pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 41, No. 2, pp. 124~130 (2026)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2026.41.2.124

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

인쇄된 종이 냅킨 중 벤조페논, 포름알데히드, 형광증백제의 잔류 및 벤조페논 유해성 평가

김지영* · 조인순 · 신영 · 신여재 · 김서영 · 강민수 · 정소영 · 김현정 · 박주성
서울시 보건환경연구원 첨가물검사팀

Residual Levels of Benzophenone, Formaldehyde, and Fluorescent Whitening Agents in Printed Paper Napkins and Risk Assessment of Benzophenone

Ji Young Kim*, In Soon Cho, Young Shin, Yeo Jae Shin, Seo Young Kim, Min Su Kang, So Young Jung, Hyun Jeong Kim, Ju Sung Park
Food Additives Team, Seoul Metropolitan Government Research Institute of Health and Environment, Seoul, Korea

(Received January 3, 2026/Revised April 6, 2026/Accepted April 9, 2026)

ABSTRACT - In this study, residual levels of benzophenone, formaldehyde, and fluorescent whitening agents, which are used as additives in the paper manufacturing process, were investigated in printed napkins. The analysis was conducted using 21 domestic disposable paper napkins and 84 imported decorative napkins sold in wholesale markets in Seoul. The analysis of benzophenone and formaldehyde showed linearity, with R^2 values above 0.999. Benzophenone extracted using distilled water, 4% acetic acid, and n-heptane exhibited recovery rates ranging from 83% to 101%, whereas formaldehyde exhibited a recovery rate exceeding 100%. Of the 84 decorative napkin samples, 23 tested positive for benzophenone when extracted with n-heptane, with concentrations ranging from 0.003 to 0.022 mg/L. The disposable paper napkins, which are managed as hygiene products, did not contain detectable levels of benzophenone, formaldehyde, or fluorescent whitening agents, confirming their safety. Assuming that one napkin is used per day, the exposure level to benzophenone is 0.31% of the tolerable daily intake, and, when assessed using the food consumption factor for paper as a food packaging material, the risk was evaluated at 0.01%. Formaldehyde was detected in 8 decorative napkin samples, with concentrations ranging from 0.053 to 0.162 mg/L; this is considered safe when compared with the 4 mg/L standard for disposable paper napkins. Additionally, fluorescent whitening agents were detected in 14 decorative napkins, 12 of which contained recycled paper.

Key words: Disposable paper napkins, Decorative napkins, Benzophenone, Formaldehyde, Fluorescent whitening agents

냅킨은 종이를 주원료로 인체를 청결하게 유지하기 위하여 개인위생 목적으로 사용하는 위생용품으로 로고나 간단한 문구를 인쇄하여 유통되기도 한다[1]. 종이 자체의 유독성은 없지만 펄프나 섬유소를 용해하고, 표백처리, 인쇄 및 가공 공정 등을 거치면서 이용되는 다양한 화학제가 잔류할 수 있다[2].

벤조페논은 케톤류의 유기화합물로 중합반응을 통해 잉크를 경화시킴으로써 인쇄물의 후가공을 가능하게 하는 광개시제(photoinitiator)로 사용되는 물질로 식품용 기구 및 용기·포장 공전 공통 기준 및 규격으로 벤조페논 용출량을 0.6 mg/L 이하로 규제하고 있으며[3], 유럽연합도 벤조페논의 specific migration limit (SML : 포장재 중 잔존하는 특정물질이 식품으로 이행될 때 안전하다고 여겨지는 최대 이행량)을 식품 또는 식품유사물질에 대해 0.6 mg/kg 미만으로 규제하고 있다[4]. 벤조페논은 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)[5] 및 미국 캘리포니아 환경청(California Environmental

*Correspondence to: Jiyoung Kim, Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment, Seoul 13818, Korea
Tel: +82-2-570-3233; Fax: +82-2-570-3234
E-mail: kimjy08@seoul.go.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Protection Agency, CalEPA)[6]에서 인체발암가능물질(possibly carcinogenic to humans)인 Group 2B로, 호주는 호주 산업 화학물질 도입 제도(Australian Industrial Chemicals Introduction Scheme, AICIS)[7]에서 구강암 유발물질로 규정하고 있다. 벤조페논은 식품향료의 원료, 변색 방지, 화장품의 자외선 흡수 등의 목적으로 다양한 제품에 광범위하게 사용되고 있어 지속적인 관리가 필요한 물질로 식품 포장재에 사용되는 인쇄 잉크가 식품으로 이행(migration)되거나, 포장재를 만지거나 빠는 등의 행위로 인체에 노출될 수 있어 이에 대한 연구들이 많이 진행되고 있다[8,9]. 최근에는 냅킨에 간단한 문구나 그림 등을 인쇄하여 홍보하는 사례가 많고 홈파티 문화가 확산되면서 분위기를 돋우기 위해 화려하게 인쇄된 장식용 냅킨도 많이 사용되어 벤조페논 이행 가능성이 우려되고 있다. 그러나 일회용 종이냅킨은 위생용품으로, 장식용 냅킨은 공산품으로 분류·판매되고 있어 식품용 기구 및 용기·포장과는 달리 벤조페논 용출 기준을 적용받지 않고 있다.

