pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 38, No. 4, pp. 228~235 (2023)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2023.38.4.228

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

식품 시설 또는 조리도구 표면에서 땅콩 알레르겐을 효과적으로 제거하는 세척 방법

김솔아[1] · 이정은[2] · 신재민[3] · 심원보[2,4,5]*

[1]경상국립대학교 대학원 응용생명과학부, [2]경상국립대학교 스마트팜 연구센터,
[3]전남대학교 치의학전문대학원 학석통합과정, [4]경상국립대학교 식품공학과,
[5]경상국립대학교 농업생명과학연구원

Cleaning Methods to Effectively Remove Peanut Allergens from Food Facilities or Utensil Surfaces

Sol-A Kim[1], Jeong-Eun Lee[2], Jaemin Shin[3], Won-Bo Shim[2,4,5]*

[1]Division of Applied Life Science, Graduate School, Gyeongsang National University, Jinju, Korea
[2]Institute of Smart Farm, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam, Korea
[3]Department of Dentistry, Chonnam National University, Gwangju, Korea
[4]Division of Food Science and Technology, Gyeongsang National University, Jinju, Korea
[5]Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, Korea

(Received July 17, 2023/Revised July 22, 2023/Accepted July 24, 2023)

ABSTRACT - Peanut is a well-known food allergen that causes adverse reactions ranging from mild urticaria to life-threatening anaphylaxis. Consumers suffering from peanut allergies should thus avoid consuming undeclared peanuts in processed foods. Therefore, effective cleaning methods are needed to remove food allergens from manufacturing facilities. To address this, wet cleaning methods with washing water at different temperatures, abstergents (peracetic acid, sodium bicarbonate, dilute sodium hypochlorite, detergent), and cleaning tools (brush, sponge, paper towel, and cotton) were investigated to remove peanuts from materials used in food manufacture, including plastics, wood, glass, and stainless steel. Peanut butter was coated on the surface of the glass, wood, stainless steel, and plastic for 30 min and cleaned using wet cleaning. The peanut residue on the cleaned surfaces was swabbed and determined using an optimized enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Cleaning using a brush and hot water above 50°C showed an effective reduction of peanut residue from the surface. However, removing peanuts from wooden surfaces was complicated. These results provide information for selecting appropriate materials in food manufacturing facilities and cleaning methods to remove food allergens. Additionally, the cleaning methods developed in this study can be applied to further research on removing other food allergens.

Keywords: Peanut; Food allergy; Cleaning method; Facility surfaces; Food safety

식품알레르기는 특정 식품을 섭취 후 면역글로블린 E (IgE)나 림프구 등 인체의 면역체계가 식품 내 항원(단백질)과 반응하여 다양한 증상을 일으키는 과민면역반응을 말한다[1]. 식품알레르기의 경우 피부(두드러기, 아토피피부염, 혈관부종), 호흡기(비염, 천식), 위장관(구토, 설사, 복통) 등 전신에 나타날 수 있고 심한 경우에 아나필락시스 쇼크와 심정지 등이 발생할 수 있다[2]. 식품알레르기를 일으키는 식품은 개인에 따라 다양하지만 아나필락시스를 일으키는 주요 원인 식품으로는 땅콩(37.3%), 사과(3.3%), 호두(3.2%), 잣(2.2%) 순으로 조사되었다[3].

식품알레르기로 고통받는 인구의 비율은 1960년 약 3%에서 2018년에 약 7%로 증가한 것으로 조사되어 전세계적으로 식품알레르기 사고가 계속적으로 증가하는 추세이다[4]. 2018년부터 본격 시행되고 있는 미국의 식품안전현

*Correspondence to: Won-Bo Shim, Division of Food Science and Technology, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam 52828, Korea
Tel: +82-55-772-1902, Fax: +82-55-772-1909
E-mail: wbshim@gnu.ac.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.

대화법(Food Safety Modernization Act; FSMA)에서 식품 예방관리 항목으로 식품알레르기 유발물질 관리가 포함되면서 식품알레르기 표시 제도 및 식품알레르기 교차오염 예방 등에 관한 관리가 요구되고 있기 때문에 앞으로 식품알레르기에 대한 관리가 강화될 것으로 예상된다[5].

식품알레르기 발병은 성인보다는 영유아 및 어린이에게 더욱 치명적이기 때문에 우리나라에서는 어린이보육시설과 학교 교사 및 학부모 등을 대상으로 한 식품알레르기 관리를 위한 매뉴얼이 보급되고 있다[6]. 이러한 시설에 보급되는 대부분의 교육내용은 식품알레르기 기초지식(식품 알레르기란, 증상, 원인식품, 표시제도 등)과 식품알레르기 관리(식품알레르기 조사, 급식관리, 응급관리 등)로 구성되어 있다. 그러나 식품알레르기 교차접촉 방지, 또는 식품이 접촉할 수 있는 제조 또는 조리 시설 표면의 식품알레르겐 제어나 세척 방법, 관리절차 등에 대한 구체적인 정보는 부족하다[7].

영국 식품기준청(Food Standards Agency, FSA) 조사에 따르면 식품알레르기 세척방법으로 습식(wet cleaning)과 건식(dry cleaning), 제어된 습식(controlled-wet) 등의 방법이 보고되었고, 제어된 습식세척을 포함하여 화학물질을 이용한 습식 세정의 효과는 건식 세정방법보다 식품알레르겐 제거에 더 효과적인 것으로 알려져 있다[8,9]. 우리나라의 식품알레르기 관리는 초기단계이며 주로 표시제도를 강화하는 등에 초점을 맞춰 실행하고 있으며 실제 알레르기를 유발할 수 있는 식품을 제조시설 및 표면에서 제거하는 연구에 대해서는 미흡한 실정이다[10]. 따라서 식품알레르기의 표시제도와 더불어 식품알레르기 제거에 효과적인 세척방법의 제시가 필요하다.

