KOREAN JOURNAL OF PACKAGING SCIENCE & TECHNOLOGY
Vol. 18, No. 1&2 27~32 (2012)

식품 포장재로서 재활용 및 비재활용 종이 상자의 안전성 분석

오정민, 신소향, 권상조, 조아름, 김성진, 이윤정, 조헌주, 한재준†

성균관대학교 식품생명공학과

Evaluating Safety of Recycled and Non-recycled Paper-based Box for Food Packaging

Jungmin Oh, So-Hyang Shin, Sang-Jo Kwon, Ah Reum Cho, Sung-Jin Kim, Yun-Jeong Lee, Heonjoo Jo and Jaejoon Han†

Department of Food Science and Biotechnology, Sungkyunkwan University, Suwon, Korea

Abstract There are many possibilities that recycled papers adulterate contaminants during the process. The objective of this research was to evaluate safety of paper-based packaging materials for food, especially commercial pizza boxes in Korea. Ultimately, we compared recycled and non-recycled commercial paper packaging materials. This study was based on Korean Food and Drug Administration (KFDA) regulation. PCBs were measured by GC-ECD. Arsenic and lead were analyzed using an ICP-MS. Formaldehyde was determined by LC-MS. Fluorescent materials were detected by UV lamp. The result of this study shows that non-recycled paper packaging materials meets all the tested hygienic specifications for food packaging materials, whereas recycled paper-based paperboard box may be contaminated by fluorescent whitening agent. Though these results need to be further studied, it is recommended to avoid using recycled paper in direct contact with food when used in food packaging.

Keywords Paper-based packaging, Safety, Recycled paper, KFDA regulation, Pizza box

서 론

일반적인 식품포장재로는 금속, 플라스틱, 유리, 종이 등이 이용되는데, 이 중 경제적, 환경보호적인 측면에서 유리한 종이포장재가 다양한 분야에 오랫동안 널리 사용되어 왔다. 종이포장재는 나무에서 식물섬유, 즉 펄프를 추출하여 이를 물에 분산시켜 물을 매개로 얇고 편편하게 원하는 형태와 특성으로 조합시켜 만든 것이다. 원료의 값이 싸며 중량에 비해 강도가 우수하고 구겨지기 쉬운 특성을 가지고 있어 기계로 가공하기 쉬운 장점이 있다. 또한 고온이나 저온에서 잘 견디기 때문에 살균식품이나 냉동 및 냉장식품 등 여러 용도의 식품포장에 이용 가능하다. 그 뿐만 아니라 생분해가 가능한 재료로서 폐기물 처리가 용이하며 재순환하여 사용할 수 있으므로 환경보호적인 이점을 가지고 있다[1].

종이 자체의 유독성은 없지만 펄프나 섬유소를 용해하여 가공하는 과정에서 이용되는 화학제의 잔류물과 외부 환경으로부터 오염된 물질 및 보관 또는 유통 과정 중 미생물에 의한 유해 물질이 종이류에 존재할 가능성이 있다. 대부분의 종이포장재는 고지(폐지)를 재생하여 만들어지는데 고지 수집과정에서 함께 들어온 이물질을 완전히 제거하지 않고 만들어지기 때문에 여러 종류의 이물질을 다량 함유할 가능성이 있다[2]. 종이류는 펄프제조, 표백처리, 가공공정 등을 거쳐 만들어지는데 이 과정에서 많은 화학물질이 이용된다. 펄프를 제조하는 공정에서는 목재를 섬유로 분해하기 위해 산을 이용한다. 재활용지의 경우 세척 및 잉크를 제거하는 목적으로 계면활성제가 쓰여진다. 표백처리 과정에서는 리그닌을 제거하고 색을 밝게 하기 위해서 sodium hypochlorite, chlorine dioxide, hydrogen peroxide 등이 쓰인다. 가공공정에는 보류향상제, 탈기제, 응결제, 정착제, 방부제,

†Corresponding Author : Jaejoon Han
Department of Food Science and Biotechnology, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Republic of Korea
E-mail : <han2009@skku.edu>

소포제, 염료, 안료코팅용 접착제, 지력증강제 및 사이즈제 등의 많은 첨가제를 이용한다[3,4]. 이렇게 여러 단계의 생산 공정을 거쳐 만들어진 종이류에는 의도치 않게 polychlorinatedbiphenyls(PCBs), pentachlorophenol(PCP), 포름알데히드, 형광증백제, 수은납카드뮴 등의 내분비계 장애 물질이 유입될 가능성이 있다. 이 물질들은 인체 유해물질로서 국소자극과 전신장애의 원인이 되기도 하며 면역체계의 결함, 간과 신장의 손상, 혈액학적 이상과 생식기능의 장애 등을 일으킬 수도 있다[5].

