

# 식품계량 및 포장 공정 로봇 적용 자동화 시스템 개발을 위한 3D 시뮬레이션 연구

백승훈, 오승일, 권기현, 김태형\*

## 3D Simulation Study to Develop Automated System for Robotic Application in Food Sorting and Packaging Processes

Seunghoon Baek, Seung Eel Oh, Ki Hyun Kwon, Tae Hyoung Kim\*

**요약** 식품제조 중소기업들은 원물 투입부터 최종 팔레타이징까지 대부분 노동집약적이고 수작업으로 구성되어 있다. 최근 로봇과 센서 데이터 기술요소 적용으로 스마트화 디지털화로 변화하는 추세이다. 본 연구에서는 식품제조기업에서 적용 설비 역량보다 작업자가 속도를 따라가지 못하는 반복작업 공정 2가지를 선정하였으며, 이를 3D 시뮬레이션을 활용하여 개선 효과성을 규명하고자 한다. 꼬치 조립 후 작업자들이 계량 후 포장하는 공정과 무작위로 공급되는 냉동식품류를 계량-내·외포장-팔레타이징 일괄 수작업 공정 2개를 선정하였다. 가동률, 생산량, 투입 작업자 수를 검증 지표로 선정하였다. 3D 개선 공정 시뮬레이션 결과 생산량은 각각 기존보다 13.5%, 56.8% 증가했으며, 특히 팔레타이징 로봇 적용 공정에서 높은 효과성을 보였다. 두 공정 모두 가동률과 투입인력 수는 감소함에 따라 작업자에게 피로도가 높은 공정을 로봇으로 대체 적용할 수 있어 작업 과부하를 개선할 수 있는 결과를 나타냈다. 본 연구 결과를 바탕으로 3D 시뮬레이션을 활용하여 식품계량 및 포장 공정에 로봇을 도입함으로써 개선된 공정의 성능을 정량적으로 사전 검증의 가능성을 확인할 수 있었다.

**Abstract** Small and medium-sized food manufacturing enterprises are largely reliant on manual labor, from inputting raw materials to palletizing the final product. Recently, there has been a trend toward smartness and digitization through the implementation of robotics and sensor data technology. In this study, we examined the effectiveness of improvement through 3D simulation on two repetitive work processes within a food manufacturing company. These processes involve workers whose speed cannot match the capacity of the applied equipment. Two manual processes were selected: the weighing and packing process performed by workers after skewer assembly, and the manual batch process of counting randomly delivered frozen foods, packing (both internal and external), and palletizing. The production volume, utilization rate, and number of workers were chosen as verification indicators. As a result of the simulation for improving the 3D process, production increased by 13.5% and 56.8% compared to the existing process, respectively. This was particularly evident in the process of applying palletizing robots. In both processes, as the utilization rate and number of input workers decreased, robots could replace tasks with high worker fatigue, thereby reducing work overload. This study demonstrates the potential to visually compare the process flow improvement using 3D simulations and confirms the possibility of pre-validation for improvement.

**Key Words** : 3D Simulation, Automation System, Food Smart Factory, Industrial Robot

This paper was supported by Korea Institute for Robot Industry Advancement(KIRIA) grant funded by the Korea Government(MOTIE)(P20008963, Development of Manufacturing Robot Utilization Technology for Food and Beverage Manufacturing Process Improvement)(GN200900-04)

\*Corresponding Author : Digital Factory Group, Korea Food Research Institute, Republic of Korea (thkim@kfri.re.kr)

Received August 30, 2023

Revised September 14, 2023

Accepted September 25, 2023

## 1. 서론

최근 제조 산업 분야뿐만 아니라 농식품 분야에서도 로봇과 센서 데이터 등 기술요소 적용을 기반으로 한 스마트 및 디지털화로 변화하는 추세이다. 식품 안전과 공급을 고려하여 식품 생산시스템 단계에서 자동화의 필요성에 대해 제시하였다[1]. 로봇은 작업자들이 수행하며 발생하는 위험성, 피로도 등의 제약 요소들로부터 자유롭기 때문에 작업자가 수행하는 다양한 수작업들을 대체하고 있다[2]. 공장에 적용되는 산업용 로봇은 열악한 환경에서도 업무 수행에 있어 지속 반복 작업을 높은 정확성과 함께 효율적인 성능으로 고속 생산이 가능하며, 여러 기능을 저장해 둠에 따라 다양한 제품들에 대해 유연하게 대처할 수 있는 특징들이 있다[3]. 식품공장에서는 여러 식품을 생산하며 다양한 물성 조건을 가진 식품소재들을 사용하기 때문에 결국 다수의 작업자가 투입되어 이를 개선하기 위한 여러 연구가 보고되고 있다[4]. 이러한 특징을 바탕으로 공정을 개선하기 위해 로봇 자동화 시스템은 식품 제조 및 육가공 공장에서 적용되고 있으며[5], 닭고기 가공 공장에 로봇을 적용하는 연구가 보고된 바가 있다[6].

