tin on zinc, copper and iron utilization by rats. *Food Cosmet. Toxicol.*, **19**, 163(1981)
8. 보건사회부: 식품공전, p.227-230, 434-436(1988)
9. 이덕행: 식품중의 미량금속에 관한 조사 연구. 서울특별시 보건연구소보, **11**, 181(1975)
10. 서순희: 시판 통조림 제품의 중금속량의 경시적 변화. 경북대학교 대학원 석사학위논문 (1983)
11. AOAC: *Official Methods of Analysis*, 13th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. p.410-411(1980)

(1993년 1월 4일 접수)