



The Food and Life has published all type articles such as research articles, review articles, survey articles, research note, short communication or editorial since 2020. It covers the all scientific and technological aspects of food and life science.

<https://www.foodnlife.org>



식육 및 식육가공품의 품질기반 프로토콜 연구

신동민[†], 김태경[†], 이재훈, 김범근, 차지윤, 최윤상*

한국식품연구원 가공공정연구단 연구원

Study on quality-based protocol for meat and meat products

Dong-Min Shin[†], Tae-Kyung Kim[†], Jae Hoon Lee, Bum-Keun Kim, Ji Yoon Cha, Yun-Sang Choi*

Research Group of Food Processing, Korea Food Research Institute, Wanju 55365, Korea

Abstract

In this study, the protocol of quality analysis method of meat and processed meat products was conducted to be used in the development of various products. Meat and processed meat products have many considerations when analyzing the quality compared with other food groups. The determinants of meat quality are pH, meat color, water holding capacity, age, fatty acid composition, marbling, and lipid oxidation. The quality determinants of processed meat products differed from product to product, so whole meat products and ground meat products were analyzed separately. The quality-based protocol was analyzed for whole meat products as representative ham products and for pulverized meat products as sausages. The quality characteristics of ham are measured by pH, color, water holding capacity, physical properties, fatty acid composition, lipid acidity, curing yield, cooking loss, gel-forming ability (dynamic viscosity), textural properties, residual nitrite, flavor component analysis, and product yield. The quality characteristics of sausages are almost similar to the analysis of ham, and emulsion stability and scanning microscope are measured. Therefore, it is possible to analyze the quality of meat and processed meat products through appropriate tests for each product as a quality-based protocol study.

Keywords: meat, processed meat product, quality-based protocol, analysis techniques

서론

인간의 삶을 영위하기 위하여 다양한 생리적 기능을 충족시켜야 하며(Kim et al., 2016), 이러한 생리적 기능을 유지하기 위해서 가장 중요한 영양소는 단백질원이다(Zhang et al., 2010). 특히 단백질 섭취는 건강의 유지 측면에서 중요한 요소이며(Jung et al., 2021), 다양한 종류의 단백질원을 충분히 섭취하여야 한다. 가장 대표적인 단백질원인 식육 및 식육가공품은 풍부한 양질의 필수아미노산이 포함되어 있을 뿐만 아니라, 철분과 비타민이 다량 포함되어 있다(Jeong and Jo, 2018).

식육은 동물성 단백질을 식품으로 공급하는 전통적인 축산업에서 획득할 수 있는 가축의 살코기이며(Lee, 2004), 식육가공품은 식육을 절단, 염지, 가열, 유화, 및 훈연 등의 일련의 공정으로 제조된 가공식품을 말한다(Lee, 1994).

양질의 식육을 얻기 위해서는 식육의 원료가 되는 가축의 사

양관리 및 도축 공정이 중요하며(Park et al., 2003), 사양관리의 상태에 따라서 원료로서의 가치가 차이가 날 수 있다(Li et al., 2007). 또한 적절한 도축 공정은 식육의 이상육 발생 등 식육의 품질에 영향을 줄 수 있는 요인이다(Jung et al., 2011). 그러므로 식육의 품질은 다양한 조건에 따라 차이가 날 수 있으며, 일정한 조건의 표준화 및 균일화가 중요한 요인이다(Lee, 2014). 식육 생산에 중요한 품질 요인들은 다양한 조건에 따라 영향을 받을 수 있으며(Lee et al., 2010), 이를 컨트롤 하기 위해서는 식육의 표준화된 품질 지표를 확인할 수 있는 프로토콜(protocol)이 요구되고 있다.

또한 식육가공품은 원료인 식육뿐만 아니라, 다양한 가공공정 중의 변수에 의하여 영향을 받을 수 있으며(Yong et al., 2020), 이를 일정하게 제어할 수 있는 표준화된 분석 방법이 필요하다. 현재에는 다양한 식육가공품의 품질평가 방법을 활용

[†]These authors equally contributed to this study.

*Corresponding author : Yun-Sang Choi. Research Group of Food Processing, Korea Food Research Institute, Wanju 55365, Korea. Tel: +82-63-219-9387, Fax: +82-63-219-9076, E-mail: kcys0517@kfri.re.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>).

하고 있으나, 이에 대한 객관적이고 정확한 데이터를 얻기 위해서는 다양한 실험 방법의 장점과 단점을 파악하고 각각의 조건별 활용할 수 있는 실험방법을 명확하게 분석하고자 하였다.

따라서 본 연구에서는 식육 및 식육가공품의 품질 분석 방법의 프로토콜을 정리하고, 각각 조건에 부합하는 식육 및 식육가공품의 품질 분석 방법을 활용할 수 있도록 조사하였다.

식육의 품질 결정요인 분석 연구

식육의 품질은 다양한 요인에 의해 결정되며, 이는 내부적 요인과 외부적 요인으로 분류할 수 있다(Lee et al., 2010). 내부적 요인으로는 품종, 성별, 연령, 체중 및 근내지방도 등이 해당되며, 외부적 요인으로는 기후, 영양상태, 사육환경, 도축 과정 및 숙성과 같은 사후 처리 조건을 들 수 있다(Flores et al., 1999). 그러나 이러한 식육이 가진 풍부한 영양분은 변질되기 상당히 용이하므로, 빠르고 효율적인 품질 분석 방법이 요구된다(Cheng et al., 2015). 식육의 품질을 평가할 수 있는 요인 및 프로토콜은 Table 1과 같다.

pH

식육의 pH는 식육의 보수력을 결정하는 가장 중요한 요인으로 근원섬유 단백질의 pH가 등전점에 도달할수록 근원섬유 단백질과 물 분자 간 결합력 및 단백질 간 공간이 좁아짐에 따라 낮은 보수력을 나타낸다(Huff-Lonergan and Lonergan, 2005). 이외에도, 식육의 pH는 연도, 색도, 관능적 특성 및 미생물학적 안전성 등 광범위하게 영향을 끼친다(Lee et al., 2010).

