

복숭아 비파괴 자동선별시스템 개발

Development of Automatic Peach Grading System Using NIR Spectroscopy

이강진* 최규홍* 최동수*
정회원 정회원 정회원
K.J.Lee K.H.Choi D.S.Choi

1. 서론

1996년부터 2000년까지 5년 동안 서울지역의 과일가격의 변동추이를 보면 사과, 배, 포도 등의 과일류의 가격변동율은 50%이상이지만 복숭아의 경우 이보다 훨씬 낮은 30%대를 유지하고 있다. 이처럼 복숭아는 타 과종에 비해 가격 변동이 적고 투자 자본의 회수가 빨라 최근 농업인에게 관심의 대상이 되고 있는 품종으로 부각되고 있다.

국내 농산물 가격의 불균형과 공급과잉에 따른 처리 등에 대한 대책의 일환으로 농산물의 대외 수출에 대한 관심이 높아짐과 더불어, 우수 농산물에 대한 외국수입업자의 요구 또한 증대되고 있는 실정이나 복숭아의 경우, 과수원에 있는 간이 창고나 노지에서 음성식 중량선별기를 이용하거나 육안에 의해 크기만을 구분하여 직접 포장 출하하는 전근대적인 선별시스템을 개선하고 자동화된 시스템을 도입하지 않고는 이 요구를 충족시키기 어려운 현실에 직면해 있다.

본 연구는 과육이 무른 복숭아에도 적용가능하고 내부의 당도를 근적외선을 이용하여 실시간으로 판정하고 등급규격화할 수 있는 자동화 선별시스템을 제작하고, 수출현장에 직접 적용하고자 수행하였다.

2. 장치 및 방법

과일선별시스템은 크게 이송 및 배출부, 등급판정부, 구동프로그램 등으로 나눌 수 있다. 각 부분에 대한 설계내역은 다음과 같다.

가. 이송 및 배출부

복숭아는 기존의 전자식 과일선별기에서 사용하던 방식, 즉 과일 접시를 슬레노이드와 스프링의 장력에 의해 쓰러뜨림으로서 과일을 배출대로 굴러 떨어지게 할 수는 없다. 본 연구에서는 선별중에 복숭아에 주어지는 충격을 최소화하기 위하여 과일접시가 이송되고 배출되는 방식을 채택하였다.

* 농촌진흥청 농업기계화연구소

나. 등급판정부

과일 표면의 당도는 한 과일 내에서도 다양하며 복숭아는 3 °brix까지 차이가 나는 경우도 있어 한쪽 면에 대해 당도를 측정하고 표시하여 선별기준으로 삼는 것은 무리가 있는 것으로 판단된다. 따라서, 본 연구에서는 복숭아 적도부분의 양면에 대한 당도를 측정하고 이의 평균값을 복숭아의 당도로 나타내기 위하여 2분기식 반사용 광섬유를 제작하고 양면의 근적외선 스펙트럼을 획득하였다.

다. 내부품질판정 및 선별 프로그램

이송중인 복숭아에 대해 실시간 근적외선 스펙트럼을 측정하여 당도를 판정하고 등급화하기 위하여 visual basic 6.0을 사용하여 구동프로그램을 개발하였다. 이 프로그램의 판정대상으로는 당도 외에도 이후에 추가될 수 있는 품질인자들, 예를 들어 엽록소 함량, 내부 결함, 산도 등 총 7개의 내부품질인자를 동시에 판정할 수 있도록 하였다.

라. 당도판정모델 개발 및 검증

경기도 이천시 장호원읍에서 생산되는 2000년도산 복숭아(품종 : 장호원 황도) 790개를 사용하여 당도판정용 다중회귀모델개발에 사용하였고, 검증용으로서 340개를 사용하였다. 공시기는 앞서 제작한 시작기를 이용하였으며, 선별속도는 52cm/s로서 실제 선별시에 초당 2개를 선별배출할 수 있는 속도에 해당된다. 실험에 사용된 공시파장은 630nm에서 1,100nm까지의 전 파장을 이용하였으며 그 중에 최대 16개의 파장을 이용한 다중회귀모델을 개발하고, 이 개발된 모델을 검증한 후 실제 선별작업에 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 접시 배출식 선별라인

