

다분광 반광 이미지를 이용한 양계육 가공기계 표면의 유기잔류물 검출에 관한 연구

Multispectral reflectance imaging for detection of organic residues on poultry processing plant equipment

조병관*

김문성**

정희원

B. Cho

M. S. Kim

1. 서론

유해 병원균이 없는 안전한 가공식품 생산은 현대의 대량 생산 및 대량 유통환경에서 식품으로 인한 질병 발생과 그로 인한 경제적인 손실을 예방하기 위해 매우 중요하다. 육류 가공식품과 관련된 질병의 주요 원인 중 하나로 가축의 소화분비물 또는 배설물이 가공식품에 잔존하여 유해 박테리아의 서식처를 제공하는 경우를 들 수 있다. 병원성 대장균, 살모넬라, 또는 리스테리아 등 유해 박테리아가 함유된 육류를 소비자가 덜 조리하여 섭취하거나 부주의하게 취급하여 유해 박테리아가 신체로 유입될 경우 심각한 식중독에 노출될 수 있으며, 정도가 심할 경우에는 사망에까지 이르게 된다 (Cody et al, 1999; Mead et al., 1999). 2005년도 한국에서 식품으로 발생된 집단 식중독 건수는 109회이며 이에 따른 환자의 수는 5,711명에 달한다 (식품의약품 안전청, 2006).

육류의 도축 및 가공 시 가축의 내장을 제거하고 세척하는 과정을 거치게 되는데, 대량 생산을 위한 자동화 가공시설에서는 이러한 과정들을 대부분 기계에 의존하고 있다. 가공과정 중 기계로 내장을 제거할 때, 적절하지 못하게 절제된 내장기관에서 소화액이나 소화배설물이 흘러나와 육류나 가공기계 표면을 오염시킬 수 있다. 세척과정동안 많은 양의 물을 이용하여 대부분의 오염물질들은 세척이 되지만, 완전한 제거를 보장할 수는 없다. 특히 미량의 희석된 오염물질은 육안으로 검출이 매우 어렵기 때문에 전문가가 유통 전 육안으로 검사하는 단계를 거치더라도 완벽하게 검출 할 수가 없다. 육류표면에 있는 오염물질은 비록 미량이지만 많은 유해 박테리아의 서식지가 되며, 특히 가공기계 표면에 오염물질이 존재하는 상태에서 계속 가공기계를 사용할 경우, 많은 양의 육류에 오염물질을 파급시킬 수도 있다. 따라서 육류나 가공기계 표면에 잔존하고 있는 소화분비물이나 배설물을 효과적으

* 충남대학교 농업생명과학대학 생물자원공학부 생물산업기계전공

** United States Department of Agriculture (USDA), Agricultural Research Service (ARS), Instrumentation and Sensing Laboratory

로 검출할 수 있는 센싱기술 개발은 오염된 육류 가공식품으로부터 발생할 수 있는 사고를 예방할 수 있는 수단이라고 할 수 있다.

본 연구는 자동화 시스템을 이용하여 가공제품을 생산하고 있는 양계육 가공시설의 가공기계 표면에 회석되어 존재하는 양계의 내장 잔유물을 다분광 영상기법으로 검출할 수 있도록 양계육과 가공기계 표면 그리고 내장 잔유물의 반사광 특성을 분석하고 이에 기초한 최적 과장을 제시하며, 또한 제시된 과장의 다분광 이미지를 이미지 프로세싱을 통하여 효과적으로 제시하는데 그 목적이 있다.