식육의 pH는 수소이온 농도 측정이 가능한 전극이 장치된 pH 미터를 이용하여 증류수와 함께 균질된 식육 시료를 측정하거나, 최근에는 근적외선 분광광도계(near-infrared spectrophotometer)를 활용한 pH 측정법도 있다(Anderson, 2007).

육색(meat color)

식육의 색도는 소비자가 식육을 선택하는 데 있어 신선도를 판단할 수 있는 가장 중요한 요인이며, 또한 우육의 육질 등급 판정에 있어서도 중추적인 역할을 한다(Cho et al., 2020). 진공 포장된 식육의 색도를 측정할 경우, 포장지 내 낮은 산소 농도에 의해 식육의 옥시마이오글로빈(oxy-myoglobin)은 디옥시마이오글로빈(deoxy-myoglobin) 형태로 바뀌어 육색은 적자색을 띄게 된다(Park et al., 2003). 홍색화(blooming)는 진공 포장 중 형성된 디옥시마이오글로빈이 포장 개봉 후 대기중의 산소에 의해 산화되면 옥시마이오글로빈으로 되어 육색이 선홍색을 띄게 되는 변화를 의미한다(Hopkins, 1996). 홍색화는 시간의 존적 반응이기 때문에 진공 포장된 식육의 색도 측정 시 해당 과정을 거친 후 수행되어야 한다(Pearce, 2009).

식육의 색도를 분석하는 데 있어 크게 두 가지 방식으로 전

통적 방법과 기계적 방법으로 구분할 수 있다. 전통적 방법은 인간의 시각에 의존하여 식육의 색도를 판별하는 방법으로 소비자의 구매의도에 결정적인 역할을 하며, 특히 적색도가 가장 큰 영향을 끼친다(Carpenter et al., 2001). Mancini and Hunt (2005)는 전통적 방법에 의한 육색 판별에 있어 조도, 광원, 포장재 및 패널의 선정 방식 등의 특성이 중요하다고 하였다.

육색을 판별하기 위해 이용되는 대표적인 기계적 방법은 색도계(colorimeter)를 이용하여 판별하는 방식이 있다. 통상적으로 Commission Internationale de l'Elclairage(CIE) 색체계와 Munsell 색체계가 이를 위해 활용된다. CIE 색체계는 명도(lightness, L*), 적색도(redness, a*), 황색도(yellowness, b*)를 기준으로 한 색체계이며, Munsell 색체계는 색상(hue, H°), 채도(chroma, C*), 명도(lightness)를 기준으로 한다(Hur, 2010).

한편, 마이오글로빈의 산화-환원 상태(myoglobin redox state)는 육색과 직접적으로 관련이 있으며, 이를 분광광도계(spectrophotometer)를 활용하여 육색을 판별할 수 있다(Mancini and Hunt, 2005). 마이오글로빈의 산화-환원 상태에 따라 흡광도가 서로 상이한데, 메트마이오글로빈(metmyoglobin)의 경우 545-503 nm의 파장을, 디옥시마이오글로빈의 경우 565-557 nm, 그리고 옥시마이오글로빈의 경우 582-572 nm 범위의 파장에서 확인할 수 있다(Tang et al., 2004).

컴퓨터 비전(computer vision) 방식은 디지털 카메라 장치에 기반하여 육색을 평가하는 방법으로, 기존의 육색 판별법과 비교하여 여러 장점이 있다(Mancini and Hunt, 2005). 컴퓨터 비전은 색도계와 비교하여 디지털 이미지로 결과를 확인할 수 있어 효율적이고, 식육 표면의 마이오글로빈의 산화-환원 반응을 이미지로 확인할 수 있는 장점이 있다(O'sullivan et al., 2003).

보수력(water holding capacity)

식육은 약 75%의 수분을 함유하고 있고, 그 중 대부분은 고정수 및 자유수에 해당하고 약 5%의 결합수로 구성되어 있다(Huff-Lonergan and Lonergan, 2005). 식육의 보수력은 식육 내 수분 보유 함량에 따라 연도 및 다즙성에 영향을 주어 식육의 관능적 품질에 영향을 미친다(Bowers et al., 1987). 또한, 최종 제품의 수율과 깊은 연관이 있기 때문에 산업적 측면에서도 식육의 보수력은 매우 중요한 요인이다.

식육의 보수력 측정 방법은 비교적 다양하게 존재하며, 크게 직접적 및 간접적 측정 방법이 있다(Oswell et al., 2021). 직접적 측정 방법에는 물리적 자극을 활용하여 식육의 보수력을 평가하는 드립 손실(drip loss), 가열 감량(cooking loss) 및 유리 수분량(expressible moisture) 측정법 등이 있으며, 간접적 측정 방법에는 분광학을 이용하여 보수력을 측정하는 visible-near infrared reflectance(Vis-NIR)와 nuclear magnetic resonance(NMR)을 활용한 측정법 등이 있다(Oswell et al., 2021).

Table 1. Analytical protocols for determination on quality characteristics of meat