일반적으로 식품포장의 목적으로 사용되는 종이포장재는 포장재로부터 특정 물질이 식품으로 이행될 가능성이 있기 때문에 한국 식품의약품안전청(KFDA)은 그에 대한 제도적 규제를 마련하고 있다. 국내에서는 식품공전[6]에 식품 포장재 및 용기의 유해물질 규제를 재질 규격과 용출 규격으로 구분하여 명시하고 있다(Table 1). 재질 규격은 포장재 및 용기 자체에 함유되어 있는 물질의 양을 제한하는 것이며, 용출 규격은 각 재질에서 대상 식품과 접하였을 때 이행되는 양을 제한하는 기준이다. 식품공전에 명시된 종이류 포장재의 재질규격에는 납(lead), 카드뮴(cadmum), 수은(mercury), 6가크롬(hexavalent chrome)과 유독성이 강한 PCBs가 있다. 이 중 종이제 용기 포장 제조시 불순물로 혼입될 우려가 있는 유해 중금속인 납, 카드뮴, 수은 및 6가크롬에 대한 재질규격이 2010년도 식품공전 기준 및 규격 개정에서 네 가지 중금속 합계 100 mg/kg 이하 기준으로 새롭게 추가되었다. 용출규격 규격대상으로는 비소(arsenic), 납(lead), 포름알데히드(formaldehyde) 및 형광증백제(flouresent whitening agent)로 분류하고 있다. 본 재질규격은 종이포장재에 대한 국제기준과의 조화를 위하여 증발잔류물(evaporation residue) 규격을 2011년도 식품공전 기준 및 규격 개정에서 삭제하였다.

PCBs는 biphenyl이 1~10개의 염소로 치환된 화합물의 총칭이다. 1881년 Schmidt에 의하여 합성되어 1930~1970년대까지 전세계적으로 약 130만 톤이 생산되어 윤활제, 코팅제, 잉크의 제조, 변압기 절연유 등에 사용되었다. 1968년 일본의 카네미유증 사건을 계기로 환경 및 인체오염의 실태가 밝혀진 이후 선진국을 중심으로 사용이 금지되어 왔으며 우리나라에서는 1979년 전기사업법에 의해 PCBs의 사용이 제한되기 시작하였다. 섭취 시 체내에 축적되어 배출이 어려우며 다양한 내분비계 장애와 식욕부진, 두통, 피로 및 호흡기 장애 등을 일으킨다[7]. 종이류의 제조 공정에서는 산업용 설비(변압기, 축전기, 유압액 등)로부터 유입되었거나 가공 공정 중에 이용된 접착제와 잉크에서 PCBs가 혼입되어 최종 제품에 잔존할 가능성이 있어 규제 대상이 되고 있다[8].

Table 1. Specific limits of contaminants in paper- or paperboard-based food container or package by the Korean Food and Drug Administration

Contaminant	Maximum limits
PCBs	5 mg/kg
Arsenic	0.1 mg/L
Lead	1.0 mg/L
Formaldehyde	4.0 mg/L
Fluorescent whitening agent	No detection

종이포장재는 고지에서 얻은 재생 섬유가 많은 비중으로 이용되는데 고지 유통과정 및 제조 공정에서 유입된 각종 금속 성분이 최종 제품에까지 잔존할 가능성이 높다. 다단계의 정선공정을 거치기도 하지만 대부분 원지 제조수율을 높이기 위해 단순한 정선공정으로 다량의 이물질이 잔류된 상태로 종이류를 제조한다[9]. 본 연구에서는 식품공전에서 규제하는 금속인 비소와 납의 잔존여부에 대해 조사하였다.