최근 대기업과 중견기업에서도 공정의 최적화를 통한 생산성 향상 등을 위하여 사전에 예측 및 검증하는 방법으로 시뮬레이션이 활용되고 있다. 모의실험이라고도 불리는 시뮬레이션은 개별 개체(entity)를 기반으로 현실의 상황을 가상에서 유추하여 비슷하게 모사하고 관찰하는 과정을 의미한다[7, 8]. 과거 출시된 시뮬레이션 소프트웨어들은 대부분 2D 기반의 모델링 개체들을 제공하여 실제 제조 현장의 설비 및 작업자 작업 동선을 구현하는데 한계가 있었다[9]. 이러한 한계를 보완하고자 작업환경 및 실제 제조공장의 구현이 가능하게 되었으며, 기존 논리적 분석뿐만 아닌 3D 기반 모델링 개체들을 지원하는 3D 공장 시뮬레이션 소프트웨어들이 등장하였다[10].

실제 시뮬레이션을 적용하여 공정에 대해 검증하는 연구들이 보고되었다. 시뮬레이션을 활용하여 협동로봇이 다품종 소량 생산 용접공정에 적용하였을 때 효율성을 검증하는 연구를 수행하였다[11]. 식품 공장에 제품 포장 공정에 협동 로봇을 투입하여 로봇 적용 가능성을 판단하는 연구를 수행하였으며, 수작업 공정을

개선함에 따라 작업자의 인체공학적 과부하 및 공회전 시간을 줄임과 동시에 병목현상을 개선할 수 있다고 보고하였다[12]. 요거트 생산공정에 시뮬레이션을 활용하여 실제 생산량과 거의 동일한 수준으로 결과를 획득할 수 있음을 구명하였다[13]. 또한, 대부분 수작업으로 피자를 생산하는 중소기업들을 대상으로 개발한 피자 도우와 토핑 제조공정을 적용하여 사전 투입 작업자 수 및 생산과정의 데이터를 기반으로 개선 후 시뮬레이션에서 동일 생산시간(6.5시간)일 때, 기존 생산량보다 8.67%의 생산 증가의 결과를 나타냈다 [14]. 빵을 생산하는 작은 제조업체에서도 토스트 제조공정을 시뮬레이션에 적용하여 포장 공정의 병목현상 및 절단 성형과 실링 공정에서의 문제점을 도출하였으며, 최소비용에서 생산라인 균형을 맞추는 개선안과 비용을 고려하지 않았을 때 장비를 도입하여 생산 능력을 92% 증가시키고 함께 병목현상도 줄일 수 있는 개선안을 제안하는 연구도 보고되었다[15].

국내에서는 노동 집약적인 공정들로 이루어진 김치 제조공정 중 절입 공정 분석을 통하여 사용하고 있는 설비, 장비 및 제조 공정 시간 등의 데이터를 획득하여 병목 원인을 시뮬레이션을 통해 해소하는 연구가 있다[16]. 식품 공정들을 개선하고 다양한 시뮬레이션을 활용하여 효율성을 검증하는 연구들이 진행되고 있으나 국제 로봇 연맹(International Federal of Robotics, IFR)에서 보고한 것과 같이 식품산업에서 로봇화 정도는 다른 산업들에 비해 가장 낮은 수준에 머물러 있다[17].

따라서 본 연구에서는 국내 식품 제조 중소기업의 열악한 제조 환경개선을 로봇 적용을 통해 개선하고자 하였다. 다수의 작업자가 투입되어 수작업과 함께 반복 작업으로 구성된 2가지 공정을 선정하였다. 선정 공정들은 자동화 설비의 역량에 비해 작업자가 속도를 따라가지 못해 다수의 작업자가 투입되는 공정들로 구성되어 있다. 꼬치 조립을 위해 식품소재들을 직접 공급기에 투입하여 자동화로 조립되어 나오는 제품들을 작업자들이 직접 봉지에 포장하는 공정과 냉동제품들이 무작위로 작업자들에게 공급되어 계량부터 박스 포장까지 수작업으로 구성된 공정이다. 실제 생산량과 작업자 근로 스케줄을 기반으로 데이터를 측정 및 획득하

