

RESEARCH ARTICLE

## 조각과일 계량공급시스템 개발

김동억, 강정균, 홍순중, 강동현\*  
한국농수산대학 교양공통과

# Development of an automatic weighing and feeding system for packing of fresh-cut fruits

Dong-Eok Kim, Jeong-Gyun Kang, Soon-Jung Hong, Dong-Hyeon Kang\*

Department of General Education, Korea National College of Agriculture and Fisheries. Jeonju, Republic of Korea

\*Corresponding Author: kang6906@korea.kr

### Abstract

The demand of fresh cut fruits such as fruit cups, fruit salad boxes is increasing recently. But we have not automated feeding machine in the automatic packing system for fresh cut fruits. This study was aimed to develop an automatic weighing and feeding system for packing of fresh-cut fruits on fruit processing plant. A prototype system has been developed and tested for feeding height of fresh-cut fruits, conveying speed, packaging weight, and performance of system. We measured the weight change of a piece of apple by the drop impact according to the feeding height and conveying speed. The performance of prototype was measured in condition of the conveying speed of 0.10 m/s. The weight of cut fruits filled in container showed a standard deviation of 4.87~6.26 g compared to target weight, and the performance of system was 2,465 EA/hr. The experimental result demonstrates that the impact of fresh-cut fruits was increased with the feeding height and conveying speed and the effect on the feeding height was greater than the conveyor speed. So, we are need to establish closely the feeding conveyor to the container and we are need to adjust the feeding speed according to the follow-up process such as fruit supplement and removal work according to the metering error, container sealing process and labeling process et al.

**Keywords:** Fresh-cut fruit, Weighing, Packing, Machine, Food processing

### Introduction

최근 1인 가구의 증가와 맞벌이 가구가 늘면서 편리성을 중시하는 라이프스타일의 변화와 간편식 선호 증가 등에 따라 과일 및 채소류 소비 성향이 변화하고 있다(KREI, 2019). 2019년 가정간편식 시장은 4조 2천억원으로 전년 대비 13.4% 성장하였으며, 그 중 신선편의식품은 2015~2019년 연평균 17.9% 성장하였다. 2019년 신선편의식품의 시장규모는 1,845억원이며, 이중 절단과일이 46.9%, 샐러드 20.0%, 기타 33.0%로 조각과일이 가장 많이 차지하고 있다(MAFRA, 2021). 1회 과일 구입량이



 **OPEN ACCESS**

DOI: <https://doi.org/10.12972/jame.20210003>

**Received:** December 13, 2021

**Revised:** December 18, 2021

**Accepted:** December 20, 2021

**Copyright:** © 2021 Journal of Agricultural Machinery Engineering



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

줄면서 소용량 소포장 구매단위가 확대되고 있고, 구입 후 바로 섭취할 수 있는 신선편이과일 소비가 증가하고 있으며, 특히 접근성이 좋은 편의점의 과일 매출액이 늘고 있다(Park et al., 2017; KREI, 2019). 소비 품목은 섭취하기 편한 세척과일, 조각과일, 소포장 과일 등과 조리과정을 간소화할 수 있는 반가공 형태의 채소류 소비도 꾸준히 증가하고 있다(Ji, 2019).

식품이나 제약, 화장품 제조 설비의 포장 단계에는 이미 수작업 없는 자동화 라인의 구축이 보편화되어 원료의 투입부터 가공·포장되고 물류로 이어지는 시스템이 자동화된 포장기계를 통해 이루어지고 있다(FA Journal, 2016). 액체, 점체, 분말류의 제품을 플라스틱 용기에 포장하는 포장 자동화 라인은 플라스틱 용기를 자동 공급하는 용기 자동 공급기, 용기 이송 컨베이어, 액체, 점체, 분말류의 제품을 용기에 일정량씩 담아주는 충전기, 일정량씩 계량하는 계량기, 용기의 입구를 밀봉하는 봉합기, 용기 외부에 라벨을 부착하거나 인쇄하는 라벨링 기계로 구성된다.

