

밀키트 구성품 유연 포장 자동화를 위한 델타로봇 기반 테스트베드 설계 연구

김재준, 박현중, 전국홍, 고경수, 오영균, 조훈근, 정우석
(사)캠티종합기술원 R&BD사업본부
e-mail:jjkim@camtic.or.kr

Design Study of Delta Robot-Based Testbed for Flexible Packaging Automation of Meal Kit Components

Jae-Jun Kim, Hyun-Jung Park, Guk-Hong Jeon, Kyoung-Su Ko,
Youun-Gyun Oh, Hun-Geun Jo and Woo-Seok Chong
R&BD Division, CAMTIC Advanced Mechatronics Technology Institute for
Commercialization

요약

최근 가정간편식(HMR)과 밀키트(Meal Kit) 시장의 급격한 성장에 따라, 다품종 소분 구성품을 안정적으로 포장할 수 있는 유연 자동화 기술의 필요성이 커지고 있다. 그러나 기존 밀키트 포장 공정은 수작업에 크게 의존하여 생산 효율 저하, 불량률 증가, 위생 문제, 작업자 숙련도 의존 등의 한계를 지닌다.

본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 유연 포장 자동화 설비 호환 기술을 개발하였다. 이를 위해 밀키트 제품의 포장 방식과 소재 특성을 분석하여 규격화 데이터베이스(DB)를 구축하였고, 이종 그리퍼 및 로봇군(산업용·협동·델타스카라) 적용 가능성을 비교 분석하여 델타로봇 기반의 적합성을 확인하였다. 또한, 파우치형 밀키트 제품 대응을 위한 테스트베드 개념 설계를 수행하였다. 그 결과, 포장재별 최적 그리핑 조건을 도출하고, 델타로봇 기반 유연 자동화 공정의 설계안을 제시할 수 있었다. 향후에는 소프트 그리퍼 적용, 고도화된 통합 제어 시스템 개발 및 현장 실증을 통해 생산성 향상과 작업자 의존도 완화에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서론

최근 식품 소비 트렌드는 간편성과 다양성을 중심으로 변화하고 있으며, 맞벌이 가구 증가와 1인 가구 확대에 따라 가정간편식 (Home Meal Replacement, HMR)과 밀키트(Meal Kit) 시장은 빠르게 성장하고 있다. 국내 밀키트 시장 규모는 2025년 7,253억원으로 예상되며, 연평균 31% 성장 될 것으로 전망된다.

그러나 현재 밀키트 제조 및 포장 공정은 여전히 수작업 중심으로 운영되고 있으며, 이는 생산 효율 저하, 불량률 증가, 위생 문제, 작업자 숙련도 의존 등의 문제를 야기한다. 특히, 구성품의 종류와 크기, 포장재의 재질과 형태가 다양하여 기존 자동화 설비로는 대응하기 어려운 실정이다.

이에 본 연구에서는 밀키트 구성품의 다양성을 해결하기 위해 유연 포장 자동화 설비 호환 기술 개발을 목표로 하였으며, 포장 방식 및 소재 규격화 DB 구축, 로봇 기반 그리퍼 및 제어 기술 검토, 파우치형 밀키트 대응을 위한 테스트베드 설계를 제시하였다.

2. 연구 내용 및 방법

본 연구는 다종 소분 밀키트 구성품을 안정적으로 포장할 수 있는 유연 포장 자동화 기술을 개발하는 것을 목표로 하였으며, 포장재 분석 및 규격화, 이종 그리퍼 및 로봇군 비교 연구, 테스트

베드 설계안을 도출하였다.

국내 시판 밀키트 제품을 대상으로 포장 형태, 재질, 크기를 조사하여 포장 규격화 데이터베이스(DB)를 구축하였다. 분석 결과, 파우치형 포장이 가장 큰 비중을 차지하였으며, 원재료별 특성 (채소, 육류, 소스류 등)에 따라 요구되는 포장 안정성과 기계적 강도가 다르게 나타났다. 이러한 결과는 향후 자동화 설비 적용 시 기준값으로 활용되도록 정리하였다.

또한, 다양한 포장재와 제품 특성을 고려하여 흡착식, 소프트식, 클램핑식 등 이종 그리퍼의 적용 가능성을 검토하였다. 또한, 산업용 로봇, 협동로봇, 스카라로봇, 델타로봇 등을 비교 분석하여, 작업 속도·정밀도·설비 연동성 측면에서 델타로봇 기반 공정이 가장 적합하다는 결론을 도출하였다.

연구 성과를 실증하기 위한 기반으로, 파우치형 밀키트 유연 포장에 대응 가능한 테스트베드 개념 설계를 수행하였다. 이를 통해 향후 실제 장비 구축 및 현장 실증에 활용 할 수 있는 개념적 기반을 마련하였다.

