

가축분뇨수의 색소오염물질 분해과정 측정 영상처리 시스템

이대원 · 김현태 · 김용석 · 민병로 · 이강춘 · 박은석 · 한정환 · 이수희 · 김정동 · 강국희
성균관대학교 생명공학연구소

Image Processing System for Measuring the Chromatophore Pollution Solution of an Animal Slurry Using Optical-Density

Lee, D. W., Kim, H. T., Kim, Y. S., Min, B. R., Lee, G. C., Park, E. S., Han, J. H.,
Lee, S. H., Kim, J. D. and Kang, K. H.

The Institute of Life Science and Technology, Sungkyunkwan University,
Suwon, Korea, 440-746

Summary

This study conducted to monitor decomposition process of the charomatophore pollution solution of an animal slurry by using a CCD camera. After the solution was put into test tube, the images(R, G, B, H, L, S) values of the solution were measured by the image processing system, and those of it's optical density were measured for three hours to be decomposed by microscopic organism. The values of measured images(R, G, B, H, L, S) were analysed and compared with those of the optical density. Some of the results are as follows.

1. High correlation coefficients, which analyzed by using data on linear equations, were 0.9557 and 0.9672. They were decreased regularly in this R-value experiment of RGB level. The microscopic organism in this experiment was effective for decomposition of the red charomatophore pollution solution.
2. The values of all correlation coefficients from relationship between RGB-value and optical density were more than 0.95 except H-values and HLS-values. RGB-values, which were average values of summed R, G, B values, had correlation coefficients of 0.9863, 0.9937. These results showed so good relationship that decomposition process of charomatophore pollution solution could be monitored by a image processing system.

(Key words : Image processing, Chromatophore pollution, Animal slurry, Optical density)

서 론

근 몇 년간 가축분뇨의 처리에 관한 연구가 활발히 진행되어지고 있다. 가축분뇨의 처리
가축분뇨가 사회적 문제로 대두되면서 최 방법 및 효율에 따른 연구는 다각도로 진행

이 논문은 1999년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 연구되었음.(KRF-99-005-G00002)

되어지고 있으며, 그 가운데 퇴비화에 의한 가축분뇨수의 처리는 최근 가장 각광받는 처리시스템의 한 가지 형태로 발전되어지고 있다. 가축분뇨의 퇴비화는 자원의 재이용 또는 재활원이라는 측면에서 가장 환경친화적인 방법이라 할 수 있다. 그러나 이러한 퇴비화시스템의 경우 부재료의 혼합 등에 의한 경제성 및 처리량의 증가라는 또 다른 문제점을 안고 있다. 따라서 여러가지 공정을 복합적으로 적용하는 처리시스템의 개발 등이 진행되고 있다. 이러한 복합처리공정을 통한 가축분뇨의 처리는 궁극적으로 최종 배출수의 오염농도에 대한 규제범위는 만족시킬 수 있지만, 배출수내의 색소오염 물질에 대한 처리도 고려되어야 한다.

축산분뇨수, 피혁공장, 염색공장 등에서 배출되는 환경오염의 색소물질은 정화대상의 중요한 연구과제로서 시급히 해결되어야 할 문제이다. 이것을 화학약품으로 침전시키거나 여과장치를 이용하여 여과시키는 것은 그 다음 단계의 처리문제가 남기 때문에 근본적인 해결책이 되지 못한다. 따라서 미생물의 효소기능을 이용하여 분해시키는 정화기술은 잔류물질을 남기지 않는 완전정화처리기술의 개발이 필요하다.

가축분뇨의 복합공정에 의하여 처리 시 배출수의 색소오염 물질의 분해과정을 영상처리에 의한 모니터링하고자 수행하였다. 이를 위해 CCD 카메라를 이용하여 실험실에서 색소오염 물질의 효소 반응과정을 영상처리에 의해서 모니터링하고 영상을 통하여 획득한 값을 흡광도 값과 비교하였다. 본 연구는 궁극적으로 목적은 CCD 카메라를 이용하여 가축분뇨수를 포함한 일반 산업폐수의 색소오염물질을 효소반응에 의한 분해하고 이러한 과정을 모니터링하고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 실험 장치 및 재료

효소에 의한 가축분뇨수의 색소오염물질의 분해과정을 모니터링하기 위해서 Fig. 1과 같이 시스템을 구성하였다. 이를 위해 먼저 색소오염물질의 분해과정에서 변하는 흡광도와 CCD카메라를 통하여 획득하였다. 이들의 영상정보를 비교분석하기 위해서 실내실험장치를 구성하였다.