조각과일은 신선한 과일만을 골라 다듬어 담고 제조과정에서 살균세척, 행균, 코팅 과정을 거치며, 공정 대부분이 자동화되어 있어 신선하며 안전하다. 조각과일은 원료 출고 전 색택, 중량, 당도, 육안선별, 가공 시 이물질제거, 세척, 소독, 행균, 건조, 비가식부 제거, 세절, 갈변방지 코팅, 계량, 포장, 출하의 단계를 거친다(Cho et al., 2005; Kang et al., 2021). 과일 가공업체의 조각과일을 용기에 포장하는 작업을 생략화하기 위해서는 과일의 세척, 절단, 비타민 코팅, 플라스틱 용기 공급, 과일 계량 공급, 밀봉, 라벨링 일련의 작업이 자동화 생산라인에서 연속적으로 진행되어야 한다. 신선편이 과일만 생산하는 업체의 자동화율이 41.7%로 낮은 수준이며(KREI, 2019), 특히, 조각과일은 기계적으로 처리하고 다루기 어렵기 때문에 포장용기에 담고 무게를 맞추는 계량 및 포장작업을 수작업에 의존하고 있다. 과일 가공업체의 용기 포장작업을 일관 자동화하기 위해서는 과일의 선별, 세척, 용기 공급, 과일 공급, 밀봉, 라벨링 작업 등 일련의 작업의 기계화가 필요하며, 현재 수작업에 의존하고 있는 포장용기에 담고 무게를 맞추는 작업을 자동화하기 위한 조각과일 계량 및 포장작업의 기계화가 필요하다.

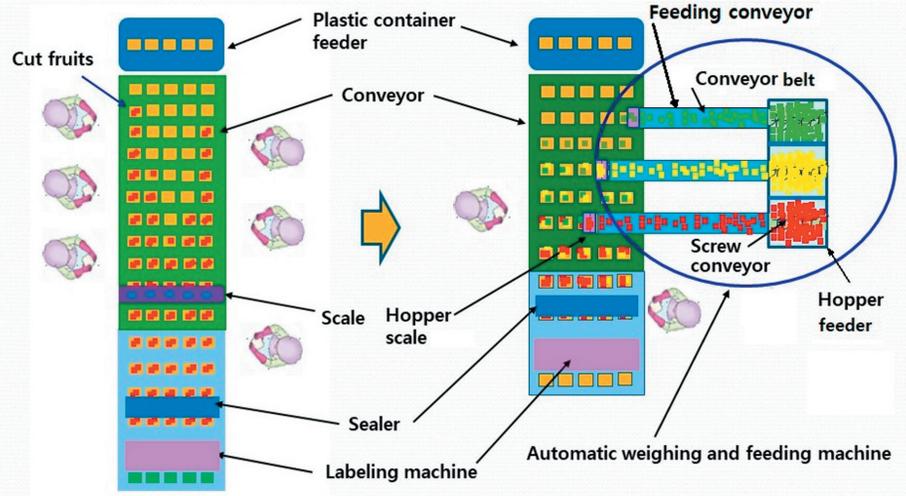
본 연구는 과일 간식 가공업체의 조각과일 생산과정에서 수작업으로 의존하던 조각과일을 포장용기에 투입하는 공정을 자동화하기 위해 조각과일을 정량으로 계량 후 포장 용기에 자동으로 투입하는 조각과일 계량 공급시스템을 개발하고 그 성능을 분석하였다.

