

식용들깨잎 선별 및 포장 자동화 시스템 개발

장동일

(충남대학교 농업생명과학대학 농업기계공학과)

Development of Automatic Sorting and Packaging Systems for the Green Perilla Leaves

Chang, Dong-II

Division of Agricultural Engineering, Chungnam National University, Deajeon 305-764, Korea

적 요

들깨잎 면적 평균분포도를 측정하고 통계학적 분석 방법인 동 종류의 집결분석원리(Clustering Analysis Theory)를 이용하여 면적값의 분포를 대, 중, 소의 3개의 집단으로 구별한 결과, 잎면적이 70~90cm²를 소, 90~120cm²를 중, 120cm² 이상을 대로 구분되었다. 들깨잎 등급선정시스템은 영상처리장치를 이용하여 들깨잎의 영상을 획득하고 컴퓨터의 연산능력을 이용한 영상정보분석을 통하여 들깨잎의 등급선정을 자동화한 후 컨베이어벨트를 이용하여 등급별로 분리될 수 있도록 구성하였다. 들깨잎 포장시스템은 기존의 식품 포장 장치를 이용하여 사용하도록 설계하였다. 크기별로 등급선정 된 들깨잎은 컨베이어 벨트로 이송된 후 포장장치에 적재되고 비닐을 이용한 포장장치로 규격별 포장이 되도록 설계하였다. 들깨잎 선별 및 등급선정시스템의 성능평가 실험결과 대, 중, 소별 크기등급 구분의 평균 성공률은 각각 대는 98.0%, 중은 90.2%, 소는 98.4%로 나타났다. 구멍의 발생크기별 구분성공률을 보면 들깨잎의 크기가 대등급 인 경우보다 소등급 인 경우에서 성공률이 다소 높게 나타났고, 구멍의 크기가 클수록 높은 성공률을 나타냈다.

I. 서론

1. 연구의 필요성

가. 연구개발의 필요성

1) 기술적 측면

들깨(*Perilla frutescens* var. *japonica*)는 꿀풀과(Lamiaceae)에 속하는 1년생초로서 키는 60~90cm 정도이며, 줄기는 네모지고 곧게 서며 긴털이 있다. 잎은 마주나고 달걀 모양원형으로 뾰족하며 밑부분은 둥글다. 잎은 길이 7~12cm, 나비 5~8cm로 툭나

가 있고 앞면은 녹색이지만 뒷면에는 자줏빛이 돈다. 들깨는 식용계란, 돼지고기, 양식어류 등의 생산을 위한 기능성 보조식품의 사료와 한방에서는 만성위염, 기침, 위산과다 등의 약용으로도 쓰이고 있다. 또한 들깨잎은 특유의 향취로 인해 육류나 생선회, 영양탕 등의 음식점에서 상추와 함께 대량소비가 되고 있다.

이렇듯 다양한 쓰임새를 갖고 있는 들깨는 안전농산물에 대한 소비자의 관심증가로 수요량이 점점 증가하고 있으며, 들깨잎 또한 식생활의 변화로 인한 육류와 더불어 수요량이 급격히 증가하여 기계화에 의한 대량생산은 충분히 경쟁력을 갖춘 농업으로 발전할 수 있다. 들깨잎의 수확은 반축성 재배시 40~50일 뒤부터 수확하게 되며 봄가을에는 10일, 여름에

는 5~7일 간격으로 수확한다. 들깨잎의 수확기간은 만생종은 150일, 조생종은 110일 정도이다. 1회 수확 시 보통 주당 1~2장(1마디)의 잎을 수확하며 숙련된 노동자의 경우 7,000~11,000장 정도의 잎을 수확할 수 있다. 이 수확 작업 및 포장 작업은 모두 수작업으로 이루어지며, 현재 기계화 작업은 없는 실정이다. 노동력 또한 고정 인부식으로 되어 있어 일손이 남더라도 다른 집을 도와주지 않는다. 따라서 노동력이 큰 문제점이 되고 있다. 수확, 포장을 기계화한다면 이러한 문제를 해결할 수 있을 뿐 아니라 잎의 크기를 일정하게 선별하여 수확 할 수 있기 때문에 양질의 상품, 또 규격화된 상품을 만들 수 있고 소비자의 신뢰를 얻을 수 있다.

현재 들깨잎의 생산과정에서 파종은 파종기에 의해 기계화되어 가고 있으나 선별 및 포장에 있어서는 모두 인력에 의존하고 있다. 따라서 이를 기계화 및 자동화할 경우 양질의 들깨잎을 대량생산할 수 있으며 농가의 인력 부족 현상을 해결할 수 있는 큰 장점이 있다.



그림 1. 식용 들깨의 외관

2) 경제·산업적 측면

97년 시설 들깨잎의 경우 10a, 1기작의 경우 연간 조수입이 약 1,700만원이다. 소요 경비가 각종 비료,

농약비를 비롯하여 농기구 및 농기계 대여비와 기타 비용의 총합계가 약 208만원이고 수확 및 포장의 고용인건비가 81만원 (252.4시간) 정도로 인건비가 지출 비용의 약 30%정도 차지하고 있다.

또 고용인건비 외에 자가인건비가 400만원(1,007시간) 정도로 조수입의 약 37%가 잎의 수확과 선별 및 포장작업에서 지출되고 있다. 그러므로 총 노동력의 인건비로 지출되는 금액은 약 480만원이고 조수입의 거의 절반 정도가 지출되는 실정이다. 따라서 농가의 순수 수입은 조수입의 약 40%정도 밖에 되지 않는다.