위생용품인 일회용 종이냅킨의 경우, 2018년 시행된 위생용품 관리법에 따라 포름알데히드와 형광증백제에 대한 규격이 설정되어 관리되고 있다. 포름알데히드는 종이제의 습윤강도를 부여하는 증강제와 접착제로 사용되는 첨가제로 화학적 반응이 매우 높은 무색 기체로 질식성의 냄새가 있고 물에 잘 녹는 물질이다. 인체 노출시 피부발진, 두통, 피로감을 유발할 수 있고 고농도에서 장기간 노출시 비인두암 발생 가능성이 있어 국제암연구소(IARC)에서 인체발암물질 Group 1로 분류하고 있다[5].

형광증백제는 자외선을 흡수하여 푸른색 계열의 가시광선을 방출하여 물체를 하얗게 보이게 하는 유기합성물질로 종이제의 표백처리 과정에서 쓰이는 첨가제이다. 형광증백제는 독성에 대하여 공개된 보고서는 없으나 유해성 논란이 계속되고 있어 미국환경보호청(Environmental Protection Agency, EPA)에서는 제품별 기준을 설정하고 'Safer Choice' 프로그램을 통해 이를 관리하고 있으며[10], 유럽화학물질청(European Chemicals Agency, ECHA)은 개별 형광물질을 Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemical (REACH)로 등록하고 제품에 형광증백제가 사용된 경우에는 해당하는 모든 물질의 명칭을 표시하도록 의무화하고 있다[11].

이런 벤조페논, 포름알데히드 및 형광증백제는 기존 연구에서 식품용 포장재에서 잔류가 확인되었고 특히 재생용지를 사용한 경우에는 더 많이 잔류하는 것으로 알려졌다[9,12-14]. 그러나 기준규격이 설정되어 있지 않은 위생용품 중 벤조페논 함량이나 소비자들이 혼용하여 사용할 가능성이 있는 공산품 냅킨에 대한 유해물질 자료는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 최근 증가하는 인쇄 위생용품과 재생용지가 원료로 사용되기도 하는 공산품 냅킨 등 인체에 접촉 가능성이 있는 인쇄 제품에 대한 안전성을 조사해보고자 하였다.

Table 1. Napkin Labeling based on Country of Origin

Item type	Country of origin (No. of samples)	No. of labeling of recycled paper
Disposable paper napkin	Domestic (21)	0
Decorative napkin	Germany (62)	15
	Poland (11)	0
	Netherlands (9)	0
	Austria (1)	0
	China (1)	0

Materials and Methods

시험재료

온라인으로 유통되는 일회용 종이냅킨 21건과 서울 시내 도매시장에서 유통되는 장식용 냅킨 84건을 대상으로 검사하였다. 일회용 종이냅킨 21건은 모두 국산이었고 장식용 냅킨 84건은 모두 수입 제품으로 제조국은 독일 62건, 폴란드 11건, 네덜란드 9건, 오스트리아 1건, 중국 1건이었다. 장식용 냅킨 84건 중 15건은 재활용 종이(recycled paper) 표시가 확인되었다(Table 1).

표준물질 및 시약

표준물질로 벤조페논은 Sigma-Aldrich (Laramie, WY, USA)사의 99.9%, 포름알데히드는 AccuStandard (New Haven, CT, USA)사의 1,000 mg/mL 농도를 사용하였다. 시료의 용출은 초순수제조기(FR/Milli-Q Direct16, Millipore, Burlington, MA, USA)로 증류한 정제수와 acetic acid (Junsei Chemical, Tokyo, Japan), n-heptane (Junsei Chemical), methanol (Merck, Darmstadt, Germany)을 사용하였고 포름알데히드 유도체화 시약으로 2,4-DNPH (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 사용하였으며 이동상 용매로는 acetonitrile (HPLC grade, Merck)을 사용하였다.

실험방법 – 벤조페논 분석

식품용 기구 및 용기·포장 공전 IV. 기구 및 용기·포장의 시험법 2-13. 벤조페논 시험법에 따라 시험하였다[3]. 벤조페논 표준물질을 메탄올로 희석하여 100 mg/L 농도의 용액을 표준원액으로 사용하였다. 표준용액은 표준원액을 증류수와 4% 초산, 메탄올로 희석하여 0.01-1.00 mg/L 농도가 되도록 조제하여 사용하였다.

