

1 식육 및 식육가공품의 품질기반 프로토콜 연구

2 신동민^A · 김태경^A · 이재훈 · 김범근 · 차지윤 · 최윤상[†]

3 한국식품연구원 가공공정연구단 연구원

4 5 **Study on Quality-based Protocol for Meat and Meat** 6 **Products**

7 Dong-Min Shin^a · Tae-Kyung Kim^a · Jae Hoon Lee · Bum-Gun Kim · Ji Yoon Cha · Yun-
8 Sang Choi[†]

9
10 *Research Group of Food Processing, Korea Food Research Institute, Wanju 55365, Korea*

11
12 ^aThese authors contributed equally to this work.

13
14 **Running title:** 식육 및 식육가공품 품질 분석

15
16
17
18
19 [†]**Corresponding Author:** Yun-Sang Choi, Research Group of Food Processing, Korea Food
20 Research Institute, 245, Nongsaengmyeong-ro, Wanju-gun 55365, Korea

21 ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8060-6237>

22 Tel: +82-63-219-9387, Fax: +82-63-219-9076, E-mail: kcys0517@kfri.re.kr

26

27 식육 및 식육가공품의 품질기반 프로토콜 연구

28

29 **Study on Quality-based Protocol for Meat and Meat**
30 **Products**

31

32 Abstract

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

48

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

50

51

52 1. 서론

53 인간이 삶을 영위하기 위하여 다양한 생리적 기능을 충족시켜야 하며(Kim et al.,
54 2016), 이러한 생리적 기능을 유지하기 위해서 가장 중요한 영양소는
55 단백질원이다(Zhang et al., 2010). 특히 단백질 섭취는 건강의 유지 측면에서 중요한
56 요소이며(Jung et al., 2021), 다양한 종류의 단백질을 충분히 섭취하여야 한다.
57 가장 대표적인 단백질원인 식육 및 식육가공품은 풍부한 양질의 필수아미노산이
58 포함되어 있을 뿐만 아니라 철분과 비타민이 다량 포함되어 있다(Jeong and Jo,
59 2018).

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

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

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

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

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

80

ACCEPTED

81 **2. 식육의 품질 결정요인 분석 연구**

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

89

90 **2.1. pH**

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

96 식육의 pH는 수소이온 농도 측정이 가능한 전극이 장치된 pH 미터를 이용하여
97 증류수와 함께 균질된 식육 시료를 측정하거나, 최근에는 근적외선
98 분광광도계(Near-Infrared spectrophotometer)를 활용한 pH 측정법도 있다(Anderson,
99 2007).

100

101 **2.2. 육색(Meat color)**

102 식육의 색도는 소비자가 식육을 선택하는데 있어 신선도를 판단할 수 있는
103 가장 중요한 요인이며, 또한 우육의 육질 등급 판정에 있어서도 중추적인 역할을

104 한다(Cho et al., 2020). 진공 포장된 식육의 색도를 측정할 경우 포장지 내 낮은
105 산소 농도에 의해 식육의 옥시마이오글로빈(oxy-myoglobin)은
106 디옥시마이오글로빈(deoxy-myoglobin) 형태로 바뀌어 육색은 적자색을 띠게 된다
107 (Park et al., 2003). 흥색화(Blooming)는 진공 포장 중 형성된 디옥시마이오글로빈이
108 포장 개봉 후 대기중의 산소에 의해 산화되면 옥시마이오글로빈으로 되어 육색이
109 선홍색을 띠게되는 변화를 의미한다(Hopkins, 1996). 흥색화는 시간의존적
110 반응이기 때문에 진공 포장된 식육의 색도 측정 시 해당 과정을 거친 후
111 수행되어야 한다(Pearce, 2009).

112 식육의 색도를 분석하는데 있어 크게 두가지 방식으로 전통적 방법과 기계적
113 방법으로 구분할 수 있다. 전통적 방법은 인간의 시각에 의존하여 식육의 색도를
114 판별하는 방법으로 소비자의 구매의도에 결정적인 역할을 하며, 특히 적색도가
115 가장 큰 영향을 끼친다(Carpenter et al., 2001). Mancini and Hunt(2005)에 따르면,
116 전통적 방법에 의한 육색 판별에 있어 조도, 광원, 포장재 및 패널의 선정 방식
117 등의 특성이 중요하다고 하였다.

