

이미지 기반 한우 등급 판별 자동화 알고리즘 구현

김민지¹, 오준석², 전은채³, 권용현⁴, 김영균⁵

¹강원대학교 농업생명과학대학 식물자원응용과학전공

²강원대학교 문화예술공과대학 배터리융합공학과

³강원대학교 사범대학 역사교육과

⁴한양대학교 공과대학 데이터사이언스전공

⁵융합소프트웨어랩

applecate44@gmail.com, hnj08168@gmail.com, spring020507@gmail.com

mrkyh380@hanyang.ac.kr, ygkim-2004@hanmail.net

Implementation of an Image-based Korean Beef Grade Discrimination Automation Algorithm

Minji Kim¹, Junseok Oh², Eunchoe Jeon³, Yonghyun Kwon⁴, YoungGyun Kim⁵

¹Dept. of Applied Plant Sciences, Kangwon National University

²Dept. of Battery Convergence Engineering, Kangwon National University

³Dept. of History Education, Kangwon National University

⁴Dept. of Data Science, Hanyang University

⁵Convergence Software Lab

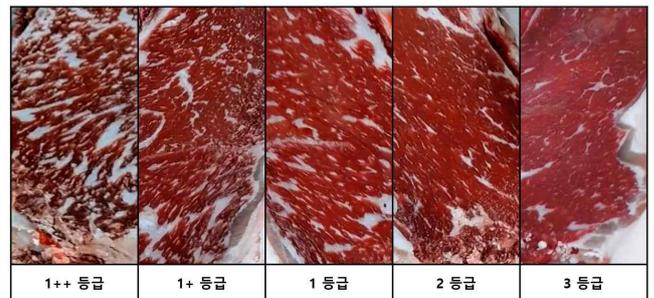
요 약

한국의 육류 소비량이 늘어감에 따라 한우의 수요 및 공급도 점차 늘어가고 있다. 한우는 육질 등급(QG)과 육량 등급(YG)으로 나누어 판별되며 근내지방도, 고기 색, 지방색, 조직감, 성숙도, 도체 중량, 배최장근 단면적, 등지방두께 등 여러 항목을 고려한다. 현재는 주로 등배근을 맨눈으로 확인하는 수동 판별 방식이 사용된다. 하지만 평가사가 정확하게 판단하기 어렵고, 작업자의 부주의로 인한 육류의 오염 등 시간과 비용의 문제점이 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점들을 한우 등급 판별 자동화로 해결하기 위해 한우의 등심 단면 이미지를 활용하여 등배근의 근내지방도를 산출하고 한우 등급을 자동 판별하는 알고리즘을 구현하였으며 평균 정확도는 79.2%를 달성하였다.

1. 서론

1990년부터 2014년까지 한국에서의 1인당 한우 평균 소비량은 6.7kg에서 11.5kg으로 증가하였다. 한국축산물품질평가원(KAPE)의 추적 시스템에 따르면 한우 수는 2005년 180만 마리였으나 2017년 260만 마리로 증가했다[1].

소고기 소비량의 증가에 따라 한우의 등급 판별의 중요도 또한 커지고 있다[2]. 한국의 도체 등급 체계는 품질 등급(QG)과 수량 등급(YG)으로 구성되어 있는데, 품질 등급은 그림 1과 같이 5가지 값(1++, 1+, 1, 2, 3)으로 나뉘며 수량 등급은 3가지 값(A, B, C)이 있다[3]. 특히 육질 등급은 소 도체 흉추 제13번에서 요추 제1번 사이를 절개한 배최장근 단면의 근내지방도, 고기 색, 지방색, 조직감, 성숙도를 기반으로 판정한다. 현재 대한민국에서 한우 도체의 육질 등급 측정 위치인 흉추 13번 위치는 한우 등심육의 근내지방도를 대표할 수 있는 것으로 판단된다[4]. 이처럼 한우의 등급 판별은 사람이 등배근을 확인하고 수동으로 입력하는 방식으로 이루어진다[5]. 하지만 사람이 직접 판별하는 방식에서 발생하는 인건비 및 수작업의 비효율성과 같은 문제점을 가질 수밖에 없으며[6,7], 작업자의 부주의로 인해 육류가 오염될 위험이 있다[8]. 최근에는 이러한 문제를 보완하기 위해 AI를 이용한 자동화 시스템이 등장하고 있다[9].