였으며, 개선 전 데이터를 기반으로 2가지 로봇 적용 공정 시뮬레이션 모델을 제시하였다. 시뮬레이션 모델을 구현함으로써 실제 로봇을 공장에 적용하기 전에 얻을 수 있는 생산량 예측과 작업자에게 집중된 공정 피로도 등을 로봇 활용했을 때의 효과성 등을 예측할 수 있는 결과를 도출하였다. 추후 본 연구에서 제안하는 로봇을 적용한 식품 계량 및 포장 자동화 시뮬레이션을 바탕으로 실제 현장에 적용함으로써 시뮬레이션의 성능을 검증할 수 있다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 공정시뮬레이션 구축을 위한 현장 분석 및 설계

본 연구에서는 그림 1과 같이 원물을 가공한 식품소재들을 조립 및 계량 포장하여 팔레타이징 공정까지 일련의 공정 중 수요기업에서 다수의 작업자가 투입되고 작업 부하가 높으며, 병목 현상이 많이 발생하는 2가지 공정을 선정하였다.

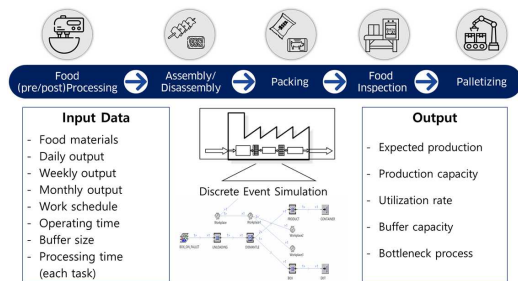


그림 1. 일련의 식품 제조과정  
Fig. 1. The series of food manufacturing

선정한 공정은 ‘식품 가공소재 조립 후 배출 공정’, 그리고 ‘제품 계량 및 포장 후 팔레타이징 공정’으로 식품 제조 기업에서 개선을 요청한 공정들로 선정하였다. 식품 공정 로봇 시뮬레이션 구축에 활용되는 입출력 데이터인 공정별 Layout, 공정 순서, 작업 근로 시간, 생산량 등 실제 식품 생산 공장을 방문하여 측정하였다. 로봇 도입 적용 가능성을 분석하고자 구축한 개선 시뮬레이션 공정을 활용하였다.

공정 시뮬레이션 구축을 위해 공정이 이루어지는 실제 현장의 크기를 측정하고자 Focus3D Premium 70

레이저 스캐너(FARO, Lake Mary, FL, USA)를 활용하였다. 기존 현장 촬영 정보는 그림 2와 같이 클라우드 포인트 데이터로 획득하여 모델링 설계 소프트웨어와 연동을 할 수 있어 실측값을 기반으로 전처리 과정을 거친 후 3D 도면 설계에 직접 활용하여 기존 현장 시뮬레이션 모델을 구축하였다.

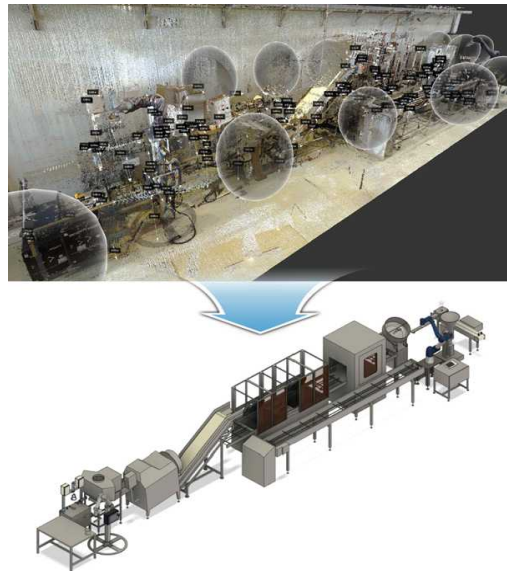


그림 2. 한국식품연구원(KFRI)의 테스트베드에서 Faro Focus3D로 획득한 포인트 클라우드 기반 실측값 전처리를 통한 3D 모델링으로 생성 예시

Fig. 2. Example of create rendered with 3D solid modeling which preprocessing point cloud data acquired from a testbed at the Korea Food Research Institute(KFRI) with Faro Focus3D

식품 제조공정 로봇 자동화 시뮬레이션 구축을 위해 사용한 프로그램은 2D/3D 환경에서 공정 흐름 설계에 적합하며[18], 이산 사건 시뮬레이션을 기반으로 실제 공정 수행 결과를 예측할 수 있는 장점이 있는 지멘스 테크노매틱스(Tecnomatix Process Simulate V16.0, SIEMENS Inc., Germany)를 사용하였다.

스캔하여 획득한 데이터를 기반으로 기존 현장에 활용하고 있는 장비들을 구축하고, 실제 생산 데이터를 시뮬레이션 대입하여 가동률 등을 획득하였다. 공정 개선 시뮬레이션에 활용하고 그림 3과 같이 산업용 로봇

들(다관절 로봇, 스카라 로봇)과 컨베이어, 활용 그리퍼 등 주변 설비의 모델링을 구현하였다.