118 육색을 판별하기 위해 이용되는 대표적인 기계적 방법은 색도계(Colorimeter)를
119 이용하여 판별하는 방식이 있다. 통상적으로 Commission Internationale de
120 l'Elclairage(CIE) 색체계와 Munsell 색체계가 이를 위해 활용된다. CIE 색체계는
121 명도(Lightness, L^*), 적색도(Redness, a^*), 황색도(Yellowness, b^*)를 기준으로 한
122 색체계이며, Munsell 색체계는 색상(Hue, H°), 채도(Chroma, C^*), 명도(Lightness)를
123 기준으로 한다(Hur, 2010).

124 한편, 마이오글로빈의 산화-환원 상태(Myoglobin redox state)는 육색과
125 직접적으로 관련이 있으며, 이를 분광광도계(Spectrophotometer)를 활용하여 육색을

126 판별할 수 있다(Mancini and Hunt, 2005). 마이오글로빈의 산화-환원 상태에 따라
127 흡광도가 서로 상이한데, 메트마이오글로빈(Metmyoglobin)의 경우 545-503 nm의
128 파장을, 디옥시마이오글로빈의 경우 565-557 nm, 그리고 옥시마이오글로빈의 경우
129 582-572 nm 범위의 파장에서 반응한다(Tang et al., 2004).

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

135

136 **2.3. 보수력(Water holding capacity)**

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

143 식육의 보수력 측정 방법은 비교적 다양하게 존재하며, 크게 직접적 및 간접적
144 측정 방법이 있다(Oswell et al., 2021). 직접적 측정 방법에는 물리적 자극을
145 활용하여 식육의 보수력을 평가하는 드립 손실(drip loss), 가열 감량(cooking loss)
146 및 유리 수분량(expressible moisture) 측정법 등이 있으며, 간접적 측정 방법에는
147 분광학을 이용하여 보수력을 측정하는 Vis-NIR(Visible-near infrared reflectance)와

148 NMR(Nuclear magnetic resonance)을 활용한 측정법 등이 있다(Oswell et al., 2021).

149

150 **2.4. 연도(Tenderness)**

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

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

162

163 **2.5. 지방산 조성(Fatty acid composition)**

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

169 각 식육의 지방산 조성을 분석하기 위해서는 우선 식육내 지방 추출이
170 선행되어야 한다. 식품 내 지방 추출법으로는 Bligh와 Dyer법(Bligh and Dyer, 1959),

171 Folch법(Folch et al., 1951) 및 Soxhlet 추출법(Soxhlet, 1879) 등이 있으며, 식육의
172 경우 Folch법과 Soxhlet 추출법이 주로 이용된다(Saini et al., 2021). 추출된 지방의
173 지방산 분석 프로토콜은 식품의약품안전처의 식품공전 내 일반시험법을
174 참고하며(KFDA.2013), 불꽃 이온화 검출기(Flame ionization detector, FID)가 장착된
175 gas chromatography(GC)를 이용하여 식육 내 지방산 조성을 분석한다(Shin et al.,
176 2021).

177

178 2.6. 마블링(Marbling)

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

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

192

193 2.7. 지질 산패도(Lipid oxidation)

194 식육 내 지방이 산패가 일어남에 따라 수반되는 산화물의 생성은 특유의
195 이취를 야기할 뿐만 아니라 식육 내 다른 성분(단백질, 탄수화물, 비타민 등)과
196 반응하여 육색, 풍미 및 영양적 측면에서 부정적인 영향을 끼칠 수 있다(Shin et al.,
197 1998).

198 대표적으로 과산화물가 및 Thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)가
199 시험법이 식육 내 지질 산패도의 척도로 이용되며, 시험법은 다음과 같다.
200 과산화물가(peroxide value)는 식육 내 지방의 1차 산화물인 과산화물을 측정하는
201 방법으로, 1차 산화를 통해 지방으로부터 분해된 알데히드, 케톤류, 알코올 및
202 단쇄 탄화수소와 같은 저분자 화합물 등이 과산화물에 해당한다(Swoboda and Lea,
203 1958). TBARS가는 2차 지질 산화물 중 하나인 말론디알데히드(malondialdehyde)의
204 함량을 측정하는 방법으로 식육 내 지방 산패의 정도를 확인할 수 있다(Tarladgis
205 et al., 1960).