## Materials and Methods

### 시작기 설계 제작

조각과일 계량 공급시스템은 조각과일가공업체에서 조각과일 포장작업에 사용하고 있는 5조식 포장기에 연계하여 조각과일 포장작업을 자동화할 수 있도록 Fig. 1과 같이 구성하였다. 조각과일을 용기에 포장하는 공정은 과일 세척, 선별, 절단(수작업), 비타민 코팅, 용기공급, 조각과일 계량 공급, 밀봉, 라벨링 작업 순으로 진행된다. 과일 포장시스템은 플라스틱 용기 공급장치에 의해 용기가 컨베이어에 자동으로 공급되고, 컨베이어에 의해 이송되는 플라스틱 용기에 조각과일을 적량으로 자동으로 공급할 수 있도록 용기 위를 개구식 계량호퍼가 이동하면서 공급하는 방식을 적용하였다. 조각과일은 갈변방지를 위해 비타민 코팅이 되어 있기 때문에 용기에 떨어질 때 받는 충격에 의해 손상을 받지 않도록 최소 높이를 설정하고 공급되도록 하였다. 조각과일의 양은 공급호퍼 하부에 설치한 배출 스크류와 벨트컨베이어의 속도에 의해 조절하는 방식으로 설계하였다.

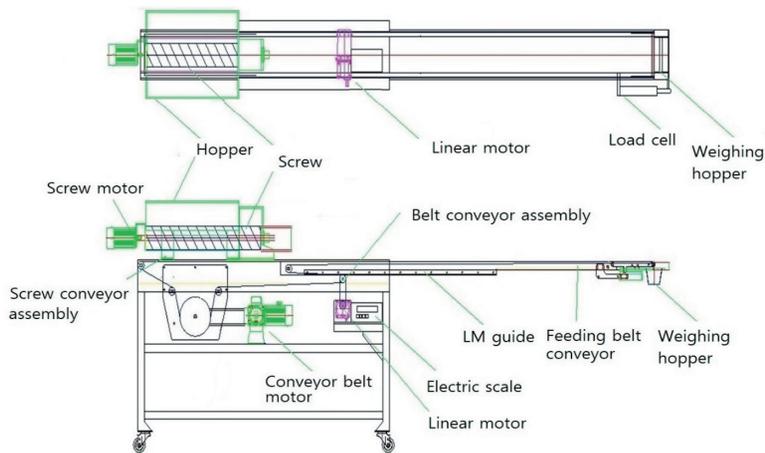
시작기의 주요부는 조각과일 저장공급호퍼, 조각과일 이송부, 계량호퍼, 제어부 등으로 구성되며, Fig. 2와 같이 설계 제작하였다. 조각과일 공급호퍼는 구조가 간단하고, 청소가 용이하도록 분해 조립이 쉽도록 설계 제작하였으며, 습기가 있는 조각과일의 원활한 배출을 위하여 스크류컨베이어 방식으로 하였으며, 스크류의 회전속도를 변화시켜 과일 배출량을 조절할 수 있도록 장치를 설계하였다. 저장공급호퍼에서 조각과일의 배출량을 조절하기 위하여 속도조절 모터(9SDG2-120F2P, DKM Co., Korea)를 적용하였다.



**Fig. 1.** Concept of an automatic weighing and feeding system using a load cell and length adjustable conveyor.

조각과일 이송부는 5조식 용기포장기의 이송컨베이어에 5줄로 이송되는 용기에 조각과일을 정확히 공급할 수 있도록 조각과일 이송컨베이어가 전후진하며, 길이가 조절되는 리니어 슬라이딩 방식으로 설계하였다. 이송컨베이어의 전후진 동작은 리니어 가이드 블록 아래에 랙과 피니언 기어의 정역회전에 의해 이루어지도록 하였다. 피니언기어의 구동은 서보 모터와 타이밍벨트로 연결하여 동력이 전달되도록 하였다. 이송 컨베이어 길이는 각 줄에 정확히 위치되어야 하기 때문에 위치제어가 정확한 서보모터(HF-KP43, MITSUBISHI, Japan)로 구성하였다. 컨베이어 벨트 구동을 위한 모터는 0.2kW 용량의 기어드 모터(F88, Samyang Co., )로 구성하였다. 전후진하는 이송컨베이어에 맞춰 컨베이어 벨트의 슬립을 방지하고 벨트가 안정적으로 구동될 수 있도록 구동롤러 상단에 있는 텐션롤러를 장착하여 컨베이어 벨트 장력을 조절할 수 있도록 하였다.

