

# HACCP 관리용 금속검출기 시편 공급 자동화 장치

김기영, 이아영\*, 김박금  
국립농업과학원 농업공학부 수확후관리공학과

## Automatic Device for Testing of Metal Detector for HACCP Management

Giyoung Kim, Ahyeong Lee\*, Bal-Geum Kim  
Division of Postharvest Engineering, Department of Agricultural Engineering,  
National Institute of Agricultural Sciences

**요약** 사전 예방적 식품안전 관리체계인 HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) 시스템에서 대표적인 물리적 위해요소인 금속 이물질 검사를 위하여 금속검출기가 많이 이용되고 있다. HACCP 관리체계에서는 이들 금속검출기에 대한 감도 이상 및 오작동과 같은 이상 유무를 의무적으로 점검하여야 한다. 금속검출기 자체 모니터링 주기는 작업 시작 시, 작업 2시간마다, 제품 변경 시 등이며, 점검은 정해진 크기의 금속 조각이 들어있는 표준 시편을 금속검출기 검출 영역의 좌, 우, 중간으로 각기 통과시켜 검출 여부를 확인하는 방법이 사용된다. 기존의 수작업에 의한 금속검출기 모니터링 방법은 점검 시점을 놓치기도 하고, 업무부담이 불필요하게 가중되는 문제점이 있다. 따라서, 본 연구는 금속검출기의 성능 모니터링을 위해 표준 시편을 미리 설정된 시간 간격으로 정해진 목표 지점에 자동으로 공급할 수 있는 금속검출기 시편 공급 자동화 장치를 개발하기 위하여 수행되었다. 금속검출기 시편 공급 자동화 장치는 내부에 적재된 표준 시편을 신호에 응답하여 배출하는 3개의 시편 배출기와 작동을 제어하는 시편 배출 제어기로 구성된다. 개발된 금속검출기 시편 공급 자동화 장치는 미리 설정된 시간 간격에 맞춰 정해진 위치에 97.8 %의 정확도로 금속 시편을 공급하는 것으로 확인되었다.

**Abstract** A metal detector is one of the most used equipment in HACCP management systems. It is necessary to monitor the performance of a metal detector regularly. A performance test is done whenever starting daily food production, changing production items, and every two hours during a production process. The test is carried out with standard metal specimens. To monitor the performance of a metal detector, standard specimens are sequentially sent to the right, middle, and left of the detection zone. Since conventional performance tests have been conducted manually, they are time consuming and easy to omit. This study was conducted to develop an automation device that provides standard metal specimens according to a schedule to check the performance of a metal detector for HACCP management. The device consists of three specimen dispensers that dispense a specimen upon receiving a control signal, as well as a dispensing controller. The automation device successfully provided standard specimens on a predetermined schedule with position accuracy of 97.8%.

**Keywords** : Detector, HACCP, Management, Metal, Monitoring

본 논문은 농촌진흥청 여제다사업(과제번호: PJ01528302)의 지원에 의해 수행되었음.

\*Corresponding Author : Ahyeong Lee(National Institute of Agricultural Sciences)  
email: lay117@korea.kr

Received September 7, 2022

Revised October 14, 2022

Accepted December 7, 2022

Published December 31, 2022

## 1. 서론

대표적인 식품 안전 관리 제도인 HACCP은 식품 및 축산물의 원료 관리와 제조, 가공, 조리, 유통, 판매 등 모든 과정에서 생물학적, 화학적, 물리적 위해 물질이 존재할 수 있는 상황을 과학적으로 분석 및 평가하고, 위해 물질이 남아있거나 식품을 오염시키는 것을 사전에 방지하기 위하여 오염 원인을 중점적으로 관리하는 기준을 말한다[1]. HACCP 관리는 위해요소 분석, CCP 결정, 한계 기준 설정, CCP 모니터링 방법 설정, 기준 위반 시 개선 조치 방법 수립, HACCP이 효과적으로 수행되는지의 검증 절차 및 방법 수립, 그리고 상기 절차를 적용을 위한 문서화 및 기록유지와 같은 원칙에 따라 이루어진다 [1-3].