시료의 채취는 일회용 종이 냅킨의 경우 인쇄된 부분이 최대한 포함되도록 단면을 채취하였고, 전체 면이 인쇄된 장식용 냅킨의 경우 가장자리로부터 5 cm 떨어진 위치로부터 채취하였다. 벤조페논은 식품용 기구 및 용기·포장 공전 IV. 기구 및 용기·포장의 시험법 2-6 재질별 용출시험용액의 조제에 따라 조제한 액을 시험용액으로 사용하

였다. 용출시험용액은 유지 및 지방성 식품인 쿠키나 케이크를 올려놓는 경우에 해당하는 n-헵탄, 탄산음료나 산성식품용 용매인 4% 초산, 그리고 그 외 식품 및 신체 접촉에 해당하는 물로 하였다. 각 용출용매에 대하여 cm^2 당 2 mL 비율로 25°C에서 10분간 용출하였다. n-헵탄의 경우 시험용액 10 mL을 취하여 감압 농축한 후 메탄올에 녹여 5 mL로 한 액을 최종 시험용액으로 사용하였다. 분석은 HPLC (DE/Vanquish Flex system, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)를 사용하였고 분석조건은 Table 2와 같다.

실험방법 – 포름알데히드 분석

위생용품의 기준 및 규격 제5. 위생용품 시험법 4. 포름알데히드 가. 제1법에 따라 시험하였다[15]. 포름알데히드 표준물질을 물로 희석하여 10 mg/L 농도의 용액을 표준원액으로 사용하였다. 표준용액은 증류수로 희석하여 0.01-1.00 mg/L 농도가 되도록 조제하여 사용하였고 시료는 벤조페논과 같은 방법으로 채취하였다. 분석은 HPLC(DE/Vanquish Flex system, Thermo Fisher Scientific)를 사용하였고 분석조건은 Table 2와 같다.

실험방법 – 형광증백제 분석

위생용품의 기준 및 규격 제5. 위생용품 시험법 3. 형광증백제 시험법에 따라 시험하였다[15]. 자외선램프(WUV-L50, DAIHAN Scientific, Wonju, Korea)를 이용하여 어두운 곳에서 365 nm를 주파장으로 하는 자외선을 조사하여 자색-백색의 형광 유무를 관찰하여 형광이 확인된 경우 형광이 없는 거즈(2×4 cm)로 이행시켜 확인하였다.

Table 2. Analytical conditions of HPLC for benzophenone and formaldehyde

Test items	Parameters	Conditions
Benzophenone	Column	ZORBAX Eclipse XDB C18 (4.6×250 mm, 5 μ)
	Oven temp.	40°C
	Detector	PDA, 254 nm
	Mobile phase	70% Acetonitrile
	Flow rate	0.8 mL/min
	Injection vol.	10 μL
Formaldehyde	Column	ZORBAX Eclipse XDB C18 (4.6×250 mm, 5 μ)
	Oven temp.	40°C
	Detector	PDA, 354 nm
	Mobile phase	55% Acetonitrile
	Flow rate	0.8 mL/min
	Injection vol.	10 μL

분석법 검증

시험방법의 유효성은 식품의약품안전처의 식품·의약품 분야 시험·검사기관 품질관리를 위한 시험방법의 유효성 확인 및 검증안내서에 따라 확인하였다[16]. 농도별 표준용액을 각 분석장비를 사용하여 얻은 결과로 검량선을 작성하였고, 상관계수(coefficient of correlation, R^2)값을 통하여 직선성을 확인하였다. 검출한계(limit of detection, LOD), 정량한계(limit of quantification, LOQ)는 회귀선 절편의 표준편차를 검량선 기울기로 나눈 값에 각각 3.3, 10배를 곱하여 산출하였다. 회수율은 벤조페논이 검출되지 않은 일회용 종이냅킨을 바탕시료로 하여 용매별로 용출하고 표준용액을 두 가지 농도로 첨가하여 분석한 결과를 첨가농도와 비교 하였다. 포름알데히드도 벤조페논과 같이 회수율 시험을 진행하였다.