본 연구에서는 식품의 제조시설 또는 조리도구의 재료로 사용되는 스테인리스, 유리, 플라스틱, 나무를 대상으로 땅콩버터를 처리한 후 세척용수 온도 및 세척용제와 도구의 사용여부에 따른 세척효과를 확인하여 식품알레르겐을 효과적으로 제거할 수 있는 세척방법을 제시하고자 하였다.

Materials and Methods

시료 수집 및 땅콩 알레르겐 처리

본 연구에 사용한 땅콩버터(Skippy®, Hormel Foods, Austin, MN, USA)와 교차반응성 확인을 위해 사용된 시료(땅콩, 달걀, 아몬드, 캐슈넛, 대두, 새우, 고등어, 돼지고기, 밀, 참깨, 우유)는 경남 진주에 위치한 마트에서 구입하여 사용하였다. 실험에 사용한 땅콩버터(볶은 땅콩 93% 함유)는 볶은 땅콩과 찐 땅콩에 비해 끈적한 정도가 높기 때문에 세척 등의 처리 이후에도 표면에 잔류가능성이 높으므로 식품 제조시설 또는 조리도구의 재료로 사용되는 플라스틱, 유리, 스테인리스, 나무 등에 적용 후 세척효과를 확인하는데 사용하였다.

플라스틱, 유리, 스테인리스, 나무를 준비하여 가로와 세로 각각 5 cm×5 cm 크기로 절단하여 쿠폰을 만들고 표면에 땅콩버터(5 g)를 도포하고 30분동안 실온에 방치한 후 식품용 스크래퍼(Aricasa, Mantua, Italy)를 이용하여 재질 표면을 긁어 낸 후 세척효과를 확인하는데 사용하였다. 세척 용수(수돗물)를 사용하여 불림(5분), 세척(1분), 헹굼(3분) 3단계로 수행하였다. 세척된 플라스틱, 유리, 스테인리스, 그리고 나무 표면에 잔류하는 땅콩은 면봉법으로 회수하였다. 면봉법은 AgraQuant® Allergen Swabbing Kit (Romer Labs Inc., Newark, DE, USA)를 이용하여 면봉을 0.1 M carbonate buffer (pH 9.6)에 적시고 5 cm×5 cm의 영역을 표시하고 회전시키면서 전체 면적을 닦아 샘플링 후 5 mL의 carbonate buffer로 강하게 진탕한 후 분석에 사용하였다[11].

간접효소면역분석법(indirect enzyme-linked immunosorbent assay; iELISA)

다양한 세척방법으로 처리된 재료 표면에 땅콩성분의 잔류여부는 indirect enzyme-linked immunosorbent assay (iELISA)로 확인하였다. iELISA법에 사용한 땅콩항체(RO 3A1-12 Mab)는 땅콩버터에서 추출한 열에 안정한 수용성 단백질을 항원으로 사용하여 개발한 항체로 이전 연구에서 다른 식품재료에는 반응하지 않고 땅콩에 특이적인 항체로 확인되었다[12]. 땅콩성분의 정량분석을 위한 iELISA 과정은 다음과 같다. 세척된 재료 표면으로부터 회수한 시료 또는 교차반응을 확인하기 위해 사용된 다른 식품재료의 추출물 100 µL를 Immunoplate (SPL Life Sciences Co., Ltd., Pocheon, Korea)에 분주하고 37°C에서 1시간 동안 코팅(coating)과정을 거쳤다. 이후 0.05% Tween 20이 포함된 인산염버퍼용액(phosphate buffered saline; PBS, pH 7.4)을 세척용액(PBST)으로 사용하여 3회 세척한 후 1% skim milk (200 µL/well)를 분주하고 37°C에서 1시간 동안 blocking을 실시하였다. 각 well을 PBST로 4회 세척한 후 PBS에 20,000배 희석된 RO 3A1-12 Mab 용액을 100 µL씩 첨가하고 37°C에서 1시간동안 반응시켰다. 추가로 PBST로 5회 세척하고 PBS에 10,000배 희석된 goat anti-mouse IgG (H+L) peroxidase conjugate를 각 well에 100 µL씩 첨가하고 37°C에서 1시간 동안 보관한 후 6회 세척하였다. 마지막으로 기질용액[2, 2′-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid); ABTS 1 mL, 10 mM citrate buffer 11 mL, 30% H_2O_2 7 µL]를 혼합하여 well에 첨가하고 37°C에서 30분간 반응시켰고 Spark™ 10M (Tecan Trading AG, Zurich, Switzerland)를 사용하여 405 nm에서 측정하였다.

iELISA법의 교차반응성을 확인하기 위해 사용된 다른 식품 시료 및 땅콩시료 전처리 방법은 Kim 등[13]의 방법에 따라 수행하였다.