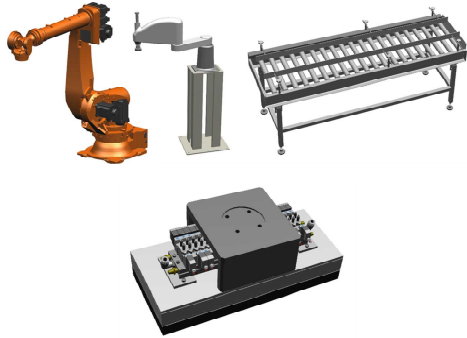


그림 3. 로봇 기반 3D 시뮬레이션에 사용된 3D 모델링.  
Fig. 3. 3D modeling used in robot-based 3D simulation.

### 2.2 선정 공정 프로세스

실제 현장에서 운영되는 일련의 프로세스를 작업자, 작업 위치 등 각각의 공정 단위로 세분화하여 검토하였다. 첫 번째 공정은 식품소재를 자동 꼬치 조립 및 배출 제품들에 대한 계량 포장공정(case 1)이다. 작업자들이 가공되어 나온 식품소재를 그림 4와 같이 꼬치 자동화 장비 성형 틀에 직접 투입하고, 꼬치 조립 자동화 설비에서 조립되어 배출한 완제품을 작업자가 계량하여 포장공정 작업자에게 전달하여 포장지에 투입으로 이루어진 공정이다.

기존에 사용하고 있는 장비의 생산 속도, 작업자의 숙련도 및 생산 작업 속도의 불균형으로 인하여 식품소재 투입 공정에 다수의 작업자가 투입된다. 작업자 1인 기준으로 분당 90개를 투입하는 속도로 공정을 진행하고 있으며, 전체 약 6~7명의 작업자로 구성되어 있음을 분석하였다.

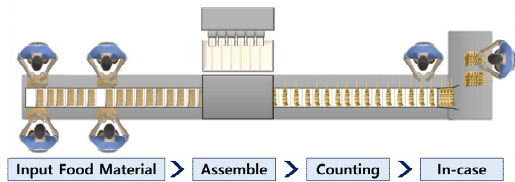


그림 4. 다수의 작업자가 투입된 개선 전 꼬치 '조립'공정 3D 시뮬레이션 모델링

Fig. 4. Previous 3D simulation modeling of skewer 'assembly' process with numerous workers.

두 번째 공정은 그림 5와 같이 1, 2차 공정으로 구성되어 있으며, 냉동식품 소재들을 계량 포장하여 최종 팔레타이징 공정이다(case 2). 포장을 위한 급속 냉동기로부터 배출되어 X-선 금속검출기를 지나 공급과 함께 공정이 시작된다. 1차 공정은 X-선 이물질 검출기를 지나 정렬되지 않고 무작위로 공급되는 식품소재들을 작업자 약 4~6명이 투입되어 공정이 이루어지고 있다. 모든 작업자는 식품소재를 직접 계량과 동시에 포장용지를 열어 계량-투입하는 공정으로 구성되어 있다. 2차 공정은 포장용지에 계량 투입된 제품을 옮겨와 수작업 실링 포장기에 직접 실링 이후 박스 공급, 제품 적재, 박스 포장 및 팔레타이징까지 일괄 수작업으로 이루어진 공정을 검토하였다. 공정에 투입된 작업자는 8명(현장 분석 당시)으로 제품은 분당 약 208개의 식품소재가 들어움을 분석하였다.

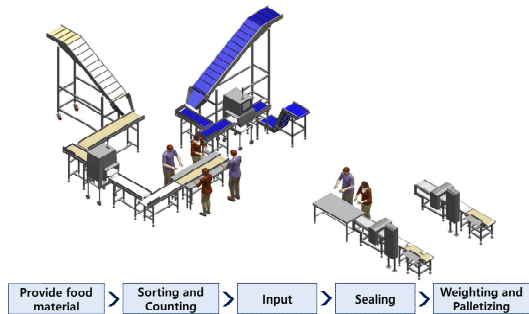


그림 5. 계량-포장 공정 후 팔레타이징 공정까지의 개선 전 3D 시뮬레이션

Fig. 5. Previous 3D simulation modeling of 'palletizing process' after 'counting-packing process'