실험장치는 Fig. 2와 같으며, 가축분뇨수의 색소오염물질 분해과정을 모니터링 하기 위해서 먼저 실험장치 내에 100ml의 시험관을 상부에 고정할 수 있도록 하였다. 그리고 가축분뇨수의 액상부분을 투입할 수 있도록 하였다. 실험장치내 CCD카메라는 시험관의 전체가 나타날 수 있도록 정면에 설치하였다.

카메라를 통해서 입력된 영상수치를 계산하기 위해서 비주얼 C++(visual c++)를 이용하여 영상획득 및 영상알고리즘을 구현할 수 있도록 하였다. CCD카메라를 통하여 입력되는 영상을 외부 환경에 따른 영향을 최소화하기 위해서 카메라 우측에 220V- 30W의 백열등을 설치하였다.

실험에 이용한 카메라의 사양은 Table 1과 같으며, 영상입력을 위해 영상처리 보드는 일반 TV 수신용 오버레이(Overlay) 보드를 이용하였다.

2. 실험 방법

Fig. 2와 같은 시스템을 제작하여 시험관내에 분뇨수 20ml의 분해과정을 3시간 간격으로 24시간 모니터링하였다. 실험에 이용된 시험관은 초기 시료를 포함하여 전체 9개를 이용하였다. 분뇨수내의 색소오염물질의 정

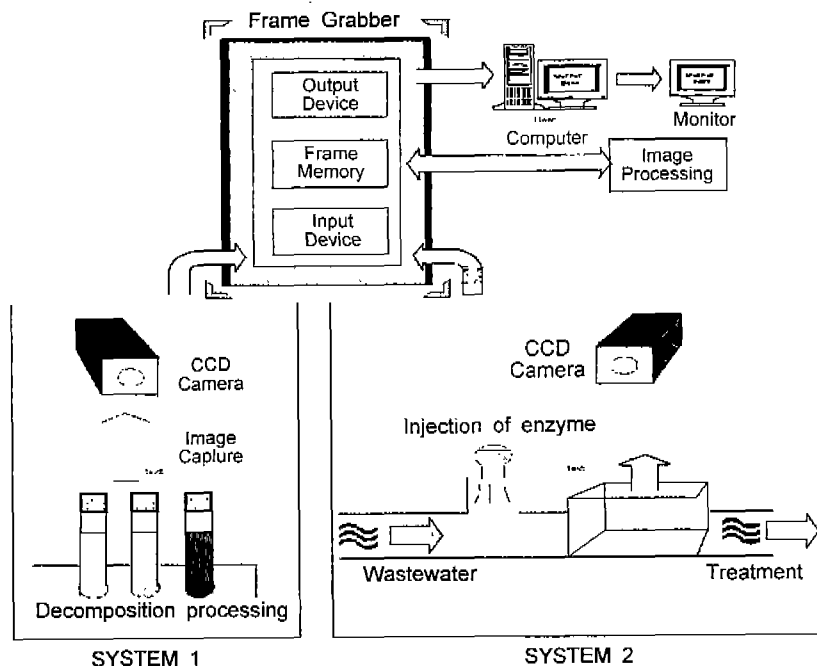


Fig. 1. Image processing system on a water-purifier tank.