식품 제조시설 조리도구 표면에 대한 식품알레르기 세척법 확립

불림 및 세척용수의 온도와 세척용제 사용에 따른 세척 효과 비교

습식세척 방법이 식품알레르겐을 제거하는데 효과적이라는 연구를 바탕으로 불림과 세척용수의 온도차이와 일상에서 흔히 사용되는 세척제(자연퐁, LG H&H Co.,Ltd., Seoul, Korea) 사용유무에 따른 세척효과를 확인하였다[14,15]. 땅콩버터를 유리표면에 도포하고 방치한 후 스크래퍼로 제거하고 유리 쿠폰을 일반 수돗물(15°C±2)과 온수(50°C±2)에 5분간 불린 후 손 또는 손과 세제로 문질러 1분간 세척하고 잔여물을 제거하기위해 3분간 일반 수돗물(15°C±2)와 온수(50°C±2)로 헹구었다. 불림 및 세척용수의 온도차이와 세척용제의 효과를 비교하기 위해 사용된 실험군은 다음과 같다. 대조구로 (1)세척하지 않은 유리 쿠폰을 사용하였으며, 일반 수돗물로 5분간 불리고 손으로 단순세척 후 (2)일반 수돗물로 헹굼, (3)온수로 5분간 불리고 손으로 단순세척 후 온수로 헹굼, (4)일반 수돗물로 5분간 불리고 손과 세척용제로 세척 후 일반 수돗물로 헹굼, (5)온수로 5분간 불리고 손과 세척용제로 세척 후 온수로 헹굼하는 조건을 사용하였다. 음성 대조구로 난백을 땅콩버터와 동일한 방법으로 유리표면에 도포하고 방치한 후 스크래퍼로 제거한 후 불림, 세척, 헹굼단계를 실시하였으며, 세척된 유리표면상에 남아있는 땅콩버터 또는 난백 성분을 앞서 설명한 면봉법으로 회수한 후 iELISA법으로 분석하였다.

세척도구의 사용에 따른 세척 효과 비교

일반적으로 식품 제조시설과 조리도구의 세척에 사용되는 세척솔, 페이퍼타올, 헝겊, 스폰지 등 세척도구 사용에 따른 세척효과를 비교하였다[16]. 먼저, 땅콩버터를 유리, 플라스틱, 스테인리스, 나무에 도포하고 스크래퍼로 제거한 후 온수에 불린 후(5분) 세척단계에서 세척용제와 세척도구(페이퍼 타올, 세척솔, 스펀지, 헝겊)를 이용하여 1분간 문지르고 온수로 3분간 헹구어 세척하였다. 대조구로 (1) 불림→세척(손과 세척용제)→헹굼으로 세척한 것을 사용하였고, 실험군으로 (2)불림→세척(페이퍼타올과 세척용제)→헹굼, (3)불림→세척(세척솔과 세척용제)→헹굼, (4)불림→세척(스펀지와 세척용제)→헹굼, (5)불림→세척(헝겊과 세척용제)→헹굼 등을 사용하였다. 음성 대조구로 난백을 이용하여 땅콩버터와 동일한 방법으로 세척하고 유리, 플라스틱, 스테인리스, 나무 표면상에 남아있는 땅콩버터 또는 난백 성분을 앞서 설명한 면봉법으로 회수한 후 iELISA법으로 분석하였다.

세척용제의 세척 효과 비교

우리나라에는 현재 식품알레르겐 제거를 위한 세제나 소독제의 분류와 기준 및 규격도 정해져 있지 않은 상황이다. 따라서 땅콩 식품알레르겐 제거에 효과적인 세척용제 선정을 위해 식품의약품안전처[17]에서 고시한 식품용 기구 등의 세척 및 살균소독제인 과산화초산(peracetic acid), 베이킹소다(sodium bicarbonate), 구연산(citric acid), 에탄올(ethanol), 차아염소산나트륨(sodium hypochloride)를 선정하여 세척효과를 비교했다. 앞서 설명한 바와 같이 땅콩버터를 유리, 플라스틱, 스테인리스, 나무에 도포하고 스크래핑하여 온수로 불림(5분) 후 세척솔에 세척용제를 달리하여 문질러 세척한 후 온수로 3분간 헹구었다. 대조구로 (1)불림→세척(세척솔과 세척용제)→헹굼으로 세척한 것을 사용하였고, 실험군으로 (2)불림→세척[세척솔+과산화초산(58 mg/L)]→헹굼, (3)불림→세척[세척솔+베이킹소다(3%)]→헹굼, (4)불림→세척[세척솔+구연산(3%)]→헹굼, (5)불림→세척[세척솔+에탄올(70%)]→헹굼, (6)불림→세척[세척솔+차아염소산나트륨(100 ppm)]→헹굼으로 세척하였다. 음성 대조구로 난백을 이용하여 땅콩버터와 동일한 방법으로 세척하고 유리, 플라스틱, 스테인리스, 나무 표면상에 남아있는 땅콩버터 또는 난백 성분을 앞서 설명한 면봉법으로 회수한 후 iELISA법으로 분석하였다.

통계분석

각각의 실험결과는 Windows용 SigmaPlot 10.0.1 (Systat Software, Inc., Palo Alto, CA, USA) 및 Microsoft Excel (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA)을 사용하여 분석하였다. 분산분석(Analysis of variance; ANOVA), 빈도 분석 및 기술 통계를 사용하여 각 그룹 간의 유의미한 차이를 확인하기 위해 SPSS 27.0 소프트웨어(IBM, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하였고(P<0.05), 모든 데이터는 3회 반복 측정하여 평균±표준 편차(SD)로 표시하였다(n = 3).

Results and Discussion

땅콩 검출을 위한 iELISA법의 특성

본 연구에 사용한 iELISA에 대해 민감도와 특이성을 확인한 후 유리, 플라스틱, 나무, 스테인리스 등 식품 제조시설 및 조리도구 재료 표면의 세척방법에 따른 세척효과를 측정하는데 사용하였다. 먼저 iELISA의 민감도는 1 g의 땅콩을 0.1 M carbonate buffer (pH 9.6) 10 mL과 섞은 후 끓는 물에서 15분간 중탕하면서 추출한 용액의 단백질 농도를 측정하였고, 단백질 농도를 0, 10^{1}-10^{5} ng/mL로 조정한 용액을 iELISA로 분석하였다. 그 결과 Fig. 1A에서 보는 바와 같이 검출한계는 11 ng/mL으로 나타났다. 따라서, 본 연구에서 사용된 iELISA는 유리, 플라스틱, 스테인리스, 나무에 잔류할 수 있는 낮은 농도의 땅콩성분도 분석가능한 것으로 확인되었다. 추가로 4종 땅콩시료(생 땅콩, 찐 땅콩, 볶은 땅콩, 땅콩버터)와 다른 식품재료를 앞

