식품용 기구등의 살균소독제 노출안전 관리

Safety Management of Exposure to Food Contact Surface Sanitizing Solutions

최성희*, 이승우, 진보람

Sung-Hee Choi*, Seung-Woo Lee, Bo-Ram Jin

켐아이넷(주)

CHEM.I.NET.Co., Ltd., Yancheon-gu, Seoul, 07964, Korea

최 성 희

Correspondence to

Sung-Hee Choi

Tel: +82-70-5056-2880

Fax: +82-2-2647-4932

E-mail: shchoi@daum.net

서론

살균소독제는 세균 등 미생물이나 병원균등에 대하여 사멸 효과를 가지는 물질로 차아염소산, 요오드, 과산화수소, 과산화초산 등의 유효성분을 포함하고 있어 생물학적 요인에 의한 식중독의 예방 등에 사용되어진다.

국내 식중독발생에 따른 사회 경제적 손실비용은 2조8천억 수준으로 90% 이상이 병원성 미생물이 원인인 것으로 알려져 있으며 이러한 병원성 미생물에 의한 식중독 예방을 목적으로 식품 원료의 세척뿐만 아니라 식품 제조, 보관, 운반 등의 과정에서 사용하는 기구등에 살균소독제를 사용하고 있다. 특히 상업용 식품 가공 시설의 식품 접촉 표면과 장비의 효과적인 살균은 식품에 의한 병원균의 확산을 예방하는 데 중요하며 식중독 예방 등 안전한 식품의 확보에 매우 중요한 역할을 하고 있어 최근의 코로나19 뿐만 아니라 생물학적 위해에 대해 커지는 우려로 인해 사용량도 매년 증가하고 있는 실정이다.

우리나라의 식품용 기구등의 살균소독제 시장 규모는 150종 이상의 제품이 유통되고 있는 것으로 나타났으며 2020년 식품등의 생산실적보고서에 의하면 2018년 기구등의 살균소독제 생산량은 11,122톤이었으나 2020년 26,902톤으로 2배 이상 증가하였고 판매액도 65억 8천만원에서 253억9천만원으로 증가하는 등 생산량과 소비량이 지속적으로 증가하고 있다.

또한 코로나19의 영향으로 위생에 대한 관심이 증가하면서 손소독제의 상시적인 사용, 살균소독력을 보유한 물티슈 사용 등 실생활에서 다양한 방법으로 살균소독력을 가진 성분의 노출도 증가하고 있는 현실이며, 최근 시중에 판매 중인 식품용

살균소독제 중 일부 제품이 식품첨가물 성분규격에 부적합하다는 한국소비자원의 보도와, 커피 음료 중 용기에 사용된 살균소독제 성분의 검출 등으로 살균소독제의 안전성에 대한 우려가 커지고 있어 가구등에 사용되는 살균소독제 잔류에 대한 관리의 중요성도 점점 강조되고 있다.

식품첨가물공전의 사용기준에 의하면 기구등에 사용하는 살균소독제는 최종 제품 완성 전에 제거되거나 일부 물질은 용기 포장 중 잔류량이 0.5mg/L이하이어야 한다로 제시되어 있으나, 최근 국내 커피음료 중 살균소독제 성분인 과산화수소의 검출, 2018년 독일 아이스크림에서 기구등의 살균소독제로 사용된 4급 암모늄성분이 최고 5mg/kg 검출되는 등 제품 중 살균소독제 성분이 잔류할 가능성이 있으며 잔류하는 살균소독제 성분의 섭취로 인한 인체 위해성 논란이 사회적 이슈로 대두되었다. 이들 성분은 식품 제조과정 중 기구나 제품의 용기 소독에 사용한 살균제가 제품에서 검출된 사례로 식품용 기구 용기를 통한 살균소독제 성분들의 섭취량평가가 필요한 것으로 사료된다. 이에 가장 많이 생산 소비되는 살균소독제 5종에 대하여 국내 사용기준 및 식품섭취량을 반영하여 살균소독제의 노출량평가를 실시하고 위해수준을 확인하였으며 향 후 국내 살균소독제의 노출안전 관리에 대한 방향 및 필요성을 논의하였다.