Table 1. Specification of the camera

Item	Model	Specification	
CCD Camera	ICD-703 (NTSC)	Pickup device	1/3" Interline transfer CCD
		Picture elements	771 × 492, 380,000pixels
		Scanning system	525 lines/59.94Hz, 2:1 interfaced
		Frequency	H:15.734kHz, V:59.94Hz
		Horizontal resolution	480 TV Lines
		S/N ratio	50dB(p-p/rms)
		Shutter	1/60-1/80,000sec.
		Dimensions(WHD)	W70 × H60 × D140(mm)

도를 측정하기 위해서 흡광도 이용과장은 493.96nm와 593.56nm의 두 영역을 이용하였다. 실험초기에 전체 9개의 시험관내 20ml의 시료에 효소를 투입하고 하나의 표본 시료를 흡광도값을 측정하고 영상정보를 얻었다. 나머지 8개의 시료는 항온항습이 가능한 미생물배양기에서 색소의 분해를 유도하였으며, 각각 3시간 간격으로 시료를 하나씩 채취하

여 흡광도값과 영상정보를 얻었다. 이렇게 획득한 흡광도와 영상정보값을 비교하여 궁극적으로 색소오염물질의 분해과정을 CCD카메라에 의해서 모니터링할 수 있도록 하였다.

영상처리를 이용한 시료의 흡광도 측정값과 영상정보를 비교하기 위해 CCD카메라를 이용한 영상정보는 RGB 값과 HLS값을 프로

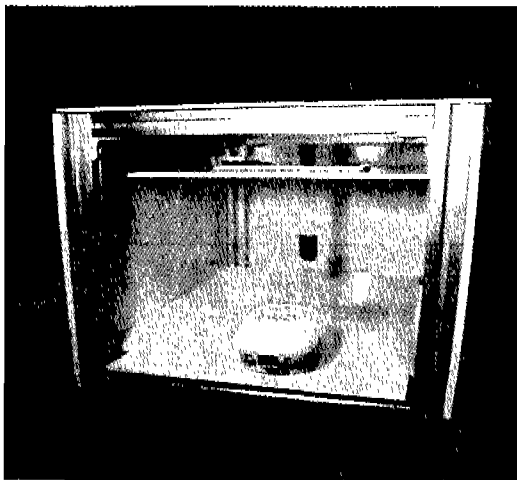
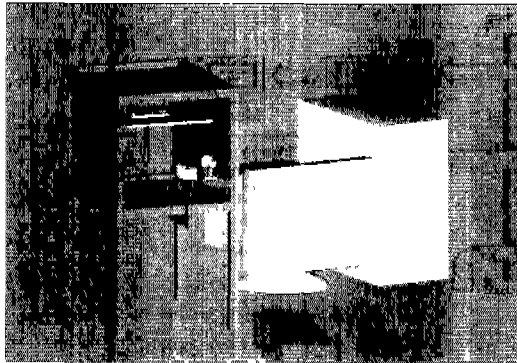


Fig. 2. Picture of image processing system.

그림하여 구하였다.

3. 분해 미생물(BCP)

본 실험에서 사용된 균주는 rat의 분, 소의 위액, 그리고 김치에서 분리하였다. 균주의 분리방법은 혐기 회석 용액을 이용하여 10¹ 부터 10⁹까지 회석하였다. 회석된 시료들을 각 승수별로 1ml씩 plate에 분주한 후 BS[BL agar 배지(Eiken Chemical. Co., Japan)에 BS solution(증류수 100ml에 dodium propionate 30g, paromycin sulfate 0.1g, neomycin sulfate 0.4g, 그리고 lithium chloride 6g을 첨

가한 용액)을 첨가]배지, BCP plate count agar(Eiken Chemical. Co., Japan)배지, 그리고 MRS broth(Difco. Co., USA)에 1.5% agar를 첨가한 배지로 pouring 한 다음 혐기좌(BBL, USA)를 이용하여 혐기 배양시켰다. 이때 혐기좌의 혐기상태를 보다 양호하게 유지하기 위하여 steel wool과 gas pak(BBL, USA)을 넣고 CO₂를 2~3회 주입시켰다.

4. 영상 처리 시스템

Fig. 3은 영상처리 모니터링 시스템의 전체 개략도를 나타낸 것이다. 먼저 시험관에 시료를 투입한 후 BCP용액의 투입 시점을 초기로 정하였으며, 3시간 간격으로 시험관 내의 시료의 성장별 분해과정을 자동으로 모니터링하였다.