HACCP 관리에 있어 중요하게 취급되는 물리적 위해 물질인 금속 이물질은 식품 원재료에 포함되어 있거나, 식품 제조 과정에서 혼입될 수 있으며, 섭취하는 소비자의 건강을 해칠 수 있고, 식품 제조업체의 이미지에도 악영향을 미치므로 이를 최소화할 필요가 있다. 이를 위하여, 식품회사에서는 엄격한 원재료 관리라던가 가공 기계의 적절한 보수 유지를 통하여 가공단계에서 금속 이물질이 제품에 혼입되는 것을 차단할 뿐만 아니라, 생산 마지막 부분인 포장 단계 이후에 금속 이물질이 포함된 제품을 걸러내기 위한 장비를 설치 및 운영하고 있다.

제품의 금속 이물질 혼입 여부를 검사하는 대표적인 장비는 금속검출기로서, HACCP 관리 체계하에서 사용될 경우 관리 원칙에 따라 감도 이상 및 오작동과 같은 이상 유무를 점검하기 위하여 정해진 방법 대로 기기 성능의 검증을 수행하여야 한다.

금속검출기 성능 모니터링 방법은 지름이 2 mm 이상인 철과 스테인리스강 표준시편을 작업 시작 전, 작업 매 2시간, 제품 교체 시 마다 금속검출기 검출영역의 중간과 그 좌측 및 우측으로 통과시켜 검출 여부를 확인한다 [1,4]. 이와 같은 종래의 금속검출기 성능 모니터링 방법은 제품 생산 공정 중에 여러 번 생산을 중단시킨 다음 작업자가 수작업으로 표준 시편을 통과시키고, 그 결과를 기록하기 때문에 성능 모니터링 시점을 놓치기도 하고, 단순 반복되는 모니터링 작업으로 인해 소요 시간과 업무부담이 불필요하게 가중되는 문제점이 있다.

HACCP 수행 및 관리에 따른 과도한 업무와 이로 인한 각종 기록의 누락 및 잘못된 기록 등은 외식업체나 단체급식 HACCP 사례에서 보듯이 HACCP 도입에 가장 큰 장애요인으로 지적되고 있다[5-7]. 특히 HACCP 의무

적용 대상인 소규모 식품업체는 대부분 영세하고 인력이 부족하여, 사후 관리로 노력이 많이 소요되는 HACCP 관리에 더 큰 어려움을 겪고 있다.

따라서 본 연구는 소규모 식품업체의 HACCP 관리 노력을 줄일 수 있도록 표준 시편을 미리 설정된 시간 간격으로 정해진 목표 지점에 자동으로 공급할 수 있는 금속검출기 시편 공급 자동화 장치를 개발하기 위하여 수행되었다.

## 2. 본론

### 2.1 시편 공급 자동화 장치 구성

금속검출기 시편 공급 자동화 장치는 Fig. 1과 같이 시편 배출기와 작동을 제어하는 시편 배출 제어기로 구성되며, 제품 이송 컨베이어의 진행 방향으로 봤을 때 금속검출기의 앞쪽에 위치한다. 시편 배출기는 금속검출기의 좌, 중앙, 우측 검출 영역을 검사할 수 있도록 3개를 설치하였다. 시편 배출 제어기는 정해진 시간에 따라 시편 배출기로 배출 모터 작동 신호를 전송하는 역할을 한다.