포름알데히드는 화학적 반응성이 매우 높은 무색 기체인데 독특한 냄새 때문에 입을 통한 흡수는 거의 없으나 흡수될 경우 호흡, 신경계에 심각한 위해를 초래하고 발암성 물질이며 유전자 변형을 일으키기도 한다. 종이재의 제조에서는 습윤지력 증강제, 접착제 등의 첨가제로 이용되나 인체 유독성의 심각성을 고려하여 허용 농도 범위를 엄격히 규제하고 있다[10].

형광증백제는 자외선을 흡수하여 푸른색 계열의 가시광선을 방출하여 물체를 하얗게 보이게 하는 유기합성물질이다. 제지산업에서는 diamino-disurphonic acid 유도체로 술폰기의 개수에 따라 3종류(내첨용, 표면사이징용, 코팅용)의 형광증백제가 사용되고 있다[11]. 형광증백제는 펄프나 체스트에 내첨하거나 사이즈 프레스에서 전분이나 폴리비닐알코올 등과 함께 종이 표면에 도피한다[12]. 최근 종이류에 존재하는 형광증백제의 유해성이 문제 제기되고 있으며 종이의 내부, 표면 및 도공층에 함유된 형광증백제는 식품과 직접 접촉하여 이행될 가능성이 높기 때문에 더 심각한 문제가 될 수 있다.

본 연구에서는 재활용 종이류와 비재활용 종이류를 식품포장재로 이용했을 때의 안전성을 알아보기 위해 한국 식품공전 기준 규격에 준하여 실험하였다. 종이류 식품포장재 중에서도 피자 상자를 시료로 선택하였는데 피자는 고온에서 조리 포장되며 기름의 함량이 높은 식품이므로 포장재에서 식품으로 오염물질이 이행할 수 있는 가능성이 많기 때문이다. 따라서 재활용지로 만든 피자박스와 비재활용 피자박스를 시료로 하여 분석 방법을 통해 식품으로 오염물질의 실제 이행 여부의 가능성을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에서는 시중에 유통되는 재활용 종이(골판지) 소

재 피자박스 두 종류(A, B)와 비재활용 종이(크래프트지) 소재 피자박스 한 종류(C)를 이용하였다. 시료는 피자와 접촉하지 않은 상자의 여러 면을 섞은 것(시료1), 고온의 피자를 포장한 후 피자와 직접 닿은 피자상자의 밑면(시료2), 그리고 브랜드명의 인쇄 등으로 잉크의 함량이 가장 많을 것으로 여겨지는 피자상자의 윗면(시료3)으로 세 개의 실험군으로 나눠 분석하였다(Fig. 1, Table 2). 피자상자에 피자를 직접 포장한 시료는 다음과 같이 준비하였다. 실험을 위한 모형 피자는 피자용 반죽(Coreone Food System, Daejeon, Korea) 400 g에 식용유(콩기름) 10 mL를 넣어 고르게 섞은 후, 전기오븐(43 L convection oven, Wiswell, Korea)에서 200°C 7분간 조리하였다. 준비된 피자는 피자상자에 넣어 dry oven 60°C에서 30분간 보관한 후, 상자로부터 피자를 제거하고 상자 시료만 분석하였다. 이는 피자상자만을 가지고 실험하였을 때 검출되는 오염물질이 고온의 피자를 포장한 이후에 차이가 있는지 비교하여 오염물질이 포장재로부터 식품으로 실질적인 이행이 있는지 알아보기 위한 것이다. 위와 같이 준비된 모든 피자상자 시료는 표면적 1 cm^2로 균일하게 절단하여 실험에 이용하였다.

2. 시약

PCBs 표준물질로 이용한 Aroclor(이하 AC)-1221, 1232, 1242, 1248, 1254 및 1260, potassium hydroxide는 Sigma-Aldrich Chemicals Co.(St. Louis, MO, USA), florisil (60~100 mesh), acetic acid는 Mallinckrodt Baker, Inc. (Phillipsburg, NJ, USA), n-hexane, sodium sulfate anhydrous, sodium chloride, sodium hydroxide, n-heptane, citric acid monohydrate는 Daejung Chemical & Metals Co. (Shiheung, Korea), acetonitrile, citric acid trisodium salt dehydrate, hexamethylenetetramine은 Samchun Chemical Co.(Seoul, Korea), 2,4-Dinitrophenylhydrazine은 Kanto Chemicals Co.(Tokyo, Japan), nitric acid, sulfuric acid은 Dongwoo Fine-Chem(Seoul, Korea)의 제품을 구입하였다. 실험에 이용한 모든 시약과 용매는 특급 혹은 HPLC등급을 이용하였다. 증류수는 Puris RO&UP water system(MR-RU890, Mirae Sci. Corp., Korea)을 통과한 3차 증류수를 사용하였다.