평벨트 컨베이어에 의해 이송되는 선별접시 위에 복숭아를 올려놓으면 이 접시는 당도판정부를 지나면서 당도가 판정되고 다음 배출부로 반송되면서 솔레노이드(24V, 3A)에 의해 등급 배출되도록 선별라인을 그림 1에서와 같이 제작하였다. 선별라인은 길이 8m, 폭 2m로서, 배출부는 2단으로 구성되었으며, 당도판정부의 벨트컨베이어는 52cm/s의 속도로, 나머지는 30~35cm/s의 속도로 구동되게 하였다. 이는 실제 선별성능으로 말하면 초당 2개, 시간당 7200개의 처리성능을 가지는 것이다.

복숭아는 선별배출후 포장공정에서 소요되는 시간이 많이 걸리기 때문에 당도판정 및 배출속도를 빨리 하더라도 포장공정에서 병목현상이 발생하고, 인력 소요가 많아지기 때문에 전반적으로 작업이 원활하게 될 수 있는 속도, 초당 2개의 처리속도로 설정하였다. 여기서, 당도 선별 배출된 복숭아는 포장라인으로 이송되고, 빈 접시는 다시 회수되어 공급부로 이송되게 하였다.

이 시스템은 2000년 9월 9일부터 10월 5일까지 경기도 이천시 장호원읍 소재 경기동부과수농협선과장에 설치하여 대일 복숭아 수출현장에서 복숭아 선별용으로 사용되었다.

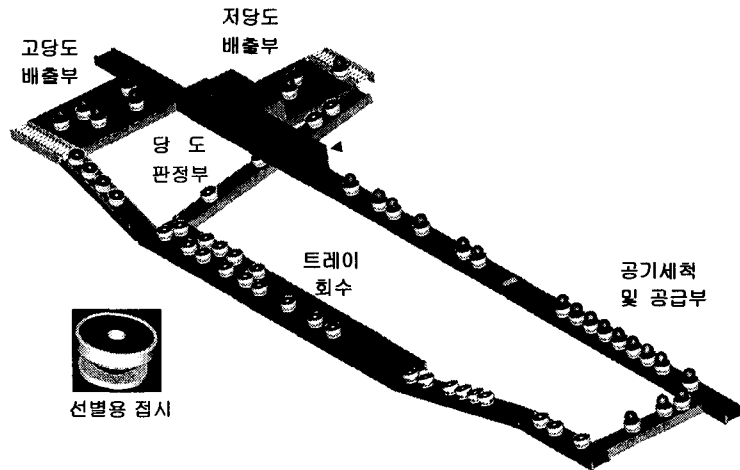


Fig. 1 Schematic diagram of peach grader with free-tray.

나. 양면 반사용 광섬유

광원에서 출력되는 빛을 두 갈래의 광섬유로 나누어 복숭아 시료로 조사한 다음, 각 각에 대해 반사되는 빛을 다시 하나의 광섬유로 집광시켜 광검출기로 보내는 구조의 유리섬유 소재 광섬유를 제작하였다. 이는 과일 양면의 광반사율을 동시에 측정할 수 있는 장점이 있다.

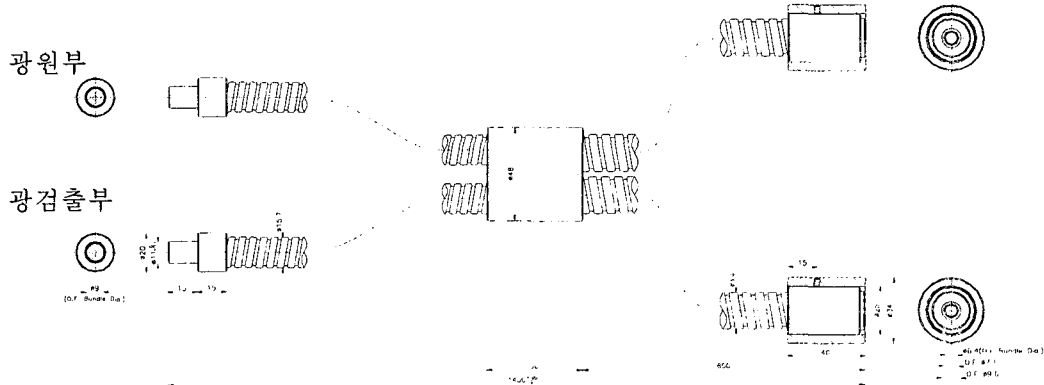


Fig. 2 Fiber optic bifurcated cable.