Meat product	Experimental items	Principles	References
pH	Direct puncture method	Determining pH of muscle homogenates using pH meter equipped with electrode.	Mäki-Petäys et al., 1991
	NIR spectrophotometry	Different chemical bonds absorb or emit different wavelengths of light when meat is irradiated by continuous near infrared light.	Anderson, 2007
Color	Traditional visual color	Direct assessment of meat color by human visual appraisal.	Carpenter et al., 2001
	Instrumental color	Wavelengths absorbed or reflected by light striking meat surfaces by colorimeter.	Hunt, 1980
	Myoglobin redox forms	Wavelengths for determining myoglobin redox forms including metmyoglobin (545–503 nm), deoxymyoglobin (565–557 nm), and oxymyoglobin (572–582 nm) using spectrophotometer.	Tang et al., 2004
	Computer vision	Computer equipped with a digital camera analyzes meat visual color.	O'Sullivan et al., 2003
WHC	Drip loss	Measuring the contents of released water from myofibrils or intracellular space to extracellular space in meat.	Brown et al., 2000
	Cooking loss	Evaluating the levels of fluid released from meat after cooking process.	Oswell et al., 2021
	Expressible moisture	Measuring the water retention capacity over the course of processing and post-purchase by consumer.	Oswell et al., 2021
	Vis-NIR spectroscopy	To characterize the interaction between electromagnetic radiation generated at specific wavelengths (400–3,000 nm) and the physicochemical properties.	He et al., 2014; Prevolnik et al., 2010
	¹ H NMR	The characterization of the dynamic states of water by transverse relaxation time using NMR.	Brown et al., 2000
Tenderness	Sarcomere length	Light interference of meat irradiated by helium neon laser.	Koolmees et al., 1986
	Warner-bratzler shear force	Measuring the maximum force as a function of V-blade movement and the compression to shear meat samples.	Novaković and Tomašević, 2017
Fatty acid profile	GC analysis	Released free fatty acids require to be transmethylated to form fatty acid methyl esters.	Fisk et al., 2014
Marbling	Visual appraisal	Direct assessment of marbling in meat by human visual appraisal.	Cheng et al., 2015
	Chemical analysis	The extraction of fat by adding a solvent to a meat sample.	Cheng et al., 2015
	NIR spectrophotometry	Different chemical bonds absorb or emit different wavelengths of light when meat is irradiated by continuous near infrared light.	Prevolnik et al., 2011
	NMR	The characterization of the dynamic states of water by transverse relaxation time using NMR.	Brown et al., 2000
	Computer vision	Computer equipped with a digital camera analyzes meat visual color.	Chen et al., 1989
Lipid oxidation	PoV	Measuring the levels of peroxides including aldehydes, ketones, alcohols, and short-chain hydrocarbon.	Swoboda and Lea, 1958
	TBARS value	Measuring the levels of malondialdehyde in meat and meat products.	Tarladgis et al., 1960

NIR spectrophotometry, near-infrared spectrophotometry; WHC, water holding capacity; Vis-NIR, visible-near infrared reflectance; NMR, nuclear magnetic resonance; GC, gas chromatography; PoV, peroxide value; TBARS value, thiobarbituric acid reactive substances values.

연도(tenderness)

소비자가 식육을 재구매하는데 있어 식육의 연도, 다즙성 및 풍미가 가장 중요한 요인으로 알려져 있으며, 특히 저작감을 결정하는 연도가 결정적인 역할을 한다(Maltin et al., 2003).

근육의 기능적 최소 단위인 근질의 길이를 측정함으로써 전단력을 예상할 수 있다. Hur(2010)에 따르면, 근섬유의 굵기와 전단력은 비례하고 근섬유가 가늘수록 연도는 증가한다고 하였다. 근질 길이를 측정할 수 있는 방법은 헬륨 네온을 이용하여 빛의 간섭 현상을 통해 측정하는 헬륨 네온 레이저법이 주로 이용된다(Koolmees et al., 1986). Warner-Bratzer shear force법은 소비자가 느끼는 식육의 연도를 기계적인 방법으로 측정하여 수치화하는 가장 대중화된 방법이다(Novaković and Tomašević, 2017). 주로 V-blade가 장착된 물성계(texture analyzer)를 이용하여 가열된 식육의 전단력의 최대값을 연도로 한다.

지방산 조성(fatty acid composition)

식육에 존재하는 지방산은 식육의 품질 및 이를 섭취하는 인간의 건강에 다양한 영향을 줄 수 있다. 서로 다른 지방산 조성은 용점, 산화 안정성이 상이해 다양한 물성 및 이화학적 특성을 부여한다(Shin et al., 2021). 따라서, 각 식육의 지방산 조성은 풍미, 물성 및 조직감 등에 영향을 끼칠 뿐만 아니라 지방산 산패에 의한 식육의 색도 및 향미 변화에 영향을 줄 수 있다(Hur et al., 2005).

각 식육의 지방산 조성을 분석하기 위해서는 우선 식육내 지방 추출이 선행되어야 한다. 식품 내 지방 추출법으로는 Bligh와 Dyer법(Bligh and Dyer, 1959), Folch법(Folch et al., 1951) 및 Soxhlet 추출법(Soxhlet, 1879) 등이 있으며, 식육의 경우 Folch법과 Soxhlet 추출법이 주로 이용된다(Saini et al., 2021). 추출된 지방의 지방산 분석 프로토콜은 식품의약품안전처의 식품공전 내 일반시험법을 참고하며(KFDA, 2013), 불꽃 이온화 검출기(flame ionization detector, FID)가 장착된 gas chromatography(GC)를 이용하여 식육 내 지방산 조성을 분석한다(Shin et al., 2021).

마블링(marbling)

식육의 품질을 결정하는 많은 속성 중에서 마블링(marbling, 근내지방도)은 식육에 분포하는 흰색 근내 지방의 양적·공간적 분포로 정의할 수 있으며, 주로 배최장근(*Longissimus dorsi*, 등심)에서 측정된다(Barbin et al., 2012). 이러한 마블링은 식육의 품질을 결정하는 가장 중요한 특성 중 하나이며, 소비자의 구입에 중요한 영향을 끼친다(Cheng et al., 2015). 또한, 근내지방도가 높을수록 높은 보수력을 가질 수 있는데, 이는 근내지방이 가열 중 용해되어 주변의 근육으로 전이되어 수분의 손실을 억제하여 가열 감량을 낮게 한다(Lee et al., 2010).

마블링은 육색 평가방법과 마찬가지로 전통적 방법과 기계적 방법으로 구분할 수 있으며, 근내 지방의 색, 분포 및 함량을 기준으로 측정한다. 전통적 방법은 인간의 시각에 의한 마블링 측정이 가장 많이 이용되는 방법이며, 조지방 함량 측정에 의한 화학적 방법으로도 분석이 가능하다(Cheng et al., 2015). 기계적 방법으로는 근적외선 분광광도계(near-infrared spectrophotometer), NMR 및 컴퓨터 비전 방식을 활용한 측정법이 있다(Cheng et al., 2015).

지질 산패도(lipid oxidation)

식육 내 지방이 산패가 일어남에 따라 수반되는 산화물의 생성은 특유의 이취를 야기할 뿐만 아니라 식육 내 다른 성분(단백질, 탄수화물, 비타민 등)과 반응하여 육색, 풍미 및 영양적 측면에서 부정적인 영향을 끼칠 수 있다(Shin et al., 1998).