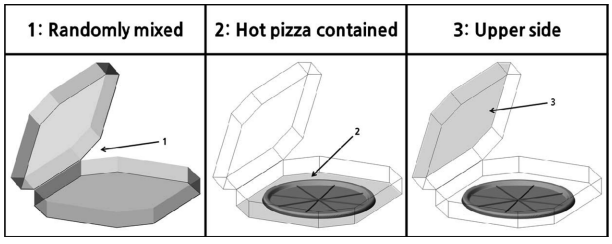

Fig. 1. Sections of pizza boxes where samples were contained.

Table 2. Sample preparation

	1: Randomly mixed	2: Hot pizza contained	3: Upper side
A: Recycled paper-based pizza box (Type 1)	A1	A2	A3
B: Recycled paper-based pizza box (Type 2)	B1	B2	B3
C: Non-recycled paper-based pizza box	C1	C2	C3

3. PCBs 분석

시료 2 g에 ethanolic potassium hydroxide용액 50 mL을 첨가하여 용액을 85°C water bath에서 환류 냉각기를 장착하여 50분 동안 환류시키면서 열탕 분해하였다. 용액에 hexane 20 mL, ethanol 20 mL, 증류수 20 mL를 순차적으로 가하여 분액여두에 옮기고 ethanol 층과 증류수 층은 다시 hexane 50 ml씩으로 2회 반복 추출하였다. Hexane층만 무수황산나트륨이 충전된 칼럼관(내경 1 cm)에 통과하여 탈수시키고 5 mL이 될 때까지 감압 농축기(Rotavapor re-121, Buchi, Swiss)를 이용하여 농축하였다. 이를 n-헥산포화아세토니트릴 30 mL씩으로 2회 반복 추출한다. Acetonitrile층을 20% NaCl 700 mL와 hexane 100 mL를 첨가하여 혼화시키고 층이 분리되면 증류수 층에 hexane 100 mL를 가하여 동일하게 추출하였다. Hexane층만 취하여 무수황산나트륨 칼럼을 이용하여 탈수시킨 후, 5 mL이 될 때까지 감압 농축하였다. 농축액을 10 g의 활성 플로리실 칼럼관(내경 2 cm)에 주입한 후 hexane 200 mL로 용출시킨 다음 용출액을 5 mL로 감압 농축하여 그 농축액을 시험용액으로 하였다. 시료를 알칼리처리한 것은 페놀류, 산성물질, 지질, 단백질, 유황을 제거하기 위한 목적이고 무수황산나트륨칼럼은 수분 제거, 플로리실칼럼은 아스파르텐, resin, 고분자물질을 제거하기 위한 것이다.

시험용액은 GC-ECD(Gas Chromatography-Electron Capture Detector)로 분석하였는데 조건은 Table 3과 같다. PCBs 표준물질을 hexane을 이용하여 3.125, 6.25, 12.5, 25, 50 μg/mL 농도로 희석하고, 각 농도마다 피크 height(Hz)를 y축으로 하고 retention time(min)을 x축으로 하여 검량곡선을 작성하였다. 결과값은 표준용액의 피크와 시험용액의 피크가 일치하는지 확인한 다음, 일치하는 피크가 있으면 상응하는 피크의 면적을 계산하여 시험용액 중의 PCBs의 농도를 계산하였다.