계량호퍼는 조각과일을 계량 오차가 적게 공급하기 위해서 계량하여 투입하는 방식을 적용하였으며, 조각과일 계량호퍼에 공급되는 조각과일의 무게는 로드셀(CBCL-10L, Curiotec Co.)에 의해 실시간으로 측정되도록 시스템을 구성하였다. 컨베이어의 끝에서 조각과일이 배출되면 계량호퍼에 설치된 로드셀에 의해 조각과일의 무게가 계량되고 설정한 무게에 도달하면 개구식 계량호퍼가 개방되면서 조각과일이 공급되도록 하였다. 계량호퍼의 한쪽은 컨베이어 끝에 고정을 시키고 반대쪽은 로드셀에 연결 장착하고, 인디케이터를 설치하여 로드셀로부터 오는 미세 아날로그신호를 디지털 값으로 변환 표시하고 PLC와 RS232통신으로 측정값을 전송하며, 용기에 공급할 조각과일의 무게를 변경할 수 있도록 하였다.



**Fig. 2.** Schematic diagram of the automatic weighing and feeding system.

**Table 1.** Specifications of the automatic weighing and feeding system.

Item		Specifications
Hopper feeder	Dimension	945×450×270 mm (L×W×H)
	Screw drive motor	DKM Co., 9SDG2-120F2P, 0.09 kW
	Motor reducer	DKM Co., BK30BH, 20:1
	Screw auger	450×Ø90×100 mm (L×D×P)
Conveyor part	Dimension	2,920×450×1,240 mm (L×W×H)
	Conveyor feeding motor	Mitsubishi, HF-KP43B, Servo motor, 0.4 kW 1.3 Nm, 3,000 rpm
	Belt drive motor	Samyang Co., F88, AC Geared motor, 0.2 kW
	Inverter	Mitsubishi, Freqrol-d700, 2.5 A 3 Ph AC200V
	Motor reducer	Samyang Co., MG-F88, 0.2 kW, 30:1
	Conveyor belt	7,100×95 mm 1.8 t
Weighing part	Dimension	200×100×100 mm (L×W×H)
	Load cell	Curiotec Co., CBCL-10 L, 10 kgf
	Pneumatic cylinder	TBC Co., TPC1B16-30
	Pneumatic valve	TBC Co., RDS3130, DC12~24 V
Controller	PLC	LS Co., K7M-DR20U DC in 12 point, Relay out 8 point

조각과일 계량 공급시스템은 Fig. 3과 같은 알고리즘에 의해 작동되도록 하였다. 조각과일 이송컨베이어가 용기포장기의 첫 번째 줄로 전진하면 조각과일 배출 스크류모터와 컨베이어 벨트 구동모터가 작동하여 조각과일을 계량호퍼로 공급한다. 조각과일의 무게가 설정한 무게 이상이면 조각과일 배출 스크류와 컨베이어 벨트가 정지하며 공급이 중단되고, 계량호퍼가 열리면서 조각과일이 용기에 공급된다. 계량호퍼가 닫히고 조각과일 이송 컨베이어가 두 번째 줄로 전진하면 조각과일이 계량호퍼로 공급되고, 조각과일의 무게가 설정한 무게 이상이면 공급이 중단되고 계량호퍼가 열리면서 조각과일이 용기에 투입된다. 이와 같은 과정이 5줄까지 반복하고 5번째 줄 공급이 완료되면 이송 컨베이어가 첫 번째 줄로 복귀하고 용기를 이송하는 이송컨베이어도 다음 칸으로 전진되도록 하였다. Fig. 4는 조각과일 계량 공급시스템의 시작품을 나타낸 것이다.

