

RESEARCH ARTICLE

배 과실의 전 표면 검사를 위한 이송 중 회전 장치에 의한 배 품질변화 평가

홍석주, 이아영*, 김진세

농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부 수확후관리공학과

Evaluation of Rotational Device During Transport for Full Surface Inspection of Pear Fruit

Suk-Ju Hong, Ahyeong Lee*, Jinse Kim

Department of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Jeonju, Republic of Korea

*Corresponding author: lay117@korea.kr

Abstract

The aim of this study was to examine the influence of fruit rotation devices during line transportation on the quality of whole surface inspection of fruits. Compared to other fruits, pears are more susceptible to impact, making them prone to quality degradation during rotational inspection for the whole surface. Therefore, this study involved creating a rotational tray to reduce the impact on pears and assessed its influence on fruit quality. The findings revealed no significant differences in weight and ultimate strength; however, some color channels exhibited significant differences between control and rotated group.

Keywords: Color, Sorting, Pear, Rotation, Weight loss rate



OPEN ACCESS

DOI: <https://doi.org/10.12972/jame.20230004>

Received: December 01, 2023

Revised: December 18, 2023

Accepted: December 18, 2023

Copyright: © 2023 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.

Introduction

과일의 품질을 결정하는 요인에는 당도, 산도, 내부결함 등 내부적인 요인과 색, 모양, 외부결함 등 외부적인 요인이 존재한다. 품질요인 중 외부적인 품질 요인에 대해서는, 과거부터 영상 기반의 선별장치가 개발되어 이용되었다. 이러한 영상 기반 선별 장치는 주로 과일의 모양이나 색에 기반하여 품질을 판정하였다. 최근 딥러닝 등 인공지능 기술들의 발전으로 인해 영상 기반 품질 판정 기술들의 정확도가 빠르게 상승하고 있으며, 농업 전 분야에서 영상과 인공지능을 이용한 연구들이 수행되고 있다 (Yang, 2022; Hong et al., 2023). 이러한 추세 속에서 수확 후 농산물, 특히 부가가치가 높은 과일 선별 분야에서도 인공지능 기술을 이용한 품질측정 및 선별기술들이 개발되고 있다 (Ismail et al., 2022; Kim et al., 2023). 최근의 인공지능 기술을 통해서는 다양한 결함 영역에 대한 검출과 분류가 가능하며, 결함의 종류와 심각도에 따라 품질등급의 결정 또한 가능하다.

이러한 영상 기반으로 과일의 외부 품질을 검사하기 위해서 가장 중요한 것은 전 표면에 대한 검

사이다. 과일의 한 면만을 촬영해서는 과일의 전체 외부 품질을 온전히 반영할 수 없다. 따라서 선별 라인에서 이송 중에 과일을 회전시켜, 고속으로 카메라를 촬영하여 모든 표면에 대해서 검사하는 방식이 과거부터 적용되고 있다(Crowe et al., 1996; Narayana et al., 2008). 하지만 이러한 회전 과정은 과일에 충격이 갈 여지가 있으며, 특히 배와 같이 충격에 취약한 과일은 회전 과정에서의 충격으로 인해 품질저하가 발생할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 충격으로 인한 품질 저하를 방지하기 위하여, 배 과실의 이송 중 회전을 위한 회전 트레이를 제작하고 배 과실의 품질에 미치는 영향을 평가하였다.