대표적으로 과산화물가 및 thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)가 시험법이 식육 내 지질 산패도의 척도로 이용되며, 시험법은 다음과 같다. 과산화물가(peroxide value)는 식육 내 지방의 1차 산화물인 과산화물을 측정하는 방법으로, 1차 산화를 통해 지방으로부터 분해된 알데히드, 케톤류, 알코올 및 단쇄 탄화수소와 같은 저분자 화합물 등이 과산화물에 해당한다(Swoboda and Lea, 1958). TBARS가는 2차 지질 산화물 중 하나인 말론디알데히드(malondialdehyde)의 함량을 측정하는 방법으로 식육 내 지방 산패의 정도를 확인할 수 있다(Tarladgis et al., 1960).

식육가공품의 품질 결정요인 분석 연구

식품의약품안전처의 식품 및 식품첨가물 공전에 따른 식육 가공품은 식육 또는 식육가공품을 주원료로 하여 가공한 햄류, 소시지류, 베이컨류, 건조저장육류, 양념육류, 식육추출가공품, 식육간편조리세트, 식육함유가공품 등을 일컫는다(KFDA, 2013). 식육가공품은 발효, 가열, 염지 등 다양한 방법으로 가공하기 때문에 제품의 형태 및 가공 방법에 따라 품질특성을 결정하는 요인이 다르게 작용하게 된다(Feiner, 2006).

일반적으로 식육가공품은 식육과 마찬가지로 소비자 선호도에 직접적으로 영향을 주는 색, 풍미, 식감 등이 중요한 공통요소로서 작용하게 된다. 식육가공품의 색을 측정하는 방법으로 미국식육과학협회(American Meat Science Association, AMSA)는 가이드라인을 제시하여 보급하고 있다. 이에 따르면 마이오글로빈(myoglobin)의 화학적 측정, 물리학적 측정, 관능학적 분석 등을 통하여 식육가공품의 색을 측정하는 것을 권장하고 있다(AMSA, 2012). 식육의 색은 마이오글로빈의 영향이 가장 크지만 식육가공품의 색은 첨가물에 의한 크게 영향을 받는다(Jo et al., 2020). 발색제의 역할을 하는 질산염(NO_3)이나 아질산염(NO_2)의 첨가에 따라 근육내 마이오글로빈은 구조적 변화

(NO-myoglobin)에 의해 색은 변화하게 된다(Honikel, 2008). 이러한 마이오글로빈의 구조 측정을 위해 Hornsey(1956)는 육색소로 작용하는 heme-pigment를 acetone/water 용매를 이용하여 추출하였으며, cured pigment와 total pigment의 흡광도(540 nm)를 비교하여 육색소의 생성을 연구하였다(Shin et al., 2017). 또한 650/570 nm의 반사율 측정을 통해 식육가공품의 염지효율을 측정한다(Erdman and Watts, 1957; Sindelar et al., 2010). 또한 CIE 색차계 또는 삼자극치(tristimulus values XYZ)를 활용하여 다양하게 측정되기도 하는데, 이는 식육가공품의 가공방법과는 상관 없이 고유의 색을 측정할 수 있기 때문에 주로 이용되고 있다(AMSA, 2012). 이외에도 관능평가를 통한 색의 평가를 진행할 수 있으며, 패널 간 차이와 교육에 의해 오류가 발생할 수 있는 단점이 있다(AMSA, 2012).

식육가공품의 풍미는 또한 색과 마찬가지로 다양한 요인에 의해 영향을 받는다. 식육의 상태 및 구성성분의 변화, 발효대사, 마이야르 반응, 가열 반응 및 첨가물 등 다양한 요인에 의해 맛과 향이 결정된다(Dwivedi and Brockmann, 1975). 따라서 식육가공품의 제조 중에 첨가되는 첨가물이나 제조 과정의 제어는 좋은 풍미를 가진 식육가공품의 제조를 위해 필수적이다(Flores and Piornos, 2021; Sun et al., 2022; Xu et al., 2021). 맛과 향의 기계적 측정은 가공 중에 첨가 또는 생성되는 물질을 측정하여 진행된다. 주로 휘발성 물질이 많은 영향을 가지고 있어, GC를 활용하고 있으며, liquid chromatography를 활용하여 측정을 진행하게 된다. 향 및 맛을 평가하기 위하여 전자코 또는 전자혀를 활용하여 측정할 수 있다(Jia et al., 2018; Tian et al., 2020).

식육가공품의 식감은 관능학적으로 매우 중요한 요소로 작성한다. 식육가공품은 그 형태에 따라 Warner-Bratzler shear force analysis, Allo-Kramer shear force analysis, texture profile analysis (TPA), Meullenet-Owens razor shear analysis, compression, puncture 등의 방법을 이용하여 측정하게 된다(Morey and Owens, 2017; Schreuders et al., 2021). 이외에도 분광학을 이용하여 식감을 예측하기도 하는데, infrared spectroscopy, Raman spectroscopy, fluorescense polarization, nuclear magnetic resonance, light scattering 등의 방법을 사용한다(Schreuders et al., 2021). 이외에도 이미징 기술을 활용하여 식육가공품의 품질특성을 확인할 수 있는 것으로 알려져 있다. 이는 식육가공품에 존재하는 분자구조의 결합력 또는 외형을 확인하여 식감을 예측하는 기술들이다.

이외에도 가공 방법 및 제품의 특성에 따라 다양한 실험방법이 응용되고 있다. 본문에서는 식육가공품을 햄과 소시지로 분류하였으며, 관련 연구에 이용된 다양한 실험항목에 대하여 서술하였다.