그러므로 선별 및 포장 작업의 자동화에 의하여 인건비를 절약할 수 있다면 농가의 수입은 50%이상 상승할 것이다.

또한 수출의 경우 92년에는 40,949kg에서 96년에는 65,558kg으로 점점 높아가고 있는 추세이다. 여기서 생산비의 절감에 의한 단가를 하락시킨다면 이는 우리나라 농산물 수출 경쟁력을 향상시킬 수 있는 좋은 기회가 될 것이다.

3) 사회적 측면

들깨잎은 앞서 설명하였듯이 매우 고부가가치 농업으로서 농가경제에 큰 이득을 줄 수 있지만 인력 부족, 인건비의 문제 등에 의해 전국적으로 널리 재배되고 있지 못하고 있는 실정이다. 그러므로 노동력의 문제만 해결된다면 전국 어디서나 들깨잎을 생산할 수 있고 소규모의 시설 또는 노지의 들깨잎 농사가 가능하여지며, 또한 농가경제에 큰 도움을 줄 수 있다.

그리고 노동시간 및 농사의 중노동으로부터 해방될 수 있어 농촌생활의 질적 향상을 도모할 수 있고 기계화에 의한 대량생산이 달성되면 신선한 채소의 다량공급으로 국민의 건강생활에도 도움을 줄 수 있다.

나. 국내·외 관련기술의 현황과 문제점

1) 현재 식용 들깨잎 재배에서 양질의 노동력의 부족으로 인한 정밀작업이 불가능한 실정이다. 따라서

기계화 및 자동화에 의하여 양과 질을 맞출 수 있다면 소비자로부터의 신용을 얻을 수 있다.

2) 노동력의 문제로 들깨잎의 홍수 출하가 문제되고 있다. 이를 기계화하여 노동력 문제를 해결한다면 출하량의 고른 분산으로 가격의 폭락 및 폭등을 방지할 수 있으며 농업경쟁력을 향상시킬 수 있다.

3) 현재 국내외의 등급결정시스템은 컴퓨터에 의한 화상처리기술을 많이 사용하고 있으며 이는 각 작물에만 해당하여 이를 식용 들깨잎에 적용할 수는 없는 실정이다.

4) 현재 부분적으로 품질을 선별하거나 크기를 선별하는 시스템은 있지만 이를 통합하여 식용 들깨잎에 적용할 기술은 없는 상황이다.

2. 연구 목적

본 연구의 목적은 다음과 같다.

- 1) 들깨잎 선별 및 등급선정을 위한 기준을 설정한다.
- 2) 들깨잎 선별 및 등급선정을 위한 시스템을 설계 및 제작한다.
- 3) 들깨잎 선별 및 등급선정을 위한 Algorithm을 개발한다.
- 4) 들깨잎 포장 시스템을 설계한다.
- 5) 들깨잎 선별 및 등급선정 시스템의 성능을 분석한다.

3. 문헌연구

가. 영상처리시스템을 이용한 선별에 관한 문헌연구

현재 잎채소 등의 자동화 선별 시스템은 없는 상황이지만 다른 작물에 대한 선별 시스템은 많이 개발되어 있다. 그 중 CCD 카메라를 이용한 영상처리 시스템은 여러 작물의 선별 및 상품성 판정을 위하여 많이 사용되는 방법으로 들깨잎 또한 본 시스템을 이용하여 선별 가능하다.

마늘, 사과, 토마토, 배 등 과실류에 대하여 기계시각을 이용하여 크기와 형상을 판정하는 연구가 국내

외에서 활발히 추진되고 있다. Laykin 등(2002)은 토마토의 형상특성을 이용하여 토마토 분후 영상처리 알고리즘을 개발하였다. 장 등(2001)은 영상처리를 이용하여 홍삼의 외형선별에 사용하였다. 한편 Miller 등(1989)은 칼라 영상처리시스템을 이용하여 복숭아의 색택 판정 알고리즘을 제시하였다. 또한 Sarkar 등(1985)은 흑백 화상처리 시스템을 이용하여 토마토의 형상, 크기, 색깔, 흠집 등을 검출하는 알고리즘에 대한 연구를 하였다.

나. 영상처리 기법에 관한 문헌 연구

어떠한 대상물의 영상을 이용하여 그 대상물을 분석하기 위해서 많은 영상 처리 방법들이 이용되고 있다. 또한 컴퓨터를 이용하므로 대상물의 분석에 정확성 · 객관성 · 반복성 · 신속성 등의 장점을 가지고 있으므로 인간에 의해 수행되는 시각정보처리 및 의사결정과정을 합리적으로 대체할 수 있을 것이다.

영상처리에 의해 영상 정보를 획득하기 위한 대표적인 방법은 다음과 같다.

1) 점처리 연산 및 색조분석

점처리 연산은 영상의 각 픽셀값을 변환 함수를 이용하여 바꾸는 것을 의미한다. 점처리 방식은 슬라이딩과 스트레칭, 중간강조, 반전, 이진화, 슬라이스, 등명도선 등이 있는데 이는 모두 콘트라스트 향상 연산에 속한다.