Materials and Methods

배 이송 및 회전 장치

배 이송 및 회전 장치는 롤러 회전부, 프리트레이, 제어부로 구성되었으며, (주)한성엔지니어링에서 제작하였다. 트레이의 경우 배가 360도 회전할 수 있도록 지름을 220 mm로 설계하였으며 속도가 조절 가능한 모터를 이용하여 프리트레이 아래의 두 개의 롤러가 일정 속도로 동시에 회전하게 되면 그와 맞물리는 트레이 내부 롤러가 회전할 수 있도록 제작되었다. 트레이 내부 롤러는 회전시 물리적 충격을 주지 않으면서 마찰력을 가질 수 있도록 제작되었다. 추후 영상 촬영 시 배 영역만을 분리하는 영상처리를 효과적으로 하기 위해 트레이 색깔은 무광검정으로 제작하였다. Fig. 1은 제작된 전체 배 이송 및 회전 장치이며, Fig. 2는 회전 트레이이다. 배 이송 및 회전 장치의 하단부에는 제어 패널이 존재하여 모터의 출력을 조절 가능하며, 상단부는 모터와 벨트로 구성되어 모터의 가동을 통해 롤러 회전부의 벨트가 트레이를 이송한다. 모터가 가동되면, 벨트 위의 트레이의 내부 롤러는 벨트와 맞물려 회전하면서 적재된 과일을 회전시킨다.



Fig. 1. Conveying system for pear fruit rotation.

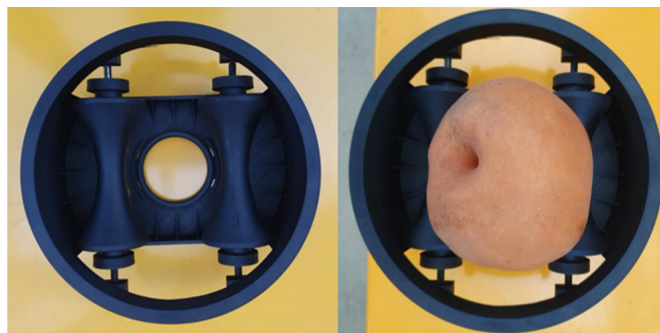


Fig. 2. Roller tray for pear fruit rotation.

배 이송 및 회전 장치 이용 배 품질 변화 실험

제작된 배 이송 및 회전 장치를 이용하여 배를 회전시켰을 때, 배의 품질에 변화에 대하여 평가하기 위하여 실험이 수행되었다. 시험 시료로는 나주에서 재배된 60개의 신고배가 준비되었다. 대조구와 시험구에 품질등급 특성, 상, 보통별로 10개씩, 총 30개씩 나누어 실험이 진행되었다. 롤러 회전 장치를 이용하여 시료당 모터속도 100.8 rpm으로 30초 회전을 하였으며 이는 5m의 이송 효과를 갖는다. Fig. 3은 장치를 이용한 배의 회전을 보여준다. 회전 시험을 마친 시료는 저온저장고에서 0°C로 2주간 저장되었다. 품질 측정은 중량, 색, 극한강도가 측정되었으며 중량과 색은 시험 첫날부터 7일마다 총 3번 측정되었으며, 파괴실험을 필요로 하는 극한강도는 2주 저장 후 측정되었다. 중량은 전자저울을 이용하여 측정되었으며, 색은 CR-400 색차계(Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 상부, 중부, 하부의 세 지점에서 Lab 값을 측정하였다. 극한강도는 투과 부분의 겉껍질을 제거한 후 지름 5 mm의 팁을 이용하여 2 mm/s의 하중재하속도로 10 mm를 투과시켜 최대하중을 측정하였다. 극한강도의 측정에는 AG-Xplus 500N 만능시험기(Shimadzu, Kyoto, Japan)가 이용되었다. Fig. 4의 a는 색차계의 측정 방식을, b는 극한강도의 측정 방식을 보여준다.