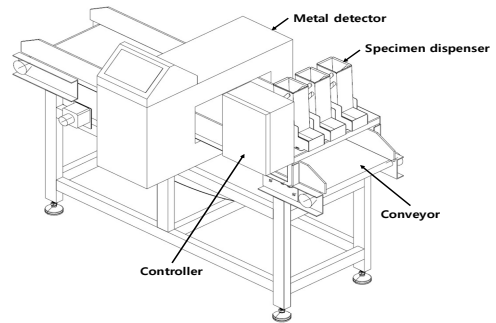


Fig. 1. Schematics of the automation device for monitoring of metal detector

#### 2.1.1 시편 배출기

금속검출기 성능 모니터링은 플라스틱 재질의 카드 중앙에 철 또는 스테인리스강 구가 박혀있는 있는 표준 시편을 주로 사용한다. 본 연구에서는 HACCP 관리용으로 보편적 사용되는 가로, 세로, 두께가 각각 54 mm, 86 mm, 그리고 8 mm인 표준시편(Now Systems, Incheon, Korea)을 대상으로 하였다. Fig. 2에 나타난 시편 배출부는 시편 적재함에 표준 시편을 적재하고 있다가, 시편 배출 제어기로부터 전송되는 시편 배출 신호에 응답하여 미리 설정된 배출 주기로 표준 시편을 배출하는 기능을

수행한다. 시편 배출부는 신용카드, RFID 주차카드, 입장권 등의 발부에 사용되는 카드 배출 모듈 (CBD-520K, Coinbill Co., Suwon, Korea)을 활용하여 구성하였다.

카드 배출 모듈은 표준 시편의 두께에 맞게 주문 제작하였고, 클러치 장치가 있어 한 번에 여러 개의 표준 시편이 동시에 배출되는 것을 방지한다. 카드 배출 모듈은 제어기로부터 전송되는 시편 배출 TTL (Transistor-Transistor Logic) 신호에 따라 직류 모터 구동 회로와 직류 모터로 이루어진 배출 메커니즘을 통해 시편을 배출하고, 배출된 시편 개수는 개별 계수기에 표시되며 제어기로도 그 정보가 전송된다.

시편 배출부에는 시편 배출 종료 센서와 적재 시편 소진 센서를 설치되어 표준 시편 배출 시 이상 유무를 확인할 수 있다. 또한, 시편이 배출되는 출구에 미끄럼 가이드를 설치하여 배출 메커니즘에서 강하게 튕겨 나올 때 충격을 줄여주어 이송 컨베이어 위의 정확한 위치에 안착할 수 있도록 하였다.

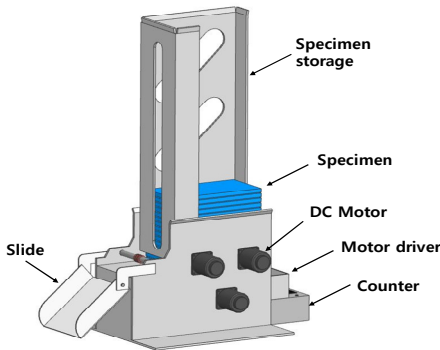


Fig. 2. Schematics of the standard specimen dispenser

### 2.1.2 시편 배출 제어기

시편 배출 제어기는 Fig. 3과 같이 운전자와 제어기 사이의 상호 소통을 위한 HMI (Human Machine Interface), 제어 프로그램이 가능한 PLC (Programmable Logic Controller), 그리고 릴레이 터미널로 구성된다.

HMI는 4.3 인치 터치스크린으로 이루어진 MT8051iP (Weintek, New Taipei, Taiwan), PLC는 최대 14점의 입출력이 가능한 XBC-DR14E (LS electric, Anyang, Korea), 그리고 릴레이 터미널은 R4T-16P-M (Samwonact, Busan, Korea)을 사용하여 구성하였다.

시편 배출 제어기의 운전 조작을 위한 주화면은 Fig. 4와 같으며, 이를 통하여 모니터링 작업 시작 및 정지 동

작을 실행시킬 수 있고, 표준 시편 배출 주기를 설정할 수 있다. 시편 배출 주기는 최소 1분에서부터 최대 24시간 내에서 사용자의 필요에 따라 분 단위로 설정 가능하다. 위치별로 배출되는 시편의 개수는 Fig. 5에 나타난 제어기 디스플레이의 제 2화면에 표시되며, 카운터 리셋 버튼을 눌러 초기화가 가능하다.