206
207

ACU

208 **3. 식육가공품의 품질 결정요인 분석 연구**

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

215 일반적으로 식육가공품은 식육과 마찬가지로 소비자 선호도에 직접적으로
216 영향을 주는 색, 풍미, 식감 등이 중요한 공통요소로써 작용하게 된다.
217 식육가공품의 색을 측정하는 방법으로 미국식육과학협회(American Meat Science
218 Association, AMSA)는 가이드라인을 제시하여 보급하고 있다. 이에 따르면
219 마이오글로빈(Myoglobin)의 화학적 측정, 물리학적 측정, 관능학적 분석 등을
220 통하여 식육가공품의 색을 측정하는 것을 권장하고 있다(AMSA, 2012). 식육의
221 색은 마이오글로빈의 영향이 가장 크지만 식육가공품의 색은 첨가물에 의한 크게
222 영향을 받는다(Jo et al., 2020). 발색제의 역할을 하는 질산염(NO_3)이나
223 아질산염(NO_2)의 첨가에 따라 근육내 마이오글로빈은 구조적 변화(NO-
224 myoglobin)에 의해 색은 변화하게 된다(Honikel, 2008). 이러한 마이오글로빈의
225 구조 측정을 위해 Hornsey(1956)는 육색소로 작용하는 heme-pigment를
226 acetone/water 용매를 이용하여 추출하였으며, cured pigment와 total pigment의
227 흡광도(540nm)를 비교하여 육색소의 생성을 연구하였다(Shin et al., 2017). 또한
228 650/570 nm의 반사율 측정을 통해 식육가공품의 염지효율을 측정한다(Erdman and
229 Watts, 1957; Sindelar et al., 2010). 또한 CIE 색차계 또는 삼자극치(tristimulus values

230 XYZ)를 활용하여 다양하게 측정되기도 하는데 이는 식육가공품의 가공방법과는
231 상관 없이 고유의 색을 측정할 수 있기 때문에 주로 이용되고 있다(AMSA, 2012).
232 이외에도 관능평가를 통한 색의 평가를 진행할 수 있으며, 패널간 차이와 교육에
233 의해 오류가 발생할 수 있는 단점이 있다(AMSA, 2012).

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

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

253 예측하는 기술들이다.

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

257 3.1. 햄류

258 햄류라하면 일반적으로 분쇄 또는 세절하지 않은 고깃덩이를 염지, 숙성, 건조,
259 훈연, 및 가열 등의 가공과정을 거친 것을 말한다(KFDA, 2013). 햄류의 품질특성
260 측정은 앞에서 언급한 pH, 색도, 보수력, 물성, 지방산 조성, 지질 산패도 등을
261 함께 평가한다. 일반적으로 고온에서 훈연 또는 가열 처리를 할 경우 햄이라고
262 칭하며, 저온에서 훈연 또는 가열 처리를 할 경우 생햄이라한다. 프레스햄의 경우
263 육함량 75 %이상 전분 8 % 이하의 제품을 말한다(KFDA, 2013). 햄류 제품의
264 품질특성을 파악하기 위한 실험 방법은 Table 2에 나타내었다. 햄의 염지과정 중
265 첨가되는 아질산이온 농도는 식육가공품에 품질특성 유지에 중요한 역할을 하고
266 있기 때문에 잔존아질산이온의 측정을 진행하고 있다(Kim et al., 2019). 또한
267 식육가공품의 경우 가열 과정을 거치기 때문에 단백질의 열안정성을 평가한다
268 (Zhou et al., 2021). Guo et al.(2021)은 염지햄의 가공 과정 중 변화되는 품질특성을
269 파악하기 위하여, 지질산패도(TBARS), pH, 아질산 이온량, 색도(CIE 색차계),
270 물성(TPA), 지방산함량, 휘발성 성분(GC 분석) 등을 분석하였고, 전자코를
271 활용하여 향미 성분을 분석하였다. Tomažin et al. (2020)은 건조 염지햄의 품질특성
272 평가를 위해 색도(CIE 색차계), 단백질 함량(protentimetric titration),
273 근내지방도(near-infrared spectral analysis), 지방산패도(TBARS, rancimat), 수분활성도,
274 물성(TPA, stress relaxtion) 등을 평가하였다. Steen et al. (2020)은 가열 후 햄의