벤조페논 유해성 평가

본 연구에서는 냅킨의 평균 사용량을 추정할 수 있는 통계치가 없고 개인의 선호도에 따라 차이가 큰 만큼 두 가지 극한의 조건으로 가정하여 벤조페논의 유해성을 평가해 보았다. 먼저, 장식용 공산품 냅킨 벤조페논의 최대 검출량에 대하여 하루 한 장의 냅킨(12 cm×12 cm)을 식품으로 이행시킨다는 가정을 세우고 벤조페논에 대한 일일 섭취량을 산출하여 평균 체중으로 나누어 일일추정섭취량(estimated daily intake, EDI)을 산출하였다. 다음으로 한국보건산업진흥원에서 개발한 전체 평균 식품 섭취량 기반 노출량 평가 모델[17]을 적용하여 검출된 시료를 냅킨이 아닌 식품포장재인 종이제로 가정하고 유해성을 평가해보았다. 2023년 국민영양통계를 참고하여 1일 평균 식품섭취량(food consumption) 1.4 kg을 적용하고[18] 평균 체중은 2023년 전체 연령대 평균 체중인 66.83 kg[19]으로 하였다. 식이 중 이행물질의 농도(dietary concentration of substance)는 하루 식품 섭취량 중 종이제 포장재와 접촉할 것으로 예상되는 비율이 고려된 식품소비계수(consumption factor, CF)에 종이제와 접촉한 식품 중 이행물질의 농도(M)을 곱하여 구하였다. 재질과 접촉한 식품 중 이행물질의 농도는 특정 식품유형과 접촉하는 비율인 식품유형분포계수(f_T)를 고려한 식품모사용매로의 이행량(C_s)이다.

$$\text{EDI (μg/kg bw/day)} = \frac{\text{Food consumption (kg/person bw/day)} \times \text{Dietary concentration of substance (μg/kg)}}{\text{Body weight(kg/person)}}$$

Dietary concentration of substance (μg/kg bw/day)=Consumption factor (CF)×Migration<M>=$\Sigma f_T \times C_s$

$$\%\text{Risk} = \frac{\text{Estimated daily intake (EDI)}}{\text{Tolerable daily intake (TDI)}} \times 100$$

Results and Discussion

시험방법의 유효성 평가

벤조페논 표준원액을 침출용매로 희석하여 0.01, 0.05, 0.10, 0.50, 1.00 mg/L 농도로 검량선을 측정한 결과 R^2값 0.999 이상의 직선성을 확인하였다. 각 용출 용매에 따른 LOD와 LOQ를 측정한 결과 물은 0.005 mg/L 및 0.016 mg/L, 4% 초산 용출의 경우 0.002 mg/L 및 0.006 mg/L, n-헵탄으로 용출하여 메탄올에 녹였을 때 0.004 mg/L, 0.012 mg/L로 각각 나타났다(Table 3).

벤조페논의 회수율을 확인하기 위하여 벤조페논이 검출되지 않은 일회용 종이냅킨에 대하여 물과 4% 초산으로 용출한 시험용액에 벤조페논 표준원액을 저농도와 고농도로 나누어 첨가하여 분석하였으며, n-헵탄의 경우 용출한 시험용액 10 mL에 벤조페논 표준원액을 두 가지 농도로 첨가하여 60°C, 150 psi 조건으로 감압농축하여 메탄올 5 mL에 녹여 회수율을 분석하였다. 그 결과, 저농도에서 물은 96.0%, 4% 초산은 94.6%, n-헵탄 용출은 83.2%로 나타났고 고농도에서는 물 101.2%, 4% 초산 94.7%, n-헵탄 86.5%로 모두 양호한 회수율을 보였다. 또한 농도별로 5회 반복 측정한 정밀도 평가 결과, 저농도에서는 물 RSD% 4.00, 4% 초산 RSD% 2.43, n-헵탄 RSD% 3.16이었고 고농도에서는 물 RSD% 1.17, 4% 초산 RSD% 0.83, n-헵탄 RSD% 6.22로 나타났다(Table 4).

포름알데히드 표준원액을 0.01, 0.05, 0.10, 0.50, 1.00 mg/L 농도로 희석하여 유도체화하고 검량선을 측정한 결과 R^2 값 0.999 이상의 직선성을 확인하였고 LOD 0.004 mg/L, LOQ 0.013 mg/L로 나타났다(Table 3). 포름알데히드 유도체화 과정에서 회수율을 확인하기 위해 검출되지 않은 일회용 종이냅킨 용출액에 표준원액을 저농도와 고농도로 나누어 첨가하여 5회 반복하여 분석한 결과 저농도에서는 100.2%, 고농도에서는 100.9%의 회수율을 보였다. 또한 농도별 반복 측정에 따른 RSD%는 저농도에서 1.53, 고농도에서 0.54로 나타났으며(Table 4), 이 결과는 기존 Song 등[20]의 연구와 Na 등[21]의 연구와 비슷한 수준임을 확인하였다.