시편 배출 제어기는 Fig. 6에 나타난 순서도와 같이 시작 버튼을 누르면 미리 정해놓은 시간 간격으로 시편을 배출한다. 시편이 배출되면 각 시편 배출기의 배출구에 설치된 센서에 의해 감지되고 계수된다. 이어서 배출된 시편은 컨베이어 위에 안착하고, 컨베이어에 의해 금속검출기 검출 영역으로 이송된다. 금속검출기는 금속시편을 검출하고, 검출 결과를 제어기에 보내면, 시편 배출 제어기의 표시 화면에 그 숫자가 표시된다.

또한, 시편 배출 제어기는 시편을 금속검출기 쪽으로 이송하는 컨베이어가 먼저 작동하여야만 시편 배출 신호를 발생하고, 시편 배출 신호가 정상적으로 전송되고 나서 1분이 지난 후에도 시편이 배출되지 않으면 알람 신호를 발생시킨다.

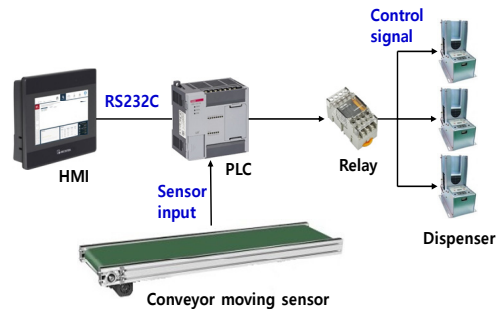


Fig. 3. Specimen dispensing controller configuration and signal flow

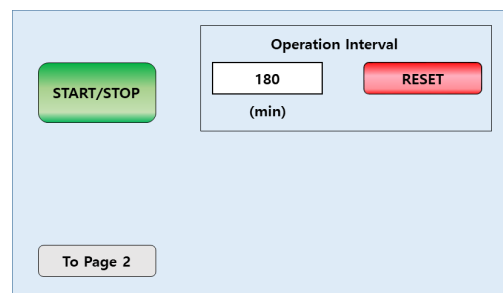


Fig. 4. Display of the dispensing controller. : Page 1

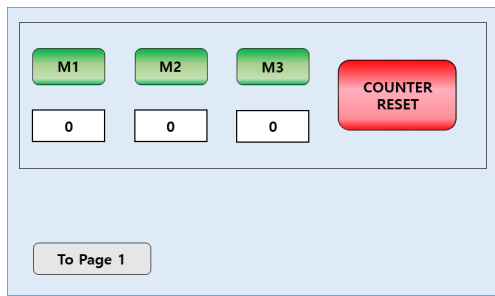


Fig. 5. Display of the dispensing controller : Page 2

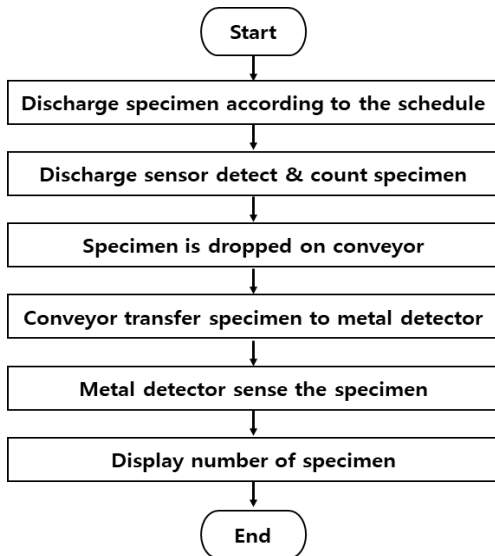


Fig. 6. Flow chart of operation principle of the specimen dispensing controller

## 2.2 시스템 성능 검증

제작된 금속검출기 시편 공급 자동화 장치의 성능을 검증하기 위하여 정해진 검출 영역에 표준 시편이 안착하는 빈도와 검출 영역의 중심으로부터 얼마나 가깝게 분포하는지를 실험을 통하여 조사하였다.

정해진 검출영역에 표준 시편이 안착하는 빈도 측정 실험은 Fig. 7에 나타난 바와 같이 컨베이어 진행 방향을 바라보았을 때, 좌, 중간, 우측에 설치된 시편 배출기에서 배출된 시편의 중심이 그림에서 B로 표시된 검출영역 1, 2, 3의 각 경계선 내부에 위치하는 빈도를 측정하고 총 실험 횟수와의 비율을 계산하였다. 실험은 각 검출영역에 대해 105개의 표준 시편, 총 315개의 시편을 이용하여 수행하였다.

