J. Fd Hyg. Safety
Vol. 24, No. 1, pp. 56~62 (2009)

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

과실쥬스 및 음료에서 파튤린 오염실태 조사

엄준호* · 변정아 · 박유경 · 서은채 · 이은미 · 김미라 · 선남규 · 김창수 · 정우영 · 정래석 · 나미애 · 이진하
대전지방식품의약품안전청 시험분석과

Monitoring of Patulin Levels in Fruit Juices and Beverages

Joon Ho Eom*, Jung A Byun, You Gyoung Park, Eun Chae Seo, Eun Mi Lee, Mi Ra Kim, Nam Kyu Sun, Chang Soo Kim, Woo Young Jung, Rae Seok Jung, Mi Ae Na, and Jin Ha Lee
Test & Analysis Division, Daejeon Regional Food and Drug Administration
(Received August 26, 2008/Revised March 1, 2009/Accepted March 11, 2009)

ABSTRACT – Patulin, a mycotoxin mainly produced by *Penicillium* and *Aspergillus*, is found in various foods. In the present, a maximum acceptable level for patulin is established at 50 μ*g/kg*(ppb) in apple juices and apple concentrates in Korea. But patulin may be detected in foods produced with other fruits. In the present study, patulin contamination was analyzed in 520 samples of fruit juices and beverages, and 50 samples of fruit juice concentrates. High performance liquid chromatography(HPLC) was applied to quantitatively analyze patulin levels in samples and liquid chromatography-mass spectrometry(LC/MS/MS) was used to remove false positive results. The results showed that three samples of 520 fruit juices and beverages and five samples of 50 fruit juice concentrates were contaminated by patulin, 9.8 - 18.0 μ*g/kg* and 4.7 - 18.2 μ*g/kg* respectively. Contaminated samples were produced with apple, orange or pear. This indicates that it is necessary to extend the regulatory range of patulin. In the other hands, the present study confirmed the effectiveness of LC/MS/MS analytical method to remove false positive results.

Key words: fruit juice, patulin, monitering

파튤린(patulin)은 다양한 식품(살구, 포도, 복숭아, 배, 사과, 올리브, 시리얼 등)에서 *Byssochlamys, Eupenicillium, Penicillium, Aspergillus, Paecilomyces*와 같은 여러 곰팡이 종에 의해 생산되는 대사산물 즉 polyketide lactone이다[1-4]. 파튤린 생산 곰팡이종 중에서 농업적으로 가장 중요한 것은 *Penicillium expansum*이며 사람에게 위해를 줄 수 있는 주요 파튤린 오염원으로는 사과와 사과쥬스가 알려져 있다[5].

파튤린에 대한 독성 평가는 1995년에 WHO의 JECFA(the Joint Expert Committee on Food Additives)에 의해 실시된 바 있는데 이에 의하면, 동물실험에서 확인된 파튤린의 급성 독성 증상은 경련, 호흡곤란, 위장관의 부종, 궤양 그리고 충혈 등이다. 그 외에 보고된 독성으로는 세포독성, 유전독성, 면역독성 등이 있다. 특히 면역독성과 관련하여서는 사람에게 알레르기 반응을 유발할 수 있는 것으로 보고되어 있다. 그 밖에 생식 및 발생독성은 보고된 바가 없으며 이전에 Dickens 등[6]이 보고한 발암성과 관련하여서는 그 연구가 실험방법 상에 문제가 있었던 것으로 평가되고 있다.

우리나라를 포함하여 세계 여러 나라들은 파튤린의 독성, 섭취허용량 등을 고려하여 식품 중 파튤린 허용 기준을 정하고 있는데 그 기준의 범위는 20 - 50 μg/kg이다. 우리나라도 2004년 고시 제2004-18호에 의해 사과쥬스 및 사과쥬스농축액에 대하여 파튤린 허용기준을 50 μg/kg으로 정한 바 있다. 그러나 과실쥬스 등에 의한 파튤린 노출 가능성에도 불구하고 파튤린에 대한 국내의 기초 및 오염실태 연구는 매우 미미한 실정이다. 기초학문적 연구로는 백 등[7]에 의한 수확 후 과실류에 발생하는 진균독소의 탐색 및 방제 연구와 강 등[8]에 의한 곰팡이 혼합배양이 aflatoxin 및 파튤린 생성에 미치는 영향에 관한 연구 등이 있으며 파튤린 오염 실태에 대한 체계적인 조사 연구로는 식품의약품안전청에서 수행한 김 등[9]의 연구와 오 등[10]에 의한 연구가 있다. 그러나 두 조사 연구 모두 파튤린 분석시 LC/MS/MS를 활용하지 않았으며 식품공전 상의 HPLC 시험법 또는 이와 유사한 시험법을 사용하였다. 김 등[9]에 의한 모니터링 연구는 파튤린에 대한 기준 및 규격이 정해지기 전인 2001년에 수행한 연구였다.