햄류

햄류라 하면 일반적으로 분쇄 또는 세절하지 않은 고깃덩이를 염지, 숙성, 건조, 훈연, 및 가열 등의 가공과정을 거친 것을 말한다(KFDA, 2013). 햄류의 품질특성 측정은 앞에서 언급한 pH, 색도, 보수력, 물성, 지방산 조성, 지질 산패도 등을 함께 평가한다. 일반적으로 고온에서 훈연 또는 가열 처리를 할 경우 햄이라고 칭하며, 저온에서 훈연 또는 가열 처리를 할 경우 생햄이라 한다. 프레스햄의 경우 육함량 75% 이상 전분 8% 이하의 제품을 말한다(KFDA, 2013). 햄류 제품의 품질특성을 파악하기 위한 실험 방법은 Table 2에 나타내었다. 햄의 염지과정 중 첨가되는 아질산이온 농도는 식육가공품에 품질특성 유지에 중요한 역할을 하고 있기 때문에 잔존아질산이온의 측정을 진행하고 있다(Kim et al., 2019). 또한 식육가공품의 경우 가열과정을 거치기 때문에 단백질의 열안정성을 평가한다(Zhou et al., 2021). Guo et al.(2021)은 염지햄의 가공 과정 중 변화되는 품질특성을 파악하기 위하여, 지질산패도(TBARS), pH, 아질산이온량, 색도(CIE 색차계), 물성(TPA), 지방산함량, 휘발성 성분(GC 분석) 등을 분석하였고, 전자코를 활용하여 향미 성분을 분석하였다. Tomažin et al.(2020)은 건조 염지햄의 품질특성 평가를 위해 색도(CIE 색차계), 단백질 함량(proteometric titration), 근내지방도(near-infrared spectral analysis), 지방산패도(TBARS, rancimat), 수분활성도, 물성(TPA, stress relaxation) 등을 평가하였다. Steen et al.(2020)은 가열 후 햄의 품질특성을 평가하였다. 염지수율, 가열감량, 보수력(pressure, centrifugation), 겔 형성능(dynamic viscosity), 물성 등을 평가하였다(Steen et al., 2020). 이처럼 대부분의 연구논문에서 색도 및 물성을 공통적으로 측정하였으며, 이외에도 잔존 아질산염, 향미성분 분석, 제품의 수율, 지방산패도, 수분 분석 등을 진행하여 햄의 품질특성을 파악하였다.

소시지류

식품의약품안전처의 식품 및 식품첨가물 공전에 따르면, 소시지류는 ‘식육이나 식육가공품을 그대로 또는 염지하여 분쇄 세절한 것에 식품 또는 식품첨가물을 가한 후 훈연 또는 가열 처리한 것이나, 저온에서 발효시켜 숙성 또는 건조처리한 것이거나, 또는 케이싱에 충전하여 냉장, 냉동한 것’으로 정의하고 있다(KFDA, 2013). 소시지, 발효소시지, 혼합 소시지 등으로 나뉘며 이에 대한 실험 방법은 Table 2에 나타내었다. 소시지의 경우, 다양한 성분이 혼합되어 만들어지는 식육가공품으로서 부재료 및 가공방법에 따라 실험항목이 결정된다. Ghafouri-Oskuei et al.(2020)은 토마토가루와 아마씨가 함유된 소시지를 제조하였다. 일반성분(지방, 단백질, 식이섬유, 수분, 회분, 탄수화물) 및 열량 측정, pH, 잔존아질산염, 지방산(GC), 색도(CIE color system), 지방산패도(TBARS) 등을 측정하여 소시지의 품

Table 2. Analysis methods for determination on quality characteristics of meat products

Meat products	Characteristics	Applied methods	References
Whole meat products (Ham)	pH	pH meter	Guo et al., 2021; Kim et al., 2019
	Lipid oxidation	Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), rancimat	Guo et al., 2021; Tomažin et al., 2020
	Nitrite concentration	Diazotization	Guo et al., 2021; Kim et al., 2019
	Color	Colorimeter	Guo et al., 2021; Kim et al., 2019; Tomažin et al., 2020
	Product yield	Tumbling yield, cooking loss, total yield	Kim et al., 2019; Steen et al., 2020
	Textural properties	Texture profile analysis (TPA), dynamic rheology, shear force	Tomažin et al., 2020; Zhou et al., 2021
	Thermal stability	Differential scanning calorimetry (DSC)	Zhou et al., 2021
	Fatty acid composition	Gas chromatography–Mass spectrometry (GC–MS)	Guo et al., 2021
	Flavor components	Volatile compounds, electric nose, odour active values	Guo et al., 2021; Zhou et al., 2021
	Intramuscular fat	Near-infrared spectral analysis (NIRS)	Tomažin et al., 2020
	Moisture state	Water activity, low field nuclear magnetic resonance analysis (low-field NMR)	Tomažin et al., 2020; Zhou et al., 2021
	Water holding capacity	Pressure, centrifugation	Steen et al., 2020
	Ground meat products (Sausage)	Proximate composition	Moisture, protein, fat, dietary fiber, ash, carbohydrate
Digestion		Protein <i>in-vitro</i> digestion system	Ku et al., 2022
Calories		Atwater system value	Ghafouri–Oskuei et al., 2020
Product yield		Cooking yield	Kang et al., 2022; Zaini et al., 2020
pH		pH meter	Ghafouri–Oskuei et al., 2020; Kim et al., 2022; Ku et al., 2022
Moisture state		Low-field NMR, moisture ratio, drying ratio, effective moisture diffusivity	Kim et al., 2022; Sun et al., 2019
Water holding capacity		Centrifugation	Zaini et al., 2020
Appearance		Field emission scanning electron microscopy (FE–SEM), porosity, microphotograph	Kang et al., 2022; Kim et al., 2022
Textural properties		TPA, dynamic rheology, shear force, apparent viscosity, viscoelasticity	Kang et al., 2022; Kim et al., 2022; Ku et al., 2022; Zaini et al., 2020
Emulsion stability		Separated fluid	Ku et al., 2022
Nitrite concentration		Diazotization	Ghafouri–Oskuei et al., 2020
Fatty acid composition		GC	Ghafouri–Oskuei et al., 2020
Color		Colorimeter, photoshop	Ghafouri–Oskuei et al., 2020; Kang et al., 2022; Kim et al., 2022; Ku et al., 2022; Zaini et al., 2020
Amines		HPLC	Sun et al., 2019
Lipid oxidation		TBARS	Ghafouri–Oskuei et al., 2020; Sun et al., 2019; Zaini et al., 2020
Protein oxidation		Volatile basic nitrogen	Kim et al., 2022
Microbial analysis		Total aerobic bacteria, lactic acid bacteria	Sun et al., 2019
Protein molecular weight distribution	Sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis	Kang et al., 2022; Ku et al., 2022	