식품용 기구등의 살균소독제 정의 및 관리

식품용 기구등의 살균소독제는 국내에서는 “기구(器具) · 용기 · 포장을 살균 · 소독하는 데에 사용되어 간접적으로 식품으로 옮아갈 수 있는 물질을 포함한다”로 정의하고 식품첨가물로서 식품위생법으로 관리하고 있으며 사용기준은 “기구등의 살균 · 소독 목적으로 개별품목에서 정해진 사용기준에 적합하게 사용하여야 하고, 사용한 살균 · 소독제 용액은 식품과 접촉하기 전에 자연건조, 열풍건조 등의 방법으로 제거하여야 한다”로 제시되어 관리하고 있다. 환경부에서는 “생활화학 제품 및 살생물제의 안전관리에 관한 법률”에서 “유해생물을 제거, 무해화 또는 억제하는 기능으로 사용하는 화학물질, 천연물질 또는 미생물을 말한다”로 살생물제로 정의 관리하고 있다. 미국에서는 Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act 에서“무생물과 그 표면에 있는 박테리아, 바이러스, 곰팡이와 같은 유해미생물의 성장을 제거 또는 억제하는데 사용되는 물질 또는 그 혼합물”로 정의하고 있으며 유럽연합은 Biocidal Products Directive 98/8/EC에서 “화학적 또는 생물학적 수단에 의하여 유해생물을 제거, 억제, 무해화 등 조절할 의도로 사용자에게 공급되는 활성물질(active substances) 등을 한 개 또는 두개 이상 포함하는 물질 및 제품을 말한다”로 정의하고 이런 물질을 Biocidal products(BP)로 관리하고 있다.

식품용 기구등의 살균소독제 노출량 평가 Scenario

기구등에 사용되는 살균소독제의 노출량 평가와 관련하여 미국은 1993년 FDA에서 Sanitizing solution의 식이노출을 통한 위해평가에 필요한 “Sanitizing solution : chemistry guideline for food additive petitions”를 발표하여 산업체가 활용할 수 있는 표준화된 살균소독제 섭취량평가방법으로 Food Contact Sanitizing Solution Model(FCSSM) 세 가지를 섭취량평가 scenario로 제시하였으며, 2005년 EPA에서 관련 조직을 구성하여 섭취량 평가를 본격적으로 수행하였다. 이때 EPA는 일일 추정섭취량 산출에 사용하는 식품접촉표면의 면적을 기존 FDA에서 제시한 4000cm^{2}가 과도하다는 판단을 하고 2000cm^{2}로 변경 제시하였다. 제시된 scenario를 적용하여 식품산업체에서 식품 등 기구용기에 사용한 살균소독제의 일일 추정섭취량 산출이 가능하며, Scenario 1은 개인이 하루에 섭취하는 식품섭취량을 면적으로 환산하여 2000cm^2 를 적용하는 가장 보수적인 일일 추정섭취량(Estimate Daily Intake, EDI) 산출방법으로 추후 연령대별 식품섭취량을 비교하여 차별화된 면적을 반영하면 좀 더 정교한 노출량평가가 가능할 것이다. Scenario 2, 3

는 실제 식품섭취량을 적용하여 일일추정섭취량을 산출하며 Scenario 3은 유가공 기구등의 기준으로 유제품섭취량을 적용하여 일일 추정섭취량을 산출하는 방법으로 일일 추정섭취량 산출 Scenario의 계산방법은 아래와 같다.

1. Scenario 1을 이용하는 일일 추정섭취량(EDI) 산출

Scenario 1은 기구용기 1cm^2 면적당 잔류하는 유효성분의 함량을 1mg으로 가정하고 일일 식품섭취량은 면적 2000cm^{2}로 적용하여 산출하며 산출식은 아래와 같다

$$EDI(\mu g/kg\ bw/day) = \left(\frac{Residue\ mg}{cm^2}\right) \times ([A.I]\mu g/1{,}000mg) \times 2{,}000cm^2/person/day$$