히스토그램 슬라이딩 연산은 간단히 설명하면 영상내의 모든 픽셀에 상수 값을 더하거나 빼는 연산이다. 히스토그램 스트레칭은 모든 픽셀값을 상수 값으로 곱하거나 나누는 연산이다. 그에 대한 계산식은 다음과 같다(천 등, 1998).

$$P_{new} = \frac{P_{old} - P_{min}}{P_{max} - P_{min}} \times 255 \quad (1)$$

여기서, P_{new} = 새로운 픽셀값

($0 \leq P_{new} \leq 255$, $P_{new} > 255$ 이면 $P_{new} = 255$)

P_{old} = 이전의 픽셀값

P_{min} = 최소 픽셀값
 P_{max} = 최대 픽셀값

슬라이스는 두 개의 높고 낮은 임계값이 설정되고 두 개의 임계값 사이의 밝기는 흰색으로 매핑되고 낮은 임계값보다 더 낮거나, 높은 임계값보다 더 높은 부분은 검은색으로 매핑된다. 이 방법은 강조되어야 할 특징이 다른 특징의 밝기 사이에 있는 경우, 또는 여러개의 특징이 서로 다른 밝기로 강조되어야 하는 경우에 효과적인 방법이다. 슬라이스의 식은 다음과 같다(천 등, 1998).

$$P_{new} = \begin{cases} 0 & P_{old} < P_{min} \text{ or } P_{old} > P_{max} \text{의 경우} \\ 255 & P_{min} \leq P_{old} \leq P_{max} \text{의 경우} \end{cases} \quad (2)$$

여기서, P_{new} = 새로운 픽셀값
 P_{old} = 이전의 픽셀값
 P_{min} = 최소 픽셀값
 P_{max} = 최대 픽셀값

2) 경계값 처리 및 이진화

영상의 특징을 해석하기 위해서는 영상에서 대상물을 추출하여 대상물과 배경을 분리한 이진 영상으로 취급하는 것이 많다. 영상의 이진화는 다음 식의 경계값 처리(thresholding)에 의하여 수행된다(이 등, 1995).

$$f_t(i, j) = \begin{cases} 1 & f(i, j) \geq t \text{의 경우} \\ 0 & f(i, j) < t \text{의 경우} \end{cases} \quad (3)$$

여기서, $f(i, j)$ = i, j 의 좌표에 있는 점의 값
 t = 경계값 (0~255)
 $f_t(i, j)$ = 경계값 처리후의 점의 값

또 적절한 경계값 처리를 위해서 각 픽셀의 명도 값을 식 (4)에 의해 계산한다(이 등, 1995).

$$I = \frac{R+G+B}{3} \quad (3)$$

여기서, I = 칼라 영상의 명도 (Intensity : 0~255)
 R = 적색 (Red : 0~255)
 G = 녹색 (Green : 0~255)
 B = 청색 (Blue : 0~255)

3) 형태 처리 연산

영상에서 형태 처리 연산은 대상물에 내재된 구조를 명확히 하는데 이용되며, 주로 이진화 영상을 사용하여 처리한다. 형태 처리 연산에서 픽셀 값의 의미하는 것은 밝기라기보다는 논리적인 값을 지니고 있는 것으로 가정하여 처리한다. 이 연산에서는 3×3, 5×5 등의 정사각형 마스크를 사용하여 연산을 한다(천 등, 1998).

형태 처리 연산에서 기본적인 연산으로 침식연산(erosion), 팽창연산(dilation), 제거연산(opening), 채움연산(closing) 등이 있다. 침식연산은 배경에 대해 물체의 크기를 축소하고, 팽창연산은 침식연산의 반대로서 물체의 크기를 확장한다. 이진 영상에서 침식 연산을 수행할 때 흰색 물체는 크기가 축소된다. 아주 작은 구조물 즉 크기가 한 픽셀인 물체는 영원히 없어지게 된다. 만약 침식연산을 반복적으로 행한다면 흰색 물체는 크기가 차츰 줄어들면서 결국에는 없어지게 된다.

팽창연산은 침식연산의 역 연산이다. 이 마스크는 흰색 물체의 둘레에 한 픽셀을 더하는 효과를 갖는다. 침식 연산과 마찬가지로 똑같은 값을 갖는 영역에 대해서는 값을 바꾸지 않는다. 이진 영상에서 팽창 연산을 수행하면 흰 물체는 크기가 커지게 된다. 이 연산을 계속하면 흰 물체는 계속 팽창하여 결국은 영상 전체를 가득 채우게 된다(이 등, 1995).

제거연산과 채움연산은 2차적인 연산으로 침식과 팽창연산을 이용하여 구현된다. 제거연산은 간단히 침식연산 다음에 팽창연산이 이어지는 것이다. 침식과 마찬가지로 그 효과는 한 픽셀의 파편 같은 잡음을 없애는 것이다. 결과적으로 물체의 외곽선이 부드러워진다. 침식연산과는 달리 제거연산은 원래의 모양과 크기를 유지하는 특성을 가진다.

채움연산은 제거연산의 반대가 된다. 즉 먼저 팽창연산 다음에 침식연산이 행해진다. 채움연산은 한 픽

셀 크기의 틈새를 때우는데 이용된다. 제거연산과 마찬가지로 채움은 물체의 외곽선을 부드럽게 만든다. 또한 채움연산은 물체의 크기와 형태를 유지시킨다 (천 등, 1998).