질특성을 파악하였다(Ghafouri-Oskuei et al., 2020). Zaini et al.(2020)은 바나나 껍질을 활용하여 소시지를 제조하였으며, 일반성분(수분, 단백질, 지방, 회분), 보수력(centrifugation), 가열 수율, 색도, 물성(TPA, dynamic rheology), 지방산패도(TBARS) 등을 측정하였다. 발효소시지의 경우 수분의 상태, 단백질 및 지방의 산화, 미생물학적 연구 또한 진행된다. Sun et al.(2019)은 건조소시지의 저장과정 중에 발생하는 pH, 단백질 변패(total volatile basic nitrogen), 지방산화도, 미생물학적 분석, 수분상태(low-field NMR) 등의 변화를 측정하였다. 또한, 반건조 소시지 제조시, 수분함량, 건조수율, 유효 수분확산도 측정 등을 통하여 건조 과정 중 발생하는 수분의 변화를 측정하며, 건조 후 수분활성도, pH, 색도(CIE color system), 물성(다공성, shear force), 단백질 및 지방 산화도 및 주사현미경을 통한 외관 측정 등을 실시하기도 한다(Kim et al., 2022). Kang et al.(2022)은 육 대체재로써 대두단백의 효과에 대한 연구를 진행하였고, pH, 색도(CIE color system), 일반성분(수분, 조단백, 조지방, 조회분), 단백질 분자량(sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis, SDS-PAGE), 외관(현미경), 가열수율, 물성(TPA) 등을 평가하였다. Ku et al.(2022)은 유화형 간소시지의 품질특성을 평가하였다. pH, 색도(CIE color system), 유화안정성, 소화율(*in-vitro* digestion system), 일반성분, 물성(겉보기 점도, 점탄성), 단백질 분자량(SDS-PAGE) 등을 통하여 품질특성을 평가하였다(Ku et al., 2022). 대부분의 제품에서 색도 및 물성의 측정이 이루어졌으며, 연구의 목적 및 제조 방법에 따라 실험 항목의 추가가 이루어졌다.

요약 및 결론

본 연구는 식육 및 식육가공품의 품질 분석 방법의 프로토콜을 정립하고, 식육 및 식육가공품의 적절한 품질 분석 방법을 활용할 수 있도록 분석하였다. 식육 및 식육가공품의 목적에 부합하는 품질 분석 방법을 활용하여야 하며, 식육가공품은 원료육의 상태(whole meat, ground meat)에 따라 제품군이 달라질 수 있다. 따라서, 식육 및 식육가공품의 품질 분석 방법의 프로토콜을 활용하여 목적하는 특성에 부합하는 식육 및 식육가공품을 개발하거나 특성을 분석할 수 있다.

Conflicts of Interest

The authors declare no potential conflict of interest.

Acknowledgments

This research was supported by the Main Research Program (E0211200-02) of the Korea Food Research Institute (KFRI) funded by the Ministry of Science and ICT (Republic of Korea).

Ethics Approval

This article does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants

Author Contributions

Conceptualization: Choi YS.

Investigation: Shin DM, Kim TK, Lee JH, Kim BK, Cha JY.

Writing-original draft: Shin DM, Kim TK, Choi YS.

Writing-review&editing: Shin DM, Kim TK, Lee JH, Kim BK, Cha JY, Choi YS.

Author Information

Dong-Min Shin (Researcher, Korea Food Research Institute)

<https://orcid.org/0000-0003-2755-433X>

Tae-Kyung Kim (Researcher, Korea Food Research Institute)

<https://orcid.org/0000-0002-6349-4314>

Jae Hoon Lee (Researcher, Korea Food Research Institute)

<https://orcid.org/0000-0002-7440-6842>

Bum-Keun Kim (Principal Researcher, Korea Food Research Institute)

<https://orcid.org/0000-0002-9752-741X>

Ji Yoon Cha (Researcher, Korea Food Research Institute)

<https://orcid.org/0000-0002-1694-4343>

Yun-Sang Choi (Principal Researcher, Korea Food Research Institute)

<https://orcid.org/0000-0001-8060-6237>

References

- AMSA. 2012. AMSA meat color measurement guidelines: AMSA. American Meat Science Association, Des Moines, IA, USA.
- Anderson S. 2007. Determination of fat, moisture, and protein in meat and meat products by using the foss foodscan near-infrared spectrophotometer with foss artificial neural network calibration model and associated database: Collaborative study. *J AOAC Int* 90:1073-1083.
- Barbin DF, ElMasry G, Sun DW, Allen P. 2012. Predicting quality and sensory attributes of pork using near-infrared hyperspectral imaging. *Anal Chim Acta* 719:30-42.
- Bligh EG, Dyer WJ. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37: 911-917.
- Bowers JA, Craig JA, Kropf DH, Tucker TJ. 1987. Flavor, color, and other characteristics of beef *longissimus* muscle heated to seven internal temperatures between 55°C and