컨베이어 상에 안착된 표준 시편의 검출영역 중심으로부터의 분포는 시편이 마지막으로 투입되는 3번 영역에

서 시편이 금속검출기를 통과한 다음 기기 작동을 멈추고, Fig. 7에서 A로 표시된 검출영역 3의 중심 위치로부터 시편 분포를 측정하는 방식으로 수행하였다. 시편 배출 후 분포 실험은 103개의 시편을 이용하여 수행하였고, 중심 위치로부터의 거리에 따른 누적 분포도는 MS 엑셀의 분석도구 중 히스토그램 함수를 사용하여 구하였다.

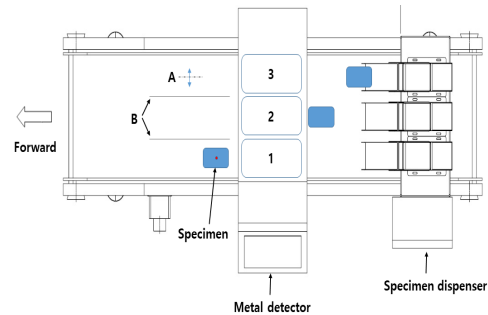


Fig. 7. Layout of performance test of the automation device for metal detector monitoring

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 구현 결과

설계를 바탕으로 제작된 HACCP 관리용 금속검출기 시편 공급 자동화 장치를 Fig. 8에 나타내었다. 금속검출기 시편 공급 자동화 장치는 시편 배출 제어를 통해 설정한 시간 간격에 따라 검출 영역별 시편 배출기로부터 시편을 순차적으로 공급함을 확인하였다.



Fig. 8. Developed automation device for monitoring of metal detector

### 3.2 성능 검증 결과

#### 3.2.1 검출 영역별 시편 공급 정확도

검출 영역별 시편 공급 정확도는 Table 1과 같이 영역 1, 2, 3에 대하여 각각 96.2, 99.0, 98.1 %였으며, 전체로는 97.8 %로 조사되었다. 왼쪽과 오른쪽 시편 배출기에서 영역을 벗어난 시편이 중앙의 것보다 많은 이유는 시편 배출 작동기구에 사용된 스프링의 탄성이 강하여 배출될 때 간혹 컨베이어의 양쪽 벽에 부딪힌 다음 이웃한 검출영역으로 튕겨가기 때문인 것으로 판단되었다.

Table 1. Position accuracy of the specimen provided by the automation device for monitoring of metal detector

	Region 1	Region 2	Region 3
In	101	104	103
Out	4	1	2
Sub total	105	105	105
Accuracy(%)	96.2	99.0	98.1

### 3.2.2 시편 낙하 위치 분포

금속검출기의 3번 검출 영역에 시편을 공급하는 우측 시편 배출기에서 배출된 시편의 낙하 위치별 빈도수를 나타내는 히스토그램을 Fig. 9에 나타내었다. 시편은 3번 영역의 너비 100 mm의 중앙인 50 mm 지점에서 좌우로 15 mm 이내에 94.2 %가 분포하는 것으로 조사되었다. 검출 영역의 중심에서 조금 떨어져 분포하는 6개의 시편은 실험 도중 컨베이어의 우측 경계벽에 부딪힌 반동으로 2번 검출 영역 방향으로 이동한 것으로 관찰되었다.