나. 포장시스템에 관한 문헌연구

현재 포장시스템은 산업 전반에 걸쳐 많은 종류의 시스템들이 개발되었고 또한 연구가 진행 중이다. 이러한 포장시스템은 특정 항목에만 사용 가능한 것으로 본 들깨잎을 포장하기에는 적지 않은 문제점들이 있다. 따라서 본 연구에서는 들깨잎을 포장하기 위하여 여러 가지 포장시스템들을 연구하여 본 시스템을 개발하는데 적극 활용하기로 하였다.

포장시스템에서 Conveyor belt는 매우 큰 의미를 갖는다. 각 대상물의 특성을 살리기 위하여 운송장치도 이에 맞게 개발되어야 한다. Humphries(2001)는 채소의 운송을 위하여 수평 roller conveyors를 이용하였다. roller conveyors가 선별과 위치판별에 효과가 있음을 증명하였다. Berardinelli등(2001)은 복숭아 포장시 conveyor belt의 속도와 작물손상 정도의 관계에 대하여 연구하였다. Wilson등(1969)은 conveyor belt를 이용한 양파 수확 후 이송 및 보관 시스템을 개발하였다.

II. 재료 및 방법

1. 들깨잎의 선별기준

가. 들깨잎의 형상

외형을 기준으로 들깨잎을 선별하기 위해서는 들

깨잎이 가지는 일반적인 형상들이 중요한 기준이 된다. 들깨잎은 일반적으로 그림 2와 같이 다섯 가지의 형상으로 분류될 수 있다.

이들의 특징을 설명하면, 손상이 없고 외형의 유지 정도가 양호한 형상(a), 표면에 구멍을 있는 형상(b), 잎 찢어지거나 잎 자체에 손상을 가지고 있는 형상(c), 썩은 부분이 있는 잎(d)과 수분함량이 낮아 시들은 잎(e)으로 나누어진다.(그림 2)

상기의 다섯 가지의 잎 형상 중에서 잎이 찢어지거나 잎 자체에 손상을 가지고 있는 형상(c)과 썩은 부분이 있는 잎(d)과 수분함량이 낮아 시들은 잎(e)은 그 발생량이 매우 적다. 그러나 표면에 구멍이 있는 경우는 자주 발생하게 된다. 이에 본 연구에서는 상태가 양호한 잎과 구멍 발생한 잎을 구별하는 것을 1차선별의 기준으로 정하였다.

나. 들깨잎의 표준등급 기준

현재 국내에서 시판되고 있는 들깨잎은 크기에 의하여 가격이 정해지고 있는 실정이다 이에 본 연구에서도 들깨잎의 표준등급을 크기에 의하여 결정하였고 이를 위하여 위에서 언급한 바와 같이 다섯 가지로 선별된 들깨잎 중 양호한 잎과 양호하지 못한 잎을 구분하여 분류 한 후 양호한 잎을 면적에 따라 대, 중, 소로 구분하였다.

이를 위하여 본 연구에서는 들깨잎 면적 평균분포도를 측정하기 위하여 예비실험을 실시하였다. 시료는 2002년 10월 중순경 수확된 밀양 3호 품종을 사용하였으며, 시료 수는 총 265장이었다. 측정 결과 시료 중 가장 큰 면적은 146.64cm²이었으며, 가장 작은 시료의 경우 62.60cm²으로 나타났다. 총 시료의 평균면적은

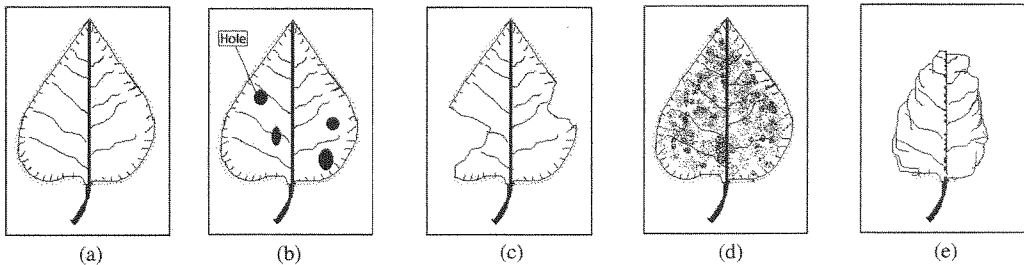


그림 2. 들깨잎의 5가지 형상

101.28cm²이었으며, 실험에 사용된 시료의 면적 분포는 그림 3과 같이 나타났다.

측정된 들깨잎의 면적을 대, 중, 소로 분류하기 위하여 통계학적 분석 방법인 동 종류의 집결분석원리 (Clustering Analysis Theory)를 이용하였다. 그림 4는 예비실험에서 얻어진 면적값의 분포를 대, 중, 소의 3개의 집단으로 구별한 결과이다. 본 통계분석 결과 잎면적이 70~90cm²를 소, 90~120cm²를 중, 120cm² 이상을 대로 구분하였다. 한편 잎 면적이 65cm²미만인 들깨잎의 경우 매우 적고, 상품가치가 떨어진다고 판단

하여 분석에서 제외를 시켰다.

2. 들깨잎 등급선정시스템 개발

들깨잎 등급선정시스템은 영상처리장치를 이용하여 들깨잎의 영상을 획득하고 컴퓨터의 연산능력을 이용한 영상정보분석을 통하여 들깨잎의 등급선정을 자동화한 후 컨베이어벨트를 이용하여 등급별로 분리할 수 있도록 구성하였다.

