

1
2
3

TITLE PAGE

- Food and Life-

Upload this completed form to website with submission

ARTICLE INFORMATION	Fill in information in each box below
Article Type	Review
Article Title (English)	Muscle fiber characteristics of caprine and ovine skeletal muscles
Article Title (Korean) English papers can be omitted	염소와 양 골격근의 근섬유 특성
Running Title (English, within 10 words)	Caprine and ovine muscle fiber characteristics
Author (English)	Jinyoung Park ¹ , Sumin Song ² , Huilin Cheng ² , Choeun Im ² , Gap-Don Kim ^{2,3}
Affiliation (English)	¹ Mgenic Bio, Anseong 17529, Republic of Korea ² Graduate School of International Agricultural Technology, Seoul National University, Pyeongchang 25354, Republic of Korea ³ Institutes of Green Bio Science & Technology, Seoul National University, Pyeongchang 25354, Republic of Korea
Author (Korean) English papers can be omitted	박준영 ¹ , 송수민 ² , 청혜린 ² , 임조은 ² , 김갑돈 ^{2,3}
Affiliation (Korean) English papers can be omitted	¹ 엠제닉바이오 ² 서울대학교 국제농업기술대학원 ³ 서울대학교 그린바이오과학기술연구원
Special remarks – if authors have additional information to inform the editorial office	
ORCID and Position(All authors must have ORCID) (English) https://orcid.org	Junyoung Park (https://orcid.org/0000-0003-2569-6422) Sumin Song (https://orcid.org/0000-0001-7115-2253) Huilin Cheng (https://orcid.org/0000-0003-0628-3358) Choeun Im (https://orcid.org/0000-0003-3564-7069) Gap-Don Kim (https://orcid.org/0000-0001-5870-8990)
Conflicts of interest (English) List any present or potential conflicts of interest for all authors. (This field may be published.)	The authors declare no potential conflict of interest.

Acknowledgements (English) State funding sources (grants, funding sources, equipment, and supplies). Include name and number of grant if available. (This field may be published.)	This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by Korea government (MSIT) (NRF-2022R1A2C4002360).
Author contributions (This field may be published.)	Conceptualization: Km GD, Park J Data curation: Im C, Kim GD, Park J Formal analysis: Cheng H, Im C, Park J, Song S Methodology: Cheng H, Im C, Park J, Song S Writing – original draft: Park J, Kim GD Writing – review & editing: Cheng H, Im C, Kim GD, Park J, Song S
Ethics approval (IRB/IACUC) (English) (This field may be published.)	This manuscript does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants.

4 **CORRESPONDING AUTHOR CONTACT INFORMATION**

For the <u>corresponding</u> author (responsible for correspondence, proofreading, and reprints)	Fill in information in each box below
First name, middle initial, last name	Gap-Don Kim
Email address – this is where your proofs will be sent	gapdonkim@snu.ac.kr
Secondary Email address	
Postal address	Graduate School of International Agricultural Technology, Seoul National University, 1447 Pyeongchangdae-ro, Pyeongchang 25354, Republic of Korea
Cell phone number	+82-10-3233-5840
Office phone number	+82-33-339-5778
Fax number	+82-33-339-5779

5

6 Abstract

7 This study aimed to provide a fundamental summary of the caprine and ovine
8 muscle fiber characteristics. The goat and sheep industries have been
9 experiencing growth due to their adaptability to market changes and the
10 diversity of their products. Muscle fibers, which represent the basic unit of
11 muscle and an essential factor in assessing meat quality, can be classified into
12 several types by their contractile and metabolic properties. Species, breeds,
13 muscle type, age, and sex are the main factors affecting muscle fiber
14 characteristics. While the effects of these factors on muscle fiber
15 characteristics of major livestock species (cattle, pigs, and chickens) are
16 widely studied, goats and sheep (the main meat sources among minor
17 livestock species) have not fully studied. Understanding muscle fiber
18 characteristics will help to development technologies for regulating goat and
19 lamb meat quality. In the present study, the muscle fiber characteristics of
20 the caprine and ovine skeletal muscles assessed in previous studies were
21 summarized. In addition, the effects of breed, sex, age, and muscle type on
22 the caprine and ovine muscle fiber characteristics were assessed using the
23 results of previous studies. Specific in-depth studies on muscle fiber
24 characteristics and their relationship to the quality characteristics of goat and
25 lamb meat are required. These studies will help to extend shelf-life and
26 retard deterioration in meat quality during storage or freeze-thawing of goat
27 and lamb meat.