275 품질특성을 평가하였다. 염지수율, 가열감량, 보수력(pressure, centrifugation), 겔
276 형성능(dynamic viscosity), 물성 등을 평가하였다(Steen et al., 2020). 이처럼 대부분의
277 연구논문에서 색도 및 물성을 공통적으로 측정하였으며, 이외에도 잔존 아질산염,
278 향미성분 분석, 제품의 수율, 지방산패도, 수분 분석 등을 진행하여 햄의
279 품질특성을 파악하였다.

280

281 3.2. 소시지류

282 식품의약품안전처의 식품 및 식품첨가물 공전에 따르면, 소시지류는 '식육이나
283 식육가공품을 그대로 또는 염지하여 분쇄세절한 것에 식품 또는 식품첨가물을
284 가한 후 훈연 또는 가열 처리한 것이나, 저온에서 발효시켜 숙성 또는
285 건조처리한 것이거나, 또는 케이싱에 충전하여 냉장, 냉동한 것'으로 정의하고
286 있다(KFDA, 2013). 소시지, 발효소시지, 혼합 소시지 등으로 나누며 이에 대한
287 실험 방법은 Table 2에 나타내었다. 소시지의 경우 다양한 성분이 혼합되어
288 만들어지는 식육가공품으로서 부재료 및 가공방법에 따라 실험항목이 결정된다.
289 Ghafouri-Oskuei et al.(2020)은 토마토가루와 아마씨가 함유된 소시지를
290 제조하였다. 일반성분(지방, 단백질, 식이섬유, 수분, 회분, 탄수화물) 및 열량 측정,
291 pH, 잔존아질산염, 지방산(GC), 색도(CIE color system), 지방산패도(TBARS) 등을
292 측정하여 소시지의 품질특성을 파악하였다 (Ghafouri-Oskuei et al., 2020). Zaini et
293 al.(2020)은 바나나 껍질을 활용하여 소시지를 제조하였으며, 일반성분(수분,
294 단백질, 지방, 회분), 보수력(centrifugation), 가열수율, 색도, 물성(TPA, dynamic
295 rheology), 지방산패도(TBARS) 등을 측정하였다. 발효소시지의 경우 수분의 상태,
296 단백질 및 지방의 산화, 미생물학적 연구 또한 진행된다. Sun et al. (2019)은

297 건조소시지의 저장과정 중 에 발생하는 pH, 단백질 변패(total volatile basic
298 nitrogen), 지방산화도, 미생물학적 분석, 수분상태(Low-field NMR) 등의 변화를
299 측정하였다. 또한, 반건조 소시지 제조시, 수분함량, 건조수율, 유효 수분확산도
300 측정 등을 통하여 건조 과정 중 발생하는 수분의 변화를 측정하며, 건조 후
301 수분활성도, pH, 색도(CIE color system), 물성(다공성, shear force), 단백질 및 지방
302 산화도 및 주사현미경을 통한 외관 측정 등을 실시하기도 한다 (Kim et al., 2022).
303 Kang et al. (2022)은 육 대체재로써 대두단백의 효과에 대한 연구를 진행하였고,
304 pH, 색도(CIE color system), 일반성분(수분, 조단백, 조지방, 조회분), 단백질
305 분자량(sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis; SDS-PAGE),
306 외관(현미경), 가열수율, 물성(TPA) 등을 평가하였다. Ku et al. (2022)은 유화형
307 간소시지의 품질특성을 평가하였다. pH, 색도(CIE color system), 유화안정성,
308 소화율(*In-vitro* digestion system), 일반성분, 물성(겉보기 점도, 점탄성), 단백질
309 분자량(SDS-PAGE) 등을 통하여 품질특성을 평가하였다 (Ku et al., 2022). 대부분의
310 제품에서 색도 및 물성의 측정이 이루어졌으며, 연구의 목적 및 제조 방법에
311 따라 실험 항목의 추가가 이루어졌다.