Table 3. Analysis conditions of GC-ECD for determination of PCBs

Parameter	Operation condition
Instrument	Agilent 6890, USA
Column	HP-5 (30 m×0.32 mm i.d., 0.25 μm thickness)
Oven temperature	120°C (2 min) → 5°C/min → 200°C (7 min) → 2°C/min → 240°C (20 min)
Injector temperature	200°C
Injection mode	Split, split ratio 10:1
Detector temperature	270°C
Carrier gas	Nitrogen (1.0 mL/min)

4. 잔존금속(비소, 납) 분석

종이포장재에 금속 잔존의 원인 중에 인쇄에 쓰인 잉크가 주요 원인이라는 연구결과[9]를 바탕으로 잉크의 유무로 인한 금속의 함량의 차이를 알 수 있는 시료를 준비하였다. 시료 A1, B1, C1은 종이류 포장재의 여러 겹 중 잉크가 인쇄되어 있는 겉면을 제거하고 분석하였다. 유도결합 플라즈마 질량분석기(ICP-MS: Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry)를 이용하여 금속을 분석하기 전에 시료를 측정 용이한 상태로 분해하였다. 약 0.3 g의 시료에 60% nitric acid 3 mL와 sulfuric acid를 소량 첨가하여 마이크로파 가열화학반응 장치(MARS5)에서 Table 4와 같은 조건에서 산 분해하였다. 전처리한 시료는 ICP-MS(Agilent 7500, Illinois, USA)를 이용하여 분석하였다.

5. 포름알데히드 분석

4% acetic acid에 시료를 침출하여 만든 시험용액 25 mL와 4% acetic acid에 녹여 만든 농도 4.0 μg/mL의 hexamethylenetetramine 표준용액 25 mL 각각에 구연산 완충액 4 mL 및 2,4-dinitrophenylhydrazine 용액 2 mL을 가하였다. 제조한 용액을 밀봉하여 40°C water bath에서 1시간 방치하였다. 식힌 후 물을 가하여 총 부피 50 mL로 만들었다. 유도체화한 시험용액 및 표준용액을 Table 5와 같은 조건으로 LC-MS(Liquid Chromatography-Mass Spectrometry)를 이용하여 분석하였다. 시험용액과 표준용액의 포름알데히드 유도체 피크 검출시간과 면적을 이용하여 시험용액 중 포름알데히드의 양을 구하였다.

6. 형광증백제 분석

시료 25 cm^2와 증류수 100 mL를 혼화하여 sodium hydroxide를 이용하여 약알칼리성으로 pH를 맞춰주었다. 10분간 침출한 이후에 만들어진 용액을 시험용액으로 이용하였다. 시험용액에 acetic acid로 약산성으로 맞춰준 다음 형광이 없는 거즈(2×4 cm)를 넣고 30분간 침출시켰다. 거즈를 꺼내 암실에서 자외선 램프(TN-4LC, UV tank, Gyunggi-do, Korea)를 이용하여 형광의 유무를 조사하였다.

Table 4. Heating conditions of microwave acid digestion system for analysis of arsenic and lead by ICP-MS

Stage	Max. Power	%Power	Ramp	Pressure	Temperature
1	300 W	100%	20 min	130 psi	70°C
2	300 W	100%	20 min	150 psi	70°C

Table 5. Analysis conditions of LC-MS for determination of formaldehyde

Parameter	Operation condition
Instrument	Agilent 1100S, USA
Column	Eclipse XDB-C18 (4.6×150 mm i.d., particle 5 μm)
Column temperature	40°C
Detector	UV detector (354 nm)
Mobile phase	55% Acetonitrile
Flow rate	1.0 mL/min
Injection volume	10 μL

결과 및 고찰

1. PCBs 분석

PCBs 분석에서 널리 이용되고 있는 피크 패턴법으로 결과를 분석하였다[13]. 피크 패턴법은 피크의 retention 시간과 이에 해당하는 피크의 높이비율을 통하여 분석하는 방법이다. 시료의 피크패턴과 유사하도록 표준 물질을 농도 별로 희석하여 검량선을 작성하였다. PCBs 표준물질을 hexane으로 희석하여 분석하였는데 12.5 μg/mL로 희석한 농도에서 AC 1221는 24개, AC 1232는 48개, AC 1242는 50개, AC 1248는 60개, AC 1254는 55개, AC 1260은 58개의 이성체가 분리되었다. PCBs는 209개의 이성체가 존재하기 때문에 모든 이성체를 분리, 정량하는 것은 한계가 있다고 알려져 있다[14]. 실험 분석 결과 모든 시료에서 PCBs와 동일한 패턴의 크로마토그램은 관측되지 않았으므로, 본 실험에 사용된 피자상자들에 잔존하는 PCBs는 없는 것으로 판단된다. 피자상자의 피크패턴은 PCBs의 피크패턴과 일치하지는 않지만 미량의 유의할 만한 피크가 존재하고 있었다. 전자포획검출기(ECD) 상에서 나타난 피크에 대해서는 GC/MS를 통해 재확인해야 할 필요성이 있다고 사료된다. 또한, 같은 종류의 피자상자끼리는 유사한 피크패턴을 보이고 같은 retention 시간에서 피크 높이의 비율 또한 유사하였다. 이러한 결과로 미루어보아 PCBs가 피자상자에 잔류하는데 있어서 피자의 포장여부나 잉크의 함량과는 관계가 없는 것으로 사료된다. 현재 PCBs 분석에 주로 이용되고 있는 피크패턴법은 해석하는데 오차가 생길 가능성이 많기 때문에