벤조페논과 포름알데히드 회수율은 식품·의약품 분야 시험·검사기관 유효성 확인 및 검증 안내서에서 제시한 기준인 0.01 mg/L에서 60-115%, 0.1 mg/L에서 80-110%의 회수율 범위를 모두 충족하였다. 또한 Standard Method Performance Requirement of AOAC (Association of Official Analytical Chemists)의 시험물질 농도별 정밀도 기준 0.01 mg/L의 RSD% 21 이하, 0.1 mg/L의 RSD% 15 이하로 확인하였다[16].

Table 3. LOD, LOQ and linearity

Test Items (migration solution)	LOD[1] (mg/L)	LOQ[2] (mg/L)	Linearity (R^2)
Benzophenone (distilled water)	0.005	0.016	0.9998
Benzophenone (4% acetic acid)	0.002	0.006	0.9997
Benzophenone (n-heptane)	0.004	0.012	0.9997
Formaldehyde	0.004	0.013	0.9998

[1]LOD: 3.3×δ/S, limit of detection.
[2]LOQ: 10×δ/S, limit of quantification.

유통 제품 잔류량 조사 결과

위생용품인 일회용 종이냅킨 21건에서는 벤조페논, 포름알데히드, 형광증백제가 모두 불검출되었음을 확인하였다. 이전의 조사 결과를 살펴보면 일회용 종이냅킨 9건을 포함한 위생용품 222건을 조사한 Song 등[20]의 연구와 일회용 종이냅킨 6건을 포함한 위생용품 205건을 대상으로 연구한 Na 등[21]의 연구에서 종이 재질의 위생용품에서는 포름알데히드가 검출되지 않았다고 보고했다. 따라서 본 연구의 결과까지 종합해 볼 때, 위생용품으로 분류된 일회용 종이냅킨의 경우 2018년 제정된 위생용품 관리법에 따라 안전하게 관리되고 있는 것으로 보인다.

Table 4. Recovery rate (%) of benzophenone migrated by n-heptane and formaldehyde

Test items (migration solution)	Final concentration (mg/L)	Concentration (mean±SD)	Recovery (%)	RSD%
Benzophenone (distilled water)	0.05	0.048±0.0022	96.0	4.00
	0.5	0.506±0.0059	101.2	1.17
Benzophenone (4% acetic acid)	0.05	0.047±0.0012	94.6	2.43
	0.5	0.473±0.0040	94.7	0.83
Benzophenone (n-heptane)	0.1	0.083±0.0026	83.2	3.16
	1.0	0.865±0.0538	86.5	6.22
Formaldehyde	0.05	0.0501±0.0007	100.2	1.53
	0.5	0.505±0.0027	100.9	0.54

Table 5. Detection frequency and concentration by test items

Test items (migration solution)	Item type	No. of Samples (recycled)	No. of Detection (recycled)	Concentration range (mg/L) (mean±SD)
Benzophenone (n-heptane)	Disposable paper napkin	21 (0)	0 (0)	N.D
	Decorative napkin	84 (15)	23 (8)	N.D-0.022 (0.004±0.006)
	Total	105 (15)	23 (8)	N.D-0.022 (0.003±0.006)
Formaldehyde	Disposable paper napkin	21 (0)	0 (0)	N.D
	Decorative napkin	84 (15)	8 (0)	N.D-0.162 (0.009±0.031)
	Total	105 (15)	8 (0)	N.D-0.162 (0.007±0.028)
Fluorescent whitening agents	Disposable paper napkin	21 (0)	0 (0)	-
	Decorative napkin	84 (15)	14 (12)	-
	Total	105 (15)	14 (12)	-

반면 공산품인 장식용 냅킨의 경우 벤조페논을 물과 4% 초산으로 용출하였을 때에는 84건이 모두 불검출되었으나 지방성 식품의 모사용매인 n-헵탄으로 용출했을 때 23건에서 벤조페논이 검출되었다. 검출량은 최대 0.022 mg/L로 식품포장재의 벤조페논 용출기준인 0.6 mg/L 이내와 비교하면 매우 낮은 수준으로 확인되었다(Table 5). 본 조사에서 검출된 벤조페논은 우려할 수준은 아니었지만, 고지방 제품에서 높은 농도의 벤조페논이 용출되었다는 Anderson 등[22]의 연구와 인쇄된 식품포장재에서의 광개시제가 지방성 식품에서 이행량이 더 크다는 Sanches-silva 등[23]의 기존 연구 결과와 함께 종합해 볼 때, 소비자들이 사용할 때 지방함량이 높은 식품과 인쇄된 종이가 직접 닿지 않도록 사용에 주의를 기울여야 할 것으로 보인다.

포름알데히드는 장식용 냅킨 84건 중 8건에서 0.053-0.162 mg/L가 검출되었는데 일회용 종이냅킨 포름알데히드 기준 4 mg/L에 비해 안전한 수준으로 나타났다(Table 5).