312

313 요약 및 결론

314 본 연구는 식육 및 식육가공품의 품질 분석 방법의 프로토콜을 정립하고, 식육
315 및 식육가공품의 적절한 품질 분석 방법을 활용할 수 있도록 분석하였다. 식육
316 및 식육가공품의 목적에 부합하는 품질 분석 방법을 활용하여야 하며,
317 식육가공품은 원료육의 상태(whole meat, ground meat)에 따라 제품군이 달라질 수
318 있다. 따라서, 식육 및 식육가공품의 품질 분석 방법의 프로토콜을 활용하여

319 목적하는 특성에 부합하는 식육 및 식육가공품을 개발하거나 특성을 분석할 수
320 있다.

321

322 **References**

- 323 Administration KFaD. 2013. Analytical methods of fatty acid. Korean Food Standards:8.2.1.5.4.
- 324 Amsa. 2012. Amsa meat color measurement guidelines: Amsa. American Meat Science Association.
- 325 Anderson S. 2007. Determination of fat, moisture, and protein in meat and meat products by using
326 the foss foodscan near-infrared spectrophotometer with foss artificial neural network
327 calibration model and associated database: Collaborative study. *Journal of AOAC*
328 *International* 90:1073-1083.
- 329 Barbin DF, Elmasry G, Sun D-W, Allen P. 2012. Predicting quality and sensory attributes of pork using
330 near-infrared hyperspectral imaging. *Analytica Chimica Acta* 719:30-42.
- 331 Bligh, E. G., and Dyer, W. J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian*
332 *journal of biochemistry and physiology*, 37: 911-917.
- 333 Bowers JA, Craig JA, Kropf D, Tucker TJ. 1987. Flavor, color, and other characteristics of beef
334 longissimus muscle heated to seven internal temperatures between 55 and 85 c. *Journal of*
335 *Food Science* 52:533-536.
- 336 Brown RJ, Capozzi F, Cavani C, Cremonini MA, Petracci M, Placucci G. 2000. Relationships between
337 1h nmr relaxation data and some technological parameters of meat: A chemometric
338 approach. *Journal of Magnetic Resonance* 147:89-94.
- 339 Carpenter CE, Cornforth DP, Whittier D. 2001. Consumer preferences for beef color and packaging
340 did not affect eating satisfaction. *Meat Science* 57:359-363.
- 341 Chen Y, McDonald T, Crouse J. 1989. Determining percent intra-muscular fat on ribeye surface by
342 image processing. Paper-American Society of Agricultural Engineers (USA).
- 343 Cheng W, Cheng JH, Sun DW, Pu H. 2015. Marbling analysis for evaluating meat quality: Methods
344 and techniques. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 14:523-535.
- 345 Cho S, Shin J-S, Seol K-H, Kim Y-S, Kang S-M, Seo H-W. 2020. A study on the characteristics of
346 purchasing propensity by preferences quality grade of hanwoo beef. *Journal of the Korea*
347 *Academia-Industrial cooperation Society* 21:537-544.
- 348 Dwivedi BK, Brockmann MC. 1975. Meat flavor. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition* 5:487-
349 535.
- 350 Erdman A, Watts B. 1957. Meat pigments, spectrophotometric determination of color change in
351 cured meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 5:453-455.
- 352 Feiner G. 2006. *Meat products handbook: Practical science and technology*. Elsevier.
- 353 Fisk HL, West AL, Childs CE, Burdge GC, Calder PC. 2014. The use of gas chromatography to analyze
354 compositional changes of fatty acids in rat liver tissue during pregnancy. *JoVE (Journal of*

355 Visualized Experiments):e51445.

356 Flores M, Armero E, Aristoy M-C, Toldra F. 1999. Sensory characteristics of cooked pork loin as
357 affected by nucleotide content and post-mortem meat quality. *Meat science* 51:53-59.

358 Flores M, Piornos JA. 2021. Fermented meat sausages and the challenge of their plant-based
359 alternatives: A comparative review on aroma-related aspects. *Meat Science* 182:108636.

360 Folch J, Ascoli I, Lees M, Meath J. A., LeBaron, F. N. 1951. Preparation of lipide extracts from brain
361 tissue. *Journal of Biological Chemistry*, 191: 833-841.

362 Ghafouri-Oskuei H, Javadi A, Saeidi Asl MR, Azadmard-Damirchi S, Armin M. 2020. Quality properties
363 of sausage incorporated with flaxseed and tomato powders. *Meat Science* 161:107957.