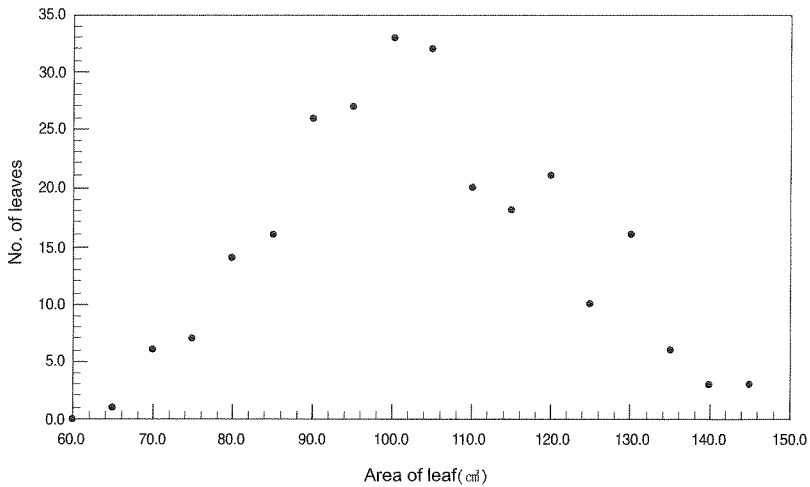


그림 3. 들깨잎 시료의 면적 분포

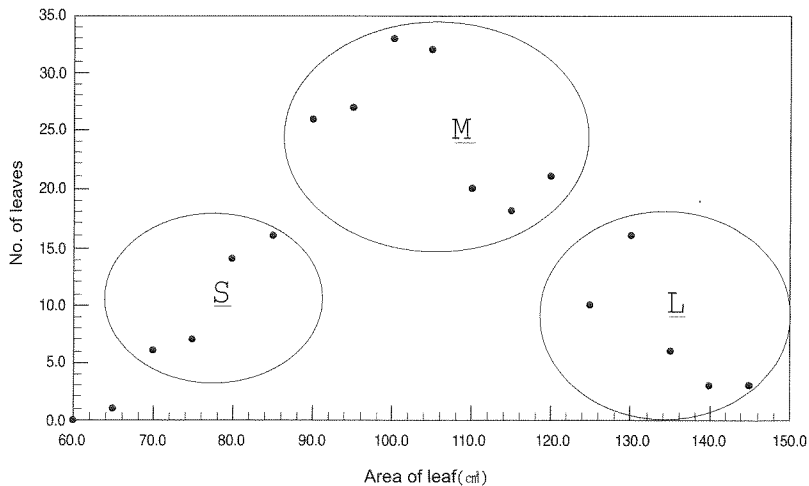


그림 4. 동 종류의 집결분석원리를 이용한 들깨잎의 면적별 분류

가. 들깨잎 등급선정 영상처리 장치

영상처리장치는 펜티엄Ⅳ PC, 영상처리 보드인 DT3153, 칼라용 CCD 카메라, 그리고 영상획득장치로 구성되었다. 영상획득장치는 조명상자와 조명 그리고 칼라 CCD카메라로 이루어져 있으며, 조명상자는 외부로부터 빛을 차단하고 균일한 광을 제공하기 위해 8각형으로 제작되었으며 가로와 세로의 길이는 40cm 이고 각 모서리의 길이는 15cm로 제작되었다. 조명은 시료로부터 50cm 위에 13W 삼파장램프 4개를 설치 하였으며 조도는 50lx였다. 들깨잎 선별을 위한 영상 처리장치는 그림 5, 6과 같이 선별 효율을 높이기 위해 사방의 벽을 차단하여 외부의 빛에 의한 영향을 배제하였고, 상부에 영상 획득을 위한 CCD 카메라를 설치하였다.

나. 들깨잎 선별을 위한 선별 프로그램 개발

들깨잎의 크기별, 품질별 선별을 위하여 그림 7과 같은 알고리즘을 개발하였다.

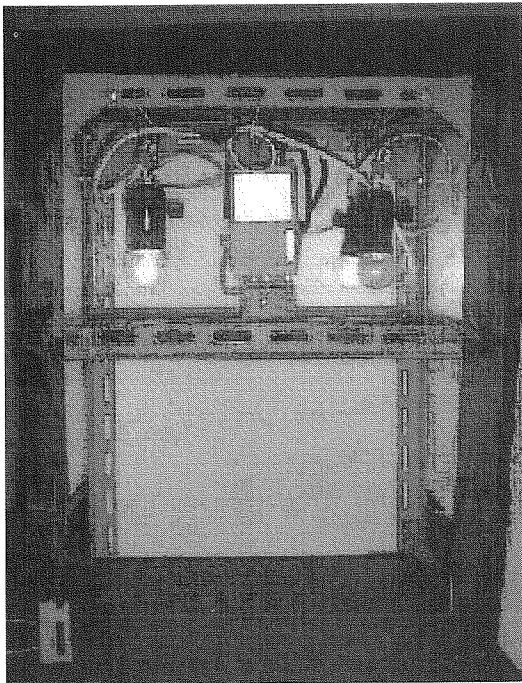


그림 5. 영상처리장치의 내부사진

그림 8은 등급선정시스템의 주 프로그램화면으로 National Instrument사의 Labwindows / CVI 5.5로 프로그래밍 되었다.