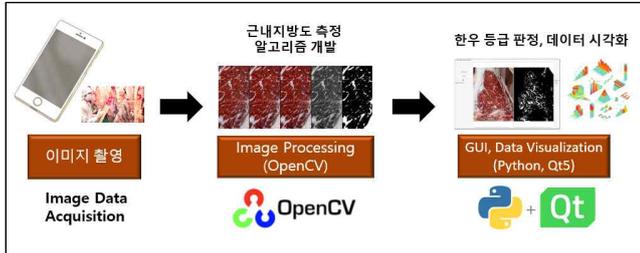


(그림 1) 등급별 한우 이미지

따라서 본 연구에서는 이미지를 이용하여 등배근의 근내지방도를 산출함으로써 한우 등심 등급 판별 자동화 알고리즘을 구현하였다. OpenCV를 활용한 본 연구를 통해 정량적 지표로 등급 평가가 가능하다는 점에서 기존의 한우 판별 방식과는 차별점을 가지며 한우 품질에 대한 신뢰도를 높일 수 있다. 추후 연구에서 한우 등심뿐만 아니라 다양한 종류와 범위의 육류 등급 판별 자동화에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구는 그림 2와 같은 처리 과정을 거친다. 우선, 디지털 이미지 센서를 통해 획득한 RGB 영상과 오픈소스 컴퓨

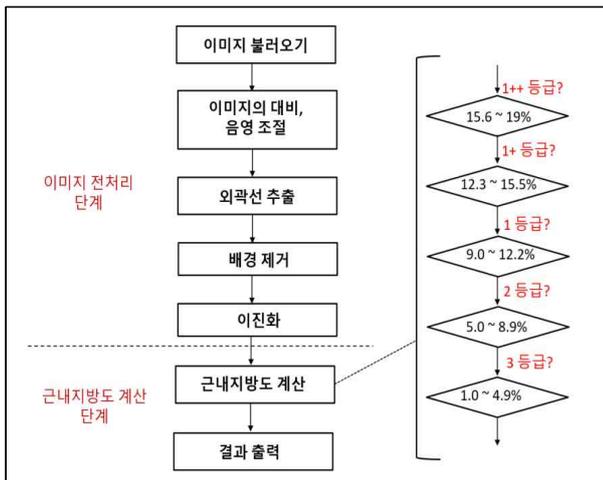
터비전 라이브러리인 OpenCV를 결합하여 근내지방도 측정 알고리즘을 개발하였으며, Python과 PyQt5를 사용하여 개발된 알고리즘으로 처리한 결과로 데이터 시각화를 진행하였다.



(그림 2) 본 연구의 전체 흐름도

2. 한우 등심 등급 판별 자동화 알고리즘 구현

한우 등심 등급 판별 자동화 알고리즘은 OpenCV 4.6.0을 사용하여 구현하였으며, AI 허브 ‘축산물 품질(QC) 이미지’ 등급별 50장을 데이터로 사용하였다[10]. 알고리즘의 전체적인 흐름은 그림 3과 같다.

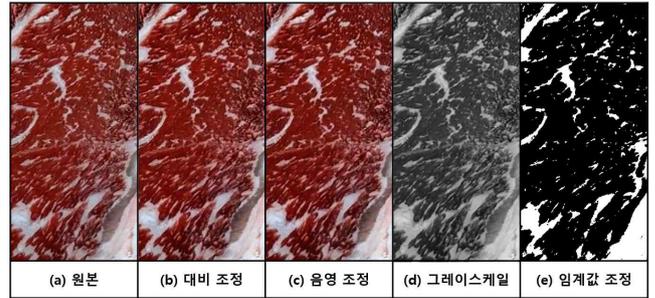


(그림 3) 알고리즘 전체 흐름도

등배근 단면 이미지를 불러온 후, 이미지 분석을 위해 일련의 전처리 과정을 거쳐 면적이 큰 순서대로 정렬하여 가장 큰 영역을 선택한다. 이를 그레이스케일로 변환하고 이진화하여 근내지방도(%)를 계산한다. 마지막으로, 품질등급 기준에 따라 해당 데이터의 마블링과 등급을 결정한다.