364 Guo X, Wang Y, Lu S, Wang J, Fu H, Gu B, Lyu B, Wang Q. 2021. Monitoring quality changes in dry-
365 cured mutton ham during processing. *Journal of Food Processing and Preservation*
366 45:e15349.

367 He H-J, Wu D, Sun D-W. 2014. Rapid and non-destructive determination of drip loss and pH
368 distribution in farmed atlantic salmon (*salmo salar*) fillets using visible and near-infrared
369 (vis-nir) hyperspectral imaging. *Food chemistry* 156:394-401.

370 Honikel KO. 2008. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products.
371 *Meat Science* 78:68-76.

372 Hopkins D. 1996. Assessment of lamb meat colour. *Meat Focus International* 5:400-401.

373 Hornsey HC. 1956. The colour of cooked cured pork. I.—estimation of the nitric oxide-haem
374 pigments. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 7:534-540.

375 Huff-Lonergan E, Lonergan SM. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of
376 postmortem biochemical and structural changes. *Meat science* 71:194-204.

377 Hunt M. Meat color measurements. *Proceedings Annual Reciprocal Meat Conference*. p[^]pp.

378 Hur SJ. 2010. *Analysis of animal products*. G-World.

379 Hur SJ, Park GB, Joo ST. 2005. Effect of fatty acid on meat qualities. *Korean J Intl Agric* 17:53-59.

380 Jeong JY, Jo C. 2018. The application of meat alternatives and ingredients for meat and processed
381 meat industry. *Food Science of Animal Resources* 7:2-11.

382 Jia W, Liang G, Wang Y, Wang J. 2018. Electronic noses as a powerful tool for assessing meat quality:
383 A mini review. *Food Analytical Methods* 11:2916-2924.

384 Jo K, Lee S, Yong HI, Choi Y-S, Jung S. 2020. Nitrite sources for cured meat products. *LWT* 129:109583.

385 Jung AH, Hwang JH, Park SH. 2021. Production technologies of meat analogue. *Food Science of*
386 *Animal Resources* 10:54-60.

387 Jung J-H, Kim C-W, Park B-Y, Choi J-S, Park H-C. 2011. Genetic parameter estimates for meat quality
388 traits in berkshire pigs. *Journal of Animal Science and Technology* 53:289-296.

389 Kang K-M, Lee S-H, Kim H-Y. 2022. Effects of using soybean protein emulsion as a meat substitute
390 for chicken breast on physicochemical properties of vienna sausage. *Food Science of Animal*
391 *Resources* 42:73-83.

392 Kim D-H, Kim YJ, Shin D-M, Lee JH, Han SG. 2022. Drying characteristics and physicochemical
393 properties of semi-dried restructured sausage depend on initial moisture content. *Food*

394 Science of Animal Resources 42:411-425.

395 Kim HS, Lee SY, Hur SJ. 2016. Manufacturing of meat products by using bioactive materials. Food
396 Science of Animal Resources 5:30-41.

397 Kim TK, Hwang KE, Lee MA, Paik HD, Kim YB, Choi YS. 2019. Quality characteristics of pork loin
398 cured with green nitrite source and some organic acids. Meat Science 152:141-145.

399 Koolmees PA, Korteknie F, Smulders FJ. 1986. Accuracy and utility of sarcomere length assessment
400 by laser diffraction. Food Structure 5:9.

401 Ku S-K, Kim J, Kim S-M, Yong HI, Kim B-K, Choi Y-S. 2022. Combined effects of pressure cooking
402 and enzyme treatment to enhance the digestibility and physicochemical properties of
403 spreadable liver sausage. Food Science of Animal Resources 42:441-454.

404 Lee D-S. 2014. Livestock grading system should be consumer-oriented. KAPE Magazine 215:8-9.

405 Lee M-H. 2004. Scientificization of processed food. The Science & Technology:76-79.

406 Lee SK. 1994. Meat processing – processing and use of simple sausages. . The Korea Swine Journal
407 16:140-143.

408 Lee Y-J, Kim C-J, Park B-Y, Seong P-N, Kim J-H, Kang G-H, Kim D-H, Cho S-H. 2010. Chemical
409 composition, cholesterol, trans-fatty acids contents, ph, meat color, water holding capacity
410 and cooking loss of hanwoo beef (korean native cattle) quality grade. Food Science of
411 Animal Resources 30:997-1006.