다. 들깨잎 등급별 분리 시스템 개발

등급별 분리시스템은 컨베이어 벨트장치와 직선운 동기구를 이용하여 등급에 따라 이동하며 분리하도록 설계하였다.

들깨잎 등급선정시스템의 전체 설계도면은 그림 9와 같다.

3. 들깨잎 포장시스템 개발

들깨잎 포장시스템은 기존의 식품 포장 장치를 이용하여 사용하도록 설계하였다. 크기별로 등급선정된 들깨잎은 컨베이어 벨트로 이송된 후 포장장치에 적재되고 비닐을 이용한 포장장치로 규격별 포장이 되도록 설계하였다.

4. 들깨잎 선별 및 포장자동화 시스템의 성능분석

본 연구에 의하여 제작된 들깨잎 선별 및 등급선정 시스템의 성능분석실험을 수행하였다. 시료는 2003년 3월 중순경 수확된 미량 3호 품종을 사용하였으며, 시료수는 총 3,000장이었고 총 3회 반복 실험을

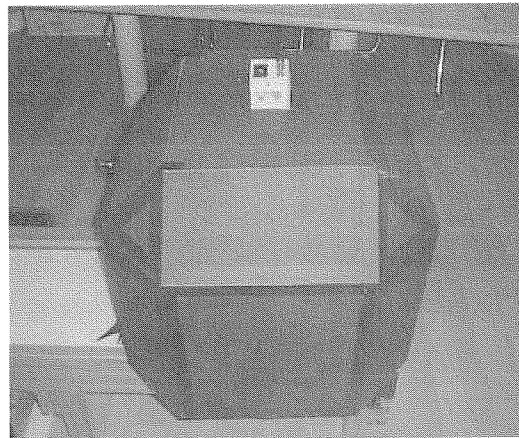


그림 6. 영상처리장치의 외형사진

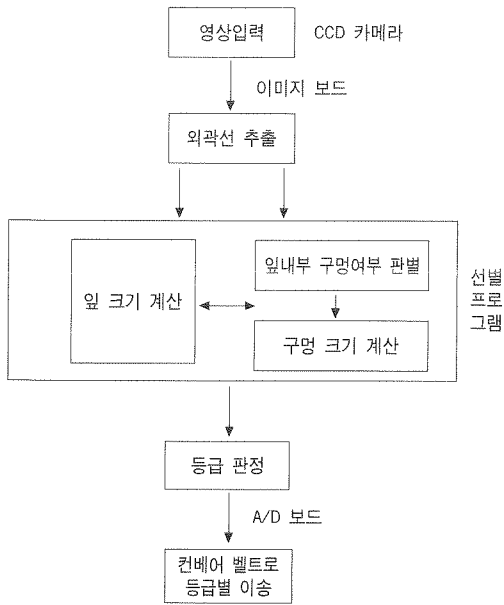


그림 7. 들깨잎 선별 시스템 알고리즘

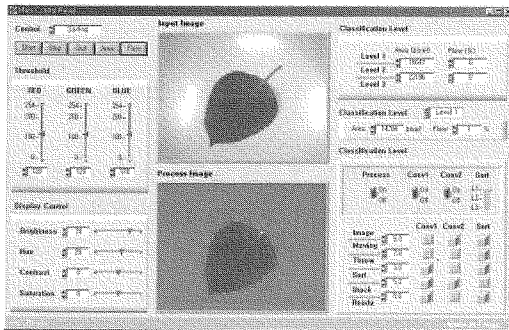


그림 8. 들깨잎 선별 및 등급판정 프로그램 실행화면

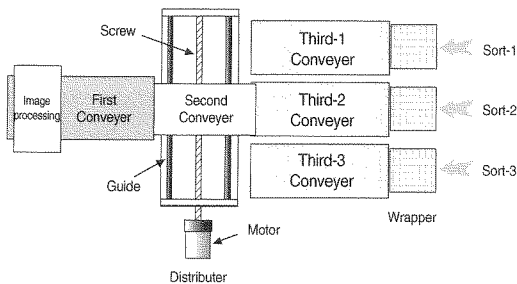


그림 9. 들깨잎 등급선정시스템의 전체 설계도면

수행하였다.

실험에 사용된 시료는 크기별로 대, 중, 소로 나누어 각각 1,000장씩이었고 크기별로 100장씩 각각 지름 5mm, 10mm, 15mm의 원형구멍을 만들어 불량 들깨잎의 선별실험을 수행하였다. 선별 실험을 위하여 사용된 시료를 구분하면 표 1과 같다.