2.1. 이미지 전처리

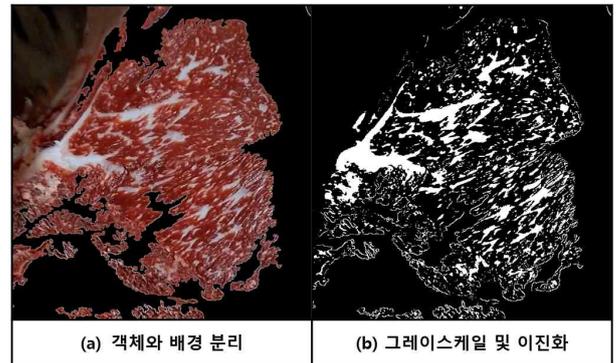
등배근 단면 이미지를 불러온 뒤 대비와 음영을 조정하고 그레이스케일로 변환하였다. 이후 이진화를 수행하고(그림 4), 그레이스케일로 변환한 결과물에 침식(Erosion)과 팽창(Dilation)을 반복하는 Opening 과정을 통해 노이즈를 제거하였다. 이러한 과정을 반복함으로써 이미지에서의 작은 이물질들을 제거하고 명확한 윤곽을 얻어낼 수 있다. 위 과정은 알고리즘의 정확도와 안정성을 높이기 위한 과정으로서 중요하다.



(그림 4) 이미지 전처리 과정

2.2. 근내지방 분포 정도 측정

전처리한 이미지에서 육질 영역의 외곽선을 추출하여 배경과 객체를 분리했다. 지방 면적을 측정하기 위해 객체 이미지에 다시 그레이스케일 및 이진화를 적용하였으며(그림 5), 이를 통해 객체 이미지의 전체 픽셀 수 대비 지방(흰색)의 픽셀 수 비율을 계산하였다. 기준에 따라 마블링 및 등급을 판독하여 결과를 출력했다. 본 알고리즘에서 근내지방도는 아래 식을 통해 계산하였으며, 이는 배최장근 단면의 흰색 지방 면적을 붉은색 전체 배최장근 단면 면적으로 나눈 값으로 정의하였다(식 1).

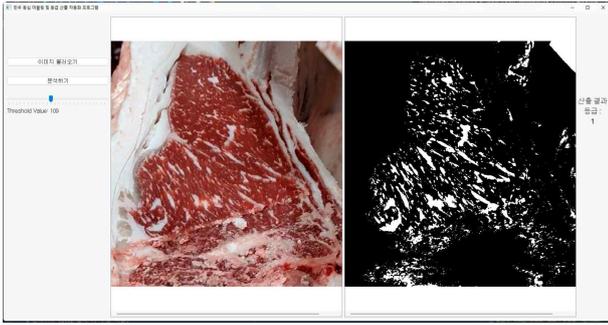


(그림 5) 객체 분리와 이진화

$$\text{근내지방도} = \frac{\text{배최장근 단면 지방면적(흰색)}}{\text{전체 배최장근 단면면적(붉은색)}} \quad (1)$$

2.3. GUI 구현

본 알고리즘의 결과를 신속하게 산출하고 시각화하기 위해 GUI(Graphical User Interface)를 구현하였다. Python 3.9.7 환경에서 PyQt5 라이브러리를 활용했다(그림 6). 먼저, 메인 창의 ‘이미지 불러오기’ 버튼을 통해 사용자는 좌측 그래픽스 뷰에 이미지를 불러올 수 있다. 이미지를 불러온 후 필요에 따라 슬라이드 바를 조절하여 임계값을 설정하고, ‘분석하기’ 버튼을 누르면 분석이 실행되며 우측 그래픽스 뷰에서 분석된 이미지를 확인할 수 있다. 이때 등급 산출 결과는 화면의 우측에 표시된다. 마지막으로, ‘이미지 저장’ 버튼을 클릭하여 원하는 경로에 이미지를 저장할 수 있으며, 저장된 이미지의 오른쪽 하단에는 분석된 등급의 수치가 표기된다. 본 GUI를 통해 사용자는 분석하고자 하는 이미지를 한눈에 확인하고 결과를 쉽게 파악할 수 있다.



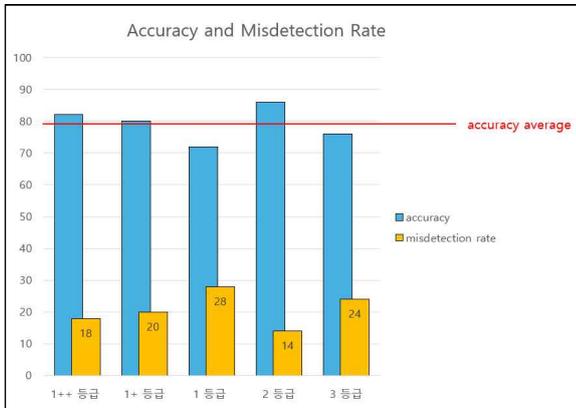
(그림 6) 한우 등급 판별 자동화 프로그램

3. 실험 결과

본 연구에서는 한우 등심의 이미지를 사용하여 근내지방도를 계산하고 등급을 자동으로 판별하는 알고리즘을 개발하였다. 1++등급에서 3등급까지의 평균 정확도는 79.2%로 나타났다.