412 Li G-H, Choe I-S, Nam K-T, Kim S-H, Lee C-H, Choi K-D. 2007. A study on the appropriateness of
413 duck meat processing according to feeding management. Food Science of Animal Resources
414 27:203-208.

415 Mäki-Petäys O, Korkeala H, Alanko T, Sorvettula O. 1991. Comparison of different ph measurement
416 methods in meat. Acta Veterinaria Scandinavica 32:123-129.

417 Maltin C, Balcerzak D, Tilley R, Delday M. 2003. Determinants of meat quality: Tenderness.
418 Proceedings of the Nutrition Society 62:337-347.

419 Mancini R, Hunt M. 2005. Current research in meat color. Meat science 71:100-121.

420 Morey A, Owens CM. 2017. Methods for measuring meat texture. In Poultry quality evaluation.
421 Elsevier.

422 Novaković S, Tomašević I. A comparison between warner-bratzler shear force measurement and
423 texture profile analysis of meat and meat products: A review. IOP Conference Series: Earth
424 and Environmental Science. p^pp 012063.

425 O'sullivan M, Byrne D, Martens H, Gidskehaug L, Andersen H, Martens M. 2003. Evaluation of pork
426 colour: Prediction of visual sensory quality of meat from instrumental and computer vision
427 methods of colour analysis. Meat science 65:909-918.

428 Oswell NJ, Gilstrap OP, Pegg RB. 2021. Variation in the terminology and methodologies applied to
429 the analysis of water holding capacity in meat research. Meat Science 178:108510.

430 Park H, Oh H, Ha J, Kang J, Lee K, Chin K. 2003. The science and technology of meat and meat
431 products. Sun Jin Mun Hwa Sa, Seoul, Korea:394-395.

432 Pearce K. 2009. Sheep crc program 3: Next generation meat quality project 3.1. 1. Phenotyping the

433 information nucleus flocks: Operational protocol series. School of Veterinary and Biomedical
434 Science, Murdoch University, Murdoch, Western Australia.

435 Prevolnik M, Čandek-Potokar M, Škorjanc D. 2010. Predicting pork water-holding capacity with nir
436 spectroscopy in relation to different reference methods. *Journal of Food Engineering* 98:347-
437 352.

438 Prevolnik M, Čandek-Potokar M, Škorjanc D. 2011. Ability of nir spectroscopy to predict meat
439 chemical composition and quality—a review.

440 Saini RK, Prasad P, Shang X, Keum Y-S. 2021. Advances in lipid extraction methods—a review.
441 *International Journal of Molecular Sciences* 22:13643.

442 Schreuders FKG, Schlangen M, Kyriakopoulou K, Boom RM, Van Der Goot AJ. 2021. Texture methods
443 for evaluating meat and meat analogue structures: A review. *Food Control* 127:108103.

444 Shin D-M, Kim DH, Yune JH, Kwon HC, Kim HJ, Seo HG, Han SG. 2019. Oxidative stability and quality
445 characteristics of duck, chicken, swine and bovine skin fats extracted by pressurized hot
446 water extraction. *Food Science of Animal Resources* 39:446-458.

447 Shin D-M, Yune JH, Kim T-K, Kim YJ, Kwon HC, Kim DH, Jeong CH, Choi Y-S, Han SG. 2021.
448 Physicochemical properties and oxidative stability of duck fat-added margarine for reducing
449 the use of fully hydrogenated soybean oil. *Food Chemistry* 363:130260.

450 Shin DM, Hwang KE, Lee CW, Kim TK, Park YS, Han SG. 2017. Effect of swiss chard (*beta vulgaris* var.
451 *Cicla*) as nitrite replacement on color stability and shelf-life of cooked pork patties during
452 refrigerated storage. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* 37:418-428.

453 Shin K, Park H, Lee S, Kim C. 1998. Studies on fatty acids composition of different portions in various
454 meat. *Korean J Food Sci Ani Resour* 18:261-268.

455 Sindelar JJ, Terns MJ, Meyn E, Boles JA. 2010. Development of a method to manufacture uncured,
456 no-nitrate/nitrite-added whole muscle jerky. *Meat Science* 86:298-303.