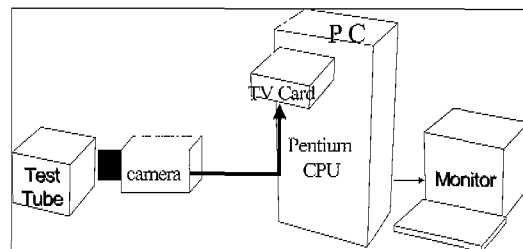


Fig. 3. Block diagram of the computer vision system.

5. 영상 처리 알고리즘

영상처리 알고리즘은 시험관내의 용액의 형상을 검출하기 위한 전처리과정과 각 성장의 영상 단면적을 구하기 위한 영역 검출과정으로 이루어져 있다. 전처리 과정에서는 입력된 영상의 인식이 용이하도록 획득한 영상을 보정하고, 가장자리를 검출하기 위해서 소벨 및 라플라스 가장자리 연산자를 이용하였다. 또한 전체 영상에 대한 농도 히스토그

램을 구하여 이를 평활화하여 배경과 구별하였다. 마지막으로 검출된 시험관의 시료영역을 분리하여 용액이 포함된 부분만을 남도록 하였다. 이렇게 획득한 부분의 각 화소의 RGB값과 HLS값을 구하였다. 각 화소의 영상정보는 평균값으로 표시되도록 하였다. Fig. 4에서는 영상처리의 흐름도를 나타냈으며, Fig. 5는 본 연구에서 개발한 프로그램의 메인 화면을 나타낸 것이다.

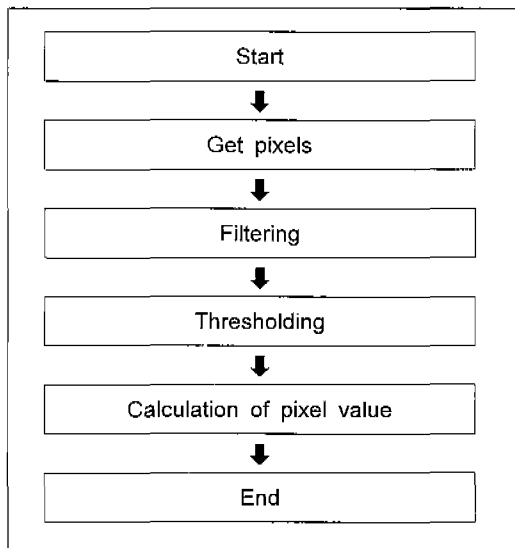


Fig. 4. Flow chart of image processing.

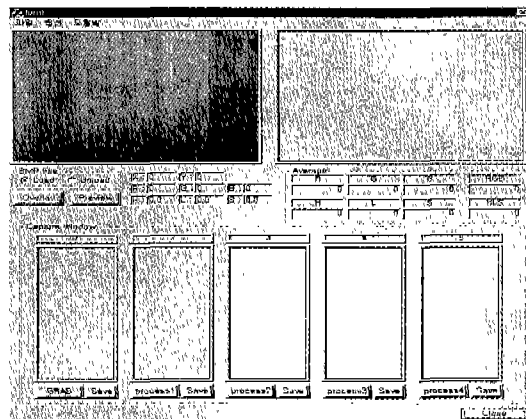


Fig. 5. The main frame of image processing program.

결과 및 고찰

1. 영상 처리

Fig. 6은 영상처리 모니터링 화면을 나타낸 것이다. 좌측 상단의 창에서 영상을 입력받아 우측 상단의 출력창에서 시료의 영역을 검출하여 하단에 결과값을 출력하도록 하였다. 영상의 입력의 오차를 줄이기 위해 총 다섯 번을 검출하여 결과값이 같은 두 개의 영상을 저장하도록 하였다. 입력된 영상중 특징점을 추출하여 하단의 창에 시료만 배경과 분리시켜서 분리된 시료의 영상정보를 수치로 출력하도록 하였다. 출력된 수치는 감광분석기로 분석한 시료의 흡광도와 비교분석하여 상관관계를 조사하였다.

