

HSI 컬러 공간과 자동 이치화 기법을 이용한 닭 도체 피멍 검출 알고리즘 개발

구혜란¹, 이호영², 조성호^{3*}

¹성균관대학교 바이오메카트로닉스학과, ²한국폴리텍대학 메카트로닉스학과, ³한국폴리텍대학 AI 자동화과

Development of Chicken Carcass Bruise Detection Algorithm Using Automatic Threshold and HSI Color Space

Hyeran Koo¹, Ho-young Lee², Sung-Ho Cho^{3*}

¹Dept. of Bio-Mechatronic Engineering, Sungkyunkwan University

²Dept. of Mechatronics Engineering, Korea Polytechnics

³Dept. of AI Smart Automation, Korea Polytechnics

요약 본 연구는 가금류 산업 내에서 닭고기의 품질 평가를 향상하기 위해 기계 시각 시스템 알고리즘을 개발하였다. 충분하지 않은 방혈로 멍, 변색, 혈종과 같은 문제점들이 닭고기의 신선도와 시장 가치를 저하시키는 주요 요인으로 논의 되어 왔다. 따라서, 본 연구에서는 카메라를 이용한 닭 도체 피멍 검출 시스템 및 알고리즘을 개발하였다. HSI 색상 공간, 비등방성 확산 필터, Otsu의 이치화 알고리즘을 활용하여 멍을 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 이 시스템을 이용하여 멍이 있는 닭 도체 30마리와 멍이 없는 닭 도체 10마리를 대상으로 멍 부위를 추출하였고, 추출 여부 및 멍 부위를 육안으로 평가 및 비교하였다. 실험 결과 닭고기 멍 검출에서 100%의 정확도를 나타냈다. 이 기술적 해결책은 가금류 산업에서의 품질 관리 및 생산효율 향상에 이바지할 것으로 기대되며, 산업 경쟁력과 소비자 만족도 향상에도 이바지할 것으로 예상된다.

Abstract This research focused on developing a machine vision system algorithm to enhance the quality assessment of chicken carcasses, particularly within the poultry industry. Issues, such as insufficient bleeding leading to bruising, discoloration, and blood clots, are discussed as key factors that degrade the freshness and market value of poultry. The study proposes an algorithm utilizing HSI color coordinates, an anisotropic diffusion filter, and an Otsu thresholding algorithm to detect bruises, demonstrating 100% accuracy in chicken bruise detection in the experimental results. This technological solution is expected to contribute to quality management and production efficiency improvement in the poultry industry, enhancing competitiveness and consumer satisfaction.

Keywords : Chicken Carcass, Segmentation, Quality Grade, Computer Vision, Poultry Meat Quality

1. 서론

경제협력개발기구(OECD, Organization for Economic Co-operation and Development)와 식량농업기구(FAO, Food and Agriculture Organization)는 2030

년까지 세계 육류 소비에서 가금류 고기가 차지하는 비중이 52%까지 커질 것으로 전망했으며, 닭고기 소비 증가는 돼지고기, 소고기의 약 3.6배이다[1]. 국내 닭고기 시장도 2014년 이후 꾸준한 성장을 보이고 있으며, 2020년 기준 전체 가구의 약 70.8%가 주 1회 이상 닭고

*Corresponding Author : Sung-Ho Cho(Korea Polytechnics)

email: crash0218@daum.net

Received November 21, 2023

Accepted February 6, 2024

Revised December 13, 2023

Published February 29, 2024

기를 소비하고 있다[2].

닭 도체 품질 등급 판정기준은 외형이 좋을수록 높은 등급을 받으며, 평가 항목으로는 신선도, 외관, 살 붙음, 지방, 외상 등이 있다[3]. 특히 신선도 평가에서 방혈이 충분히 이루어져 있는지에 대해 평가하고 있다. 방혈이 충분히 이루어지지 않으면 닭 표면에 멍이 발생할 수 있고, 이는 신선도와 연관이 있기 때문이다[4]. 채 등[5]은 가금류 기절 시 주로 발생하는 필렛 표면의 눈에 띄는 결합, 즉 변색과 혈종이 육류 품질과 상품 가치를 현저히 저하시키는 요인이라고 했으며, 이를 위한 시스템 구축이 필요하다고 하였다. 가금육의 색상이나 유통기한은 실제로 닭고기 소비 결정에 매우 중요한 요소이며, 소비자들이 닭고기를 선택할 때, '신선도'를 가장 중요한 요소로 꼽았고, 닭 도체 품질 등급 평가 시 멍의 부위에 따라 등급이 달라질 수 있어 멍의 위치도 중요하다.