- 85°C. *J Food Sci* 52:533-536.
- Brown RJS, Capozzi F, Cavani C, Cremonini MA, Petracci M, Placucci G. 2000. Relationships between ^1H NMR relaxation data and some technological parameters of meat: A chemometric approach. *J Magn Reson* 147:89-94.
- Carpenter CE, Cornforth DP, Whittier D. 2001. Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction. *Meat Sci* 57:359-363.
- Chen YR, McDonald TP, Crouse JC. 1989. Determining percent intra-muscular fat on ribeye surface by image processing. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, USA. ASAE Paper No. 89-3009.
- Cheng W, Cheng JH, Sun DW, Pu H. 2015. Marbling analysis for evaluating meat quality: Methods and techniques. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 14:523-535.
- Cho S, Shin JS, Seol KH, Kim YS, Kang SM, Seo HW. 2020. A study on the characteristics of purchasing propensity by preferences quality grade of Hanwoo beef. *J Korea Acad Ind Coop Soc* 21:537-544.
- Dwivedi BK, Brockmann MC. 1975. Meat flavor. *Crit Rev Food Technol* 5:487-535.
- Erdman AM, Watts BM. 1957. Meat pigments, spectrophotometric determination of color change in cured meat. *J Agric Food Chem* 5:453-455.
- Feiner G. 2006. Meat products handbook: Practical science and technology. Elsevier, Cambridge, UK.
- Fisk HL, West AL, Childs CE, Burdge GC, Calder PC. 2014. The use of gas chromatography to analyze compositional changes of fatty acids in rat liver tissue during pregnancy. *J Vis Exp* 85:e51445.
- Flores M, Armero E, Aristoy MC, Toldra F. 1999. Sensory characteristics of cooked pork loin as affected by nucleotide content and post-mortem meat quality. *Meat Sci* 51:53-59.
- Flores M, Piornos JA. 2021. Fermented meat sausages and the challenge of their plant-based alternatives: A comparative review on aroma-related aspects. *Meat Sci* 182:108636.
- Folch J, Ascoli I, Lees M, Meath JA, LeBaron FN. 1951. Preparation of lipid extracts from brain tissue. *J Biol Chem* 191:833-841.
- Ghafouri-Oskuei H, Javadi A, Saeidi Asl MR, Azadmard-Damirchi S, Armin M. 2020. Quality properties of sausage incorporated with flaxseed and tomato powders. *Meat Sci* 161:107957.
- Guo X, Wang Y, Lu S, Wang J, Fu H, Gu B, Lyu B, Wang Q. 2021. Monitoring quality changes in dry-cured mutton ham during processing. *J Food Process Preserv* 45:e15349.
- He HJ, Wu D, Sun DW. 2014. Rapid and non-destructive determination of drip loss and pH distribution in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets using visible and near-infrared (Vis-NIR) hyperspectral imaging. *Food Chem* 156:394-401.
- Honikel KO. 2008. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Sci* 78:68-76.
- Hopkins DL. 1996. Assessment of lamb meat colour. *Meat Focus Int* 5:400-401.
- Hornsey HC. 1956. The colour of cooked cured pork. I. Estimation of the nitric oxide-haem pigments. *J Sci Food Agric* 7:534-540.
- Huff-Lonergan E, Lonergan SM. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Sci* 71:194-204.
- Hunt MC. 1980. Meat color measurement. Proceedings of the 33rd Annual Reciprocal Meat Conference, Purdue University, West Lafayette, IN, USA.
- Hur SJ. 2010. Analysis of animal products. G-World, Seoul, Korea.
- Hur SJ, Park GB, Joo ST. 2005. Effect of fatty acid on meat qualities. *Korean J Int Agric* 17:53-59.
- Jeong JY, Jo C. 2018. The application of meat alternatives and ingredients for meat and processed meat industry. *Korean Soc Food Sci Anim Resour* 7:2-11.
- Jia W, Liang G, Wang Y, Wang J. 2018. Electronic noses as a powerful tool for assessing meat quality: A mini review. *Food Anal Methods* 11:2916-2924.
- Jo K, Lee S, Yong HI, Choi YS, Jung S. 2020. Nitrite sources for cured meat products. *LWT-Food Sci Technol* 129:109583.
- Jung AH, Hwang JH, Park SH. 2021. Production technologies of meat analogue. *Korean Soc Food Sci Anim Resour* 10:54-60.
- Jung JH, Kim CW, Park BY, Choi JS, Park HC. 2011. Genetic parameter estimates for meat quality traits in Berkshire pigs. *J Anim Sci Technol* 53:289-296.
- Kang KM, Lee SH, Kim HY. 2022. Effects of using soybean protein emulsion as a meat substitute for chicken breast on physicochemical properties of Vienna sausage. *Food Sci Anim Resour* 42:73-83.

- KFDA. 2013. Analytical methods of fatty acid. Korean Food Standards 8.2.1.5.4.
- Kim DH, Kim YJ, Shin DM, Lee JH, Han SG. 2022. Drying characteristics and physicochemical properties of semi-dried restructured sausage depend on initial moisture content. *Food Sci Anim Resour* 42:411-425.
- Kim HS, Lee SY, Hur SJ. 2016. Manufacturing of meat products by using bioactive materials. *Korean Soc Food Sci Anim Resour* 5:30-41.
- Kim TK, Hwang KE, Lee MA, Paik HD, Kim YB, Choi YS. 2019. Quality characteristics of pork loin cured with green nitrite source and some organic acids. *Meat Sci* 152:141-145.
- Koolmees PA, Korteknie F, Smulders FJM. 1986. Accuracy and utility of sarcomere length assessment by laser diffraction. *Food Struct* 5:9.
- Ku SK, Kim J, Kim SM, Yong HI, Kim BK, Choi YS. 2022. Combined effects of pressure cooking and enzyme treatment to enhance the digestibility and physicochemical properties of spreadable liver sausage. *Food Sci Anim Resour* 42:441-454.
- Lee DS. 2014. Livestock grading system should be consumer-oriented. *KAPE Mag* 215:8-9.
- Lee MH. 2004. Scientificization of processed food. *Sci Technol* 420:76-79.
- Lee SK. 1994. Meat processing - processing and use of simple sausages. *Korea Swine J* 16:140-143.
- Lee YJ, Kim CJ, Park BY, Seong PN, Kim JH, Kang GH, Kim DH, Cho SH. 2010. Chemical composition, cholesterol, trans-fatty acids contents, pH, meat color, water holding capacity and cooking loss of Hanwoo beef (Korean native cattle) quality grade. *Korean J Food Sci Anim Resour* 30:997-1006.
- Li GH, Choe IS, Nam KT, Kim SH, OB, Lee CH, Choi KD. 2007. A study on the appropriateness of duck meat processing according to feeding management. *Korean J Food Sci Anim Resour* 27:203-208.
- Mäki-Petäys O, Korkeala H, Alanko T, Sorvettula O. 1991. Comparison of different pH measurement methods in meat. *Acta Vet Scand* 32:123-129.
- Maltin C, Balcerzak D, Tilley R, Delday M. 2003. Determinants of meat quality: Tenderness. *Proc Nutr Soc* 62:337-347.
- Mancini RA, Hunt MC. 2005. Current research in meat color. *Meat Sci* 71:100-121.
- Morey A, Owens CM. 2017. Methods for measuring meat texture. In *Poultry quality evaluation: Quality attributes and consumer values*. Petracci M, Berri C (eds). Elsevier, Amsterdam, Netherland.
- Novaković S, Tomašević I. 2017. A comparison between Warner-Bratzler shear force measurement and texture profile analysis of meat and meat products: A review. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* 85:012063.
- O'Sullivan MG, Byrne DV, Martens H, Gidskehaug LH, Andersen HJ, Martens M. 2003. Evaluation of pork colour: Prediction of visual sensory quality of meat from instrumental and computer vision methods of colour analysis. *Meat Sci* 65:909-918.
- Oswell NJ, Gilstrap OP, Pegg RB. 2021. Variation in the terminology and methodologies applied to the analysis of water holding capacity in meat research. *Meat Sci* 178:108510.
- Park HG, Oh HR, Ha JW, Kang JO, Lee KT, Chin KB. 2003. The science and technology of meat and meat products. Sunjin Munhwas, Seoul, Korea. pp 394-395.
- Pearce K. 2009. Sheep CRC program 3: Next generation meat quality project 3.1. 1. Phenotyping the information nucleus flocks: Operational protocol series. School of Veterinary and Biomedical Science, Murdoch University, Murdoch, Australia.
- Prevolnik M, Čandek-Potokar M, Škorjanc D. 2010. Predicting pork water-holding capacity with NIR spectroscopy in relation to different reference methods. *J Food Eng* 98: 347-352.
- Prevolnik M, Čandek-Potokar M, Škorjanc D. 2011. Ability of NIR spectroscopy to predict meat chemical composition and quality: A review. *Czech J Anim Sci* 49:500-510.
- Saini RK, Prasad P, Shang X, Keum YS. 2021. Advances in lipid extraction methods: A review. *Int J Mol Sci* 22:13643.
- Schreuders FKG, Schlangen M, Kyriakopoulou K, Boom RM, van der Goot AJ. 2021. Texture methods for evaluating meat and meat analogue structures: A review. *Food Control* 127:108103.
- Shin DM, Yune JH, Kim TK, Kim YJ, Kwon HC, Kim DH, Jeong CH, Choi YS, Han SG. 2021. Physicochemical properties and oxidative stability of duck fat-added margarine for reducing the use of fully hydrogenated soybean oil. *Food Chem* 363:130260.