Residue mg: 1mg/1cm^2, A.I : Active Ingredient, 2000cm^2: Total surface area

2. Scenario 2, 3를 이용하는 일일 추정섭취량(EDI) 산출

Scenario 2, 3는 식품제조에 사용되는 다양한 식품접촉 장비와 도구의 모든 조건을 반영하는 노출 평가가 불가한 현실을 반영하여 식품 제조과정 중 발생하는 세척 공정 등을 가정하여 산출하는 방법이다. Scenario 2,3에서 사용하는 식품접촉 기구등의 면적당 잔류하는 성분의 함량은 1cm^2 당 1mg, Surface area는 1cm^2 당 식품 1g 으로 가정하였으며, 살균소독제의 사용기준과 해당 식품섭취량을 적용하여 일일 추정섭취량을 산출하였다. 식품섭취량은 Scenario 2에서는 성인 평균 식품섭취량을, Scenario 3에서는 성인 평균 유제품섭취량을 적용하여 산출하며 산출식은 아래와 같다

$$EDI(\mu g/kg\ bw/day) = \frac{(Residue\ mg/cm^2)\ (FCSS\ Use\ Conc.\ (\mu g/1000mg)}{\frac{weight\ of\ food(g)}{surface\ area(cm^2)}} \times food\ intake(g/kg\ bw/day)$$

3. 일일 추정섭취량(EDI) 산출 Scenario 비교

일일 추정섭취량 산출에 사용하는 Scenario 적용에 필요한 요소들로 Scenario 1에서는 면적 1cm^2 당 사용 살균소독제 유효성분의 잔류량, 유효성분의 함량이 필요하며 Scenario 2, 3를 이용하는 경우 유효성분의 농도와 함께 식품섭취량과 유제품의 섭취량 자료가 요구된다.

Table 1. Scenario calculation element comparison

	Scenario 1	Scenario 2, 3
Residue of A.I.*	Need	Need
Content of A.I.	Need	Need
Total surface area	Need	Needless
Food intake	Needless	Need

*A.I. : Active Ingredient

Scenario 적용 살균소독제 일일 추정섭취량 평가

기구등 살균소독제 중 생산량 순위가 높으며 식품제조 과정에서 많이 사용되는 과산화수소, 과산화초산, 차아염소산수, 4급암모늄, 이산화염소수 등 5개 성분에 대하여 일일 추정섭취량을 산출하였다. 일일 추정섭취량은 개별 식품접촉 물질의 사용기준과 국민건강영양조사 자료의 평균 식품섭취량을 사용하였으며 Scenario 1, 2, 3의 세 가지로 평가하였다. 일일 추정섭취량을 평가한 결과에 대한 상세 결과는 아래표에 제시하였다 (Table 3 ~ Table 7). 그러나 살균소독제는 사용 후 최종제품에서 제거되거나 0.5mg/L 이하로 잔존 하는 것으로 관리되고 있으므로 실제 섭취량은 매우 낮을 것으로 판단되어지나 현재 살균소독제 사용량과 잔류량에 대한 모니터링 결과가 전무한 실정으로 정확한 섭취량 추정이 불가하여, 현재 제시되어 있는 사용기준을 적용하여 매우 보수적인 평가로 실시되었다.

1. 식품유형별 식품섭취량

살균소독제 섭취량평가에 사용한 식품섭취량은 국민건강영양조사 제7기(질병관리청) 자료를 활용하였으며 식품

Table 2. Food intake by food class (단위: g/day)*

Food class	Food intake	Food class	Food intake
Confectioneries, Breads or Rice Cakes	49.7699	Pickled Foods or Boiled Foods	111.5753
Ice Candy	11.9074	Alcoholic Beverages	115.1138
Cocoa Products or Chocolates	2.8894	Processed Agricultural Foods	37.429
Saccharidess	4.9501	Processed Meat Products and Packaged Meats	46.1017
Jams	0.4822	Egg Products	14.2535
Bean-curds or Starch Jellies (Mook)	22.2001	Milk Products	58.6729
Edible Oils and Fats	7.4732	Processed Fishery Foods	31.9849
Noodles	38.2757	Processed Animal Food Products	22.3355
Beverages	137.4385	Honey and Pollen Products	0.0589
Foods for Special Dietary Uses	0.3283	Prepared Meals	0.5249
Soy Sauces or Pastes	19.8593	Other Foods	31.1106
Seasonings	110.9806	Long-term preserved food	1.9848

*국민건강영양조사 제7기(2016~19), 질병관리청

Table 3. Hydrogen peroxide preparations

Food contact material	Use level (㎎/L)	EDI (㎍/kg b.w./day)		
		Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Dairy-processing equipment	Not more than 465	15.4639	–	0.7830
Food-processing equipment	Not more than 1,100	36.5813	16.0537	1.8524