다. 내부품질판정 및 선별용 구동프로그램

시작기를 구동하기 위한 프로그램은 visual basic 6.0으로 작성하였으며, 프로그램의 주요메뉴는 품종별 당도 예측모델의 입력, 당도 및 중량 등급 기준값 설정, 배출단수 및 배출슬레노이드 설정 등이 있다. 또한 각 파일별 실시간 스펙트럼 및 등급판정결과를 표시하

고, 일일 선별결과(종합, 등급별)와 품종명, 생산자명 및 선별결과를 저장함으로서 축적된 데이터를 생산현장에서 다시 활용 가능하도록 하였다.

라. 당도예측모델

복숭아의 당도를 예측하기 위하여 실험에 사용된 파장대역은 630nm에서 1,100nm까지로 광다이오드배열 센서(Oriel, U.S.A)로 실시간으로 입력되는 전 파장(1.5nm 간격)을 이용하였으며 그 중에서 당도판정에 유의한 파장은 SPAN프로그램을 이용하여 선정하였다.

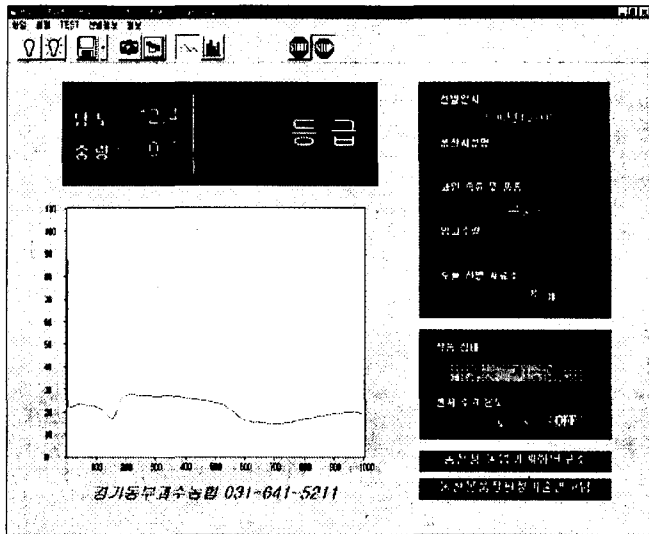


Fig. 3 Results on screen of operation program.

당도 예측모델 개발용 장호원 황도 790개에 대하여 스펙트럼을 측정 한 다음, 각각의 시료에 대해 빛이 조사된 양변의 당도를 측정 한 다음 평균한 당도값과 스펙트럼을 다중회귀분석하였는데 이 때, 최대 16개의 파장에 대하여 당도판정에 적합한 모델을 개발한 결과의 결정계수와 SEC는 각각 0.71, 0.42 °brix로 나타났다.