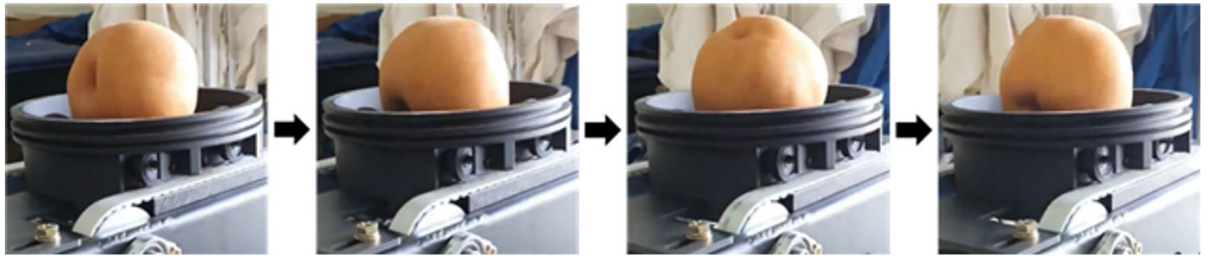


Fig. 3. Rotation process of pear fruit.

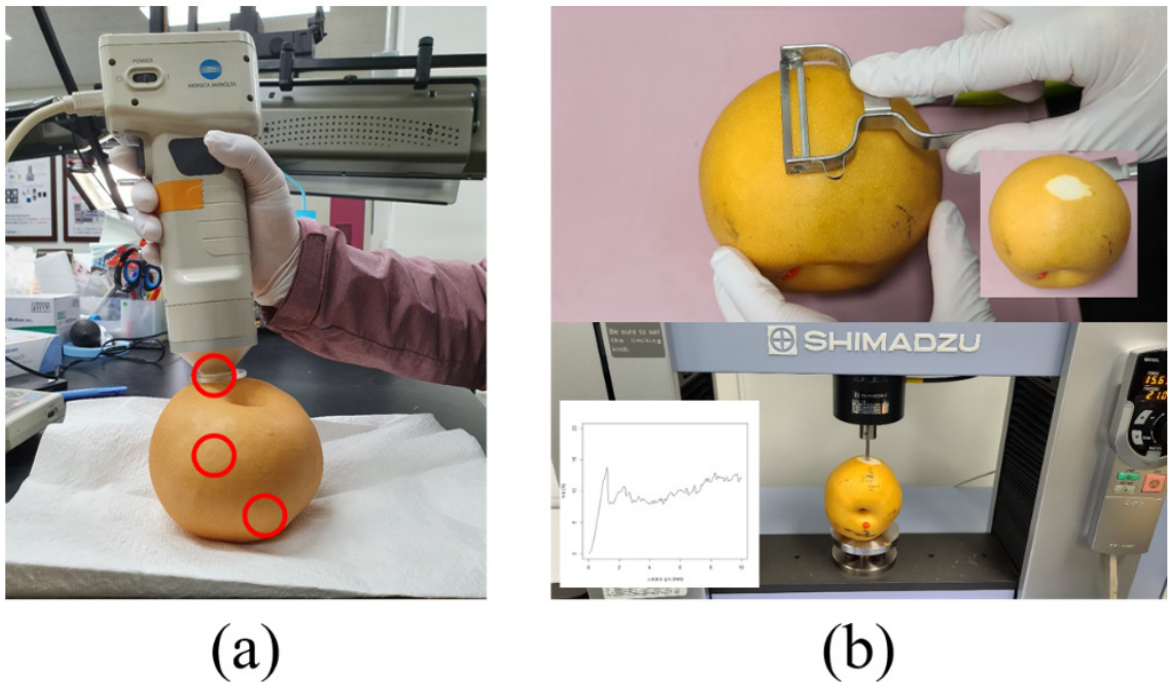


Fig. 4. Measurement of (a) color and (b) ultimate strength of pear fruits.