닭 도체 품질 등급 판정은 전수 판정법과 표본판정 방법으로 나뉘는데, 전수 판정법은 고비용, 장시간 소요, 떨어지는 생산성 등의 문제로 신선도에 영향을 미칠 수 있지만, 멍이 없는 고품질의 닭을 소비할 수 있다는 장점이 있다. 반면, 표본판정법은 빠른 조사가 가능하지만, 멍든 닭이 그대로 시장에 나올 수가 있다는 단점이 있다. 또한 닭 품질 등급 판정은 축산물 등급 판정사의 시각적 판단에 의존하고 있으며, 시각적 판단은 주관적이고 피상적인 요소에 영향을 받을 수 있으므로 품질 평가의 객관성을 보장하기 어렵다.

따라서 피멍 없는 닭 도체를 빠른 시간에 전수 판정하는 것이 가장 좋으므로, 본 연구에서는 영상처리 기술을 활용하여 피멍 자동 검출 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 닭고기의 외관 이미지를 분석하여 피멍의 존재 여부 및 위치를 신속하고 정확하게 판단할 수 있다. 이를 통해 피멍으로 인한 품질 저하를 최소화하고, 품질 평가의 객관성과 효율성을 향상할 수 있을 뿐만 아니라 닭 도체의 전수조사도 짧은 시간 안에 가능하다.

본 연구는 닭 도체의 피멍을 검출하기 위한 알고리즘을 제안한다. 먼저 카메라를 이용하여 이미지를 획득하고, 획득한 이미지의 색상정보, 이치화, 노이즈를 제거하여 닭 도체의 피멍을 검출하는 알고리즘을 개발하였다. 개발한 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 닭 도체 40마리를 대상으로 피멍을 부위별로 검출하였고, 피멍의 유무 및 부위를 육안으로 확인한 후 시스템의 검출 결과와 비교 평가하였다.

2. 연구방법

닭 도체 피멍 검출은 크게 세 단계로 나누었다. 1단계에서는 닭 도체의 이미지를 획득하고, 2단계에서는 획득한 이미지로 닭 도체 부분과 피멍 부분을 각각 검출하고, 3단계는 2단계에서 추출한 두 이미지를 합성하여 닭 도체 어느 부위에 멍이 있는지 추출한다. 추출한 피멍은 육안으로 확인한 피멍의 유무 및 부위와 비교하여 정확도(Accuracy), 정밀도(Precision), 재현율(Recall)을 평가하였다.

2.1 이미지 획득

외부의 조명과 빛의 간섭을 제거하기 위해 암막 천으로 둘러싸인 환경에서 고속으로 이동하는 닭 도체의 이미지를 잔상 없이 획득하기 위하여 Non-Interlace 방식의 카메라로 닭 도체 이미지를 획득하였다.

2.1.1 카메라

외부의 조명과 빛의 간섭을 제거하기 위해 암막 천으로 둘러싸인 환경에서 고속으로 이동하는 닭 도체의 이미지를 잔상 없이 획득하기 위하여 Fig. 1과 같이 Non-Interlace 방식의 카메라로 닭 도체 이미지를 획득하였다.

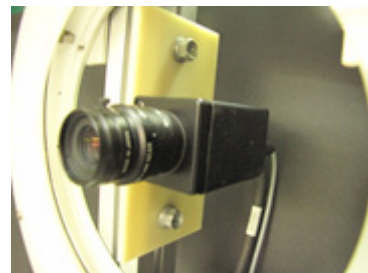


Fig. 1. 8850-CL Camera

2.1.2 조명 장치

조명 장치의 파장 특성과 대상체의 광학 특성이 카메라 이미지에 미치는 영향을 고려하였다. 본 연구에서는 Fig. 2와 같이 원형 형태의 고주파 형광등을 사용하여 균일한 조사면을 형성하였고, 집중 광 현상을 방지하기 위해 확산 판(Diffuser)을 부착하였다. 고주파 형광등은 플리커 현상이 없고, 발열이 적으면서 색 재현성이 매우 우수한 장점이 있다.