*Correspondence to: Joon Ho Eom, Test & Analysis Division
Tel: 82-42-480-3870
E-mail: jheom99@kfda.go.kr

따라서 본 연구에서는 파튤린 분석시 LC/MS/MS를 활용하여 정확성을 향상시키고 사과쥬스 이외의 다양한 과실쥬스에 대해 파튤린 오염실태를 조사함으로써 파튤린에 대한 기준 및 규격의 제·개정에 유용한 과학적 분석자료를 마련하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 시약

본 연구에 사용한 과실쥬스 및 음료는 서울, 부산, 대전, 제주 등 대도시의 대형 할인매장 및 백화점에서 구입하였으며 과실쥬스농축액은 4개의 국내제조업체에서 구입하였다. 실험 표본의 구입시 가능한 다양한 종류를 구입하여 표본의 대표성이 유지하도록 하였다.

파튤린 표준물질은 Sigma사(Steinhein, Germany)에서 구입한 것을 사용하였으며 이동상 제조에 사용되는 테트라하이드로푸란(tetrahydrofuran)은 J.T. Baker사(Phillipsburg, USA)에서 구입하여 사용하였다.

2. 실험방법

표준용액의 조제

파튤린 표준원액은 표준품 5 mg을 달아 에틸아세테이트에 용해한 후 200 μg/m*l* 농도가 되도록 조제하여 알루미늄호일로 싸서 냉동보관하며 사용하였다. 또한 분석에 사용하기 위한 표준용액은 파튤린 표준원액 0.1 m*l*을 취하여 10 m*l* 정용플라스크에 넣고 40 °C에서 질소 농축하여 건조한 후 초산용액(초산을 사용하여 물의 pH 를 조정한 액)으로 적절히 희석하여 사용하였다.

시험용액의 조제

시료 5 g을 시험관(I)에 정확히 취하여 에틸아세테이트 10 m*l*를 넣고 1분간 격렬하게 흔들어 섞은 후 정치하여 파스퇴르 피펫으로 상층액을 다른 시험관(II)에 옮긴다. 시험관(I)에 에틸아세테이트 10 m*l*를 넣고 1분간 격렬하게 흔들어 섞은 후 정치하여 상층액을 위의 시험관(II)에 합한다. 이 에틸아세테이트 추출액에 1.5 % 탄산나트륨 2 m*l*를 넣고 1분간 격렬하게 흔들어 섞은 후 정치하여 상층액을 다른 시험관(III)에 옮긴다. 시험관(II)에 에틸아세테이트 5 m*l*를 넣고 격렬하게 흔들어 섞어 정치한 후 상층액을 위의 시험관(III)에 합한다. 이 에틸아세테이트 추출액에 무수황산나트륨 5 g을 넣고 30초간 격렬하게 흔들어 섞은 후, 에틸아세테이트 층을 농축용 시험관(IV)에 옮긴다. 시험관(III)에 남은 무수황산나트륨을 5 ml의 에틸아세테이트로 2회 세척하여 시험관(IV)에 모은 다음 40 °C에서 완전히 질소 농축한 후 에틸아세테이트 5 ml로 시험관 기벽을 잘 씻은 다음 다시 완전히 질소 농축한다. 이 잔류물을 초산 용액 0.5 m*l*에 용해하여 시험용액으로 사용하였다.

HPLC 분석

HPLC는 diode array 검출기가 부착된 Shiseido SI-2 시스템을 사용하였고 분리칼럼으로는 Shiseido C18 Capcellpak UG-120 (4.6 mm × 250 mm, 5 μm particle size)를 사용하였다. 이동상은 등배조건으로 유속 0.5 m*l*/min으로 흘려보내졌으며 칼럼온도는 40 °C를 유지시켰다. 분석조건은 Table 1와 같으며 검출파장은 UV 276 nm로 하였다.

LC/MS/MS 분석

HPLC로 분석된 파튤린의 최종 확인을 위해 LC/MS/MS를 사용하였다. 기기는 Applied Biosystems사의 API-4000 Q TRAP를 사용하여 ESI 모드로 분석하였다. 분석 조건은 Table 2에 나타내었다.