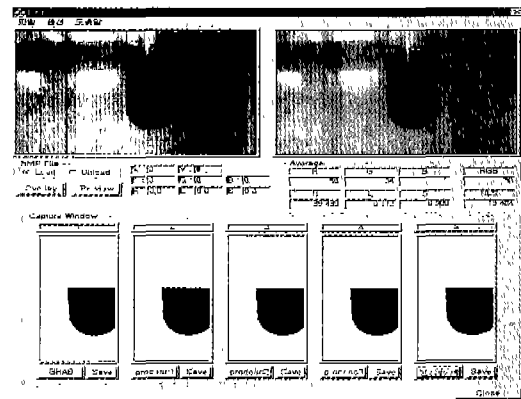


Fig. 6. The screen of image processing monitoring by a CCD camera.

2. 영상정보와 흡광도의 상관관계

CCD카메라를 통하여 획득한 영상정보와 시료의 흡광도값과의 상관관계를 분석한 결과 Table 2와 같이 나타났다. 표에서 살펴보면 직선식으로 분석한 결과는 R값의 결정계수가 0.9557, 0.9672로 가장 높게 나타났다(Fig. 7). 이는 시료가 검붉은 색에서 점점

Table 2. Results of correlation between image value and optical density

Image information	A linear expression		A radical expression	
	593.59nm	439.96nm	593.59nm	439.96nm
R value	0.9557	0.9672	0.9597	0.982
G value	0.9137	0.9116	0.9877	0.9798
B value	0.8239	0.8473	0.9733	0.9862
RGB	0.9087	0.9199	0.9863	0.9937
H value	0.5601	0.5257	0.6661	0.5884
L value	0.8966	0.9144	0.9792	0.9931
S value	0.9031	0.9176	0.9528	0.9499
HLS	0.5501	0.5154	0.6563	0.5786

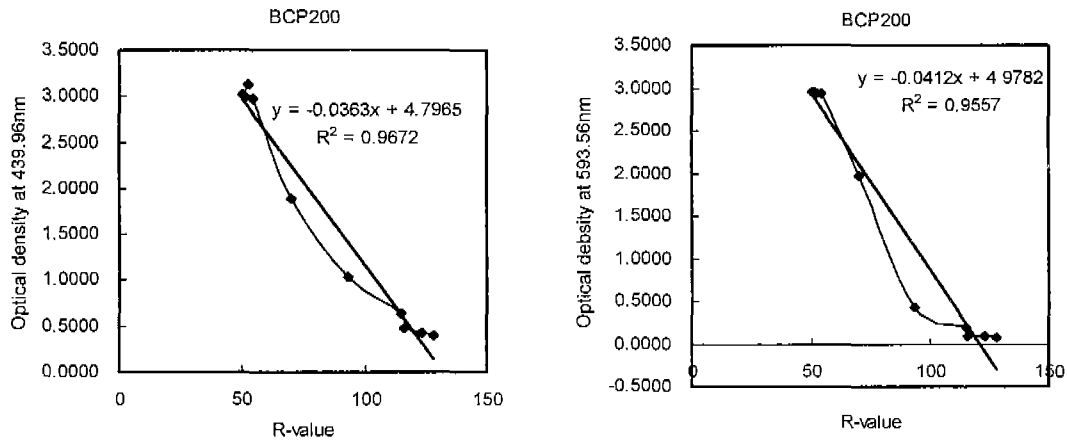


Fig. 7. Relationship between R-value and optical density.

열어지는 것을 육안으로도 관찰 할 수 있었는데, 본 실험에 이용한 미생물의 경우 붉은 색 계열의 색소오염물질을 분해하는데 효과적인 것을 알 수 있었다. 누송식을 이용하여 결정계수를 구한 결과 H값과 HLS값을 제외하고 대부분 결정계수가 0.9500 이상으로 높게 나타났다. 그 가운데 R, G, B값을 평균한 RGB값은 0.9863, 0.9937로 매우 높은 결정계수를 나타내었다(Fig. 8).

누송식을 이용한 영상정보와 시료의 흡광도에 대한 상관관계를 분석한 결과 RGB값이 가장 높게 나타났으며, HLS값의 분석에서는 L값이 매우 높은 상관관계를 가짐을 알 수 있었다.

따라서 CCD카메라를 이용하여 가축분뇨수내 색소오염물질의 미생물 분해과정을 영상처리 모니터링하기 위해서는 영상정보의 RGB값을 이용하는 것이 적당할 것으로 판단되었

다. 이를 이용하여 흡광도 분석을 통한 색소 오염물질의 변화를 CCD카메라를 이용하여 간접적으로 추정할 수 있을 것으로 판단되었다.