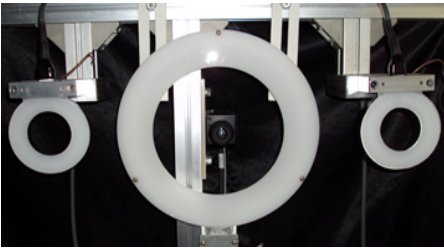


Fig. 2. High frequency Fluorescent lamp (diameter 250mm, 50mm)

2.2 닭 도체 검출

Fig. 3의 왼쪽 순서도는 닭 도체를 검출하는 순서도이다. 이 방법은 조 등[6]이 사용한 닭 도체 부위 분할 알고리즘으로, 닭 도체의 기하학적 형태의 특징점을 찾아 쉽게 닭 도체 부위를 분할 할 수 있다.

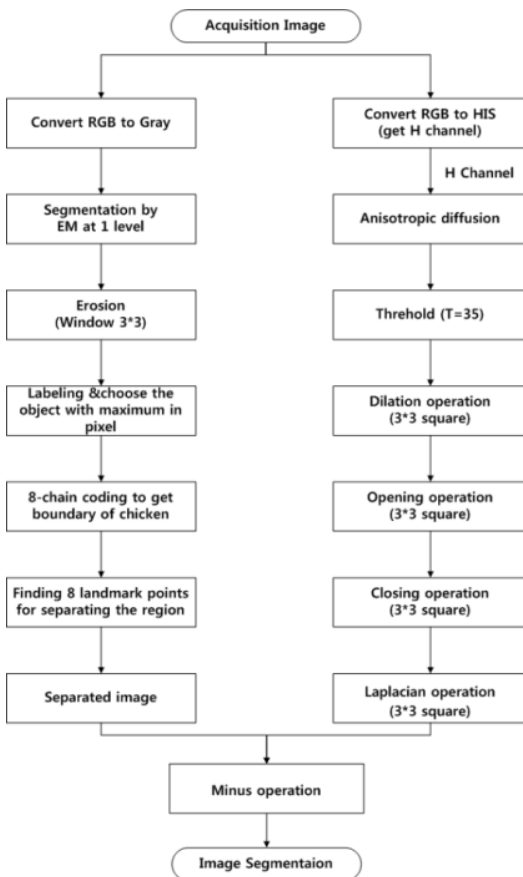


Fig. 3. Algorithm flowchart of Chicken carcass bruise detecting

Fig. 3의 오른쪽 순서도는 닭의 피멍 부분을 검출하는

순서도이다. RGB(RGB: Red, Green, Blue, 이하 RGB) 이미지를 그레이 스케일로 변환하고, EM(Expectation Maximization) 알고리즘으로 배경과 닭 도체를 이치화시켰다. 그리고 3×3으로 영상침식(Erosion)을 수행하여 노이즈를 제거했고, 여전히 남아있는 노이즈를 제거하기 위해 라벨링 알고리즘을 적용하였다.

닭 도체 부위 분할을 위해 8-방향 체인코드로 닭 도체의 외곽선을 추출하였다. 마지막으로 닭 도체의 8개의 특징 점을 찾아 닭 도체의 부위를 날개, 몸통, 다리 부위로 분할 했다[6].

2.3 닭 피멍 검출

2.3.1 색상변환

피 및 타박상에 의한 피멍을 검출하기 위해서 이미지의 RGB 색상 공간을 HSI(HSI: Hue, Saturation, Intensity, 이하 HSI) 색상 공간으로 변환하였다(Eq. 1). 디지털 영상 이미지에서 RGB 값은 빛의 양에 영향을 받으므로 사람이 색상을 인지하는 방식인 색상, 채도, 밝기(Hue, Saturation, Intensity) 좌표계로 변환하였다. HSI 좌표계는 색 공간 변환이 빠르고, 색상(Hue)은 혈색과 피부색을 구분하게 해주므로 계산량을 감소시킬 수 있다. Fig. 4는 원 이미지를 HSI로 색상평면으로 분할한 이미지이다.