<표 1> 등급별 검출 결과

	Detection	Misdetction	Accuracy
1++ 등급	41	9	82%
1+ 등급	40	10	80%
1 등급	36	14	72%
2 등급	43	7	86%
3 등급	38	12	76%



(그림 7) 등급별 정확도

근내지방도 및 등급 산출의 정확도를 평가하기 위해 간이 검증을 수행하였다(표1). 연구에 사용한 등급별 사진 50장에서 각 등급에 대해 올바르게 검출된 개수를 백분율(%)로 계산한 결과, 2등급의 경우 43장이 검출되었으며 이 중 7장이 오검출되어 86%의 가장 높은 정확도를 보였으며, 1++ 등급의 경우 41장이 검출되었고 9장이 오검출되어 82%의 정확도를 보였다. 1+ 등급의 경우 40장이 검출되었고 10장이 오검출되어 80%의 정확도를 보였고, 3등급의 경우 38장이 검출되었으며 12장이 오검출되어 76%의 정확도를 보였다. 마지막으로, 1등급의 경우 36장이 검출되었으며, 14장이 오검출되어 72%의 가장 낮은 정확도를 보였다(그림 7).

4. 결론

본 연구에서는 OpenCV를 활용하여 입력된 한우의 등배근 단면 이미지를 분석하여 한우 등심의 근내지방도를 자동 산출하고 이를 기반으로 한우 등급을 판별하는 자동화 알고리즘을 구현하였다. 등급별 정확도는 1++에서 3등급 순으로 각각 82%, 80%, 72%, 86%, 76%로 나타났으며, 마블링 및 등급을 판별하는 과정에서 정확도가 다소 떨어지는 문제점을 발견할 수 있었다. 각 등배근의 단면은 각각 다른 형태를 가지기 때문에 OpenCV를 이용하여 외곽선 검출 시 등배근을 감싸고 있는 두꺼운 껍질과 지방을 완전히 배제하기에 다소 어려움이 있었다. 이진화를 했을 때 근내 지방의 비율이 극단적으로 달라지는 문제가 발생하였다. 후속 연구에서는 독자적으로 더 많은 양의 데이터를 확보하고, 등심뿐만 아니라 양지, 안심 등의 다른 부위를 다룸으로써 본 알고리즘의 정확도를 높이고 활용범위를 확대할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- [1] Ki Yong Chung and others, Current situation and future prospects for beef production in South Korea, Asian-Australas J Anim Sci, Vol. 31, No. 7:951-960, Pages 951-960, 2018
- [2] Collins Wakholi and others, Nondestructive estimation of beef carcass yield using digital image analysis, Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 194, No. 106769, 2022
- [3] Chandima Gajaweera and others, Assessment of carcass and meat quality of longissimus thoracis and semimembranosus muscles of Hanwoo with Korean beef grading standards, Meat Science, Vol. 160, No. 107944, Pages 1-10, 2020
- [4] 이철우, 이한현, 백준오, 박준규, 정사무엘, 조철훈. 한우 등심의 위치별 조지방 함량 및 근내지방도 비교, Korean Journal of Agricultural Science, Vol. 42, No. 1, Page. 47-51, 2015
- [5] Collins Wakholi and others, Economic Analysis of an Image-Based Beef Carcass Yield Estimation System in Korea, Animals, Vol. 12, No. 1:7, Pages 1-17, 2022
- [6] He Zhu and others, Development and Effect Verification of Beef Cattle Carcass Grading Camera Equipment System, Frontiers in Business, Economics and Management, Vol. 12, No. 1, Pages 54-66, 2023
- [7] Zhenjie Xiong and others, Recent developments of hyperspectral imaging systems and their applications in detecting quality attributes of red meats, Journal of Food Engineering, Vol. 132, Pages 1-13, 2014
- [8] Ian de Medeiros Esper and others, Robotisation and intelligent systems in abattoirs, Trends in Food & Science, Vol. 108, Pages 214-222, 2021
- [9] Saleh Shahinfar and others, Prediction of marbling score and carcass traits in Korean Hanwoo beef cattle using machine learning methods and synthetic minority oversampling technique, Meat Science, Vol. 160, No. 107997, Pages 1-17, 2019
- [10] 축산물 품질(QC) 이미지, AI 허브, 2020, <https://aihub.or.kr/aihubdata/data/view.do?currMenu=115&topMenu=100&dataSetSn=158>