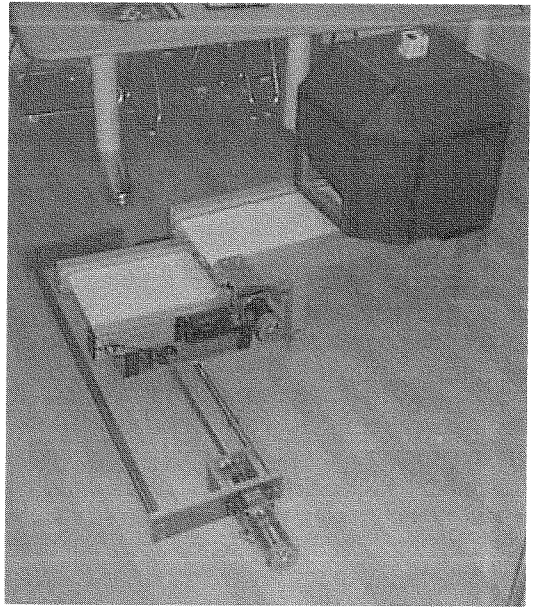


그림 10. 들깨잎 선별 및 등급선정 시스템 전체 외형

컨베어 1

Size : 1000×390×495

Speed : 4 m/min

Motor : 25W Max 40rpm(variable)

Frame : Alumunum Profile

Velt : 폴리 우레탄(White)

컨베어 2

Size : 500×390×295

Speed : 20 m/min

Motor : 25W Max 100rpm(variable)

Frame : Alumunum Profile

Velt : 폴리 우레탄(White)

선별 linearmotion

Size : 1330×370×90

Speed : 256mm/s

Motor : Max 960rpm(Variable)

Guide : LM Unit

Control : 3 Position Proximity Sensing

표 1. 들깨잎 선별 및 등급선정 시스템의 성능분석실험을 위한 시료의 종류

구분	대(120㎢ 이상)				중(90~120㎢ 이상)				소(70~90㎢ 이상)			
	정상	불량(구멍발생크기)			정상	불량(구멍발생크기)			정상	불량(구멍발생크기)		
		5mm	10mm	15mm		5mm	10mm	15mm		5mm	10mm	15mm
시료수	700	100	100	100	700	100	100	100	700	100	100	100

표 2. 들깨잎 선별 시스템의 성능분석 실험 결과

구분	대(120㎢ 이상)				중(90~120㎢ 이상)				소(70~90㎢ 이상)				
	정상	불량(구멍발생크기)			정상	불량(구멍발생크기)			정상	불량(구멍발생크기)			
		5mm	10mm	15mm		5mm	10mm	15mm		5mm	10mm	15mm	
시료수	700	100	100	100	700	100	100	100	700	100	100	100	
1회 실험	성공	687	77	86	100	623	79	92	99	688	83	96	100
	실패	13	23	14	0	77	21	8	1	12	17	7	0
	성공률(%)	98.1	77.0	86.0	100.0	89.0	79.0	92.0	99.0	98.3	83.0	96.0	100.0
2회 실험	성공	683	75	84	96	626	77	93	98	686	80	93	98
	실패	17	25	16	4	74	25	7	1	14	20	9	3
	성공률(%)	97.6	75.0	84.0	96.0	89.4	77.0	93.0	98.0	98.0	80.0	93.0	98.0
3회 실험	성공	689	79	89	98	645	80	95	98	692	87	93	99
	실패	11	21	11	2	55	20	5	1	8	13	7	1
	성공률(%)	98.4	79.0	89.0	98.0	92.1	80.0	95.0	98.0	98.8	87.0	93.0	99.0
평균 성공률	98.0	77.0	86.3	98.0	90.2	78.7	93.3	98.3	98.4	83.3	94.0	99.0	

III. 결과 및 고찰

1. 들깨잎 등급선정시스템

제작된 들깨잎 선별 및 등급선정시스템의 외형은 그림 10과 같다.

등급별 분리시스템은 2개의 컨베이어 벨트장치와 1개의 직선운동기구를 이용하여 등급에 따라 이동하며 분리하도록 설계하였다. 각각의 사양은 다음과 같다. 그림11, 12는 제작된 들깨잎 등급별 분리 시스템의 사진이다.

2 들깨잎 선별 시스템의 성능분석

들깨잎 선별 시스템의 성능분석 실험을 수행한 결과는 표 2와 같다.

상기의 결과에서 보듯이 대, 중, 소별 크기등급 구

분의 평균 성공률은 각각 대는 98.0%, 중은90.2%, 소는 98.4%로 매우 높게 나타났다. 크기 중(90~120㎢)의 경우에는 대와 소로 구별되는 경우가 발생하여 다소 성공률이 낮게 나타났다. 구멍의 발생크기별 구분성공률을 보면 들깨잎의 크기가 대등급인 경우보다 소등급인 경우에서 성공률이 다소 높게 나타났고

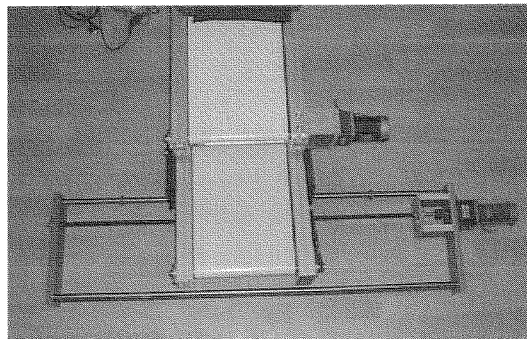


그림 11. 들깨잎 등급별 분리 시스템 정면 사진

구멍의 크기가 클수록 높은 성공률을 나타냈다.