결과 및 고찰

1. 파튤린 분석 조건의 확립

본 연구에 사용된 검체 즉 과실쥬스 및 음료들은 검체에 따라 구성성분들이 매우 다양했기 때문에 파튤린 피크가 다른 성분들에 의한 peak와 명확하게 구별되면서 분리시간도 너무 길지 않는 조건을 확립하기 위해 식품공전에

Table 1. HPLC analysis condition

Column	Shiseido, C18 Capcellpak UG-120 (4.6 mm × 250 mm, 5 μm)
Mobile phase	0.5% THF
Run time	50 min
Flow rate	0.5 mL/min
Injection volume	20 μL
Detector	UV(PDA), 276 nm

Table 2. LC/MS/MS analysis conditions

Ionization mode	ESI - Electrospray Negative mode		
Source Temperature	550.0 C		
Curtain gas	15.00		
IS(Ion Spray) voltage	-4500.00		
Mobile Phase	H_2O : Acetonitrile = 80 : 20		
Flow rate	0.2 mL/min		
Column	Capcell Pak C18 (Shiseido MG 2.0 × 150 mm, 5 um)		
Injection Volume	10 μ*l*		
MRM detection			
Q1 Mass (amu)	Q3 Mass (amu)	CXP	Dwell (msec)
153.2	134.7	-5	150
153.2	125.2	-1	150
153.2	109.2	-5	150

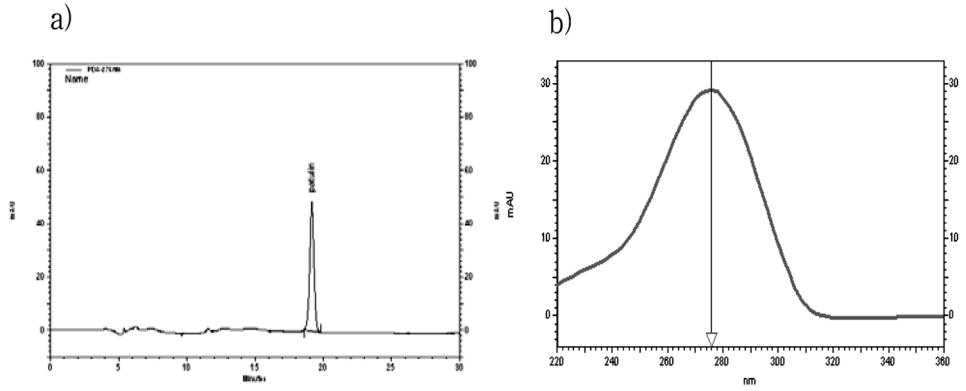

Fig. 1. HPLC analysis of patulin standard a) chromatogram b) UV spectrum.

제시된 분석조건을 약간 수정하여 사용하였다. 즉 이동상의 경우 식품공전 시험법에서는 0.8 % 테트라하이드로푸란 용액을 사용하도록 하고 있으나 본 시험에서는 0.5 % 테트라하이드로푸란 용액을 사용하였으며 컬럼도 C_{18}(3.9 mm × 300 mm, 4 μm) 대신 C_{18}(4.6 mm × 250 mm, 5 μm) 규격을 사용하였다. 이와 같은 분석조건에서 분리된 파툴린 표준품의 LC chromatogram은 Fig. 1의 a)와 같으며 이 파툴린 피크에 대한 220 - 360 nm까지의 UV spectrum은 Fig. 1의 b)와 같다.

2. 분석방법의 검증

검량선의 직선성 및 검출한계(LOD)

현재 사과쥬스에 대한 파툴린 허용기준이 50 μg/kg(ppb)인 점과 파툴린 분석을 위한 시료의 전처리 과정에서 시료가 최종적으로 10배 농축된다는 점 등을 고려하여 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000 μg/L(ppb) 표준용액을 사용하여 검량선을 그리고 그 직선성을 확인한 결과 상관계수(R^2)가 0.999이상인 것으로 나타나 피크 높이와 파툴린 농도 간에 높은 직선적 상관관계를 확인할 수 있었다.

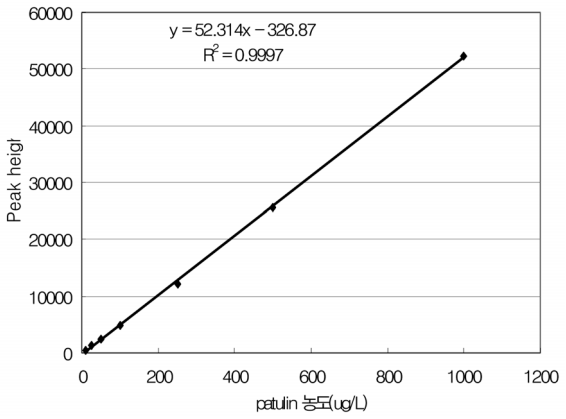

Fig. 2. Calibration curve generated from peak height and the concentration of patulin standards.