Results and Discussion

Table 1과 Fig. 5는 주차별 대조구와 시험구 배 시료들의 중량 측정 결과를 보여준다. 평균 중량은 대조구와 시험구 모두에서 주차별로 감소하는 경향을 보였으며, 따라서 저장 중 감모가 일어남을 알 수 있다. 대조구의 1주차 감모율은 평균 0.43%, 표준편차 0.09%이며 2주차 감모율은 평균 0.79%, 표준편차 0.15%로 나타났다. 또한, 시험구의 1주차 감모율은 0.43%, 표준편차 0.09%이며 2주차 감모율은 평균 0.84%, 표준편차 0.19%로 나타났다. 0주차, 1주차, 2주차 모두 t검정 결과 중량과 감모율에서 유의수준 0.05에서 대조구와 시험구 사이에 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 1. Weights of pear fruits in control and test group.

(g)	Control			Test		
	week 0	week 1	week 2	week 0	week 1	week 2
Mean	603.90	601.27	599.04	587.30	584.72	582.29
Standard deviation	130.46	129.95	129.56	122.48	122.08	121.71

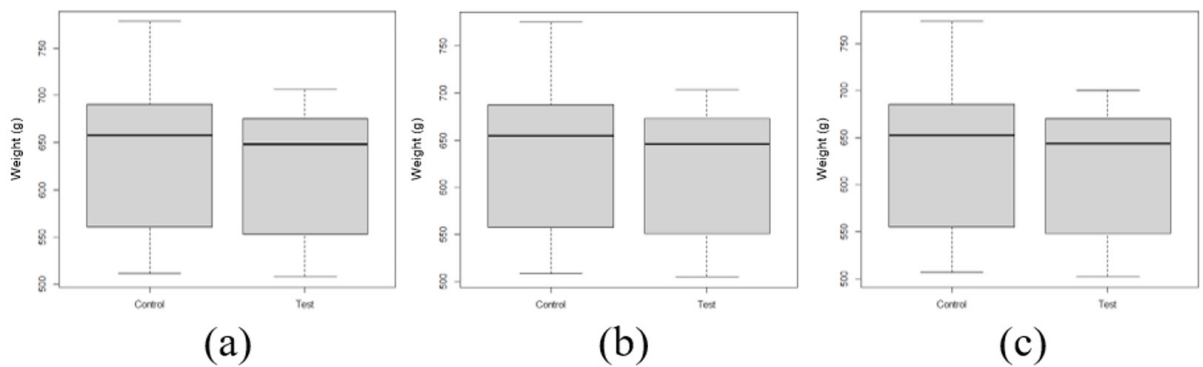


Fig. 5. Boxplot of pear fruit weights of control and test group samples in (a) week 0, (b) week 1, (c) week 2.

Table 2와 Fig. 6은 배의 Lab 색상의 측정 결과이다. L, a, b값에 대한 유의수준 0.05의 t검정 결과에서 0주차에서는 L, a, b 모든 값에서 유의미한 차이가 나타나지 않았으며 1주차에서는 L 값에서의 유의미한 차이가 나타났다. 또한 2주차에서는 L과 b값에 대한 유의미한 차이가 나타났다. L 값에 차이를 보이는 것은 밝기에 대한 차이를 보인다는 의미로, 육안으로 확인하였을 때 대조구에 비하여 회전시험을 한 시험구가 다소 어두운 색을 갖는 것을 확인할 수 있었다.

Table 2. L, a, b of pear fruits in control and test group.

	Control			Test		
	L	a	b	L	a	b
week 0						
Mean	64.61	5.80	36.97	64.28	5.54	37.02
Standard deviation	1.71	1.18	2.00	1.88	1.32	2.27
week 1						
Mean	63.56	5.76	39.78	62.87	5.94	39.70
Standard deviation	1.90	1.32	1.88	2.48	1.45	2.31
week 2						
Mean	63.29	6.15	39.78	62.75	5.92	40.70
Standard deviation	1.78	1.27	1.64	1.69	1.46	2.01