*Scenario 1: Total surface area 2000cm^2 적용 *Scenario 2 유가공품 포함 모든 식품유형 섭취 가정 *Scenario 3 유가공품 섭취 가정

Table 4. Hypochlorous acid water preparations

Food contact material	Use level (㎎/L)	EDI (㎍/kg b.w./day)		
		Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Dairy-processing equipment	Not more than 200	6.6511	–	0.3368
Food-processing equipment	Not more than 200	6.6511	2.9189	0.3368

*Scenario 1: Total surface area 2000cm^2 적용 *Scenario 2 유가공품 포함 모든 식품유형 섭취 가정 *Scenario 3 유가공품 섭취 가정

공전의 식품유형분류 기준으로 성인평균 섭취량을 산출하였으며 식품유형별 섭취량 상세내용은 표와 같다 (Table 2). 평균 체중은 국민건강영양조사 제7기 조사대상자의 평균 60.14 kg을 적용하였다.

2. 일일 추정섭취량 평가

과산화수소의 식품제조 가공용 기구등과 유가공 기구등의 사용기준을 적용한 일일 추정섭취량 산출결과는 표와 같다 (Table 3).

차아염소산수의 식품제조 가공용 기구등과 유가공 기구등의 사용기준을 적용한 일일 추정섭취량 산출결과는 표와 같다 (Table 4).

Table 5. Peroxyacetic acid preparations

Food contact material	Use level (㎎/L)	EDI (㎍/kg b.w./day)		
		Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Dairy-processing equipment	Not more than 315	10.4756	-	0.5305
Food-processing equipment	Not more than 315	10.4756	4.5972	0.5305

*Scenario 1: Total surface area 2000cm^2 적용 *Scenario 2 유가공품 포함 모든 식품유형 섭취 가정 *Scenario 3 유가공품 섭취 가정

Table 6. Quaternary ammonium compounds(n-Alkyl(C_{12}-C_{18})benzyldimethyl chloride preparation)

Food contact material	Use level (㎎/L)	EDI (㎍/kg b.w./day)		
		Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Dairy-processing equipment	Not more than 200	6.6511	-	0.3368
Food-processing equipment	Not more than 200	6.6511	2.9189	0.3368

*Scenario 1: Total surface area 2000cm^2 적용 *Scenario 2 유가공품 포함 모든 식품유형 섭취 가정 *Scenario 3 유가공품 섭취 가정

Table 7. Chlorine dioxide preparations

Food contact material	Use level (㎎/L)	EDI (㎍/kg b.w./day)		
		Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Dairy-processing equipment	Not more than 200	6.6511	-	0.3368
Food-processing equipment	Not more than 200	6.6511	2.9189	0.3368

*Scenario 1: Total surface area 2000cm2 적용 *Scenario 2 유가공품 포함 모든 식품유형 섭취 가정 *Scenario 3 유가공품 섭취 가정

과산화초산의 식품제조 가공용 기구등과 유가공 기구등의 사용기준을 적용한 일일 추정섭취량 산출결과는 표와 같다 (Table 5).

염화-n-알킬(C_{12}-C_{18})벤질디메틸암모늄(사급암모늄) 식품제조 가공용 기구등과 유가공 기구등의 사용기준을 적용한 일일 추정섭취량 산출결과는 표와 같다 (Table 6).

이산화염소의 식품제조 가공용 기구등과 유가공 기구등의 사용기준을 적용한 일일 추정섭취량 산출결과는 표와 같다 (Table 7).

3. 노출수준의 관리

과산화수소 등 5가지 성분에 대한 일일 추정섭취량은 식품 중 유효성분의 농도 대신 살균소독제 사용기준을 적용한 결과로 매우 보수적인 평가 결과이며 인체노출안전기준을 적용한 위해도 수준은 실제로 거의 발생 가능성이 없는 수준이므로 안전성 우려 성분의 관리를 위한 우선 순위 결정의 screening에 참고 할 수 있을 것이다. 또한 과산화수소, 과산화초산 등의 잔류허용량 기준인 0.5mg/L 이하로 관리하는 경우 이들 성분의 섭취에 따른 위해도는 1%이하로 안전한 수준이다. 그러나 이들 성분의 일일 섭취허용량 (ADI, Acceptable Daily Intake)이 과산화수소 0.26 mg/kg b.w./day, 과산화초산 0.15 mg/kg bw/day, 이산화염소 0.115 mg/kg b.w./day로 설정되어 있어 과량섭취 시 위해가 우려되는 물질이므로 노출량에 대한 주의가 필요하다. 즉 살균소독제를 사용하는 현장에서 살균소독제 사용기준, 사용 후 처리방법 등 관리기준의 철저한 준수로 노출수준의 관리가 필요하다.