- Shin DM, Hwang KE, Lee CW, Kim TK, Park YS, Han SG. 2017. Effect of Swiss chard (*Beta vulgaris* var. Cicla) as nitrite replacement on color stability and shelf-life of cooked pork patties during refrigerated storage. *Korean Soc J Food Sci Anim Resour* 37:418-428.
- Shin KK, Park HI, Lee SK, Kim CJ. 1998. Studies on fatty acids composition of different portions in various meat. *Korean J Food Sci Anim Resour* 18:261-268.
- Sindelar JJ, Terns MJ, Meyn E, Boles JA. 2010. Development of a method to manufacture uncured, no-nitrate/nitrite-added whole muscle jerky. *Meat Sci* 86:298-303.
- Soxhlet H. 1879. Preparation of permanent rennet-essence. *Am J Pharm* 51:37.
- Steen L, Neyrinck E, De Mey E, De Grande A, Telleir D, Raes K, Paelinck H, Fraeye I. 2020. Impact of raw ham quality and tumbling time on the technological properties of polyphosphate-free cooked ham. *Meat Sci* 164:108093.
- Sun A, Wu W, Soladoye OP, Aluko RE, Bak KH, Fu Y, Zhang Y. 2022. Maillard reaction of food-derived peptides as a potential route to generate meat flavor compounds: A review. *Food Res Int* 151:110823.
- Sun Q, Sun F, Zheng D, Kong B, Liu Q. 2019. Complex starter culture combined with vacuum packaging reduces biogenic amine formation and delays the quality deterioration of dry sausage during storage. *Food Control* 100:58-66.
- Swoboda PAT, Lea CH. 1958. Determination of the peroxide value of edible fats by colorimetric iodometric procedures. *Chem Ind* 33:1090-1091.
- Tang J, Faustman C, Hoagland TA. 2004. Krzywicki revisited: Equations for spectrophotometric determination of myoglobin redox forms in aqueous meat extracts. *J Food Sci* 69:C717-C720.
- Tarladgis BG, Watts BM, Younathan MT, Dugan L Jr. 1960. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *J Am Oil Chem Soc* 37:44-48.
- Tian X, Li ZJ, Chao YZ, Wu ZQ, Zhou MX, Xiao ST, Zeng J, Zhe J. 2020. Evaluation by electronic tongue and headspace-GC-IMS analyses of the flavor compounds in dry-cured pork with different salt content. *Food Res Int* 137:109456.
- Tomažin U, Škrlep M, Prevolnik Povše M, Batorek Lukač N, Karolyi D, Červek M, Čandek-Potokar M. 2020. The effect of salting time and sex on chemical and textural properties of dry cured ham. *Meat Sci* 161:107990.
- Xu J, Zhang M, Wang Y, Bhandari B. 2021. Novel technologies for flavor formation in the processing of meat products: A review. *Food Rev Int* (in press). doi: 10.1080/87559129.2021.1926480
- Yong HI, Kim T, Choi H, Jeong S, Choi Y. 2020. Technological strategy of clean label meat products. *Food Life* 2020:13-20.
- Zaini HBM, Sintang MDB, Pindi W. 2020. The roles of banana peel powders to alter technological functionality, sensory and nutritional quality of chicken sausage. *Food Sci Nutr* 8:5497-5507.
- Zhang W, Xiao S, Samaraweera H, Lee EJ, Ahn DU. 2010. Improving functional value of meat products. *Meat Sci* 86:15-31.
- Zhou CY, Xia Q, He J, Sun YY, Dang YL, Ou CR, Pan DD, Cao JX, Zhou GH. 2021. Improvement of ultrasound-assisted thermal treatment on organoleptic quality, rheological behavior and flavor of defective dry-cured ham. *Food Biosci* 43:101310.

© Copyright. Korean Society for Food Science of Animal Resources.

Date Received Aug. 26, 2022

Date Revised Sep. 2, 2022

Date Accepted Sep. 6, 2022