또한 ICH의 "Validation of analytical procedures : text and methodology Q2(R1)"에 따라 검량선의 표준편차를 사용하여 검출한계를 계산한 결과, 8 μg/L(ppb)인 것으로 계산되었다.

회수율 측정

본 연구에 사용한 분석법(파툴린 추출방법)의 타당성을 확인하는 방법의 하나로 회수율을 측정하였다. 회수율 측정을 위한 검체는 분석 검체 중 가장 점유율이 높은 5가지 과일종 즉 사과, 포도, 오렌지, 감귤 및 배 과즙으로 만들어진 과실쥬스를 사용하였으며 파툴린 첨가(spiking) 농도는 사과쥬스의 허용기준인 50 μg/kg를 고려하여 결정하였다. 회수율 측정 결과 Table 3에서 보는 바와 같이 높은 회수율을 나타내어 본 연구방법을 사용한 파툴린 추출에는 문제가 없는 것으로 사료되었다.

Liquid chromatography-mass spectrometry (LC/MS/MS) 활용의 유용성 검증

high performance liquid chromatography(HPLC/PDA)만을 사용하여 파툴린을 분석하는 방법은 위양성 결과들을 양산할 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는 이와 같은 가능성을 최소화하기 위하여 위양성으로 의심이 되는 피크에 대해서는 LC/MS/MS 분석을 병행하였다. Fig. 3은 위양성 피크(Fig. 3c)를 LC/MS/MS를 사용하여 분석한 한 예를 보여주고 있다. 이 그림에서 보는 바와 같이 LC/MS/MS의 활용은 HPLC/PDA 분석으로 구분하기 어려운 위

Table 3. Recovery of patulin from fruit juices spiked at 50 ppb

Fruit juices	Recovery(%)
apple juice	88.0 ± 3.3
grape juice	92.8 ± 3.0
orange juice	97.2 ± 1.1
tangerine juice	77.2 ± 5.4
pear juice	101.2 ± 2.1
water(pH 4.0)	94.6 ± 7.1