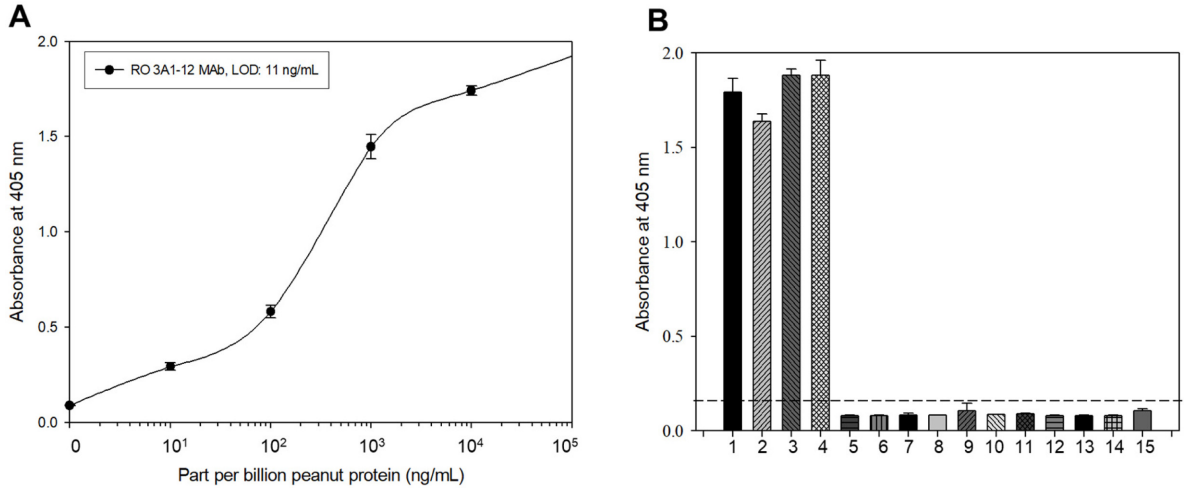

Fig. 1. Sensitivity (A) and specificity (B) of RO 3A1-12 Mab-based iELISA. 1: raw peanut, 2: steamed peanut, 3: roasted peanut, 4: peanut butter, 5: almond, 6: cashew nut, 7: soybean, 8: wheat, 9: sesame, 10: shrimp, 11: mackerel, 12: pork meat, 13: egg white, 14: milk, 15: negative control for iELISA (0.1 M carbonate buffer, pH 9.6). An absorbance of 0.2 or less was judged to be negative in the iELISA. Values represent as mean±SD (n = 3).

서 설명한 방법과 동일하게 중탕하여 단백질을 추출하고 추출액 원액을 iELISA로 분석을 실시하여 특이성을 확인하였다. 본 연구에 사용된 iELISA는 4종의 땅콩시료에 반응하는 것으로 확인되었고 다른 식품에는 반응성이 확인되지 않아 땅콩성분만을 특이적으로 검출하는 것으로 확인되었다(Fig. 1B). 이상의 결과로 볼 때 본 연구에서 사용된 iELISA는 다른 식품과는 반응하지 않고 식품 제조시설 및 조리도구 재료 표면 중에 존재하는 소량의 땅콩단백질을 검출할 수 있는 것으로 확인되어 이후 세척방법에 따른 땅콩 잔류 정도를 확인하는 분석방법으로 사용하였다.

불림 및 세척용수 온도와 세척용제의 사용에 따른 땅콩 알레르겐 제거효과 확인

식품 제조시설 및 조리도구 재료 표면으로부터 땅콩성분의 효과적인 제거를 위해 세척도구와 세척용제를 선정하는데 앞서 세척용수만을 사용하였을 때 그 온도에 따른 제거효과와 일반적으로 사용되는 세척용제의 사용에 따른 제거효과를 확인하였다. 대표로 유리표면을 대상으로 실시하였으며 대조군으로는 세척하지 않고 스크래퍼로 털어낸 유리소재의 쿠폰을 사용하였다.

먼저, Fig. 2에서와 같이 세척하지 않은 유리표면을 일반 수돗물(15°C)과 온수(50°C)만을 이용한 세척방법을 비교하였을 때 일반 수돗물로 5분간 불리고 손으로 문질러 세척하고 헹군 유리표면으로부터 회수한 시료의 흡광도(O.D. 0.78)가 온수로 동일하게 불림과 세척 및 헹굼을 실시 후 유리표면으로부터 회수한 시료(O.D. 0.46)보다 높게 나타나 땅콩의 잔류정도가 높은 것으로 나타났다. 다른 한편으로 일반 수돗물과(O.D. 0.78) 일반 수돗물에 세척용제를 병행하여 세척한 시료(O.D. 0.51)와 온수(O.D. 0.46)와

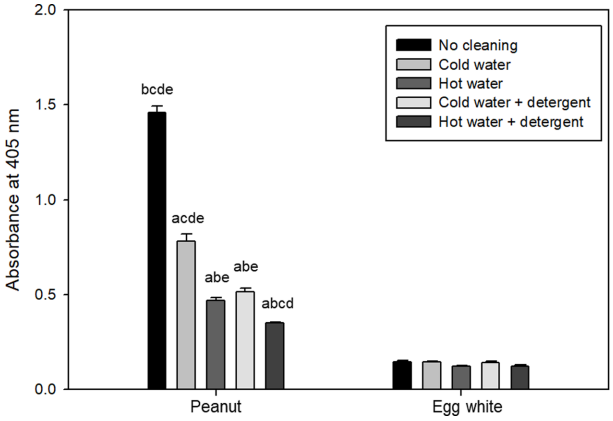

Fig. 2. Determination of the washing effect with different temperatures of the washing water in the soaking and washing steps. The egg white was tested as a negative control. The different superscript letters are significantly different (P<0.05) by one-way ANOVA with Tukey test. Data were acquired using iELISA. Values represent as mean±SD (n = 3).