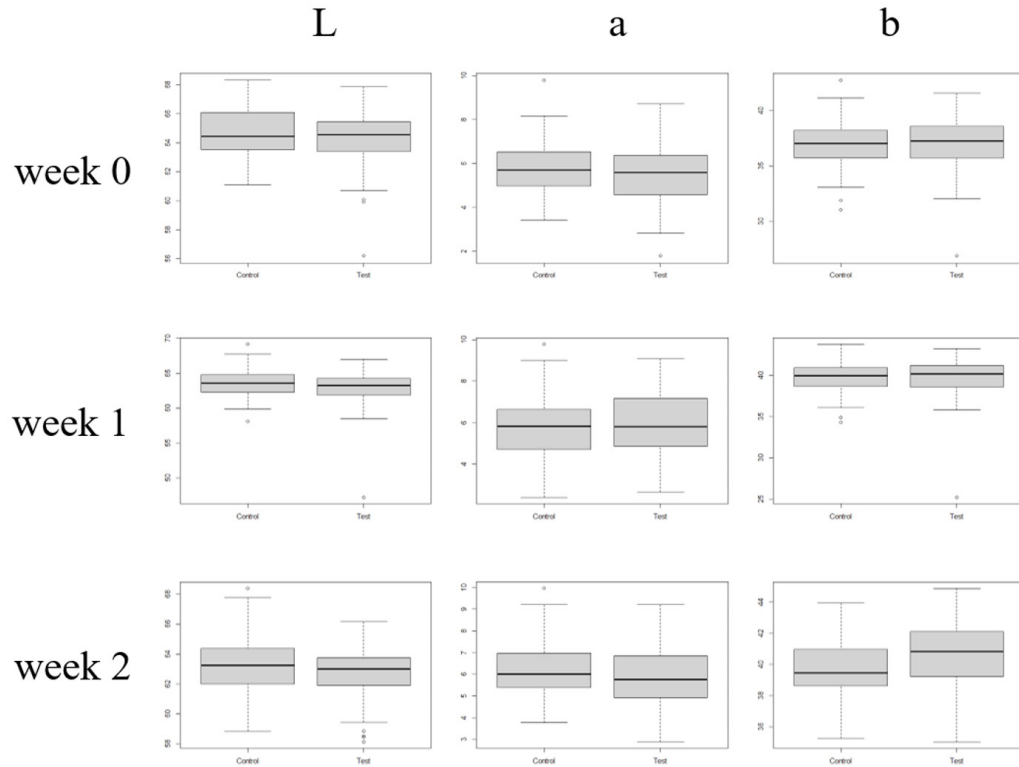


Fig. 6. Boxplot of L, a, b of control and test group samples in week 0, 1, 2.

Fig. 7은 대조구와 시험구의 극한강도의 박스플롯이다. 대조구의 극한강도는 평균 68.33 N, 표준편차 14.25 N이었으며, 시험구의 극한강도는 평균 70.87 N, 표준편차 18.43 N이었다. t검정 결과 유의수준 0.05에서 대조구와 시험구 사이의 극한강도에서 유의미한 차이가 나타나지 않았다.

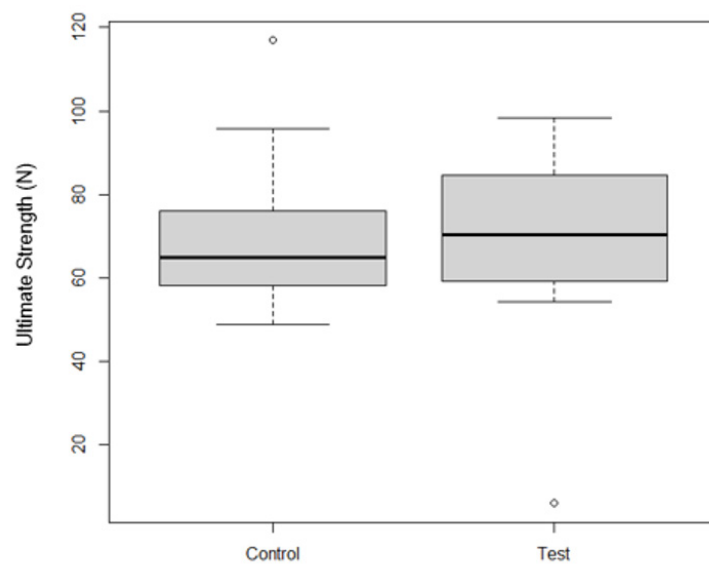


Fig. 7. Boxplot of ultimate strength (N) of control and test group samples.