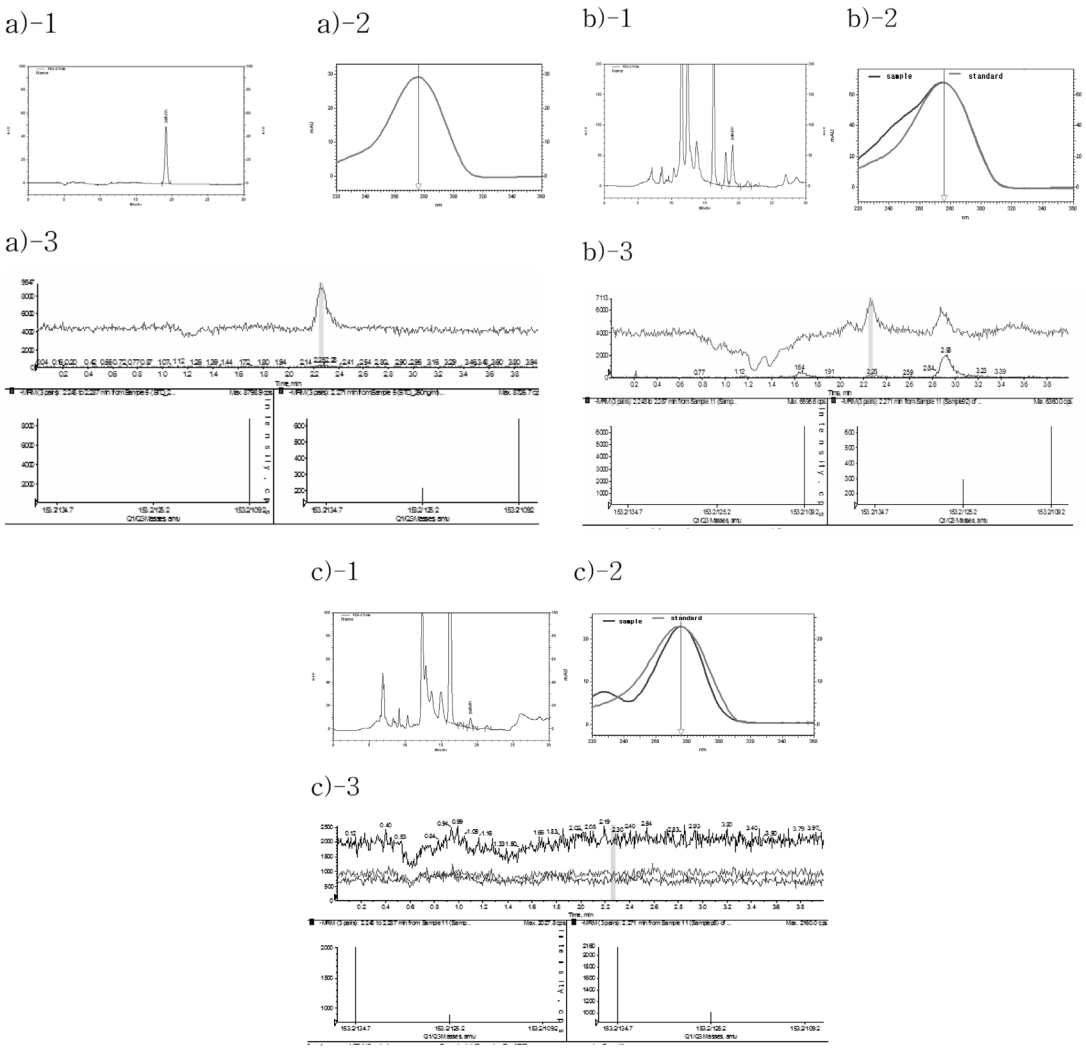

Fig. 3. Comparison of analysis using high performance liquid chromatography(HPLC & PDA) and liquid chromatography-mass spectrometry(LC/MS/MS) a) patulin standard b) the sample contaminated by patulin c) the sample uncontaminated but suspected.

양성 피크를 명확히 확인할 수 있어 파툴린 분석의 정확성을 크게 향상시킬 수 있었다.

3. 원료 과일의 산지 및 종류에 따른 파툴린

분석 결과

본 연구에 사용된 과실쥬스 및 음료 총 520건의 원료 과일은 제품의 표시사항을 통해 확인한 결과, 국산 12.5 %, 외국산 87.5 %로 구분되었다(Table 4). 과일 원산지는 총 22개 국가에 분포하였으며 국가별로 분석해 보면 미국 34.1 %, 브라질 14.1 %, 터키 8.6 % 순으로 나타났다.

또한 Table 5에서 보는 바와 같이 분석대상 과실쥬스 및 음료의 원료 과일은 32종이었으며, 사과 27.9 %, 포도 20.8 %, 오렌지 19.4 % 순으로 3종의 과일이 함유된 과실쥬스 및 음료가 분석시료의 68.1 %를 차지하였다(Table 5).

파툴린 분석 결과, Table 5와 같이 사과 음료에서 각각 9.8 μg/kg(미국산 원료), 18.0 μg/kg(터키산 원료)가 검출되었고, 오렌지에서 10.6 μg/kg(브라질산 원료)가 검출되었다. 이외의 과일을 원료로 한 과실쥬스 및 음료에서는 파툴린이 검출되지 않았다.

4. 과실쥬스 및 음료의 유통기한별 파툴린 분석 결과

파툴린을 생산하는 곰팡이의 종류 및 생장조건 그리고 과일에 서식하는 곰팡이 종류는 과일마다 차이가 나기 때문에 과실쥬스 및 음료의 제조에 사용된 과일의 수확시기에 따라 파툴린 오염도가 달라질 수 있다. 이러한 분석이 가능하기 위해서는 1) 각 검체들의 제조시기를 알 수 있고 2) 수확된 과일은 보관되지 않고 즉시 과실쥬스농축액 제조에 사용되며 3) 과실쥬스농축액은 과실쥬스나 음료 제조에 사용되기 전까지 파툴린이 분해되지 않는 조건에서

Table 4. Origins of fruit material used in the production of fruit juices and beverages

Fruit origin		%
Domestic		12.5
Foreign		87.5
	USA	34.1
	Brazil	14.1
	Turkey	8.6
	Spain	8.1
	China	7.5
	Israel	7.3
	France	4.4
	Taiwan	3.1
	Germany	2.9
	Australia	2.9
	Philippines	2.6
	Mexico	2.0
	Argentina	1.3
	Costa Rica	1.3
	Chile	1.1
	Nethaland	1.1
	Thailand	1.1
	Georgia	0.9
	India	0.4
	New Zealand	0.2
	Columbia	0.2

보관된다는 등의 전제조건들이 충족되어야 한다. 우선 조건2)의 경우 수확한 과일을 냉장보관하는 것은 매우 비용이 많이 드는 일임으로 만약 과실쥬스농축액 제조에 사용될 목적이라면 현실적으로는 수확직 후 소비됨으로 문제가 없었으며 조건3)의 경우 과실쥬스농축액은 일반적으로 냉장 또는 냉동 상태로 운반 및 보관되기 때문에 그 기간 동안 함유된 파튤린이 분해되지는 않을 것으로 추정되었다. 그러나 조건1)의 경우는 분석을 위해 수거된 대부분의 검체들에 제조시기가 표시되어 있지 않아 충족시킬 수 없었다. 그러나 제조시기에 따른 유통기한 설정의 관행에 비추어 유통기한으로부터 제조시기를 대략적으로 추정해 보았다. 본 연구에 사용된 과실쥬스 및 음료들의 유통기한 분포는 2007년 5월 - 2010년 3월까지였으며 가장 많은 유통기한들은 2007년 10월 - 2008년 5월 사이에 분포하고 있었다. 따라서 이러한 분석 결과로부터 추론해보면 수거된 검체들은 대부분 2006년 여름이후에 수확된 과일들로 제조된 것으로 추정된다(Fig. 4).