위생용품인 일회용 종이냅킨의 기준은 불검출인 형광증백제를 분석한 결과, 장식용 냅킨 84건 중 14건에서 형광이 검출되어 16.7%의 검출률을 보였으며, 그 중 12건은 재활용 종이(recycled paper) 표시가 확인된 시료였다. Table 5에서 보는 바와 같이 재활용 종이(recycled paper)가 표시된 15건의 장식용 냅킨 중 8건에서는 벤조페논도 검출되어 일반 용지 제품보다 유해물질의 검출비율이 높음을 확인하였다.

재활용지를 식품에 접촉하는 용도나 식품포장재로 사용하는 것에 대한 잔류량 조사와 유해성에 대해서는 많은 연구가 이루어졌다. 위생용지나 식품용 포장지 등의 지류제품을 생산하는 제지업체에서는 형광증백제가 사용되지 않지만 백색 폐지가 원료로 사용되어 형광물질이 잔류할 수 있는 것으로 알려져 있으며[24], 일본 후생성에 따르면 재활용 종이에서 벤조페논과 포름알데히드도 폐기물 유래 물질로 잔류할 수 있다고 보고되었다[25]. 그간의 연구[12-14]를 종합하면 재활용지를 이용한 식품접촉 포장재에서 벤조페논과 포름알데히드, 형광증백제가 각각 검출된 사례가 있다. 따라서 Oh 등[13]의 연구에서는 재활용지를 식품포장으로 이용할 때 식품과의 직접 접촉을 피하기 위한 방법으로 안전성이 입증된 간지를 삽입하는 등의 조치가 필요하다고 안내하였다.

본 조사 결과, 위생용품과 달리 공산품으로 유통되는 장식용 냅킨은 재활용 종이를 사용한 경우가 있어 소비자들은 용도에 맞게 일회용 종이냅킨과 구분하여 사용해야 하며, 제품의 표시사항을 확인하여 재생지를 사용한 제품에 주의할 필요가 있다. 특히, 앞면 전체가 인쇄된 종이에 인쇄되지 않은 간지가 겹쳐져 있는 구조로 제작된 장식용 냅킨은 간지를 활용하여 인쇄된 면이 피부 및 식품과 직접 접촉하지 않도록 사용하여야 할 것이다.

벤조페논 유해성 평가

벤조페논의 인체노출허용량(tolerable daily intake, TDI)은 유럽식품안전청(European Food Safety Authority, EFSA)에서 동물실험에서 도출된 무독성량(no observed adverse effect level, NOAEL)에 대하여 0.03 mg/kg b.w. per day로 설정하고 있다[26].

본 조사에서 검출된 벤조페논 농도에 대한 유해성을 평가해보고자 벤조페논이 가장 많이 용출(0.022 mg/L)된 장식용 냅킨을 사용했을 때 용출량 전체를 섭취하게 되는 가정으로 일일추정섭취량(EDI)을 계산하였다. 벤조페논 최대검출량을 기준으로 장식용 냅킨(12 cm×12 cm) 1장에서 용출되는 벤조페논은 0.0063 mg이다. 하루 한 장의 냅킨을 사용한다고 가정하면, 이를 평균 체중 66.83 kg로 나누어 산출한 일일추정섭취량(EDI)는 0.094 μg/kg b.w. per day로 TDI 0.03 mg/kg b.w. per day 대비 0.31%로 나타났다.

다음으로, 장식용 냅킨에서 검출된 벤조페논의 최대검출량에 대하여 검출된 냅킨을 식품포장재인 종이제로 가정하고 종이제의 식품소비계수(CF)와 지방성식품에 대한 식품유형분포계수(f_T)를 적용하였다. 평균 체중 66.83 kg의 사

Table 6. Risk assessment of benzophenone using food consumption factors

C_s[1](mg/L)	CF (paper)[2]	paper $f_{T(Fat)}$[3]	<M> (μg/L)[4]	M (μg/kg)[5]	EDI (μg/kg b.w/day)	%Risk[6]
0.022	0.08	0.08	1.76	0.141	0.003	0.01

[1] C_s: Concentration of substance (benzophenone).

[2] $CF\ (paper) = \frac{\Sigma\ Mass\ food\ (paper)}{\Sigma\ Mass\ all\ foods\ (all\ packaging)}$

[3] $Paper\ f_T\ (Fat) = \frac{\Sigma\ Mass\ Fat\ food\ (paper)}{\Sigma\ Mass\ foods\ (paper)}$

[4] <M>: Migration concentration from the food contact material, C_s×paper $f_{T(Fat)}$.

[5] M (dietary concentration of substance)=<M>×CF (paper).