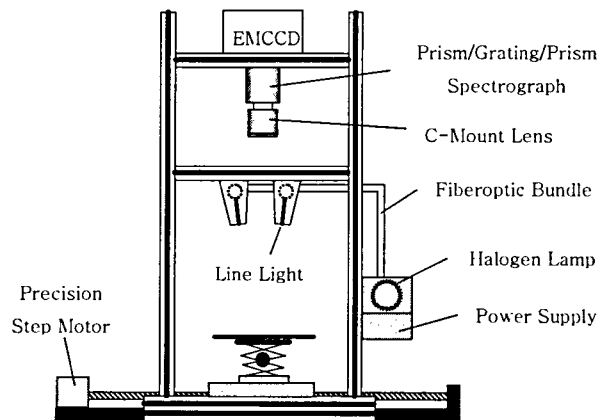
2. 재료 및 방법

가. 실험재료

40마리의 양계에서 내장 잔유물을 각각의 다른 내장 기관인 모래주머니, 위, 십이지장, 내장, 맹장, 항문에서 채취하였다. 또한 오염되지 않은 양계에서 피, 외피, 살, 지방, 그리고 외피기름을 채취하여 분석에 사용하였다. 내장 잔유물은 증유수를 이용하여 1:5, 1:10, 1:50, 그리고 1:100으로 희석을 하였다. 그리고 대부분 가공기계에 사용되는 재료인 스테인레스 스틸판 표면에 50 μ 씩 떨어뜨렸다. 이와 함께 양계의 혈액, 외피, 살, 지방 조각을 스테인레스 표면에 부착하고 또한 외피를 스테인레스 스틸 표면에 문질러 기름자국을 만들었다. 오염되지 않은 양계육 유기물들을 내장 잔유물과 구분하기 위해 '양계 잔유물'이란 명칭으로 이후 사용한다. 일단 내장 잔유물과 양계 잔유물이 스테인레스 스틸판에 배열되면 건조되기 전 초분광 반광 이미지 시스템을 이용하여 초분광 이미지를 획득한다. 그리고 24시간 후, 건조된 상태의 내장 및 양계 잔유물의 초분광 이미지를 다시 획득하였다.

나. 초분광 이미지 시스템

연구에 이용된 초분광 이미지 시스템의 개략도는 오른쪽 그림과 같다. 스텝 모터에 의해 대상물이 이동을 하는 동안 대상물의 반사광은 라인별로 렌즈와 스펙트로그래프를 통과하게 된다. 렌즈를 통과한 반사광은 PGP 스펙트로그래프부분을 지나면서 스펙트럼 정보를 생성하여 CCD카메라에 저장된다. 사용된 스펙트로그래프로부터 구해진 스펙트럼



은 약 4.5nm의 간격으로 425.7nm에서 951.2nm의 범위로 구성된다. 대상물을 조사하는 광원으로서는 할로겐램프와 fiber optic선으로 구성된 두 개의 line light를 이용하였다. 전체 시스템의 인터페이스는 MS 비주얼 베이직 소프트웨어를 이용하여 개발하였다. 이미지는 16비트 Binary 형식의 파일로 저장하여 차후 이미지 프로세싱에 사용하였다. 상대 반광값(R)의

산출에 필요한 기준값 설정을 위해 표면이 매끈한 흰색 기준 반사판을 사용하였다. 개별 픽셀의 R값은 아래의 공식과 같이 구한다.

$$R_i = \frac{RS_i - RD_i}{RR_i - RD_i} \times 100, \text{ 여기서 } RS, RD, \text{ 그리고 } RR \text{ 은 개별 픽셀별 대상물 이미지, 암흑}$$

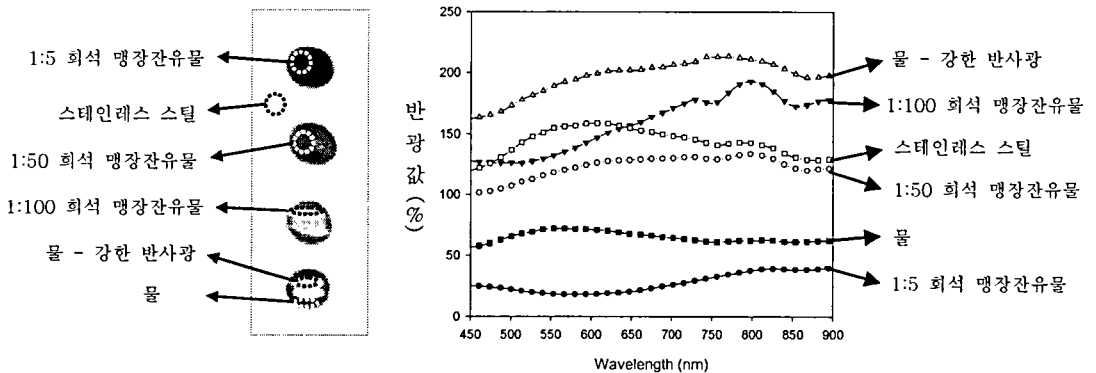
상태의 이미지, 그리고 기준 흰색판 이미지의 반광값이다.

다. 이미지 프로세싱

획득된 초분광 이미지는 Matlab 소프트웨어를 이용하여 프로세싱을 하였다. 이미지의 용량과 노이즈를 줄이기 위해 픽셀을 3×3으로 binning하였다. 각 이미지 픽셀의 스펙트럼 정보들을 이용하여 유기물질과 비유기물질 그리고 내장 잔유물과 양계 잔유물을 구별할 수 있는 최적 파장대와 문턱값(threshold)을 구하였다. 편향오차를 줄이기 위해 구별하고자 하는 대상물의 스펙트럼 숫자를 동일하게 하되 무작위로 선정하였다. 전체 스펙트럼 수의 80%를 calibration에 20%를 validation에 이용하였다.