한편 파튤린 분석 결과, 파튤린이 검출된 검체들의 유통기한은 각각 2008년 1월, 2008년 5월, 그리고 2009년 5월이었다. 이것으로부터 정확하지는 않지만 이 검체들이 매우 최근(2007년)에 제조된 농축액을 사용하여 생산된 것으로 추정되었다.

Table 5. Occurence of patulin according to fruit types used in the production of fruit juices and beverages

Fruit type* in commodities	No. of samples	%	patulin occurence	patulin content (μg/kg)
apple	145	27.9	2	9.8, 18.0
grape	108	20.8	0	-
orange	101	19.4	1	10.6
pear	39	7.5	0	-
tangerine	37	7.1	0	-
lemon	26	5.0	0	-
pineapple	22	4.2	0	-
mango	20	3.8	0	-
pomegranate	19	3.7	0	-
peach	15	2.9	0	-
grapefruit	11	2.1	0	-
stawberry	10	1.9	0	-
Japanese apricot	10	1.9	0	-
prune	9	1.7	0	-
raspberry	7	1.3	0	-
banana	7	1.3	0	-
blueberry	6	1.2	0	-
cranberry	5	1.0	0	-
red grape-fruit	4	0.8	0	-
kiwi	4	0.8	0	-
apricot	4	0.8	0	-
berry	4	0.8	0	-
concord	4	0.8	0	-
plum	4	0.8	0	-
lizhi	3	0.6	0	-
bilberry	3	0.6	0	-
guava	3	0.6	0	-
red grape	2	0.4	0	-
mandarin	2	0.4	0	-
blackberry	2	0.4	0	-
citron	2	0.4	0	-
orangejeju	1	0.2	0	-

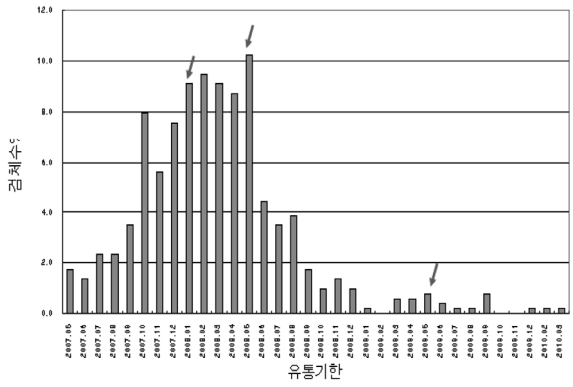

Fig. 4. Expiration dates of fruit juices and beverages used for patulin analysis Samples contaminated with patulin were indicated by red arrow.

5. 과실쥬스 및 음료의 제조방법별 구분

분석에 사용한 과실쥬스 및 음료들의 제조방법을 분석해 보면 단일과일종을 사용하여 제조된 것도 있었으나 더 많은 수의 제품들은 2가지 이상의 과일들을 원재료로 사용한 것이었다(Fig. 5). 많은 것은 제조에 10가지 과일을 사용한 것도 있었다. 이와 같이 혼합 제조된 과실쥬스 및 음료의 경우에는 검사 결과 파튤린이 검출된다고 할지라도 그 기원 과일종을 추적하기가 쉽지 않을 것으로 사료되었다.

그러나 본 연구에서의 파튤린 분석 결과에 따르면 파튤린이 검출된 검체들은 모두 한 종류의 과일을 사용하여 제조된 것으로 확인되어 파튤린의 오염은 파튤린 생산 곰팡이에 감염된 사과 또는 오렌지를 사용하여 제조한 데 기인한 것으로추정되었다.