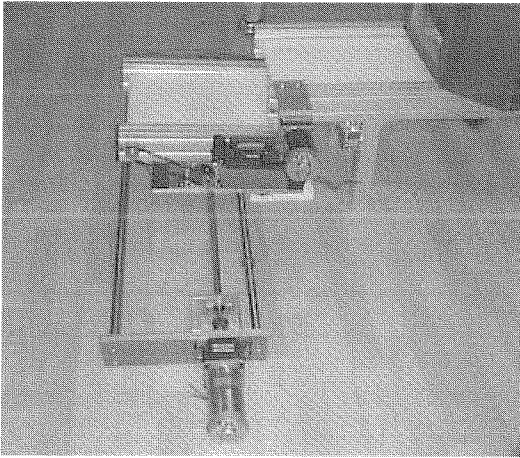


그림 12. 들깨잎 등급별 분리 시스템 측면 사진

IV. 결론

1. 외형을 기준으로 들깨잎을 선별하기 위해서는 들깨잎이 가지는 일반적인 형상을 분석한 결과 손상이 없고 외형의 유지정도가 양호한 형상, 표면에 구멍이 있는 형상, 잎이 찢어지거나 잎 자체에 손상을 가지고 있는 형상, 썩은 부분이 있는 잎과 수분함량이 낮아 시들은 잎 이상 5가지 형태로 분류될 수 있다.

2. 들깨잎 면적 평균분포도를 측정하고 통계학적 분석 방법인 동 종류의 집결분석원리(Clustering Analysis Theory)를 이용하여 면적값의 분포를 대, 중, 소의 3개의 집단으로 구별한 결과, 일면적이 70~90cm²를 소(小), 90~120cm²를 중(中), 120cm² 이상을 대(大)로 구분되었다.

3. 들깨잎 등급선정시스템은 영상처리장치를 이용하여 들깨잎의 영상을 획득하고 컴퓨터의 연산능력을 이용한 영상정보분석을 통하여 들깨잎의 등급선정을 자동화한 후 컨베이어벨트를 이용하여 등급별로 분리될 수 있도록 구성하였다.

4. 들깨잎 포장시스템은 기존의 식품 포장 장치를

이용하여 사용하도록 설계하였다. 크기별로 등급선정된 들깨잎은 컨베이어 벨트로 이송된 후 포장장치에 적재되고 비닐을 이용한 포장장치로 규격별 포장이 되도록 설계하였다.

5. 제작된 들깨잎 선별 및 등급선정 시스템의 성능 분석실험을 수행하였다. 시료는 2003년 3월 중순경 수확된 미량 3호 품종을 사용하였으며, 시료수는 총 3,000장이었고 총 3회 반복 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 시료는 크기별로 대, 중, 소로 나누어 각각 1,000장씩이었고 크기별로 100장씩 각각 지름 5mm, 10mm, 15mm의 원형구멍을 만들어 불량들깨잎의 선별실험을 수행하였다.

6. 대, 중, 소별 크기등급 구분의 평균 성공률은 각각 대는 98.0%, 중은 90.2%, 소는 98.4%로 매우 높게 나타났다. 크기 중(90~120cm²)의 경우에는 대와 소로 구별되는 경우가 발생하여 다소 성공률이 낮게 나타났다. 구멍의 발생크기별 구분성공률을 보면 들깨잎의 크기가 대(大)등급 인 경우보다 소(小)등급 인 경우에서 성공률이 다소 높게 나타났고 구멍의 크기가 클수록 높은 성공률을 나타냈다.

인용 문헌

1. Laykin, S., V. Alchanatis, E. Fallik and Y. Edan, 2002. Image-processing algorithm for tomato classification. Transactions of the ASAE 45(3) : 851~858.
2. Miller, B. K. and M. J. Delwiche, 1989. A Color vision system for peach grading. Transactions of the ASAE 32(4) : 1484~1490.
3. Sarkar, N. and R. R. Wolfe, 1985. Feature extraction technique for sorting tomatoes by computer vision. Transactions of the ASAE 28(3) : 970~979.
4. Zion, B. and M. Lev, 1996. Weighing flowers as an alternative method for sorting by visual appearance. Journal of Agricultural Engineering

- Research 65(4) 325~334.
5. 남궁재찬. 1989. 화상공학의 기초. 기전연구사.
 6. 노상하, 류관희, 김일웅. 1990. 화상처리 시스템을 이용한 과일의 기하학적 특성 측정. 한국농업기계학회지 15(1) : 23~27.
 7. 노상하, 류관희, 김성민. 1991. 영상처리 장치를 이용한 사과색의 선택 판정. 한국농업기계학회지 16(3) : 272~280.
 8. 이문호, 염재훈. 1994. C언어를 이용한 영상신호 처리. 대영사.
 9. 이양범, 강경일, 이용중. 1995. 화상처리응용기술. 기문사.
 10. 장요한, 장동일, 방승훈. 2001. 영상처리를 이용한 홍삼의 외형선별 시스템 개발. 한국농업기계학회지 26(3) : 279~286.
 11. 장동일, 임영일, 임정택, 장요한, 장홍희. 1999. 영상정보를 이용한 돼지의 비접촉 체중계측시스템 인자 구명. 한국축산시설환경학회지 5(2) : 93~100.
 12. 조한근, 송현갑. 1994. 컴퓨터 시각에 의한 잎담배의 외형 및 색 특징추출. 한국농업기계학회지 19(4) : 380~396.
 13. 천인국, 윤영택. 1998. 영상처리 기초편. 기한재.
 14. 황헌, 이충호. 1996. 건표고 자동선별을 위한 시각 시스템 개발. 한국농업기계학회지 21(4) : 414~421.