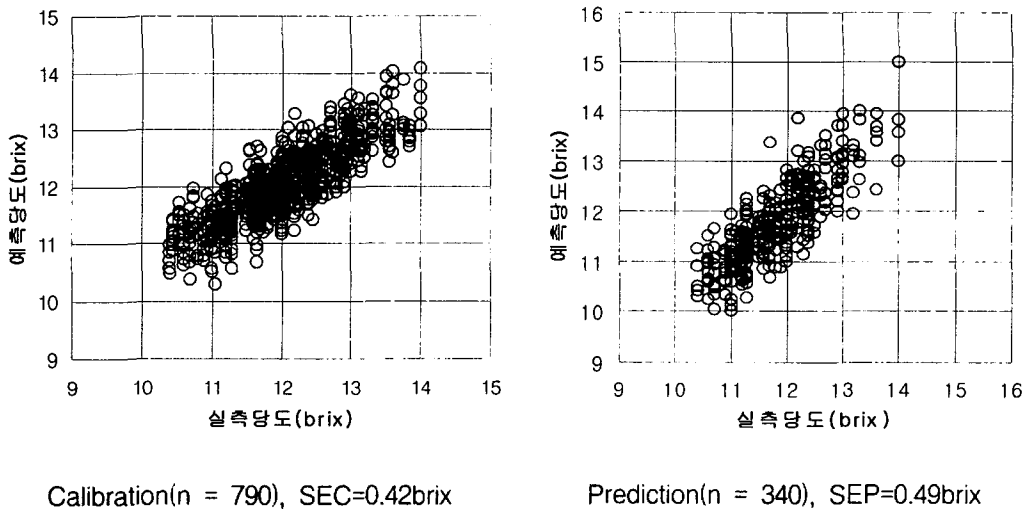


Fig. 4 Calibration and prediction results using MLR model.

이 모델을 이용하여 당도를 모르는 340개의 장호원황도의 스펙트럼을 측정함과 동시에 당도를 예측한 결과 결정계수 0.68, SEP 0.49 °brix의 아주 양호한 값을 나타내어 실제 선별에 이용해도 좋을 것으로 판단되었다.

마. 장호원 황도의 농가별 선별결과

경기동부과수농협에서는 2000년 초에 장호원 황도의 대일 수출을 위하여 총 40농가로 이루어진 수출작목반을 구성하여 수출선별작업에 참여하였다. 그러나 실제로 수출작업에 참여한 농가는 절반에도 미치지 못하였는데, 그 이유는 연이은 태풍의 영향으로 다량의 낙과 발생과 평년작에 못미치는 당도값 때문인 것으로 판단된다. 시작기를 이용한 수출작업에 참여한 여러 농가중 8농가에 대한 선별결과를 일자별, 각 농가별로 비교한 결과는 그림5에 나타낸 바와 같다.

장호원읍 거주 반채일 농가 과수원에서 수확된 복숭아의 경우 태풍 영향을 받은 이전에 수확한 복숭아보다 이후에 수확한 복숭아의 당도가 1.5 °brix정도 떨어짐을 확연히 할 수 있었다. 각 농가의 특성을 보면, 이인규 농가의 경우 노목이 많으며 질소 시비가 적고, 사질 토 토양에 배수성이 양호하였고 과숙과를 수확하는 경향이 많았다. 김창수 농가의 경우 경사지에 과수원이 조성되었으나 토성이 점질토이며 질소 시비가 과다한 경향이 있었다. 한편, 반채일 농가는 평지와 경사지에 혼합되어 과수원이 조성되었으며, 12년생에서 15년생 사이의 과수에서 수확하고 있었다.

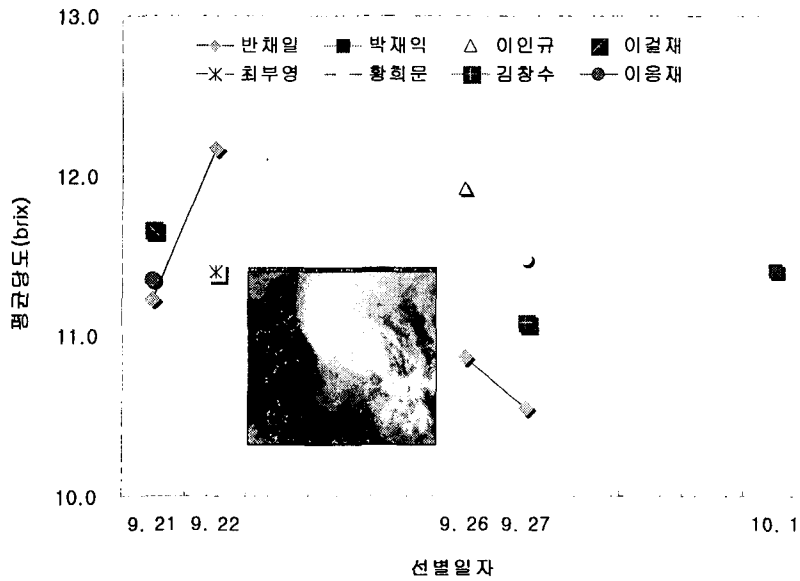


Fig. 5 Average sugar contents of each farm's peaches.