온수에 세척용제를 추가하여 세척한(O.D. 0.35) 시료 모두 세척용제와 함께 사용하였을 때 흡광도가 낮게 확인되어 세척효과가 높아 땅콩의 잔류정도가 낮은 것으로 확인되었다. 또한, 냉수와 세척용제(O.D. 0.51), 온수와 세척용제(O.D. 0.35)의 세척효과를 비교한 결과에서도 온수와 세척용제로 세척한 유리표면의 시료가 흡광도가 낮게 측정되어 세척효과가 높게 나타났다. 추가로 세척하지 않고 스크레퍼로 제거한 건식세척(O.D. 1.45) 시료와 온수와 세척용제로 세척한 습식세척(O.D. 0.35)한 결과를 비교하였을 때 습식세척한 후 흡광도가 큰 폭으로 감소한 것으로 측정되었다. Jackson[18]은 식품의 교차오염을 방지하는데 세

척이 필수적인 도구라 언급하였으며, 본 연구의 결과에서도 유리표면에서 알레르겐 제거 시 용수를 이용한 습식세척의 효과가 있는 것으로 나타났다. 따라서, 불림 및 세척용수의 온도와 세척용제의 사용에 따른 땅콩 알레르겐의 세척효과는 온수와 세척용제> 온수> 냉수와 세척용제> 냉수 순으로 확인되었고, 온수에 세척용제를 사용하는 방법의 세척효과가 높게 나타나 이후의 실험은 온수와 세제를 이용한 세척방법을 적용하였다.

땅콩 알레르겐의 효율적인 세척을 위한 세척도구 선정

온수와 세척용제를 이용한 세척을 기본 세척법으로 이용하고, 추가로 세척도구의 사용에 따른 식품의 제조시설 및 조리도구로 사용되는 재료(스테인리스, 유리, 플라스틱, 나무) 표면으로부터의 땅콩 알레르겐 세척효과를 확인하였다. Fig. 3(A-D)에서 보는 바와 같이 온수와 세척용제를 이용하여 맨 손을 세척하였을 경우 페이퍼 타올, 세척솔, 스펀지, 헝겊에 비해 땅콩성분의 제거효과가 낮은 것을 확인할 수 있었다. 실험대상 표면의 재질에 따라 세척도구의 효과가 다르게 확인되었으나 유리, 플라스틱, 스테인리스, 나무에서 모두 솔로 세척하는 방법이 땅콩성분의 제거효과가 높게 확인되었다. 온수와 세척용제를 이용하여 솔로 세척하였을 때 표면의 재질에 따른 땅콩성분의 제거효과는 대체적으로 스테인리스> 유리> 플라스틱> 나무 순으로 확인되었다. 따라서 세척도구별 사용 효과에서는 세척 전보다는 세척 후, 세제를 단독 사용보다 도구를 사용하였을 때 세척효과가 높게 나타났고, 세척도구는 솔을 사용하였을 때 세척효과가 가장 높았다. Bedford 등[19]은 드라이 타올, 마른 헝겊, 젖은 타올, 젖은 헝겊, 알코올에 적신 타올, 알코올에 적신 물티슈를 이용하여 땅콩버터를 제거하였을 때 알코올에 적신 물티슈가 가장 효과적으로 보고하였으며, 식품의 형태나 건조 정도에 따라 세척 도구의 효과가 다른 것으로 나타났다. 식품 소재에 따른 세척효과를 확인한 연구[20]에서 표면이 매끄러운 스테인리스보다 거친 나무에서 세척효과가 상대적으로 낮게 나타나 본