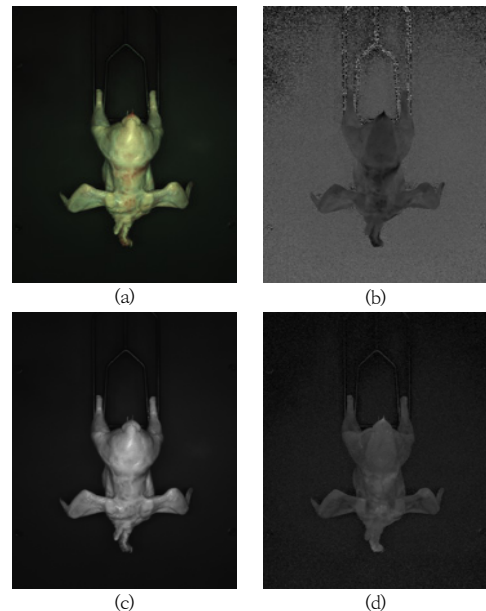


Fig. 4. Conversion from RGB color coordinate to HSI (a) Origin image (b) H-image (c) S-image (d) I-image

$$Hue = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360^\circ - \theta & \text{if } B > G \end{cases}$$

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{\frac{1}{2}}} \right\} \quad (1)$$

2.3.2 경계선 추출

피멍 부분을 검출하기 위해 HSI 색상 좌표에서 색상 정보를 가지고 있는 H값과 배경과 구분하기 위하여 전처리 과정으로 비등방성 확산 필터(anisotropic diffusion)를 사용하였다[7].

일반적으로 두 영역의 경계선의 노이즈를 제거하기 위하여 평균값 또는 가우시안 필터를 사용한다. 이들 필터는 이미지의 경계선 부분을 부드럽게 만들기 때문에 이미지가 흐려 보이는 단점이 있다. 그러나 비등방성 확산 필터는 이미지 정보를 분석하여 경계선을 유지하면서 이미지의 네 방향(12시, 3시, 6시, 9시)에 대한 필터링 정도를 다르게 결정하여, 이미지의 잡음을 효과적으로 제거한다. Fig. 5는 비등방성 확산 필터를 적용한 결과이다.

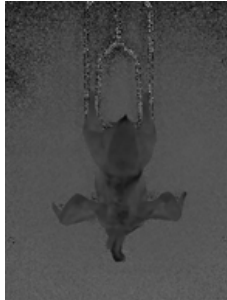


Fig. 5. Result of applying Anisotropic dilation filter

2.3.3 이치화

이치화는 입력 이미지가 배경(Background)과 객체(Object) 두 개로 구성되어 있다고 가정하고, 픽셀의 밝기값으로 구분하는 방법이다.

Fig. 6은 Fig. 5의 히스토그램 분포도이다. 본 연구에서는 배경과 객체를 구분하기 위하여 임의의 임계값(T)에 의해 나누어지는 두 픽셀 분포 그룹의 분산이 최소가 되는 최적의 임계값(T)을 선택하기 위하여 Otsu 이치화 알고리즘을 사용하였다.

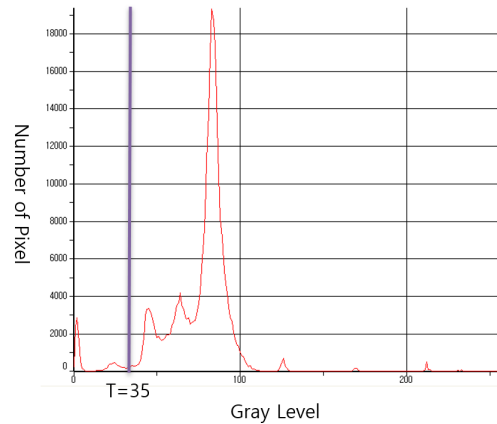


Fig. 6. Histogram distribution of Anisotropic dilation (T=35)

Fig. 7은 Otsu 임계값을 T=35로 설정하여 이치화를 수행하여, 닭 도체 내에 존재하는 피멍을 검출하였다.