복숭아는 배수성이 중요한 과일로서 반채일 농가에서 수확된 복숭아의 당도가 같은 시기에 수확된 이인규 농가나 이응재 농가의 복숭아에 비해 1 °brix이상 떨어지는 것은 배수성이 떨어지거나 질소시비과다 등의 원인으로 당도의 상승이 억제되고 있는 것으로 추측할 수 있으며, 금후 이러한 자료들은 토양환경, 시비량, 적과, 수확시기 등의 자료들과 함께 각 농가들간의 자료 공유 및 과수원 진단 등, 고품질 과일 생산을 위한 기본 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

4. 요약 및 결론

- 가. 접시가 솔레노이드와 스프링의 작용에 의해 기울어짐으로써 과일이 배출되는 기존의 중량식 선별기를 이용한 기계선별은 과육이 연약한 복숭아에 치명적인 손상을 초래하기 때문에 대부분의 복숭아 선별작업은 인력에 의존하고 있는 실정이다. 따라서, 선별작업의 기계화를 위해 과일에 가해지는 손상을 최소화할 수 있도록 과일이 놓여진 접시가 배출되어 선별되는 라인을 설계 제작하였다.
- 나. 과육의 위치에 따른 당도편차를 줄이고 선별작업의 정밀도 향상을 위해 복숭아의 적도부분 양면의 평균 당도를 측정할 수 있도록 2분기식 광섬유를 제작하여 선별기에 부착하였다.
- 다. Visual Basic 6.0을 이용하여 당도뿐만 아니라 속도의 지표가 되기도 하는 엽록소 함량이나, 내부 결함유무 등의 내부품질인자를 동시에 측정하고 선별할 수 있는 품질판정 프로그램을 개발하였다. 선별된 결과를 파일로 저장하고 생산지 농가로 그 결과가 되돌려져 고품질 복숭아 생산을 위한 지표가 될 수 있도록 하였다.
- 라. 개발된 시작기와 프로그램을 이용하여 790개의 장호원황도에 대해 실시간으로 근적외선 스펙트럼과 당도를 측정하고, 다중회귀분석법을 이용하여 당도판정모델을 개발한 결과 결정계수와 SEC는 각각 0.71, 0.42 °brix로 양호하였으며, 미지 시료 340개에 대하여 이 모델을 검증했을 때의 표준오차 SEP는 0.49 °brix, 정밀도는 91% 수준에 이르러 단방향으로 측정했을 때보다 오차가 0.3 °brix 이상 줄어드는 매우 양호한 결과를 보여주었다.
- 마. 복숭아는 배수성이 중요한 과일로서 반채일 농가에서 수확된 복숭아의 당도가 같은 시기에 수확된 이인규 농가나 이용재 농가의 복숭아에 비해 1brix 이상 떨어지는 것은 배수성이 떨어지거나 질소시비과다 등의 원인으로 당도의 상승이 억제되고 있는 것으로 추측할 수 있으며, 금후 이러한 자료들은 토양환경, 시비량, 적과, 수확시기 등의 자료들과 함께 각 농가들간의 자료 공유 및 과수원 진단 등, 고품질 과일 생산을 위한 기본 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

1. 이강진, 최규홍, 오병기, 최동수. 1999. 표면온도가 다른 신고 배의 비과과 당도판정. 한국농업기계학회 하계학술대회 논문집 4(2):290-297
2. 이강진, W. R. Hruschka, J. A. Abbott, 노상하, B. S. Park. 1998. 근적외선을 이용한 사과와 당도예측(I). 한국농업기계학회지 23(6):561-570
3. 이강진 외 4인. 1998. 근적외선을 이용한 과일 비과과 품질판정기술 개발. 농업기계화 연구소 농업기계화 시험연구보고서 : 109-169
4. 최규홍 · 이강진. 1998. 근적외선을 이용한 과일의 당도측정 기술. 농촌진흥청 농업기계화연구소. 농산물 비과과 품질평가 기술개발 국제세미나 91-124