### 2.3 시뮬레이션 모델링 적용 공통 설정 조건

기존 생산 측정값과 개선 전 시뮬레이션 데이터를 기반으로 작업자의 과부하가 가장 높은 작업에 로봇을 적용하는 것으로 선정하였다. 로봇을 배치하고 작업반경에 따른 안전 구역을 고려하였으며, 기존 공장의 작업 동선, 투입인력 재배치 등을 고려하여 최적 공정라인 레이아웃 설계를 검토하였다. 3D 시뮬레이션 분석에서 공정이 작동되는 모습을 시각적으로 분석하는 것 외에도 개선 전후 비교 및 검토하기 위한 평가지표로 생산량, 작업률, 공정 투입 작업자 수를 설정하였다. 공

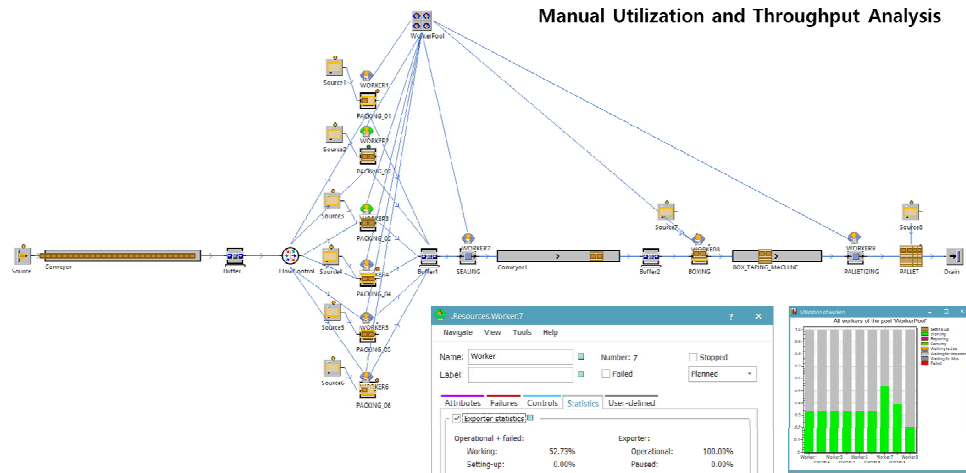


그림 6. 가동률과 생산량 수작업 공정 분석  
 Fig. 6. Manual process analysis of utilization and throughput

통 설정 조건으로는 설비 이용률(Availability)과 작업 스케줄(Shift calendar)을 적용하였다. 설비 이용률은 95%, 로봇이 고장 났을 때 수리 시간(Mean Time To Repair)은 1분으로 하였으며, 작업 스케줄은 주 5일 40시간을 기준으로 설정하였다. 설정한 값들과 현장에서 측정된 데이터를 기반으로 그림 6과 같이 실제 공정 라인을 구성하고 실제 생산량 및 가동률을 도출하였다.

### 3. 결과

본 연구에서 개선 적용한 3D 시뮬레이션 공정 모델은 다음과 같다. 첫번째 개선 공정은 기존 하나의 제품만 사용할 수 있고 식품소재가 변경될 때마다 고정틀을 교체해야 하는 번거로움을 개선할 수 있는 공급 컨베이어를 적용하였다. 모듬꼬치의 다양한 식품소재들도 사용할 수 있도록 개선하였다. 그림 7과 작업자들은 식품소재 변경에 따른 틀을 교체하지 않아도 기존 공급 컨베이어 공급 틀에 투입하여 작업 중 중단 현상을 개선하였다. 로봇 한 대로 공급되는 꼬치들을 그림하여 최대 8개까지 자동 조립 후 용기 적재까지 하는 일괄 시스템으로 개선 적용하였다. 기존 다수의 작업자가 투입되어 자동화 장비의 생산 속도를 맞추고자 하였으나, 본 개선 공정에서는 같이 작업자 2인을 기준으로 공정 가동률 및 생산량을 그림

8과 같이 검토하였다. 식품소재를 정렬 및 투입하는 작업자는 92.26%의 가동률을 나타내 작업 과부하 및 피로도가 높으며, 공장에서 3,496개의 제품을 한 라인에서 생산하는 결과를 도출하였다.

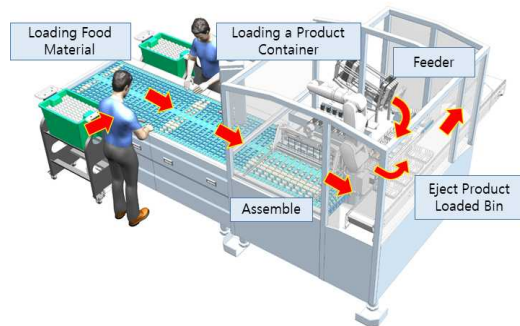


그림 7. 로봇 적용 식품소재 조립 및 포장공정 3D 시뮬레이션 순서  
 Fig. 7. Sequence of 3D simulation modeling for application of robot in assemble and packing manufacturing process.