Fig. 7. Result by binarization (T=35)

2.3.4 노이즈 제거

이치화를 적용한 이미지에 남아있는 노이즈를 제거하기 위해서 3×3크기의 정사각형 형태의 구성 요소인 모폴로지 기법을 사용하였다.

Fig. 8은 모폴로지 연산인 팽창(Dilation), 열림(Opening), 닫힘(Closing), 라플라시안(Laplacian)을 3×3 정사각(Square)으로 1회씩 수행한 결과 이미지이다.

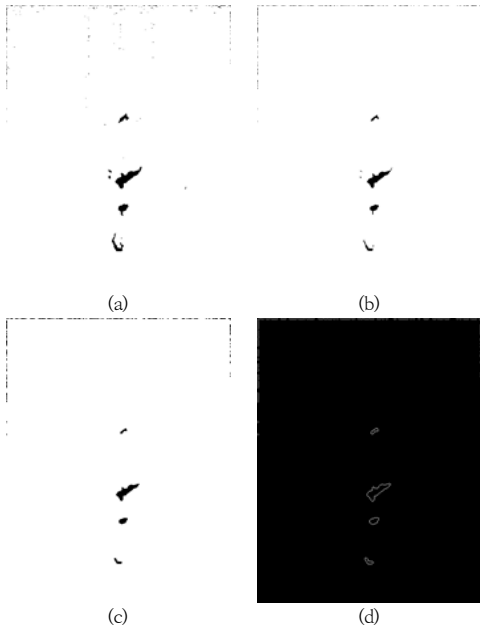


Fig. 8. Result of performing Morphology
(a) dilation (b) opening (c) closing (d) laplacian operation respectively once(3*3 square)

Fig. 9는 닭 도체 부위 분할 알고리즘 결과 이미지와 피멍 검출 알고리즘 결과 이미지를 빼기 연산(Minus Operation)을 사용하여 합성한 결과 이미지로 피멍 위치를 검출할 수 있다.

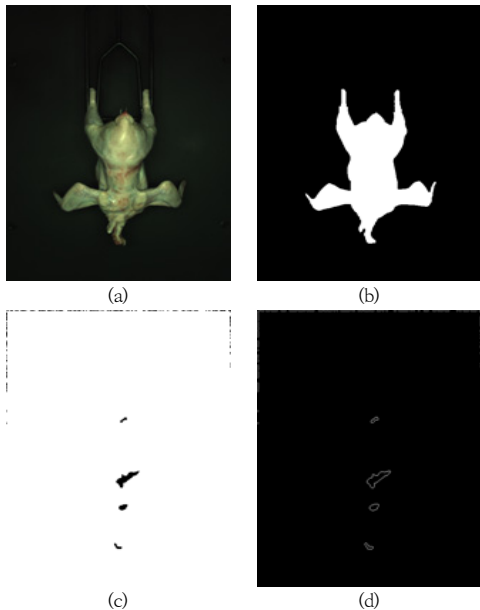


Fig. 9. Result of image composition

(a) Origin Image (b) Image after threshold (c) Blood Detection Of Image (d) Laplacian Edge detection (e) Result Image

2.4 닭 피멍 검출 평가 방법

멍이 있는 닭 도체 30마리와 멍이 없는 닭 도체 10마리를 대상으로 피멍을 검출한 결과는 육안으로 판별하여 정확도, 정밀도, 재현율로 평가하였다. 정확도, 정밀도, 재현율은 Eq. 2, Eq. 3, Eq. 4로 각각 계산하였다. 검출한 피멍의 유무 및 위치가 실제 닭 도체의 부위와 일치하는 것을 True Positive(이하 TP), 피멍이 없는데 있다고 검출된 경우를 False Positive(이하 FP), 닭 도체에 실제로 피멍이 있는데 없다고 검출된 경우를 False Negative(이하 FN), 닭 도체에 피멍이 없는데, 검출된 결과도 피멍이 없다고 나왔을 때를 True Negative(이하 TN)라고 한다.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FN + FP + TN} \quad (2)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (3)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4)$$

3. 결과

Fig. 10은 피멍이 있는 시스템에 적용한 결과 피멍을 검출한 이미지 일부이다. 닭 도체 부위 분할 알고리즘과 피멍 검출 알고리즘을 이용하여 닭 도체 부위별로 피멍을 검출할 수 있다.