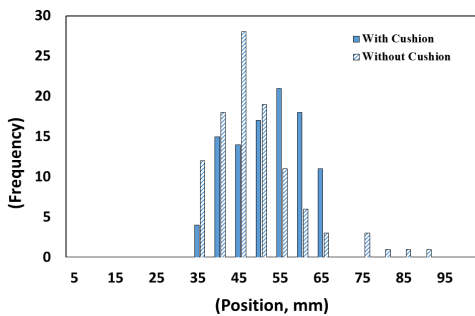


Fig. 9. Frequency histogram of the specimen position with or without impact reduction cushion

제품의 크기 때문에 검출 영역 사이에 물리적 경계를 설치할 수 없어 대안으로, 컨베이어 벽에 부딪히는 시편의 충격을 줄이는 포장용 충격완충재를 컨베이어의 벽에 붙인 다음, 3번 검출 영역에 대해 100개의 시편을 이용

하여 낙하 위치 분포를 다시 조사하였다. Fig. 9에서 보듯이 시편 배출에 따른 충격을 완화시킨 이후 시편 낙하 정밀도가 크게 개선된 것을 확인할 수 있었다. 시편은 검출 영역의 중앙인 50 mm 지점에서 좌우로 15 mm 이내에 100 %가 분포하는 것으로 조사되었다.

### 3.3 고찰

식품업체의 HACCP 관리 체계하에서 요구되는 종래의 금속검출기 성능 모니터링은 수작업에 의해 진행되는 방식이다. 이 방법은 작업자가 빈번하게 표준 시편을 통과시키고 그 결과를 기록하기 때문에 시간과 업무량이 늘어날 뿐만 아니라, 정해진 모니터링 시점을 놓치게 되는 문제점이 있다. 식품의약품안전처에서 제시하는 금속검출기 성능 모니터링 주기는 2시간이지만, 식품업체에 따라 30분 간격으로 모니터링을 하는 경우도[8] 있어 이에 따른 업무부담 및 오류 발생이 더 커질 가능성이 있다. 전산화된 HACCP을 활용하면 종래의 수기방식보다 HACCP 관리에 소요되는 시간을 최대 70 % 까지 감소시킬 수 있고[9], HACCP 업무를 간소화하면서 관리기준 준수율을 상승시키는 것으로 알려져 있다[6].

금속검출 공정을 보다 효율적으로 수행할 수 있는 자동화 장치로는 검출기록을 전산화하거나, 금속이 검출된 제품을 분리하는 장치가 많이 개발되었고[10], 금속검출기 성능을 검증하는 자동화 장치는 메틀러 토레도사에서만 개발한 바 있다[11]. 하지만 이 장치는 수직관을 통과하는 가루 제품에 포함된 금속을 검출하는 장치라서 작동원리 등이 컨베이어형 금속검출기를 대상으로 하여 본 연구에서 개발한 장치와는 상이하다.

개발된 금속검출기 시편 공급 자동화 장치를 디지털 HACCP 관리시스템과 같이 활용할 경우 소규모 식품 가공업체의 HACCP 관리에 소요되는 시간과 노력을 줄여주고[11] 작업자의 실수를 예방하여[12], 식품 안전관리의 신뢰성과 효율성을 높이는 데 기여할 것으로 판단된다.

## 4. 결론

본 연구에서는 식품업체의 HACCP 관리 노력을 줄일 수 있도록 표준 시편을 미리 설정된 시간 간격으로 정해진 목표 지점에 자동으로 공급할 수 있는 금속검출기 시편 공급 자동화 장치를 개발하였다. 개발된 금속검출기 시편 공급 자동화 장치의 작동 결과는 다음과 같다.

- 1) 시편 배출 제거기를 통해 설정한 시간 간격에 따라

검출 영역별 시편 배출기로부터 시편을 순차적으로 공급한다.

- 2) 목표로 하는 검출 영역에 대한 시편 공급 정확도는 영역 1, 2, 3에 대하여 각각 96.2, 99.0, 98.1 %였으며, 전체로는 97.8 %였다.
- 3) 완충재 사용 전 공급된 시편은 해당 검출 영역의 중앙인 50 mm 지점에서 좌우로 15 mm 이내에 전체 시편의 94.2 %가 분포하였다.
- 4) 개선 후 공급된 시편은 해당 검출 영역의 중앙인 50 mm 지점에서 좌우로 15 mm 이내에 전체 시편의 100 %가 분포하였다.