따라서 감모율, 극한강도에서는 시험구와 대조구 사이에서 유의미한 차이를 보이지 않았으나, 색상에서는 유의미한 차이를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 색상 차이는 회전 과정에서 충격에 의한 것일 수 있으나, 트레이 내부 롤러의 재질이나 무광 검정 색상 도포 등으로 인한 변색의 가능성 있어 추후 롤러의 재질에 따른 색상 변화 시험이 필요할 것으로 생각된다. 현재 트레이 내부 롤러의 재질은 플라스틱으로, 추후 실리콘이나 고무 등 마찰력을 가지면서도 충격을 줄여줄 수 있는 재질로 롤러를 수정할 경우 충격의 추가적 저하가 가능할 것으로 고려된다. 또한 2주 저장 후 멍이 발생한 샘플은 대조구와 실험구에서 각각 2개로 확인되었다. 정확한 검증을 위해서는 더 많은 샘플에 대한 실험이 필요하겠지만, 회전에 의하여 배에 멍의 발생이 늘어나는 현상은 현재까지는 확인되지 않았다.

Conclusion

본 연구에서는 배의 전 표면 검사를 위한 이송 중 회전 장치를 제작하였으며, 회전 장치가 배의 품질에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과 감모율과 극한강도에서는 대조구와 시험구 간의 유의미한 차이가 나타나지 않았으며 색상값에서는 유의미한 차이가 나타났다. 현재 이러한 변색이 과일이 받은 충격으로 인한 것인지, 트레이 재질로 인한 변색인지에 대한 해석이 불명확하기 때문에, 트레이 재질에 대한 개선을 거친 추후 실험이 필요할 것으로 생각된다. 배의 물성에 유의미한 차이가 나타나지 않았기 때문에, 추후 트레이 재질에 대한 개선을 거치면 배의 손상 없이 전표면 검사를 위한 선별 라인에 적용 가능할 것으로 기대된다.

Acknowledgements

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술연구개발사업(과제번호: PJ01675503)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

- Crowe, T. G., Delwiche, M. J. 1996. Real-time defect detection in fruit. I. Design concepts and development of prototype hardware. *Transactions of the ASAE (USA)*: 39(6).
- Hong, S. J., Park, S., Lee, A., Kim, S. Y., Kim, E., Lee, C. H., Kim, G. 2023. Nondestructive prediction of pepper seed viability using single and fusion information of hyperspectral and X-ray images. *Sensors and Actuators A: Physical* 350: 114151.
- Ismail, N., Malik, O. A. 2022. Real-time visual inspection system for grading fruits using computer vision and deep learning techniques. *Information Processing in Agriculture* 9(1): 24-37.
- Kim, E., Park, S., Hong, S. J., Kim, S. Y., Lee, C. H., Kim, G. (2023). A Shine Muscat Grape Berry Detection and Grape Cluster Compactness Estimation for Assessment of Grape Quality Based on Instance Segmentation Methods. *Journal of the ASABE* 66(5): 1175-1185.
- Narayanan, P., Lefcourt, A. M., Tasch, U., Rostamian, R., Grinblat, A., Kim, M. S. 2008. Theoretical analysis of stability of axially symmetric rotating objects with regard to orienting apples. *Transactions of the ASABE* 51(4): 1353-1364.
- Yang, M. 2022. Physiological disorder diagnosis of plant leaves based on full-Spectrum hyperspectral images with convolutional neural network. *Horticulturae* 8(9): 854.