Table 6. Arsenic concentrations (mg/L) of samples

	1	2	3
A	0.0131	0.0091	0.0150
B	0.0085	0.0073	0.0110
C	9.6653×10^{-6}	0.0067	0.0084

Table 7. Lead concentrations (mg/L) of samples

	1	2	3
A	0.1271	0.1007	0.1349
B	0.0576	0.0726	0.0702
C	1.0257×10^{-6}	0.0174	0.0067

단점을 보완할 수 있는 방법과 병용이 필요하다고 생각된다[15]. 보다 정확한 안전기준 평가를 위해 PCBs 외 또다른 재질규격인 납, 카드뮴, 수은, 6가크롬에 대한 분석 및 평가(네 가지 중금속 합계 100 mg/kg 이하)가 추가적으로 필요하다고 사료된다.

2. 잔존금속(비소, 납) 분석

모든 피자상자 시료에서 비소와 납의 함량이 식품공전의 기준보다 낮게 검출되었다(Table 6, 7). 식품공전의 비소 시험법은 시험용액을 제조하여 표준용액과 색을 비교하여 결과값을 도출하는 것이다. 납 시험법도 이와 같은 방법이다. 하지만 시험용액과 표준용액의 색을 비교하는 시각비색법은 객관적인 실험법이 아니고 오차가 클 것으로 예상되어 ICP-MS 기기를 이용하여 피자상자 내에 있는 비소와 납을 정성, 정량 분석하였다. 식품공전의 기준 규격에 준하는지를 확인하기 위해서 측정된 결과값의 단위를 변환(mg/kg → mg/L)하여 Table 6, 7에 나타내었다. 결과를 보면 시료 A1, B1와 C1의 값을 비교했을 때 재활용 종이류 포장재가 비재활용 종이류 포장재에 비해 중금속 함량이 다소 높게 나왔다. 한편 비재활용(C)도 기준치보다 낮은 값을 얻었지만 C1의 값이 정량 한계 이하의 값으로 나온 반면 시료 C2, C3의 값은 C1에 비해 높은 것으로 보아 검출된 중금속은 잉크에서 유래하였다고 생각할 수 있다. 마찬가지로 시료 A1, B1의 결과값에 비해 A3, B3의 결과값이 높은 이유도 인쇄된 잉크 때문이라고 볼 수 있다. 시료 A1, B1보다 A2, B2의 중금속값이 낮게 나온 것으로 보아 미량의 중금속이 식품으로 이행되었을 가능성을 생각해 볼 수 있다. 하지만 모든 시료의 결과값이 식품공전 규격(비소 0.1 mg/L, 납 1.0 mg/L) 기준치와 비교하였을 때 10배 이상 낮고 줄어든 값 또한 매우 미미하므로 식품 안전성에 큰 영향을 미칠 것이라고 보기는 힘들다.