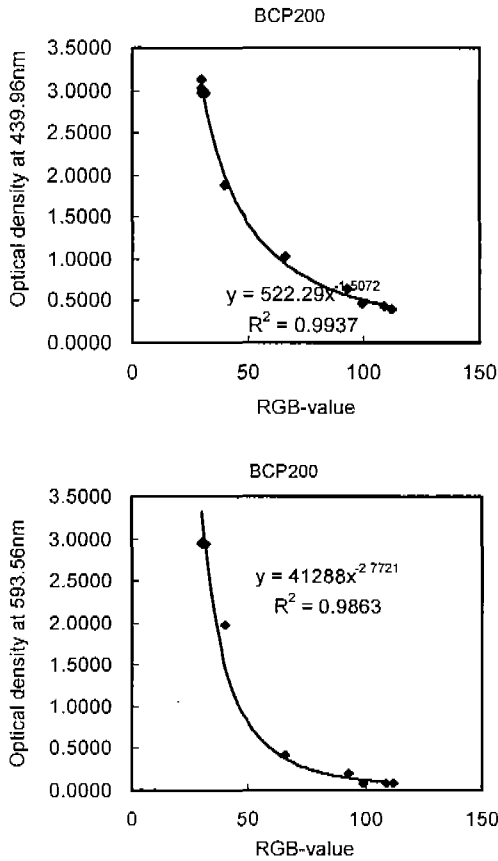


Fig. 8. Relationship between RGB-value and optical density.

요약 및 결론

가축분뇨수의 색소오염물질을 미생물에 의해 분해되는 과정을 모니터링하기 위해서 CCD카메라를 이용하였다. 시험관에 액상시료를 투입하여 미생물에 의해 색소오염물질의 분해과정을 CCD카메라를 통하여 영상정보를 획득하였으며, 또한 흡광도값을 각 시

간대별로 구하였다. 획득한 영상정보(R, G, B, H, L, S) 흡광도값을 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 직선식을 이용하여 분석한 결과는 R값의 결정계수가 0.9557, 0.9672로 가장 높게 나타내었으며, RGB 레벨에서 R값의 규칙적 감소를 측정할 수 있었다. 이는 본 실험에 이용한 미생물의 경우 붉은색 계열의 색소오염물질을 분해하는데 효과적인 것을 알 수 있었다.

2. 누승식을 이용하여 결정계수를 구한 결과 H값과 HLS값을 제외하고 대부분 결정계수가 0.9500이상으로 높게 나타났다. 그 가운데 R, G, B값을 평균한 RGB값은 0.9863, 0.9937로 매우 높은 결정계수를 얻었다. 이는 영상처리를 이용한 색소오염물질의 분해과정을 모니터링하는데 이용가능 할 것으로 판단되었다.

인용문헌

1. USDA, 1992. Agricultural Waste Management Field Handbook. Soil Conservation Service National Engineering Handbook, Part 651.ie.
2. Bray D. E. and Don McBride, 1992, Nondistructive Testing Techniques, John Wiley & Sons, INC., New York.
3. Chen P. and Z. Sun, 1991, A Review of Non-destructive Methods for Quality Evaluation and Sorting of Agricultural Products, Journal of Agricultural Engineering Research, Vol. 49, pp. 85-98.
4. Delwiche. S. R., 1995, Single Wheat Kernel Analysis by Near-Infrared Transmittance :

- Protein Content, *Cereal Chemistry*, Vol. 72, No. 1, pp. 11-16.
5. 김재민, 최창현, 민봉기, 김종훈, 1998, 가시광선/근적외선 분광분석법을 이용한 단립 쌀의 함수율 및 단백질 함량 예측모델 개발, *한국농업기계학회지*, Vol. 23, No. 1, pp. 49-56.
6. Richard, T. L. and H. L. Choi. 1996. Optimizing the Composting Process for Moisture Removal: Theoretical Analysis and Experimental Results. ASAE Paper No. 964014. ASAE, St. Joseph, MI.