기존 작업자 2인이 조립 이후 포장하는 공정으로부터 식품소재 카트 공급 및 다른 병목 현상 공정에 투입과 함께 공급 컨베이어 개선을 통해 기존 작업자들은 동일한 업무를 하며 로봇의 가동률은 89.57%로 기존 2인의 계량 포장공정을 개선하여 약 13.5 %의 생산량



을 증가시킬 수 있음을 분석하였다.

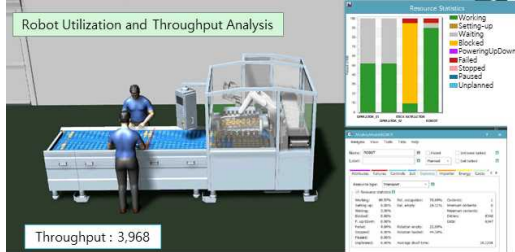


그림 8. 3D 시뮬레이션을 활용한 로봇 적용 식품소재 조립 개선 공정 가동률과 생산량 분석  
Fig. 8. Throughput and utilization analysis using 3D simulation modeling for application of robot in assemble and packing manufacturing process

두 번째 공정은 무작위로 나오는 식품소재들을 단순 계량하여 공급 컨베이어에 투입하는 공정으로 기존 다양한 수작업 공정들이 복합적으로 얽혀 있던 공정을 일련의 순차적 공정으로 개선하였다. 기존 작업자들이 포장지와 함께 실링 등을 하는 모든 수작업 공정은 삼면 포장기를 적용하였으며, 외부에서 박스를 조립하여 제품을 인케이싱 및 팔레타이징까지 수작업으로 이루어진 공정들을 제함기 및 봉합기와 함께 산업용 로봇인 스카라 로봇 1대와 다관절 로봇 1대를 적용하여 그림 9과 같이 공정을 개선하였다.

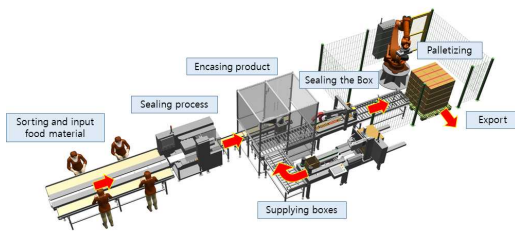


그림 9. 로봇 적용 계량 및 포장 후 팔레타이징 공정 3D 시뮬레이션  
Fig. 9. Sequence of 3D simulation modeling for application of robot in sorting, packing, and palletizing process

다수의 작업자가 투입되어 계량 포장 및 팔레타이징 공정을 검토하고자 공급된 제품을 작업자 6인이 각 계

품 5개를 내포장 인케이싱 실링공정 공급, 실링공정 작업자 1인이 외포장으로 공급하며 마지막 작업자 1인이 박스 인케이싱 및 제함 등 팔레타이징까지 공정별 작업자의 부하를 그림 10과 같이 분석하였다.

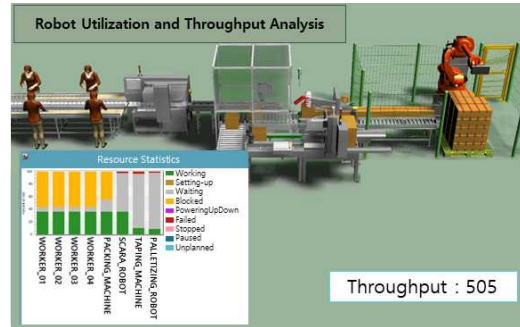


그림 10. 3D 시뮬레이션을 활용한 로봇 적용 계량 및 포장 후 팔레타이징 공정 가동률과 생산량 분석  
Fig. 10. Throughput and utilization analysis using 3D simulation modeling for application of robot in sorting, packing, and palletizing process

제품의 인케이싱, 팔레타이징 공정에서 가동률은 52.7%로 고중량의 박스를 팔레타이징하며, 일관성이 없는 공급 불균형으로 피로도가 누적됨을 분석하였다. 이를 로봇으로 대체 적용하였을 경우 로봇 가동률은 7.76%로 높은 효율성을 보였으며, 생산량 또한 기존 322 box에서 505 box로 약 56.8%의 높은 증가의 결과값을 도출하였다. 따라서 로봇을 적용함에 따라 높은 효율성과 함께 개선 전에 6명이 작업하던 공정을 4명으로 생산량 충분히 더 생산할 수 있음을 분석하였다. 투입 작업자 수는 기존 총 8인에서 4인으로 대체할 수 있음을 확인하였다.