## References

- [1] Y. J. Ryu, Easy HACCP Management, p293, Ministry of Food and Drug Safety of Korea, 2017, pp.3-4.
- [2] M. Pal, W. Gebregabiher, R. K. Singh, "The role of hazard analysis critical control point in food safety", *Beverage & Food World*, Vol.43, No.4, pp.33-36, Apr. 2016.
- [3] S. Y. Lee, Y. S. Chang, H. J. Choi, "Current status and futher prospective on HACCP implementation in Korea (Specially on Catering)", *Food industry and nutrition*, Vol.4, No.3, pp.14-26, 2000.
- [4] H. J. Yoon, I. T. Ham, J. D. Choi, "Development of an hazard analysis critical control point (HACCP) application model for dried anchovy workplace", *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*, Vol.28, No.3, pp.713-726, 2016.
- [5] H. B. Kim, Y. Y. Choi, "A study on the obstacles in introducing sanitation management systems for hotel F&B: focusing on HACCP system", *J Foodservice Management*, Vol.11, pp.197-220, 2008.
- [6] G. M. Kim, S. Y. Lee, "A study on the sanitation management status and barriers to HACCP system implementation of school foodservice institutions in Seoul metropolitan area", *Korean J Community Nutrition*, Vol.13, pp.405-417, 2008.
- [7] T. H. Lim, J. H. Choi, Y. J. Kang, T. K. Kwak, "The implementation of a HACCP system through u-HACCP application and the verification of microbial quality improvement in a small size restaurant", *J Korean Soc Food Sci Nutr*, Vol.42, No.3, pp.464-477, 2013.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2013.42.3.464>
- [8] T. Ismail, Y. S. Darmanto, D. Wijayanto, "Implementation of hazard analysis critical control point (HACCP) in crabmeat pasteurized plant in Cirebon, West Java, Indonesia", *International Journal of Agronomy an Agricultural Research*, Vol.15, No.3, pp.1-9, May 2019.
- [9] A. Dentener, "Computer generated HACCP", *Food Technolgy in New Zealand*, Vol.38, No.5, pp.10-11, May 2003.
- [10] Industry News. Inspecting The New Era of Food Safety [Internet]. The National Provisioner, c2022 [cited 2022 October 11], Available From: <https://www.provisioneronline.com/articles/112239-inspecting-the-new-era-of-food-safety> (accessed Oct. 13, 2022)
- [11] C. Carter. Industry News : Reduce Metal Detector Testing and Reap the Benefits [Internet]. SelectScience, c2022 [cited 2022 October 11], Available From: <https://selectscience.net/industry-news/reduce-metal-detector-testing-and-reap-the-benefits/?artID=49126> (accessed Oct. 14, 2022)
- [12] Fortress Technology. Testing Times for Bulk Food Metal Detector Checks [Internet]. Powder & Bulk Solids, c2022 [cited 2022 October 11], Available From: <https://powerbulksolids.com/screening-seperation/testing-times-bulk-food-metal-detector-checks> (accessed Oct. 14, 2022)

김기영(Giyoung Kim)

[정회원]



- 1990년 2월 : 서울대학교 대학원 농업기계전공 (농공학석사)
- 1995년 12월 : 미국 Virginia Tech, Dept. of Biological Systems Engineering (공학박사)
- 1997년 2월 ~ 2001년 3월 : 서울대학교 부설 농업개발연구소 특별 연구원
- 2001년 4월 ~ 현재 : 국립농업과학원 농업공학부 농업연구관

<관심분야>

농식품 안전성 신속진단, 바이오센서

이 아 영(Ahyeong Lee)

[정회원]



- 2019년 8월 : 서울대학교 바이오 시스템공학과 (공학석사)
- 2018년 9월 ~ 현재 : 국립농업과학원 농업공학부 농업연구사

<관심분야>

분광분석, 영상처리, 품질계측

---

김 밭 금(Bal-Geum Kim)

[정회원]



- 2016년 8월 : 전남대학교 지역·바이오시스템공학과 (공학석사)
- 2018년 9월 ~ 현재 : 국립농업과학원 농업공학부 농업연구사

<관심분야>

농업기계, 품질계측