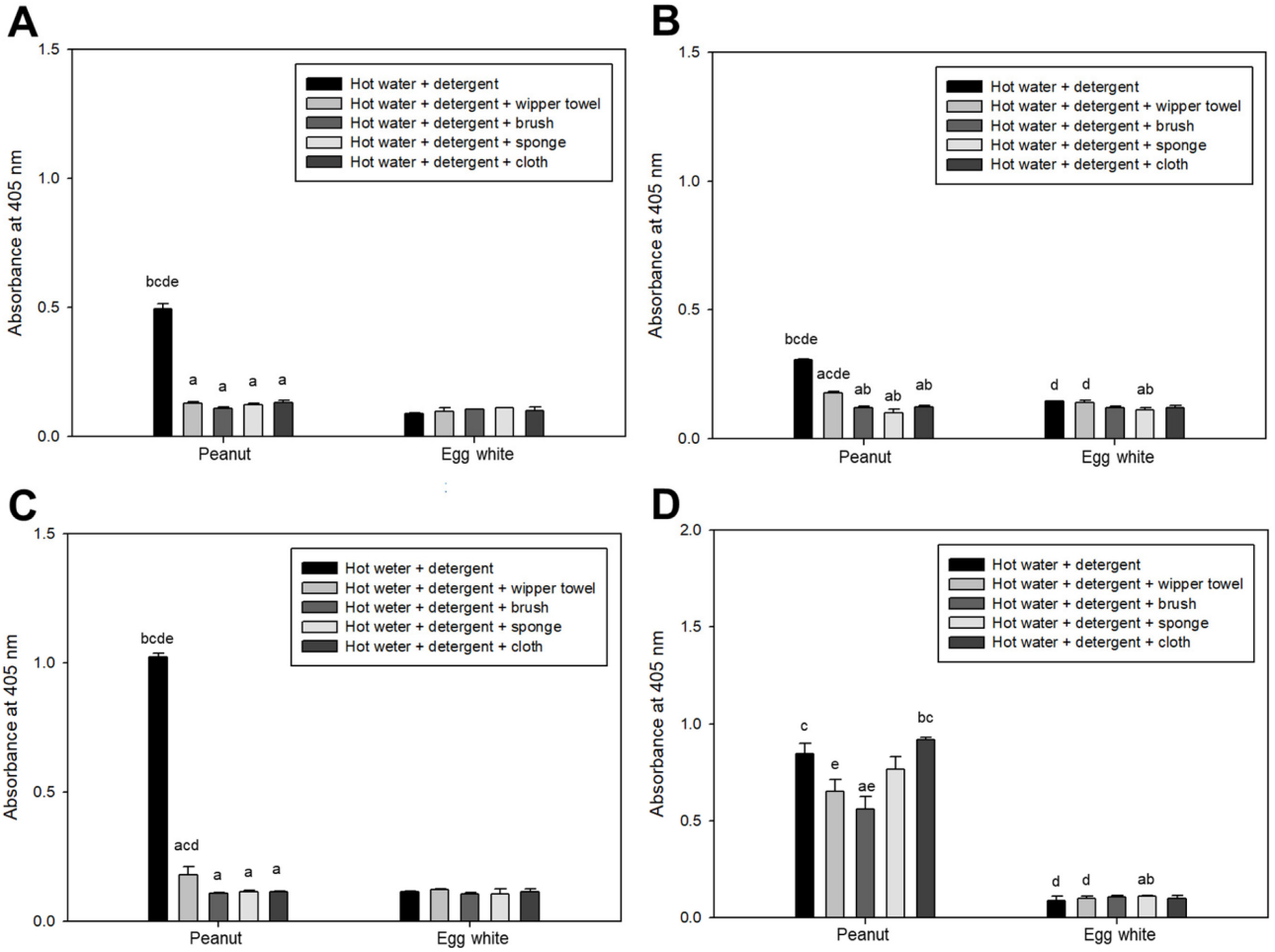

Fig. 3. Selection of cleaning tools for effectively removing peanut allergen from surfaces of glass (A), plastic (B), stainless steel (C), and wood (D). The egg white was tested as a negative control. The different superscript letters are significantly different (P<0.05) by one-way ANOVA with Tukey test. Data were acquired using iELISA. Values represent as mean±SD (n = 3).

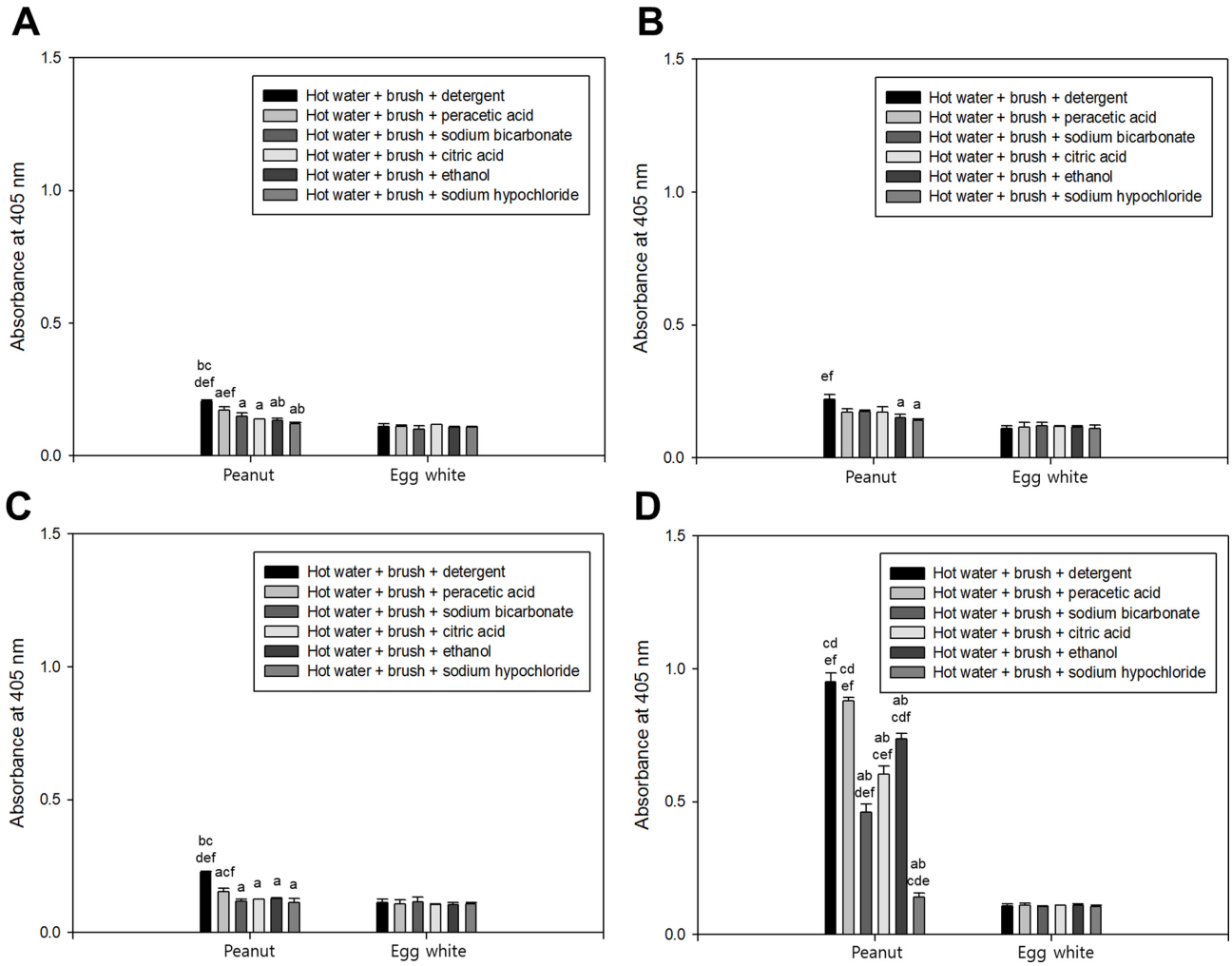

Fig. 4. Selection of cleaning solutions for effectively removing peanut allergen from surfaces of glass (A), plastic (B), stainless steel (C), and wood (D). The egg white was tested as a negative control. The different superscript letters are significantly different (P<0.05) by one-way ANOVA with Tukey test. Data were acquired using iELISA. Values represent as mean±SD (n = 3).