3. 결과

본 연구에서는 밀키트 등 다종 소분 구성품의 유연 포장을 위한 자동화 기반 기술의 기초 성과를 도출하였다. 첫번째로, 실제 생산 현장에서 사용되는 다양한 소포장지를 조사·분석한 결과, 적

용 현장의 밀키트 제품은 대부분 비닐류 합포장지를 사용하고 있었으며, 원재료 특성에 따라 주재료, 야채류, 소스류, 기타(떡류 등)로 세분화됨을 확인하였다. 이를 바탕으로 그리핑 대상의 특성과 포장재질에 따른 최적 그리핑 조건을 규명하기 위해 다양한 그리퍼(진공, 소프트, 평거)를 활용한 성능 실험을 수행하였다.



[그림 1] 자동화 적용 소포장지 종류 및 그립 테스트 진행

그 결과, 진공 그리퍼는 평평하고 매끄러운 포장 표면에서 가장 높은 성공률을 보였으나, 수분이 있거나 냉동된 상태에서는 성능 저하가 나타났다. 소프트 그리퍼와 평거 그리퍼는 부피가 있는 제품(채소류, 주재료 등)에서 상대적으로 안정적인 그립을 제공하였다. 이를 종합하여 상황별 최적 이종 그리퍼 적용 방안을 제시하였으며, 공압 기반 지그를 활용해 디종의 그리퍼를 교체 적용할 수 있는 가능성을 검증하였다.

또한, 델타로봇, 다관절로봇(협동로봇/산업용로봇), 스카라로봇 등을 비교·분석하였으며, 생산 현장의 속도 및 효율성을 고려할 때 델타로봇이 가장 적합한 것으로 확인되었다.

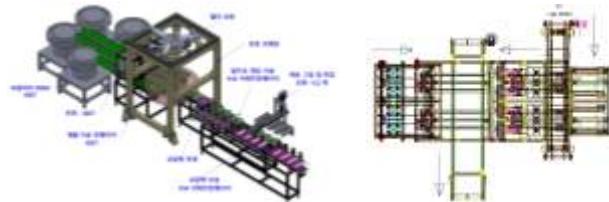


[그림 2] 자동화 적용 소포장지 종류 및 그립 테스트 진행

실제 테스트에서 델타로봇은 분당 약 7~10개 제품의 처리 성능을 보였으며, 이는 하루 5,280개 수준의 생산량 확보가 가능하여 현장 수요(최대 5,000ea/day)를 충족시킬 수 있는 것으로 나타났다. 반면 산업용 로봇은 강력한 하중 처리 능력을 보유했으나 속도와 공간 제약에서 불리하였고, 협동로봇과 스카라로봇은 생산속도 및 범용성 측면에서 제한적이었다.

아울러, 파우치형 포장 방식을 고려한 시뮬레이션을 통해 "원재

료 투입-소포장-합포장-검사-적재"로 이어지는 자동화 공정 시나리오를 수립하였다. 이 과정에서 합포장 라인에 비전 시스템과 델타로봇을 연계하는 공정 설계를 제시하여 향후 실증 적용 가능성을 확보하였다.



[그림 3] 파우치형 포장 방식을 고려한 공정 시나리오 및 설계

4. 결론

본 연구에서는 밀키트 등 디종 소분 구성품의 유연 포장 자동화를 위한 기초 기술 개발을 수행하였으며, 다양한 포장재와 원재료 특성을 분석하여 포장 규격화 데이터베이스를 구축하였고, 이를 통해 포장재별 최적 그리핑 조건을 도출하였다. 또한 이종 그리퍼 적용 가능성을 검토하여 로봇 기반 자동화 공정의 대응성을 확보하였으며, 속도와 효율성 측면에서 델타로봇이 가장 적합한 대안임을 확인하였다. 나아가 파우치형 밀키트 대응을 위한 테스트베드 설계안을 마련하고, 자동화 공정 시나리오를 제시하였다. 본 성과는 기존 수작업에 의존하던 밀키트 포장 공정의 한계를 극복하고, 생산성 향상과 위생·품질 관리 수준 제고에 기여할 수 있는 기반을 제공한다. 향후 연구에서는 소프트 그리퍼 적용, 통합 제어 시스템 고도화, 실제 현장 실증을 통한 성능 검증을 단계적으로 추진할 예정이다. 이를 통해 다품종 소분 제품의 유연 생산·포장 체계를 구축하고, 식품 제조 산업 전반의 경쟁력 강화에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

5. 감사의 글

본 연구는 정부 재원으로 2024년도 고부가가치식품기술개발사업(차세대식품가공, 과제번호:RS-2024-00413186)의 지원을 받아 수행하였습니다.

참고문헌

- [1] 김태형, “식재료 분류 및 소포장 공정 로봇-자동화 시스템 디자인전환 공정 표준화 모델 개발”, 한국산학기술학회, Vol 24, No. 12, pp. 422–429, 2023.
- [2] 백승훈, “식품계량 및 포장 공정 로봇 적용 자동화 시스템 개발을 위한 3D 시뮬레이션 연구”, 한국정보전자통신기술학회, Vol 16, No. 5, pp. 230–238, 2023.