[6] Risk was calculated as EDI divided by TDI 30 μg/kg b.w. per day.

람이 식품을 1.4 kg 섭취한다고 가정하여 계산했을 때 일일추정섭취량(EDI)는 0.003 μg/kg b.w. per day[18]로 나타났으며, 위해도는 0.01%로 나타났다(Table 6).

식품의약품안전처는 2015년 보도자료를 통해 한국인의 인체 시료에 대한 벤조페논 안전성 평가 결과를 공개하였으며, 이 평가에서 인체노출허용량(TDI) 대비 0.7% 이하로 벤조페논 및 그 대사체에 의한 건강 영향 우려가 없다고 평가하였다[27]. 본 조사 결과에서도 위생용품 냅킨에서는 벤조페논이 검출되지 않았고 공산품 중 최대 검출 시료를 고려하여 계산한 노출량 역시 우려할 수준은 아니라고 보여졌다. 그러나 벤조페논은 장기적인 노출이 가능하고, 피부 접촉, 화장품, 식품 포장재 노출을 포함하여 다양한 경로로 인체에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 벤조페논은 다양한 사용연령층과 노출경로를 고려한 위해도 평가와 규격이 설정되어 있지 않은 위생용품의 기초자료를 위한 지속적인 모니터링이 필요하다.

국문요약

본 연구는 인쇄된 냅킨에 대하여 종이 제조공정의 첨가제로 쓰이는 벤조페논, 포름알데히드 및 형광증백제의 잔류량을 조사하였다. 식품용 기구 및 용기·포장의 벤조페논 시험법과 위생용품 포름알데히드 및 형광증백제 시험법을 적용하여 인쇄된 냅킨을 분석했을 때 R^2 값 0.999 이상의 직선성을 확인하였고, 벤조페논을 물과 4% 초산, n-헵탄으로 용출했을 때 83-101%, 포름알데히드는 100% 이상의 회수율을 보였다. 온라인에서 유통되는 국내 제조 일회용 종이냅킨 21건과 서울 시내 도매시장에서 유통되는 수입산 장식용 냅킨 84건에 대하여 조사한 결과, 위생용품으로 관리되는 일회용 종이냅킨에서는 벤조페논과 포름알데히드, 형광증백제 모두 불검출되어 안전하게 관리되고 있음을 확인하였다. 공산품으로 유통되는 장식용 냅킨 84건의 경우 23건에서 n-헵탄으로 용출했을 때 0.003-0.022 mg/L의 벤조페논이 검출되었다. 최대 검출량을 보인 냅킨에 대하여 하루 1장을 사용한다고 가정할 때 벤조페논 인체노출허용량(TDI) 대비 0.31%로 확인되었고, 식품포장재인 종이제로 가정하여 식품소비계수(CF)를 적용하여 위해도를 평가하였을 때 0.01% 수준이었다. 포름알데히드는 장식용 냅킨 8건에서 0.053-0.162 mg/L가 검출되었고 일회용 종이 냅킨 포름알데히드 기준 4 mg/L에 비해 안전한 수준이었다. 또한 공산품인 장식용 냅킨 14건에서 형광증백제가 검출되었는데 그 중 12건은 제품에 재활용지를 사용한 제품이었다. 이에 냅킨의 용도별 구분과 안전한 사용법을 소비자들에게 안내할 필요가 있으며, 인쇄된 위생용품에 대한 벤조페논의 규격 설정을 위한 안전성에 대한 연구도 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Jiyoung Kim https://orcid.org/0000-0003-2393-1302
Insoon Cho https://orcid.org/0000-0001-5052-5559
Young Shin https://orcid.org/0000-0001-7959-0696
Yeojae Shin https://orcid.org/0009-0008-8997-2960
Seoyoung Kim https://orcid.org/0009-0007-2202-3157
Minsu Kang https://orcid.org/0000-0002-5039-5712
Soyoung Jung https://orcid.org/0000-0002-0437-2384
Hyunjeong Kim https://orcid.org/0009-0001-5170-701X
Jusung Park https://orcid.org/0000-0002-5053-8285

References

1. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2024. Hygiene products safety management guidelines 2025, Cheongju, Korea.
2. Yoon, S.L., Hwang, J.Y., Type of foreign materials in waste paper used for the manufacture of linerboard and physical properties of recycled fibers. *J. Korea Tech. Assoc. Pulp Pap. Ind.*, **39**, 1-11 (2007).

3. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2022. Standards and specifications for food utensils, containers and pakages, Cheongju, Korea, pp.9-17.
4. European Commission, (2025, November 10). Commission Regulation (EU) No 10/2011 of 14 January 2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food. Retrieved from https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2011/10/oj/eng
5. International Agency for Research on Cancer (IARC), (2025, November 10). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Retrieved from https://monographs.iarc.who.int/
6. European Commission, (2025, November 10). Food contact materials. Retrieved from https://food.ec.europa.eu/food-safety/chemical-safety/food-contact-materials_en#further-information
7. Therapeutic Goods Administration (TGA), (2025, November 10). Safety review of benzophenone. Retrieved frm https://www.tga.gov.au/sites/default/files/2025-04/safety-review-benzophenone.pdf
8. Consumer Safety Center, Consumer Safety Bureau, Food and Drug Safety Team, (2025, December). Safety satus survey of food packaging materials. Retrived from https://www.kca.go.kr/smartconsumer/sub.do?menukey=7301&mode=view&no=1002555728
9. Chen, M.L., Chen, C.H., Huang, Y.F., Chen, H.C., Chang, J.W., Cumulative dietary risk assessment of benzophenone-type photoinitiators from packaged foodstuffs. *Foods*, **11**, 152 (2022).
10. U.S. Environmental Protection Agency (EPA), (2025, November 10). EPA's safer choice criteria for colorants, polymers, preservatives, and related chemicals. Retrieved from https://www.epa.gov/saferchoice/safer-choice-criteria-colorants-polymers-preservatives-and-related-chemicals
11. European Parliament & Council of the European Union, (2025, November 10). Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the registration, evaluation, authorisation and restriction of chemicals (REACH). Retrieved from https://www.legislation.gov.uk/eur/2006/1907
12. Giannetti, V., Boccacci Mariani, M., Mannino, P., Monitoring of contaminants in recycled paperboard for food contact applications. *J. Sci. Food Agric.*, **97**, 2191-2198 (2017).
13. Oh, J.M., Shin, S.H., Kwon, S.J., Cho, A.R., Kim, S.J., Lee, Y.J., Jo, H.J., Han, J.J., Evaluating safety of recycled and non-recycled paper-based box for food pakging. *Korean J. Packag. Sci. Tech.*, **18**, 27-32 (2012).
14. Cho, Y.H., Park, S.O., Woo, S.M., Ham, T.S., Studies of the content of formaldehyde in food packaging paper. *J. Korean Soc. Environ. Anal.*, **6**, 1-5 (2003).
15. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2025. Standards and specifications for hygienic products, Cheongju, Korea, pp.73-88.
16. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2021. Guidlines for validation and verification of test method for quality control of testing inspection agenicies in the food and drug field, Cheongju, Korea, pp. 1-40.
17. Korea Health Industry Development Institute (KHIDI), 2017. Study on safety assessment model for migration of substances in food contact materials and packaging, Naju, Korea.
18. Korea Health Industry Development Institute (KHIDI), 2023. National nutrition statistics report, Naju, Korea.
19. Korea Disease Control and Prevention Agency, 2023. 2023 Korea national health and nutrition examination survey, Cheongju, Korea.
20. Song, S.H., Yoon, H.J., Park, S.H., Jang, M.K., Chae, S.Y., Jeon, J.S., Lee, M.J., Survey on residue level of formaldehyde in hygiene products. *J. Food Hyg. Saf.*, **38**, 46-54 (2023).
21. Na, Y.R., Kwon, H.J., Cho, H.N., Kim, H.J., Park, Y.K., Park, S.A., Kang, J.M., Formaldehyde monitoring of hygine products in domestic market. *J. Food Hyg. Saf,*, **35**, 225-233 (2020).
22. Anderson, W.A.C., Castle, L., Benzophenone in cartonboard packaging materials and the factors that influence its migration into food. *Food Addit. Contam.*, **20**, 607-618 (2003).
23. Sanches-Silva, A., Andre, C., Castanheira, I., Cruz, J.M., Pastorelli, S., Simoneau, C., Paseiro-Losada, P., Study of the migration of photoinitiators used in printed food-packaging materials into food simulants. *J. Agric. Food Chem.*, **57**, 9516-9523 (2009).
24. Lee, J.Y., Kim, C.H., Kim, E.H., Park, T.U., Study on the detachment of fluorescent whitening agents for white waster paper. *J. Korea TAPPI*, **48**, 5-12 (2016).
25. Food Safety Information Center, (2025, November 10). Japan guidelines on the use of recycled paper for food contact materials and packaging. Retrieved from https://www.mhlw.go.jp/topics/yunyu/other/2012/dl/120427_3.pdf
26. European Food Safety Authority, (2025, November 10). Safety of benzophenone to be used as flavouring. Retrieved from https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2017.5013
27. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2025, November 18). Imported food information maru. Retrieved from https://impfood.mfds.go.kr/CFBBB02F02/getCntntsDetail?cntntsSn=281495