연구의 결과와 유사하게 나타났다. 따라서 땅콩 페이스트 또는 땅콩버터 등을 취급할 때는 나무재질의 식품처리 도구는 가급적 사용하지 않는 것이 땅콩 알레르겐의 교차오염을 예방하는데 효과적인 것으로 확인되었다[21].

세척용액을 이용한 세척 효과 확인

온수와 세척솔을 활용하여 식품 제조 및 조리 현장에서 도구 등의 세척에 사용가능한 세척 또는 소독제를 선정하여 식품 제조시설 및 조리도구의 표면으로부터 땅콩성분의 제거효과를 비교하였다. Fig. 4(A-D)에서 보는 바와 같이 땅콩버터를 도포하고 스크래퍼로 긁어낸 유리, 플라스틱, 스테인리스, 나무를 대상으로 온수로 불림단계를 거쳐 세척솔을 활용하여 세척 시 일반세척용제(퐁퐁)와 과산화초산(peracetic acid), 베이킹소다(sodium bicarbonate), 구연산(citric acid), 그리고 에탄올(ethanol), 차아염소산나트륨(sodium hypochloride)를 사용하였을 때 사용된 식품접촉재질 모두에서 과산화초산, 베이킹소다, 구연산, 그리고 에탄올, 차아염소산나트륨을 사용한 것이 일반세척용제를 사용한 것보다는 땅콩성분을 제거하는데 효과가 높은 것으로 확인되었다. 땅콩성분의 제거가 어려웠던 나무에 대해서도 차아염소산나트륨을 사용한 결과(O.D. 0.14), 과산화초산(O.D. 0.88), 에탄올(O.D. 0.73), 구연산(O.D. 0.6) 그리고 베이킹소다(O.D. 0.46)에 비해 땅콩성분의 제거효과가 큰 것으로 확인되었다. 차아염소산나트륨을 이용한 세척은 식품 표면 소재에 따라 세척정도의 차이는 있었으나 땅콩버터 제거에 효과적이고 식품알레르겐 이외에 식품의 살균[21], 진드기, 털 알레르기제거[22, 23]를 위한 세척에 효과가 있다고 보고된 바 있다. 따라서 본 연구에서는 식품표면 재질로부터 땅콩 알레르겐의 제거에 효과적인 방법으로 불림단계에서 50°C온수를 5분 동안 처리하고 차아염소산나트륨과 세척솔을 활용하여 세척한 후 온수로 헹구는 방법이 가장 효과적인 것으로 확인되었다.

Acknowledgement

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2022R1F1A1076121).

국문요약

본 연구에서는 식품 제조시설 및 조리도구의 표면을 대상으로 식품알레르겐인 땅콩을 제거하기 위해 다양한 습식세척법을 평가하였다. 습식세척은 식품알레르겐 또는 잔류물질을 세척하는데 매우 효과적인 방법이며 식품 시설 또는 접촉 표면으로 사용되는 스테인리스, 나무, 플라스틱에 대해 온수로 5분간 불림 후 세척솔과 세척용제를 이용한 세척효과는 스테인리스> 유리> 플라스틱> 나무 순으로 확인되었다. 접촉 표면이 거친 나무는 끼임 등에 의해 세척효과가 낮게 나타났으며 표면의 세척효과를 높이기 위해 온수(50°C±2)로 5분간 불림 후 세척솔과 차아염소산나트륨으로 세척하였을 때 나무표면으로부터 땅콩 알레르겐 제거에 효과가 큰 것으로 확인되었다. 식품 제조시설 및 조리도구의 표면에 따라 땅콩 알레르겐 세척효과는 달리 확인되어 본 연구에 사용된 재질과 세척용제 이외에 대해서도 추가의 연구는 필요하다. 식품안전현대화법에서 식품알레르기 표시 제도 및 식품알레르기 교차오염 예방 등에 관한 관리가 요구되고 있는 상황에서 식품 제조시설 및 조리도구 표면에 존재하는 식품알레르겐에 의한 교차오염의 예방과 관리는 필요할 것으로 생각된다. 본 연구 결과는 일반적인 세척 후에도 제조시설 및 도구의 표면에 땅콩 알레르겐의 잔류가능성을 제시하였고, 식품제조시설에서 취급하고 있는 땅콩 알레르겐의 세척 및 저감과 적절한 재질의 시설 및 도구 선정에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Sol-A Kim https://orcid.org/0000-0002-4055-7511
Jeong-Eun Lee https://orcid.org/0000-0002-0790-8578
Jaemin Shin https://orcid.org/0000-0001-5237-6008
Won-Bo Shim https://orcid.org/0000-0003-1800-6091