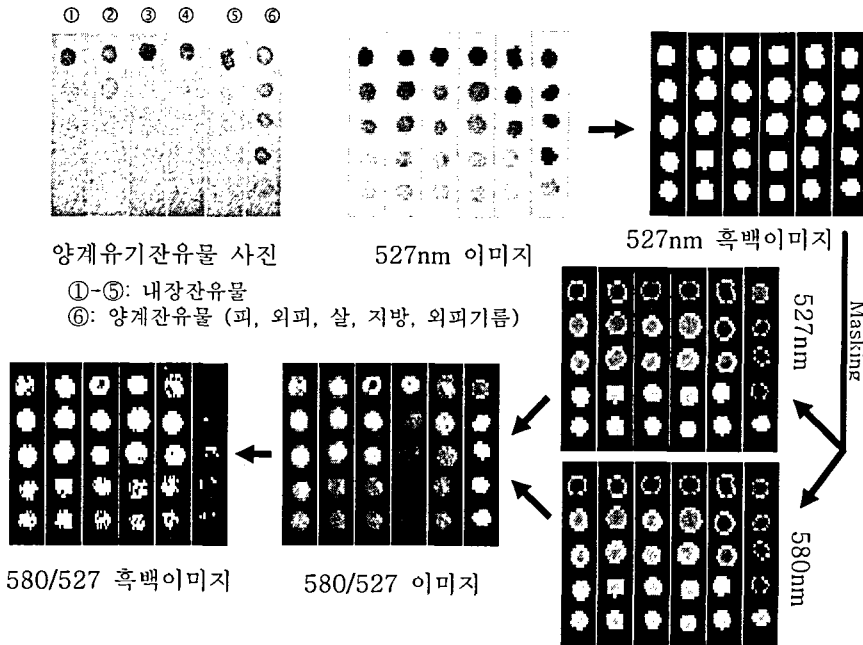
3. 결과 및 고찰

스테인레스 표면에 있는 맹장 잔유물의 469nm 이미지와 이미지에서의 각기 다른 부분의 평균 반광 스펙트럼을 아래의 그림에 나타내었다. 잔유물이나 물에서 반사가 강한 경우에는 상대 반광값이 100%가 넘는다. 이러한 현상은 거울이나 물방울에서 빛이 반사가 되는 경우에 흔히 볼 수 있는 현상으로 입사광의 대부분이 반사가 되기 때문에 매우 높은 반광값을 보이게 된다.



정확도를 기준으로 건조되지 않은 유기 잔유물과 비유기 물질인 스테인레스 스틸과 물은 895nm/469nm의 두 파장의 비를 사용했을 때 가장 잘 구분이 되었으며, 유기물중 내장 잔유물과 양계 잔유물은 580nm/527nm의 파장비를 사용했을 때 가장 잘 구분이 되었다. 유기 잔유물이 건조가 되었을 때는 비유기 물질인 스테인레스 스틸과 한 개의 파장(527nm)만으로

도 99.8%의 정확도로 구분이 되었으며, 건조된 내장 잔유물은 580nm/527nm의 파장비로 양계 잔유물과 가장 잘 분리가 되었다. 분석을 통해 구한 값으로 건조된 유기 잔유물에 대해 이미지 프로세싱 한 결과를 아래의 그림에 나타내었다. 총 3개의 파장 이미지로 건조된 내장 잔유물을 효과적으로 검출할 수 있음을 볼 수 있다.



4. 요약 및 결론

다분광 반광이미지를 이용하여 가공기계 표면에 존재하는 양계의 내장 잔유물 검출시, 두 개의 파장의 비를 이용하면 정확도를 보다 높일 수 있었다. 또한 잔유물이 건조되었을 때, 건조되지 않은 잔유물보다 보다 더 정확하게 검출되었다. 본 연구의 결과는 최대 4개의 파장으로 이루어진 간단하고 경제적인 착용용 혹은 휴대용 다분광이미지 시스템을 구성하는데 기초자료가 될 수 있으리라 판단된다.

5. 참고문헌

1. Cody, S.H., Glynn, M.K., Farrar, J.A., Cairns, K.L., Griffin, P.M., Kobayashi, J., Fyfe, M., Hoffman, R., King, A.S., Lewis, J.H., Swanminathan, B., Bryant, R.G., Vugia, D.J., 1999. An outbreak of Escherichia coli O157:H7 infection from unpasteurized commercial apple juice. *Ann. Intern. Med.* 130, 202-209.
2. Mead, P.S., Slutsker, L., Dietz, V., McCaig, L.F., Bresee, J.S., Shapiro, C., Griffin, P. M., Tauxe, R.V., 1999. Food-related illness and death in the United States. *Emerging Infectious Diseases.* 5, 607-625.
3. 식품의약품안전청, 2006. 집단식중독 발생현황.