### 투입 높이 및 이송속도에 따른 충격량 분석

조각과일 계량 공급시스템의 성능은 컨베이어의 이송속도, 공급량에 영향을 받는다. 특히, 컨베이어의 속도에 따라 계량호퍼 내로 투입되는 속도가 달라지고 처리성능은 빨라지나 후속 작업시간 등을 고려하여 설정하여야 한다. 낙하 높이가 높아지거나 이송속도가 빨라지면 조각과일이 받는 충격은 커진다. 따라서, 컨베이어의 이송속도, 낙하 높이에 따라 조각과일에 가해지는 충격특성을 분석하기 위하여 계량투입호퍼 아래 포장용기 하단에 최대측정범위 6 kg, 분해능 1 g인 전자저울(AND, HC-6KW, Japan) 배치하고 RS232 통신케이블로 연결하여 노트북에서 1초당 10개의 데이터가 실시간으로 측정 및 기록하도록 설정하였다. 조각과일 이송장치의 이송속도를 0.10 m/s, 0.18 m/s, 0.26 m/s 3단계로 설정하고 용기 바닥으로부터 컨베이어까지의 높이를 14 cm, 17 cm, 20 cm 로 설정하여 실험을 실시하였다.

컨베이어의 이송속도, 낙하 높이에 따라 조각과일에 가해지는 충격특성을 실험하기 위한 장치는 Fig. 5와 같고 실험 과정 중 컨베이어로부터 떨어지는 순간부터 사과조각의 움직임과 조각과일이 담기는 용기 바닥면에 부딪히는 사과 조각의 움직임은 고속촬영이 지원되는 카메라(Sony, RX10, Japan)를 설치하여 실험과정을 관찰하였다. Fig. 6은 컨베이어의 속도를 0.1 m/s, 0.18 m/s, 0.26 m/s 로 하였을 때 조각과일이 컨베이어를 벗어난 0.1초 후의 모습이다.

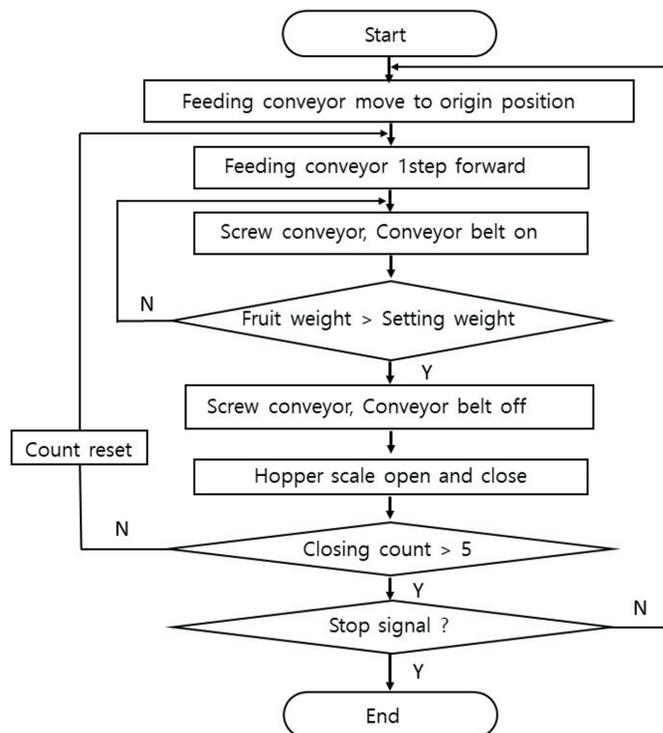


Fig. 3. Design for the automation of the automatic weighing and feeding system.



Fig. 4. The view of the automatic weighing and feeding system.

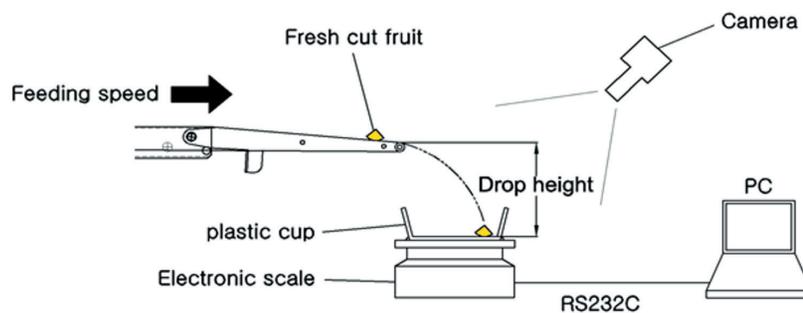


Fig. 5. Block diagram for measuring weight of fruits using an electronic scale.