References

1. Hwang, D.W., Nagler, C.R., Ciaccio, C.E., New and emerging concepts and therapies for the treatment of food allergy. *Immunother. Adv.*, **2**, ltac006 (2022).
2. Anvari, S., Miller, J., Yeh, C.Y., Davis CM. IgE-mediated food allergy. *Clin. Rev. Allergy Immunol.*, **57**, 244-260 (2019).
3. Kim, M.A., Kim, D.K., Yang, H.J., Yoo, Y., Ahn, Y., Park, H.S., Lee, H.J., Jeong, Y.Y., Kim, B.S., Bae, W.Y., Jang, A.S., Park, Y., Koh, Y.I., Lee, J., Lim, D.H., Kim, J.H., Lee, S.M., Kim, Y.M., Jun, Y.J., Kim, H.Y., Kim, Y., Choi, J.H., Pollen-food allergy syndrome in Korean pollinosis patients: a nationwide survey. *Allergy Asthma Immunol. Res.*, **10**, 648-661 (2018).
4. Sampath, V., Abrams, E.M., Adlou, B., Akdis, C., Akdis, M., Brough, H.A., Chan, S., Chatchatee, P., Chinthrajah, R.S., Cocco, R.R., Deschildre, A., Eigenmann, P., Galvan, C., Gupta, R., Hossny, E., Koplin, J.J., Lack, G., Levin, M., Shek, L.P., Makela, M., Mendoza-Hernandez, D., Muraro, A., Papadopoulous, N.G., Pawankar, R., Perrett, K.P., Roberts, G., Sackesen, C., Sampson, H., Tang, MLK., Togias, A., Venter, C., Warren, C.M., Wheatley, L.M., Wong, G.W.K., Beyer, K., Nadeau, K.C., Renz, H., Food allergy across the globe. *J. Allergy Clin. Immunol.*, **148**, 1347-1364 (2021).
5. LaBorde, L.F., 2020. The hazard analysis risk-based preventive controls (food safety engineering), 1st ed, Springer, New York, NY, USA, pp. 205-226.
6. Cho, W., Kim, J., The current state of food allergy of preschool childcare facilities in Hanam. *Korean J. Community Nutr.*, **20**, 251-258 (2015).
7. Kim, S.H., Lee, S.M., Knowledge and management of food allergy by parents of preschool children who experience food allergies. *J. Nutr. Health*, **56**, 184-202 (2023).
8. Crevel, R.W.R., 2015. Food allergen risk assessment and management (handbook of food allergen detection and control). 1st ed, Woodhead Publishing, Cambridge, UK, pp. 41-66.
9. Holah, J., 2023. Hazard control by segregation in food factories (hygienic design of food factories), 2nd ed, Woodhead Publishing, Cambridge, UK, pp. 259-286.
10. Jeon, Y.H., Kim, H.H., Park, Y.M., Jang, G.C., Kim, H.Y., Yum, H.Y., Kim, J., Ahn, K., Min, T.K., Pyun, B.Y., Lee, S., Kim, K.W., Kim, Y.H., Lee, J., Lee, S.Y., Kim, W.K., Song, T.W., Kim, J.H., Lee, Y.J., The current status and issue of food allergen labeling in Korea. *Allergy Asthma Respir. Dis.*, **7**, 67-72 (2019).
11. Schlegel, V., Yong, A., Foo, S.Y., Development of a direct sampling method for verifying the cleanliness of equipment shared with peanut products. *Food Control*, **18**, 1494-1500 (2007).
12. Kim, S.A., Toushik, S.H., Lee, J.E., Shim, W.B., Detection of a thermal stable-soluble protein (TSSP) as a marker of peanut adulteration using a highly sensitive indirect enzyme-linked immunosorbent assay based on monoclonal antibodies. *J. Microbiol. Biotechnol.*, **33**, 1-9 (2023).
13. Kim, S.A., Toushik, S.H., Lee, J.E., Shim, W.B., Ultrasensitive monoclonal antibodies specific to thermal stable-soluble proteins of buckwheat. *Food Chem.*, **423**, 136269 (2023).

14. Nikoleiski, D., 2015. Hygienic design and cleaning as an allergen control measure (Handbook of food allergen detection and control). 1st ed, Woodhead Publishing, Cambridge, UK, pp. 89-102.
15. Stephan, O., Weisz, N., Vieths, S., Weiser, T., Rabe, B., Vatterott, W., Protein quantification, sandwich ELISA, and real-time PCR used to monitor industrial cleaning procedures for contamination with peanut and celery allergen. *J. AOAC Int.*, **87**, 1448-1457 (2004).
16. Roder, M., Baltruweit, I., Gruyters, H., Ibach, A., Mucke, I., Matissek, R., Vieths, S., Holzhauser, T., Allergen sanitation in the food industry: a systematic industrial scale approach ao reduce hazelnut cross-contamination of cookies. *J. Food Prot.*, **73**, 1671-1679 (2010).
17. Ministry of Food and Drug Safety, (2023, July 5). Food additives code. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/upload/residue/3-3-5.pdf
18. Jackson, L.S., 2018. Allergen cleaning: best practices (food allergens), 1st ed, Springer, New York, NY, USA, pp. 205-226.
19. Bedford, B., Liggans, G., Williams, L., Jackson, L., Allergen removal and transfer with wiping and cleaning methods used in retail and food service establishments. *J. Food Prot.*, **83**, 1248-1260 (2020).
20. Jackson, L.S., Al-Taher, F.M., Moorman, M., DeVries, J.W., Tippett, R., Swanson, K.M., Fu, T.J., Salter, R., Dunaif, G., Estes, S., Albillos, S., Gendel, S.M., Cleaning and other control and validation strategies to prevent allergen cross-contact in food-processing operations. *J. Food Prot.*, **71**, 445-458 (2008).
21. Soares, V.M., Pereira, J.G., Viana, C., Izidoro, T.B., Bersot Ldos, S., Pinto, J.P., Transfer of Salmonella Enteritidis to four types of surfaces after cleaning procedures and cross-contamination to tomatoes. *Food Microbiol.*, **30**, 453-456 (2012).
22. Cipriani, F., Calamelli, E., Ricci, G., Allergen avoidance in allergic asthma. *Front. Pediatr.*, **5**, 103 (2017).
23. Tarlo, S. M., Time for action on cleaning and disinfecting agents. *J. Allergy Clin. Immunol. Pract.*, **9**, 2366-2367 (2021).