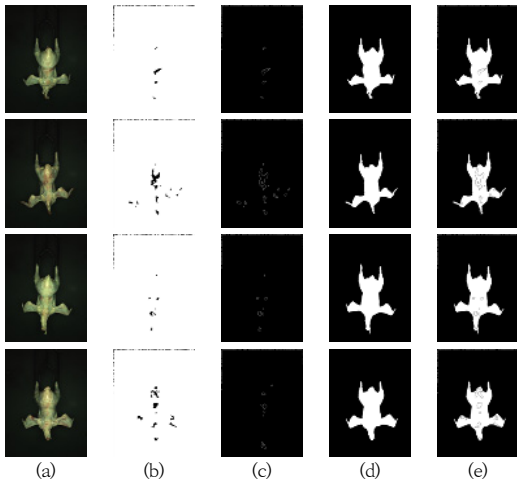


Fig. 10. Result of bruise detecting algorithm
 (a) Origin Image (b) Blood Detection Of Image (c) Laplacian Edge detection (d) Image after thresholding (e) Result Image

Table 1은 본 연구에서 제시한 알고리즘을 적용하여 닭 도체 피멍 검출한 결과이다. 닭 날개에 멍이 있는 도체 5마리, 다리에 멍이 있는 도체 3마리, 가슴에 멍이 있는 도체 20마리, 목에 멍이 있는 도체 2마리, 멍이 없는 도체 10마리를 시스템에 적용한 결과 날개, 다리, 가슴, 목 부위에 각각 5마리, 3마리, 20마리, 2마리로 멍이 검출되었다.

Table 2는 정확도, 정밀도, 재현률을 평가하기 위한 표이다. 실제 멍이 있는데 처리 결과 멍 유무 및 위치가 동일한 경우 30개, 실제 멍이 없는데 멍을 검출하지 못한 경우 10개이다. 정확도, 정밀도, 재현율 모두 1로 나왔으며, 백분율로 나타내면 모두 100% 이다.

실험에 사용한 닭 도체는 총 40마리로 피멍이 있는 30마리와 피멍이 없는 10마리에 본 연구에서 제안한 영상처리 알고리즘을 적용한 결과 정확도, 정밀도, 재현율 각각 100%로, 본 연구에서 제시한 닭 도체 피멍 검출 알고리즘이 피멍을 검출하는데 효과적임을 알 수 있다.

Table 1. The results of number of bruises detected

Spec.	Bruise Area			
	Wings	Legs	Breast	Neck
Number of carcass bruises	5	3	20	2
Number of bruises detected	5	3	20	2
Number of no bruises	-	-	-	-
Detection rate	100%	100%	100%	100%

Table 2. Confusion matrix

	Detected Positive	Detected Negative
Actual Positive	30 (TP)	0 (FN)
Actual Negative	0 (FP)	10 (TN)

4. 결론

이 연구에서는 닭 도체의 피멍을 자동으로 검출하는 시스템을 개발하였다. 닭 도체의 피멍은 소비에 영향을 미칠 뿐만 아니라, 신선도에도 영향을 미치는 중요한 요인이다. 특히 닭 도체 품질 등급 시 피멍의 부위에 따라 등급이 달라질 수 있으므로 부위에 따른 멍의 위치를 검출하도록 하였다. 영상 자동화시스템을 적용한 피멍 검출 결과 멍의 유무 및 부위를 100% 검출하였다. 피멍 자동 검출 시스템은 빠른 시간에 멍을 검출할 수 있으므로, HACCP에 따른 닭고기 전수 검사 공정의 자동화를 추진 하는데 기반이 될 수 있다.