3. 포름알데히드 분석

포름알데히드는 모든 시료에서 식품공전 기준인 4.0 mg/L 보다 약 10~20배 정도 낮은 값이 나왔다(Table 8). 시료 A의 경우 피자를 포장하지 않은 시료에 비해 피자를 포장한 시료에서 낮은 값의 포름알데히드가 검출된 것을 볼 수 있는데(시료 A1과 A2 비교), 이는 결과값의 표준편차를 고려한다면 식품으로의 이행 때문이라고 해석하기는 힘들 것으로 사료된다. 또한 브랜드명의 인쇄 등으로 잉크의 사용이 가장 많은 모든 피자상자의 윗면(시료3)에서는 다른 시료에 비해 미량이지만 상대적으로 많은 양의 포름알데히드가 잔존해 있었다. 조양희 등[10]은 고지의 원료로 사용되는 원지에서 다른 시료보다 상대적으로 높은 양의 포름알데히드를 검출하였는데 이는 재생을 위해 재활용되어 수집된 각종 종이 원료에서 유래한 것이라고 추정하였다. 또한 가공지를 혼합한 겉 포장지는 인쇄 및 가공 시에 사용된 여러 화학약품으로 인해 내 포장지 등과 같은 다른 시료에 비해 높은 양의 포름알데히드가 검출되었다고 발표하였다. 따라서 포름알데히드가 기준치에 미치지 않는 결과를 얻었지만 안전성을 위해 식품포장재로서 종이류 포장재를 이용할 때는 식품과의 직접 접촉을 피하는 방법으로 식품을 유통, 저장하여야 할 것이다.

Table 8. Formaldehyde concentrations (mg/L) of samples

	1	2	3
A	0.56±0.07	0.51±0.01	0.65±0.08
B	0.52±0.05	0.53±0.09	0.56±0.08
C	0.25±0.01	0.25±0.03	0.26±0.05

4. 형광증백제 분석

Fig. 2에 나타냈듯이 비재활용 종이 소재로 만들어진 시료 C에서는 형광증백제가 검출되지 않은 반면 재생용지로 만들어진 피자상자인 A와 B에서는 형광물질이 검출되었다. 다만, 형광증백제 제한 기준은 재질 규격이 아닌 용출 규격 기준이므로 종이포장재가 식품과 접했을 때 형광증백제가 식품으로 이행되지 않도록 주의해야 할 것이다. 본래의 종

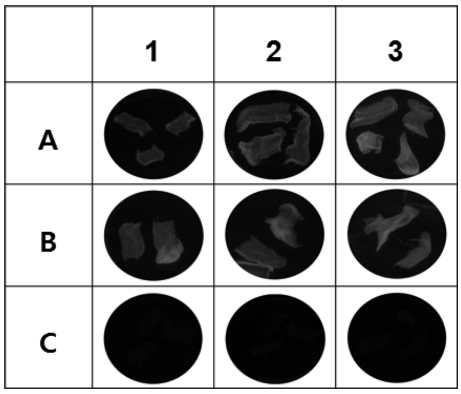

Fig. 2. Visual test of extracts of paper samples under fluorescent light.

이는 자연적으로 약간의 노란색을 띄고 있지만 이것은 식품포장재로서 소비자의 인식과 선호도가 낮아 색을 보정해 주기 위해 형광증백제의 첨가를 필요로 한다. 형광증백제는 상자의 외부뿐만 아니라 포장재의 내부에도 이용되어 식품과 직접 닿을 가능성이 높다. 따라서 이러한 형광증백제의 문제 발생을 막기 위해 식품과 종이류 포장재 사이에 식품지와 같은 간지를 삽입하는 등의 방법으로 식품과 포장재의 직접 접촉을 피해야 할 것이다.

요 약

본 연구에서는 식품포장재로 이용되는 재활용 및 비재활용 종이류가 안전한지를 평가하기 위해 식품공전 규격에 준하여 실험하였다. 식품포장재 중에서도 피자상자를 선택하였는데, 이는 피자가 고온에서 조리되어 포장되며 다량의 기름 성분을 함유하여 오염물질이 이행될 가능성이 상대적으로 높을 것으로 예상됐기 때문이다. 식품공전에서는 PCBs, 납, 카드뮴, 수은, 6가크롬, 비소, 포름알데히드 및 형광증백제의 허용 잔존농도를 정하여 식품포장재로 이용되는 종이류에 잔존하는 유해물질을 규제하고 있다. PCBs의 여섯개의 표준품과 모든 시료의 피크가 일치하지 않았으므로 피자상자에는 PCBs가 잔존하지 않는 것으로 판단된다. 카드뮴, 수은, 6가크롬에 대한 재질규격 평가를 위한 분석이 추가적으로 필요하다고 사료된다. 비소와 납은 모든 시료에서 기준치의 10배 이하의 양이 검출되어 식품포장재로 사용되었을 때 안전성에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다. 포름알데히드는 모든 시료에서 기준치보다 낮은 농도로 검출되었지만 잉크를 많이 함유하고 있는 표면에서 미량이지만 상대적으로 높게 검출되었다. 형광증백제는 비재활용 종이 소재의 상자에서는 검출되지 않았다. 그러나, 상자 내 피자 포장 유무나 잉크의 함량 정도에 상관없이 재생용지로 만들어진 상자 시료에서는 형광증백제가 검출되었다. 형광증백제는 불검출이 기준이므로 포함된 재활용지를 식품포장으로 이용할 때는 식품과의 직접 접촉을 피하기 위해 중간에 안전성이 입증된 간지 등을 삽입하는 방법을 사용하여 최종 식품의 안전성에 영향을 주지 않는 것이 바람직할 것이다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 신진연구지원 사업 지원을 받아 수행된 것임 (No. 2012-0003532).