6. 과실쥬스농축액에 대한 파튤린 분석 결과

과실쥬스 및 음료의 파튤린 오염의 기원을 거슬러 올라가면 결국 오염된 과일을 잘 선별하여 제거하지 않고 농축액을 제조한 것이 가장 큰 원인일 것으로 생각된다. 따라서 파튤린으로 오염된 과실쥬스농축액을 가려내고 관리하는 것 또한 매우 중요한 일이라 사료된다. 그러나 농축액의 경우도 쥬스와 마찬가지로 현재 사과쥬스농축액에 대해서만 기준이 마련되어 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 농축액에서의 파튤린 오염 실태도 파악해 보고자 사과를 포함함 다양한 과일 원료로 국내에서 제조된 과실쥬스농축액 50건을 분석하였다. 그 결과 사과, 딸기, 오렌지, 포도, 감귤쥬스농축액에서는 파튤린이 검출되지 않았으나, 배농축액의 경우에는 5개 시료에서 파튤린이 4.7~18.2 μg/kg(농축배수로 환산한 값) 수준인 것으로 나타났다(Table 6). 이는 사과쥬스농축액 잔류허용기준인 50 μg/kg 보다는 낮은 수준이지만 배농축액에서의 파튤린 검출 결과가 완제품인 배쥬스에서의 파튤린 검출로 이어질 수 있을 것으로 생각되며, 따라서 배쥬스 및 농축액에 대한 기준 규격도 필요하다고 사료되었다.

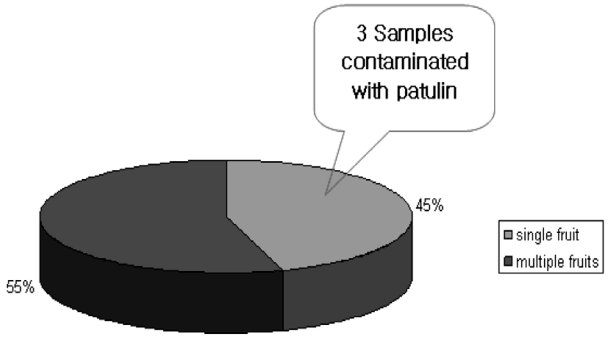

Fig. 5. Production types of fruit juices and beverages used for patulin analysis

Table 6. Occurence of patulin in fruit juice concentrates

Fruit type	Production date	patulin content (μg/kg)
apple	2005-10-14	ND*
apple	2005-11-21	ND
apple	2006-01-26	ND
apple	2006-10-23	ND
apple	2006-11-11	ND
apple	2006-12-02	ND
apple	2005-12-01	ND
apple	2006-11-16	ND
apple	2006-12-15	ND
apple	2005-09-26	ND
apple	2005-09-26	ND
apple	2005-11-24	ND
apple	2005-11-24	ND
apple	2006-09-28	ND
apple	2006-09-28	ND
apple	2006-11-28	ND
apple	2006-11-28	ND
pear	2005-11-09	10.5
pear	2005-11-09	9.8
pear	2006-06-14	4.7
pear	2006-06-14	ND
pear	2006-12-20	15.2
pear	2006-12-20	18.2
apple	2007-05-14	ND
pear	2007-05-14	ND
strawberry	2007-05-17	ND
orange	2007-05-14	ND
grape	2007-05-14	ND
tangerine	2007-05-14	ND
tangerine	2005-11-04	ND
tangerine	2005-11-17	ND
tangerine	2005-11-30	ND
tangerine	2005-12-09	ND
tangerine	2005-12-17	ND
tangerine	2005-12-28	ND
tangerine	2006-01-11	ND
tangerine	2006-01-17	ND
tangerine	2006-01-24	ND
tangerine	2006-11-02	ND
tangerine	2006-11-19	ND
tangerine	2006-11-29	ND
tangerine	2006-12-04	ND
tangerine	2006-12-12	ND
tangerine	2006-12-23	ND
tangerine	2007-01-04	ND
tangerine	2007-01-13	ND
tangerine	2007-01-22	ND
tangerine	2005-12-30	ND
tangerine	2006-12-26	ND
tangerine	2007-02-12	ND

* Not detected

이상의 연구 결과를 종합해 볼 때 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 파튤린이 검출된 검체들의 파튤린 검출양은 현재 기준·규격이 정해져 있는 사과쥬스의 기준인 50 μg/kg(ppb)을 초과하지 않았다. 따라서 현재 시중에 유통되고 있는 과실쥬스 및 음료의 경우 일단 파튤린 오염으로부터는 안전한 것으로 평가되었다.

2) 사과를 사용하여 제조된 제품 외에 오렌지를 사용한 쥬스 제품 그리고 배농축액에서도 파튤린이 검출되어 현재 사과쥬스 및 사과쥬스농축액에 대해서만 규정되어 있는 파튤린 허용기준을 다른 과일제품에 대해서도 확대할 필요성이 있는 것으로 사료되었다.