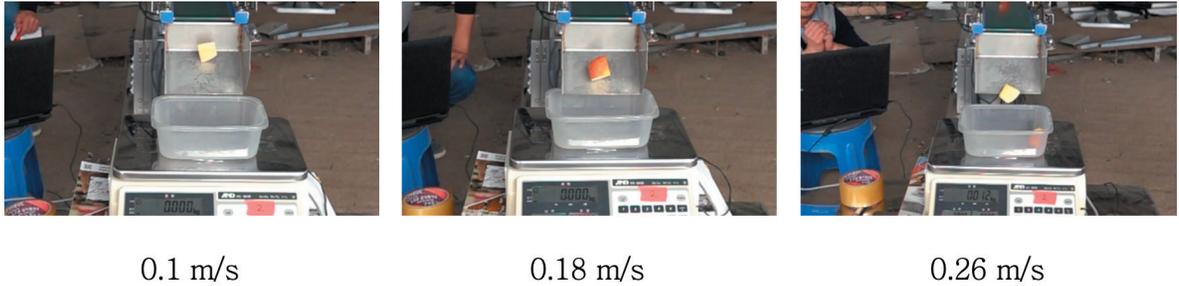


Fig. 6. A picture taken after 0.01 seconds for cut apple discharged from the conveyor.

## 성능시험

실험재료는 일반 매장에서 판매하는 사과를 구입하여 유통되고 있는 조각과일의 크기에 맞게 16등분 조각을 내어 사용하였다. 조각과일의 평균 무게는  $16.2 \pm 1.88$  g이었다. 호퍼 최적 열림속도는 188 rad/s, 용기바닥으로부터 계량투입호퍼까지의 거리는 15 cm, 컨베이어의 이송속도는 0.1 m/s로 설정하였다. 계량장치의 무게를 100, 130, 150 g으로 설정하고 측정하였다.

## Results and Discussion

### 투입 높이 및 이송속도에 따른 충격량 분석

투입 높이(용기 바닥면부터 컨베이어까지의 수직높이) 및 이송속도에 따른 충격에 의한 최대 중량, 최종 중량, 평균 중량은 Table 2와 같고, 낙하 충격에 의한 조각과일 평균 중량 변화는 Fig. 7과 같다. 낙차 높이는 14 cm이고 컨베이어 이송속도가 0.10, 0.18, 0.26 m/s일 때 낙하 충격에 의한 조각과일의 평균 중량은 14.7, 14.7, 15.0 g으로 나타났고, 최대 중량은 17 g으로 나타났으며, 이송속도 변화에 의한 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 낙차 높이 17 cm 일 때의 평균 중량은 16.0, 16.7, 17.3 g으로 나타났고, 최대 중량은 각각 19, 19, 20 g으로 나타나 이송속도 변화에 의한 차이는 미미한 것으로 나타났다. 낙차 높이 20 cm일 때의 평균 중량은 17.3, 17.7, 18.7 g으로 나타났고, 최대 중량은 20, 21, 20 g으로 나타났다. 각 이송속도에 의한 차이는 최대 1.3 g로 나타났으며 높이에 의한 차이는 최대 3.7 g로 나타나 이송속도 변화에 따른 충격보다 낙하높이에 따른 충격이 큰 것으로 나타났다.

Table 2. Max weight and final weight by feeding height and speed of a piece of apple.