참고문헌

1. Park, M. H., Lee, D. S. and Lee, K. H. 2007. Food packaging. 5th ed. Hyungseul, Seoul, Korea. pp. 190.
2. Hwang, J. Y. and Yoon, S. L. 2007. Type of foreign materials in waste paper used for the manufacture of linerboard and physical properties of recycled fibers. J. Korea TAPPI. 39(3): 1-11.
3. Ozaki, A., Yamaguchi, Y., Fujita, T., Kuroda, K. and Endo, G. 2004. Chemical analysis and genotoxicological safety assessment of paper and paperboard used for food packaging. Food. Chem. Toxicol. 42: 1323-1337.
4. Ryu, J. Y., Kim, H. J. and Jo, B. M. 2007. The trends of recent development in papermaking additives. J. Korean Ind. Eng. Chem. 18(6): 531-536.
5. Hahn, A. R., Park, J. H., Choi, H. K., Hong, S. Y., Han, H. C., Jo, B. M. and Oh, J. S. 2005. Quantitative analysis of pentachlorophenol in paper products. J. Korean Ind. Eng. Chem. 16(3): 323-327.
6. KFDA. 2012. Korean Food Standards Codex Korea Food & Drug Administration, Seoul, Korea. pp. 7-4-4.
7. Lee, G. T. 2001. Packaging of food stuffs paper a tool security and restriction the present. The Monthly Packaging World. 104: 89-93.
8. Kim, B. H. and Lee, J. Y. 2010. Policy & management of persistent organic pollutant in Korea. Prospectives of Ind. Chem. 13(5): 1-10.
9. Kim, J. W., Seo, J. H., Youn, H. J. and Lee, H. L. 2009. Determination of heavy metal contents in various packaging boards. J. Korea TAPPI. 1141(2): 55-63.
10. Cho, Y. H., Park, S. O., Woo, S. M. and Hahm, T. S. 2003. The content of heavy metals in food packaging paper boards. J. Korean Soc. Environmental Analysis 6(2): 95-99.
11. Lee, J. Y., Kim, C. H., Lee, H. J., Kuack, H. J., Paeck, K. G., Seo, J. M., Park, H. J., Kim, S. H. and Kang, H. R. 2010. Study on the factors influencing the fluorescence of FWAs in paper. Proceedings of the KTAPPI Conference. 67-70.
12. Lee, H. L., Yoon, H. J., Lee, J. Y. and Lim, H. W. 2005. A study on the removal of florescent whitening agents from the recycled fibers. Proceedings of the KTAPPI Conference. 166-172.
13. Shin, S. K. and Kim, T. S. 2006. Levels of polychlorinated biphenyls (PCBs) in transformer oils from Korea. J. Hazard. Mater. 137(3): 1514-1522.
14. Kim, T. S, Shin, S. K., Yoon, J. K., Kim, J. H., Kim, H. S. and Lee, T. A. 2007. Analytical method of the polychlorinated biphenyls in soil using GC/ECD and GC/MS. Anal. Sci. Technol. 20(2): 91-108.
15. Kim, K. M., Yoo, S. S. and Lee, K. W. 1999. Study on the analysis of PCBs in papers by the peak pattern method. J. Fd Hyg. Safety. 14(1): 67-75.