3) 아울러 LC/MS/MS의 활용 연구로 파튤린 분석의 정확성을 향상시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

요 약

본 연구과제의 목표는 국내에 유통되고 있는 과실쥬스 및 음료의 파튤린 오염 실태에 대한 현황파악을 통해 과실쥬스 및 음료에 대한 기준·규격 제·개정 등 추가적인 관리 필요성 여부를 재검토하는 것이다. 이를 위해 다양한 지역에서 유통되고 있는 570건의 과실쥬스, 과실음료 및 과일쥬스농축액에 대하여 파튤린 오염 여부를 조사하였다. 그 결과 현재 기준·규격이 정해져 있는 사과쥬스의 기준인 50 μg/kg을 초과하는 제품은 없었다. 따라서 현재 시중에 유통되고 있는 과실쥬스 및 음료의 경우 일단 파튤린 오염으로부터는 안전한 것으로 평가되었다. 그러나 사과를 사용하여 제조된 제품 외에 오렌지를 사용한 제품에서도 사과제품에서와 유사한 수준으로 파튤린이 검출된 결과는 이미 기초연구를 통해 알려져 있는 바와 같이 사과 이외의 과일을 사용하여 제조되는 과실쥬스나 음료에서도 파튤린이 검출될 수 있음을 확인하여 주었다. 다른 한편 과실쥬스 및 음료 제조에 사용되고 있는 원재료에 해당하는 과실쥬스농축액에 대해서도 파튤린 오염 여부를 조사하였다. 검사에 사용한 농축액은 사과를 포함하여 배, 감귤, 오렌지, 포도, 딸기 등 6종의 과일을 사용하여 제조된 제품이었으나 파튤린은 배농축액에서만 검출되었다. 이와 같은 결과는 앞서 과실쥬스 및 음료에 대한 분석 결과와 함께 현재 사과쥬스 및 사과쥬스농축액에 대해서만 규정되어 있는 파튤린 검출허용기준을 다른 과일제품에 대해서도 확대할 필요성이 있음을 시사하는 것이라 사료된다. 또한 본 연구 결과를 분석해 보면 검체 570건 중 8건에서 파튤린이 검출되어 파튤린 검출율은 1.4%로 낮은 수준인 것으로 나타났다. 이는 1) 정부의 효과적인 규제 관리, 2) 업체의 향상된 품질 관리 능력, 3) 이전 연구들과는 달리 LC/MS/MS 분석을 병행 실시한 것 등이 복합적으로 작용한 결과인 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Paster N, Huppert D and Barkai-Golan R : Production of patulin by different strains of *Penicillium expansum* in pear and apple cultivars stored at different temparatures and modified atmospheres. *Food Addit Contam.*, **12**, 51-8 (1995).
2. Askar A and Siliha H : Patulin in apple juice and children's apple food. Part. 1. Toxicological and legal aspects. *Fruit Processing*, **9**, 74-7 (1999).
3. De Sylos C M and Rodrigez Amaya D B : Incidence of patulin in fruits and fruit juices marketed in Campinas, Brazil. *Food Addit. Contam.*, **16**, 71-4 (1999).
4. Yurdun T, Omurtag G Z and Ersoy O : Incidence of patulin in apple juices marketed in Turkey. *J. Food. Prot*., **64**, 1851-3 (2001).
5. Jones B D and Toal M E : Mycotoxins in food : a UK regulatory perspective. *Aspects Appl, Biol.*, **68**, 1-9 (2003).
6. Dickens F and Jones HEM : Carcinogenic activity of a series of reactive lactones and related substances. *Br. J. Cancer.* **15**, 85-100 (1961).
7. 백수봉, 정일민, 유승헌, 김은영 : 수확 후 과실류에 발생하는 진균독소의 탐색 및 방제 ; 2. 사과, 배, 귤, 포도의 저장 중에 발생하는 *Penicillium* 독소 검출과 방제, 한국균학회지, **28**, 49-55 (2000).
8. 강성조, 강진순, 정덕화 : *Aspeygillus flavus*, *Aspergillus nicer* 및 *Peniciilum griseofulvum*의 혼합배양이 aflatoxin 및 patulin 생성에 미치는 영향, *J. Fd Hyg. Safety,* **16**, 206 - 211 (2001).
9. 김명철, 권기성, 김미혜, 정소영, 박성국, 이윤동, 장귀현, 남태희 : 식품 중 곰팡이독소 모니터링 연구(I) - 사과쥬스 등 가공식품 중 곰파이독소 패튤린 오염도 조사 -. 식품의약품안전청연구보고서, Vol. 5, 493 (2001).
10. 오현숙, 문귀임, 안경아, 김달환, 김승환, 송윤경, 조효정, 이경민, 정용진, 백창호, 문규동, 유순영 : 가공용 원료 사과 및 사과 가공식품의 patulin 오염실태 조사. 식품의약품안전청연구보고서, Vol. 9, 18-30 (2005).