결론

최근 위생 및 식품안전에 대한 관심 증가로 살균 · 소독제의 소비량은 증가하고 있으며 이에 따라 살균 · 소독제 사용에 대한 안전성 우려도 증가하고 있는 실정이다. 식품용 기구등의 살균소독제는 식품제조공장 등 상업용 식품가공 시설에서, 살균소독제로 처리된 표면에서 식품을 준비하거나 처리할 때 살균 용액의 잔류물에 간접 노출될 가능성이 높다. 특히 코로나19의 영향으로 증가되고 있는 배달식품은 신속한 제조과정과 일회용 포장용기 사용으로 식품용 기구용기의 안전성에 대한 우려도 발생하고 있다. 즉 식품의 제조과정과 기구용기 등에 사용하는 기구등 살균소독제는 식품 또는 기구 · 용기를 통하여 간접적으로 인체에 유입될 수 있기 때문에 사용대상 및 방법 등을 준수하도록 관리되어야하며, 식품첨가물에 준하는 안전성 평가가 요구된다. 그러나 현재 국내에서는 식품용 살균제 노출에 대한 안전성 평가 기준과 평가방법이 확립되어 있지 않으며 섭취량 추정에 필요한 살균소독제의 잔류와 식품으로 이행률에 대한 모니터링은 전무한 실정이다. 따라서 살균소독제 사용실태 파악과 함께 노출량평가를 위한 잔류량 및 식품으로의 이행정보 수집 등에 관심을 가져야 할 것이다. 또한 살균소독제 사용의 안전성 확보를 위하여 국내 현실에 적합한 평가 시나리오의 정립과 함께 이행률 및 모니터링 자료의 확보가 필요하다.

감사의글

본 연구는 2019년도 식품의약품안전처 연구개발비(MFDS2019-280)로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 연합뉴스. 2018.04.27. “바리스타 과산화수소 검출… 회수”
2. 식품안전정보원 식품안전뉴스. 2018.08.19.“독일 아이스크림에서 소독제 잔류 확인”
3. 식품의약품안전처. 2013. 식중독 사고발생 추정 및 사회경제적 손실분석 연구 최종보고서
4. 식품의약품안전처. 식품등의 한시적기준 및 규격 인정기준(식약처고시 제2018-5호)
5. 식품의약품안전처. 2021. 2020 식품등의 생산실적
6. 식품의약품안전처. 2021. 식품첨가물공전
7. 식품의약품안전처. 2021. 식품공전
8. FDA. Department of Protection of Environment subchapter E—Pesticide Programs PART 180- Tolerance and exemptions for pesticide chemical residue in food, Code of Federal Regulations, Title 40, Volume 1, 40CFR 180.940
9. The EU Biocidal Products Regulation (No. 528/2012), 2016 ASD Report
10. FDA/CFSAN. 1993 OPA: Chemistry Guidance-SANITIZING SOLUTIONS: CHEMISTRY GUIDELINES FOR FOOD ADDITIVE PETITIONS Ver.1.1
11. 미국 EPA https://www.epa.gov/pesticide-science-and-assessing-pesticide-risks/food-contact-sanitizing-solutions-model-fcssm
12. 미국 EPA https://www.epa.gov/pesticide-science-and-assessing-pesticide-risks/indirect-dietary-residential-exposure-assessment#user
13. Korea Disease Control and Prevention Agency. Korea National Health and Nutrition Examination Survey(7th).
14. 한국소비자원 보도자료. 2021.11.22. “차아염소산수 살균소독제 일부 제품 기준 · 규격에 부적합”
15. 국가법령정보센터 https://www.law.go.kr
16. 식품의약품안전처. 김용수. 2018 기구등의 살균소독제 사용 평가방법 개선 연구