본 연구는 상품성을 유지하면서 품질 정보를 정량적으로 획득하고 종합적으로 분석하여 품질 규격을 결정할 수 있는 알고리즘 개발하였다. 특히, 비파괴 기술 중 하나인 영상 기술을 활용하여 등급별 자동 전수 선별이 가능하게 함으로써 멍든 닭 도체로부터 정상적인 도체가 2차 감염되는 것을 예방할 수 있다. 이는 식품 안전성과 품질 유지에 중요한 역할을 한다. 특히, 온라인 도계 품질 등급 자동화 시스템에 필요한 알고리즘 개발로 개체 관리를 향상하고, 닭고기 유통 질서를 체계화하는 데에 크게 이바지할 것으로 기대된다. 향후 온라인 도계 품질 등급 자동화 시스템은 제품의 생산부터 유통까지의 전 과정에서 실시간으로 품질을 모니터링하고 관리함으로써 효율성을 향상하며 소비자에게 안전하고 품질 좋은 제품을 제공할 수 있도록 도와줄 것으로 기대된다.

향후 본 시스템을 현장에 적용하여 효율성을 검증할 필요가 있다.

References

- [1] OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030. OECD Publishing, Paris/Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- [2] H. O. Bae, Survey of Judges' status and perception. Press release. Rural Development Administration,

Korea, 1.

- [3] Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs act 2020-112, Agricultural and Fishery Products Quality Control act. (2020).
<https://www.law.go.kr/%ED%96%89%EC%A0%95%EA%B7%9C%EC%B9%99/%EC%B6%95%EC%82%B0%EB%AC%BC%20%EB%93%B1%EA%B8%89%ED%8C%90%EC%A0%95%20%EC%84%B8%EB%B6%80%EA%B8%B0%EC%A4%80>
- [4] H. S. Chae, Y. M. Yoo, S. G. Jeong, J. S. Ham, C. N. Ahn, A. R. Jang, H. S. Yoo, "Effect of Holding Time of Broiler at Slaughter House on Color, PSE, Appearance of Chicken Meat", *Korea Journal of Poultry Science*, Vol.35, No.2, pp.177-182, 2008.
 DOI: <https://doi.org/10.5536/KJPS.2008.35.2.177>
- [5] J. H. Choe, J. C. Lee, C. U. Jo, "Relationship between the Economical Defects of Broiler Meat Carcass and Quality Grade A with a Meat Grader", *Food Science of Animal Resources*, Vol.29, No.4, pp.494-499, 2009.
 DOI: <http://doi.org/10.5851/kosfa.2009.29.4.494>
- [6] S. H. Cho, H. J. Lee, J. H. Hwang, S. Choi, H. Y. Lee, "Development of Chicken Carcass Segmentation Algorithm using Image Precessing System", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol.22, No.3, pp.446-452, 2021.
 DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.3.446>
- [7] Y. H. Seoung, "Image Quality Improvement in Computed Tomography by Using Anisotropic 2-Dimensional Diffusion Based Filter", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol.10, No.1, pp.45-51, 2016.
 DOI: <https://dx.doi.org/10.7742/jksr.2016.10.1.45>

이 호 영(Ho-Young Lee)

[정회원]



- 2004년 8월 : 아주대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2012년 2월 : 서울대학교 대학원 바이오시스템공학과 (공학박사)
- 2020년 2월 ~ 현재 : 한국폴리텍 대학 인천캠퍼스 메카트로닉스학과 교수

<관심분야>

컴퓨터비전, 인공지능, 분광학, 초분광영상처리

조 성 호(Sung-Ho Cho)

[정회원]



- 2004년 2월 : 성균관대학교 대학원 바이오메카트로닉스학과 (공학석사)
- 2011년 8월 : 성균관대학교 대학원 바이오메카트로닉스학과 (공학박사)
- 2019년 2월 ~ 현재 : 한국폴리텍 대학 성남캠퍼스 AI자동화과 교수

<관심분야>

컴퓨터비전, 영상인식, 공장자동화

구 혜 란(Hyeran Koo)

[정회원]



- 2006년 8월 : 성균관대학교 대학원 바이오메카트로닉스학과 (공학석사)
- 2009년 2월 : 성균관대학교 대학원 바이오메카트로닉스학과 (수료)
- 2020년 3월 ~ 현재 : 생명공학연구원 박사과정

<관심분야>

인공지능, 자동화시스템