457 Soxhlet, H. 1879. PREPARATION of PERMANENT RENNET-ESSENCE. *American Journal of Pharmacy*
458 (1835-1907), 51.

459 Steen L, Neyrinck E, De Mey E, De Grande A, Telleir D, Raes K, Paelinck H, Fraeye I. 2020. Impact of
460 raw ham quality and tumbling time on the technological properties of polyphosphate-free
461 cooked ham. *Meat Science* 164:108093.

462 Sun A, Wu W, Soladoye OP, Aluko RE, Bak KH, Fu Y, Zhang Y. 2022. Maillard reaction of food-derived
463 peptides as a potential route to generate meat flavor compounds: A review. *Food Research*
464 *International* 151:110823.

465 Sun Q, Sun F, Zheng D, Kong B, Liu Q. 2019. Complex starter culture combined with vacuum
466 packaging reduces biogenic amine formation and delays the quality deterioration of dry
467 sausage during storage. *Food Control* 100:58-66.

468 Swoboda, P. A. T., & Lea, C. H. 1958. Determination of the peroxide value of edible fats by colorimetric
469 iodometric procedures. *Chemistry and Industry* :33: 1090-1091.

470 Tang J, Faustman C, Hoagland T. 2004. Krzywicki revisited: Equations for spectrophotometric
471 determination of myoglobin redox forms in aqueous meat extracts. *Journal of food science*

472 69:C717-C720.

473 Tarladgis BG, Watts BM, Younathan MT, Dugan Jr L. 1960. A distillation method for the quantitative
474 determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of the American Oil Chemists'*
475 *Society* 37:44-48.

476 Tian X, Li ZJ, Chao YZ, Wu ZQ, Zhou MX, Xiao ST, Zeng J, Zhe J. 2020. Evaluation by electronic
477 tongue and headspace-gc-ims analyses of the flavor compounds in dry-cured pork with
478 different salt content. *Food Research International* 137:109456.

479 Tomažin U, Škrlep M, Prevolnik Povše M, Batorek Lukač N, Karolyi D, Červek M, Čandek-Potokar M.
480 2020. The effect of salting time and sex on chemical and textural properties of dry cured
481 ham. *Meat Science* 161:107990.

482 Xu J, Zhang M, Wang Y, Bhandari B. 2021. Novel technologies for flavor formation in the processing
483 of meat products: A review. *Food Reviews International*:1-25.

484 Yong HI, Kim T-K, Choi H-D, Jung S, Choi Y-S. 2020. Technological strategy of clean label meat
485 products. *Food and Life* 2020:13-20.

486 Zaini HBM, Sintang MDB, Pindi W. 2020. The roles of banana peel powders to alter technological
487 functionality, sensory and nutritional quality of chicken sausage. *Food Science & Nutrition*
488 8:5497-5507.

489 Zhang W, Xiao S, Samaraweera H, Lee EJ, Ahn DU. 2010. Improving functional value of meat products.
490 *Meat Science* 86:15-31.

491 Zhou C-Y, Xia Q, He J, Sun Y-Y, Dang Y-L, Ou C-R, Pan D-D, Cao J-X, Zhou G-H. 2021. Improvement
492 of ultrasound-assisted thermal treatment on organoleptic quality, rheological behavior and
493 flavor of defective dry-cured ham. *Food Bioscience* 43:101310.

494

495 **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 ¹⁾	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 ²⁾	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 force	shear	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 ³) 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 ⁴⁾	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)

496 ¹⁾NIR spectrophotometry: Near-Infrared Spectrophotometry.

497 ²⁾WHC: water holding capacity; Vis-NIR: visible-near infrared reflectance; NMR: nuclear magnetic resonance

498 ³⁾GC: gas chromatography.

499 ⁴⁾ PoV: peroxide value; TBARS value: Thiobarbituric acid reactive substances values.

500

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

Meat products	Experiment items	Applied methods	References
	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)
Whole meat products (Ham)	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)
	Proximate composition	Moisture, protein, fat, dietary fiber, ash, carbohydrate	(Ghafouri-Oskuei et al., 2020; Kang et al., 2022; Ku et al., 2022; Zaini et al., 2020)
Ground meat products (Sausage)	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)

502

503