Feeding height (cm)	Feeding speed (m/s)	Max weight (g)	Final weight (g)	Average weight (g)
14	0.10	17	$12.7 \pm 1.00$	$14.7 \pm 2.08$
	0.18	17	$12.3 \pm 1.53$	$14.7 \pm 2.52$
	0.26	17	$12.6 \pm 1.00$	$15.0 \pm 1.73$
17	0.10	19	$13.0 \pm 1.00$	$16.0 \pm 1.0$
	0.18	19	$13.0 \pm 1.00$	$16.7 \pm 2.52$
	0.26	20	$12.7 \pm 1.53$	$17.3 \pm 3.06$
20	0.10	20	$12.7 \pm 1.53$	$17.3 \pm 2.31$
	0.18	21	$12.7 \pm 0.58$	$17.7 \pm 2.08$
	0.26	20	13.0	$18.7 \pm 1.53$

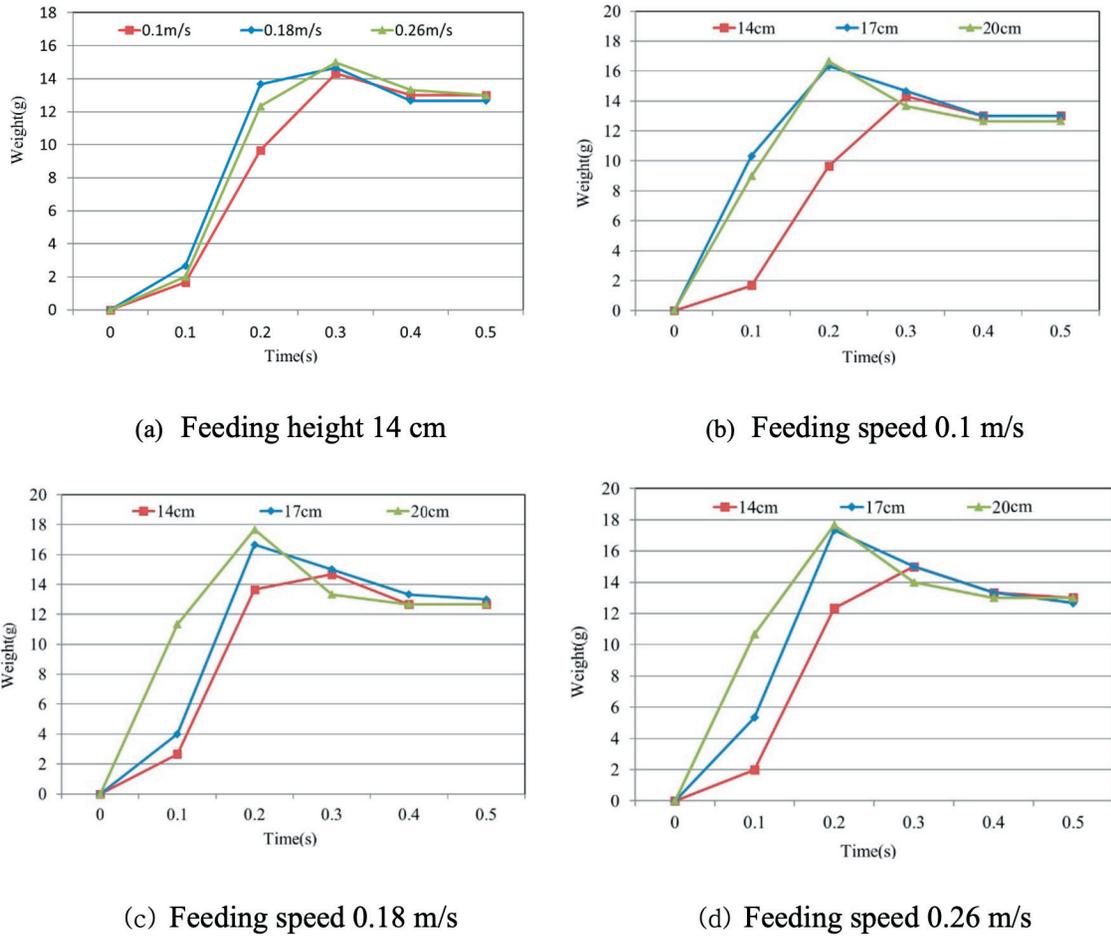


Fig. 7. Weight change by feeding speed and height of a piece of apple.