#### 4. 결론

본 연구는 식품 제조공정 중 가공한 식품소재들을 조립 및 계량 포장하여 팔레타이징 공정까지 일련의 공정 중 노동집약적인 공정을 중심으로 개선이 필요한 공정을 선정하여 기존 생산량 및 작업 시간과 함께 현장 데이터를 획득하였다. 선정 공정에 대해 획득 데이터와 로봇을 적용해서 개선했을 때를 3D 시뮬레이션

으로 비교하고자 하였으며, 개선 전후 공정 지표로 생산량과 가동률, 그리고 투입 작업자 수를 도출하여 효과성을 검증하였다.

꼬치 조립 후 계량 포장 공정(case 1)과 계량 포장 인케이싱 후 팔렛타이징 공정(case 2) 3D 시뮬레이션 결과 각각 공정 처리량은 13.5%, 56.8%로 기존보다 개선되었음을 보였으며, 특히 팔렛타이징 공정에서 높은 효과성을 보였다. 또한, 절묘한 기술이 필요한 꼬치 조립 공정도 생산량 증가에 따라 실제 가능성이 있음을 나타냈다. 작업 가동률 분석에서도 높은 수작업으로 이루어지는 공정들에 대해 로봇으로 적용에 따라 개선하였음에도 높은 가동률을 보여 실제 작업자에게 과부하 및 피로도가 높은 개선 필요 공정임을 파악할 수 있었다. 실제 개선한 공정들 모두 기존 작업자의 과부하를 줄이는 효과를 나타냈으며, 특히 팔렛타이징 공정(case2)과 같은 공정은 큰 폭으로 감소함에 따라 매우 높은 효율성을 보였다. 선정 공정에서 작업자들을 기존 투입인력의 50% 이상을 대체 적용할 수 있었으며, 피로도와 과부하가 높은 공정들을 개선할 수 있는 효과를 표 1과 같이 결과를 분석하였다.

표 1. 로봇 구현을 위한 3D 시뮬레이션 모델 부팅 속도, 출력 및 인력 대체 결과 요약

Table 1. Summary of 3D Simulation Model Boot Rate, Output, and Manpower Replacement Results for Robot Implementation

Category		As-Is	To-Be
Case 1	Throughput	3,496 ea	3,968 ea
	Utilization Rate	92.26% (Manual)	89.57% (Applied robot)
	Replacement of workers	6	2
Case 2	Throughput	322 Box	505 Box
	Utilization Rate	57.7% (Manual)	89.57% (Applied robot)
	Replacement of workers	8	4

본 연구에서 도출 개선 공정 모델 case1과 case2는 각각 모듬꼬치 어묵과 냉동 돈가스 제품을 대상으로 공정을 분석하였으며, 실제 공장에서 제일 많이 생산하는 제품으로 선택하였다. 국내 식품공장은 연속생산을 하는 특성과 함께 다품종 소량생산을 하는 구조로 구성되어 있어 실증을 위해서는 B2B, B2C 조건에 따라 유연 생산이 가능하며, 다양한 제품 생산 적용에 따라

작업자 활용 방식이 변경되는 등 다양한 요소들에 대해 검토할 필요성이 있다.

3D 시뮬레이션을 활용하여 실제로 개선한 공정이 정확하게 설계 및 구현이 되었는지 등을 시각적으로 비교할 수 있으며, 공정 개선에 대해 자유롭게 확인하고 검증을 할 수 있는 이점이 있어 수요기업이 공정의 스마트화 및 디지털화 도입하기 위한 타당성을 판단하는 데 도움이 될 수 있을 것으로 사료된다. 이처럼 도출한 개선 3D 시뮬레이션 공정과 함께 실제 실증 적용하기 위해서는 전-후방 공정과 함께 실제 다양한 요소들을 고려가 필요하다. 다양한 요소들을 적용하면 추후 단일 공정 시뮬레이션을 넘어 플랜트 시뮬레이션을 활용하여 원물의 투입과 함께 최종 제품 생산까지 생산량을 예측할 수 있는 전 공정 가상 환경 예측 시스템을 개발할 수 있을 것으로 판단된다.