### 시작기 성능

시작기의 성능은 Table 3과 같으며, 무게를 100, 130, 150 g으로 설정하고 측정한 결과 각각  $109.8 \pm 5.76$ ,  $139.8 \pm 4.87$ ,  $159.2 \pm 6.26$  g의 무게로 투입되는 것으로 나타났고, 작업성능은 시간당 2,465개로 나타났다. 현재 유통되고 있는 조각과일의 크기를 기준으로 성능 실험한 결과는 만족할 만한 수준을 나타내었다. 따라서, 원하는 무게를 설정하면 그에 근접한 조각과일을 담을 수 있기에 지정용기가 아닌 다양한 크기의 용기를 사용할 수 있는 것으로 판단된다. 또한 유통되는 조각과일의 크기보다 작은 과일을 사용한다면 오차범위가 더욱 줄어들 것이며, 작업능률은 증가할 것으로 사료된다.

Table 3. Performance of the automatic weighing and feeding system.

Feeding speed (m/s)	Target weight (g)	Feeding weight (g)	Performance (EA/hr)
0.1	100	$109.8 \pm 5.76$	2,465
	130	$139.8 \pm 4.87$	
	150	$159.2 \pm 6.26$	

## Conclusion

본 연구는 조각과일 가공공정에서 자동 포장을 위한 조각과일 계량공급 시스템을 개발하기 위한 목적으로 수행되었다. 조각과일 계량공급 시스템 시작기를 제작하고 조각과일 투입높이, 이송속도, 포장무게, 작업성능에 대해 실험하였다. 사과 조각이 용기에 담길 때 투입높이와 이송속도에 따른 무게변화를 측정하였다. 이송속도 0.1 m/s 일 때 작업성능을 측정하였다. 성능시험결과, 4.87~6.26 g의 표준편차로 설정무게 대비 5%이내의 오차를 나타내었고 작업능률은 시간당 2,465개이었다. 낙차 및 이송속도에 따른 충격은 낙차높이, 이송속도에 비례하여 증가하였으나 이송속도보다 낙차높이에 의한 영향이 큰 것으로 나타났다. 투입 높이에 따른 충격량 차이가 크기 때문에 용기에 가까운 높이로 하여 안전하게 투입하는 것이 적합하고 조각과일 이송컨베이어의 속도에 따른 충격량 크지 않으므로 계량오차에 따른 과일 보충제거작업, 용기 밀봉작업, 라벨링 작업 등 후속작업과 연계하여 속도를 조절하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

## Acknowledgements

본 연구는 농림식품기술기획평가원(Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food) 농축산물 안전유통 소비기술개발사업(과제번호: 119107022SB010)으로 수행되었습니다.

## References

- Cho NH, Yang GM, Park JR, Choi DS, Lee YH, Lee SH, Choi KH, Kim HJ, Kim JG. 2005. Development of automatic feeding & parading equipment for vegetables and fruits - System automatic parading & reverse turn of fruits for UV Washing -. Proceedings of the Korean Society for Agricultural Machinery Conference. 10(2): 128-132
- FA journal. 2016. Packaging industry, change to an eco-friendly, integrated automatic system. Assessed in <http://www.fajournal.com/news/articleView.html?idxno=4034>.
- Ji, KJ. 2019. Analysis of the differences in agricultural foods selection attributes between single-person households and multi-person households – Focused on fruits and vegetables -. MS thesis. University of Kangwon. [in Korean]
- Kang, JG. DH. Kang, SJ. Hong, DE. Kim. 2021. Investigation of optimal drop condition at a fresh cut fruit conveying device. [in Korean]
- KREI (Korea Rural Economic Institute). 2019. Research on fresh-cut fruits and vegetables report pp.3-55. [in Korean]
- MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs). KREI (Korea Rural Economic Institute). 2021. 2020 Food Industry Information Analysis Specialized Institution Annual Report. [in Korean]
- Park, MS, MS. Lee, HW. Park. 2017. Changes in Fruit Consumption Trends and Countermeasures of the Industry. KREI (Korea Rural Economic Institute). P. vi, 59. [in Korean]