## REFERENCES

- [1] R. Henry, "Innovations in agriculture and food supply in response to the COVID-19 pandemic," *Molecular plant*, vol. 13, no. 8, pp. 1095-1097, 2020
- [2] J. Iqbal, R. U. Islam, S. Z. Abbas, A. A. Khan, and S. A. Ajwad, "Automating industrial tasks through mechatronic systems-A review of robots in industrial perspective," *Tehnicki vjesnik/Technical Gazette*, vol. 23, no. 3, pp. 917-924, 2016.
- [3] F. Bader and S. Rahimifard, "Challenges for industrial robot applications in food manufacturing," *Proceedings of the 2nd international symposium on computer science and intelligent control*, pp. 1-8, 2018.
- [4] Z. Wang, S. Hirai, and S. Kawamura, "Challenges and opportunities in robotic food handling: A review. *Frontiers in Robotics and AI*," *Frontiers in Robotics and AI*, vol. 8, 2021.
- [5] S. Choi, G. Zhang, T. Fuhlbrigge, T. Watson, and T. Tallian, "Applications and requirements of industrial robots in meat processing," *IEEE International Conference on Automation Science and Engineering*

- (CASE). IEEE, pp. 1107-1112, 2013.
- [6] E. Misimi, E. R. Øye, A. Eilertsen, J. R. Mathiassen, O. B. Åsebø, T. Gjerstad, J. Bulijo, and Ø. Skotheim, "GRIBBOT-Robotic 3D vision-guided harvesting of chicken fillets," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 121, pp. 84-100, 2016
- [7] W. D. Kelton, R. P. Sadowski and N. B. Swets, "Simulation with Arena," McGraw-Hill, Inc., 2015
- [8] S. Bangsow, "Tecnomatix plant simulation", Springer International publishing, 2016
- [9] J. S. Park, S. H. Park, J. W. Kim, "3D Factory Simulation-based Process Pre-Study for Smart Factory Operational Design," *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, vol. 47, no. 1, pp. 117-129, 2021
- [10] D. S. Jo and J. W. Kim, "A survey on characteristics and application domains of 3D factory simulation technology," *The Journal of Information Systems*, vol. 27, no. 4, pp. 35-70, 2018
- [11] G. H. Kim, K. H. Park and J. Y. Jung, "Efficiency of Mobile cobot in the Manufacturing Process of Small quantity batch production," *Korean Society of Mechanical Engineers conference*, pp. 2223-2224, 2022
- [12] R. Accorsi, A. Tufano, A. Gallo, F. G. Galizial, G. Cocchi, M. Ronzoni, A. Abbate and R. Manzini, "An application of collaborative robots in a food production facility," *Procedia Manufacturing*, vol. 38, pp. 341-348, 2022
- [13] K. A. M. Hansan, A. H. Kadhum and A. H. Morad, "Evaluation of Yogurt Production Line Simulation Using Arena Software," *Al-Khwarizimi Engineering Journal*, vol. 15, no. 4, pp. 71-78, 2019
- [14] S. S. S. Ahmad, A. S. A. Kasim, I. Masood, F. H. Ho and H. Abdullah, "Capacity study of a food processing company using Arena simulation software," *Research Progress in Mechanical and Manufacturing Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 166-173, 2021
- [15] G. Wu, L. Yao and S. Yu, "Simulation and optimization of production line based on FlexSim," 2018 Chinese Control And Decision Conference (CCDC), IEEE, pp. 3358-3363, 2018
- [16] J. W. Park, D. Y. Kim and Y. J. Cho, "Simulation-based process improvement of a food manufacturing system," *Proceedings of Society of CAD/CAM conference*, pp. 160-163, 2015
- [17] International Federation of Robotics, "Executive Summary World Robotics 2021 Industrial Robots," pp. 12-16, 2021
- [18] M. Miltényi and L. Czégé, "Simulation of production processes with Plant Simulation," *International Journal of Engineering and Management Sciences*, vol. 4, no. 4, pp. 10-16, 2019

---

저자약력

---

**백 승 훈 (Seunghoon Baek)**



- 2017년 2월 : 전북대학교 생물산업기계공학과 (석사)
- 2019년 2월 : 전북대학교 농업기계공학과 (석사)
- 2023년 현재 : 충남대학교 바이오시스템기계공학과 (박사수료)

**오 승 일 (Seung Eel Oh)**



- 2004년 2월 : 성균관대학교 바이오메카트로닉스학과 (학사)
- 2006년 2월 : 성균관대학교 바이오메카트로닉스학과 (석사)
- 2012년 2월 : 성균관대학교 바이오메카트로닉스학과 (박사)
- 2015년 ~ 현재 : 한국식품연구원 안천유통연구단 (선임연구원)

**권 기 현 (Ki Hyun Kwon)**



- 2006년 2월 : 성균관대학교 바이오메카트로닉스학과 (박사)
- 1991년 01월 ~ 현재 : 한국식품연구원 디지털팩토리사업단 (단장)



**김 태 형 (Tae Hyong Kim)**



- 2012년 11월 : 토론토 대학교 생명과학과 (학사)
- 2022년 2월 : 성균관대학교 바이오메카트로닉스학과 (박사)
- 2023년 ~ 현재 : 한국식품연구원 디지털팩토리사업단 (연구원)