ACCEPTED

29 1. 서론

30 전 세계적으로 육류 생산량은 꾸준히 증가하고 있는 추세이고 1인당 육류 소비
31 량 또한 지속적으로 증가할 것으로 전망된다(Stella et al., 2018). 돼지, 소, 그리
32 고 가금과 함께 주요 식육을 생산하는 가축인 염소와 양은 높은 환경 적응성과
33 번식력으로 인해 전 세계적으로 사육되는 적색육 생산 종(species)의 하나다
34 (Webb, 2014). 염소 및 양은 아프리카, 아시아, 중앙 및 남 아메리카 등지가 주
35 요 생산 및 소비 지역이고, 산업 규모가 지속적으로 증가한다고 보고되고 있다
36 (Mazhangara et al., 2019). 그러나 산업의 규모와 성장속도 및 소비량에 비해
37 염소육과 양고기에 대한 연구는 다른 식육과 비교해 매우 적은 편이다. 선행 연
38 구에서 품종, 성별 및 근육 차이에 따른 근섬유 분포 특성에 대해 보고한 바가
39 있으나, 염소 및 양고기의 이화학적 특성과의 연관성이나 근섬유 특성을 고려한
40 품질 및 저장성 개선 등에 대한 연구는 전무한 실정이다(Hwang et al., 2019; Liu
41 et al., 2022; Rivero et al, 2022; Sirin, 2018).

42 식육의 주요 품질 특성인 pH, 육색, 보수력 및 연도는 근육을 구성하고 있는
43 근섬유(muscle fiber)의 유형별 특성(크기, 조성 및 밀도)에 영향을 크게 받는
44 것으로 보고되었고(Joo et al., 2013), 근섬유 특성 대한 이해는 식육의 종류에 관
45 계없이 식육의 품질을 예측하고, 품질을 개선하거나 저장 중 품질 저하를 예방하
46 는 방법과 기술 개발을 용이하게 할 수 있다고 선행연구에서 보고된 바가 있다
47 (Joo et al., 2013). 특히, 돈육과 우육의 경우, 부위별(또는 근육별)로 구성하고
48 있는 근섬유 조성의 차이로 인해 냉장 및 냉동-해동 처리에 따른 품질 변화 정

49 도가 상이함을 확인하고, 부위별로 적절한 저장 방법을 선행연구에서 제시한 바
50 가 있다(Cheng et al., 2020; Cheng et al., 2021). 또한, 돈육에서 이상육
51 (abnormal pork)으로 분류되는 PSE육의 주요 특징인 창백한 육색(pale), 흐물
52 흐물한 조직감(soft) 그리고 육즙이 과도하게 빠져나오는 낮은 보수력
53 (exudative)이 속근성의 수축 특성을 지니고 해당적 에너지 대사에 의존적인 근
54 섬유 유형 IIX 및 IIB의 분포와 정의 상관관계를 나타낸다고 보고한 바가 있고
55 (Joo et al., 2013; Kim et al., 2013; Solomon et al., 2007), 빠른 사후 대사 속
56 도 및 사후 근육 강직으로 인한 보수력과 연도의 저하 또한 이들 근섬유 유형과
57 밀접한 연관이 있음을 선행연구에서 보고한 바가 있다(Joo et al., 2013; Solomon
58 et al., 2007).

59 따라서 염소 및 양의 주요 부위(또는 근육)를 구성하고 있는 근섬유 특성에 대
60 한 이해를 바탕으로 염소 및 양고기의 품질 개선과 저장 및 냉동-해동 처리에
61 따른 품질 저하 예방 기술 개발을 위해서는 현재까지 수행된 근섬유 특성에 관한
62 연구 결과를 살펴보는 것이 선행되어야 할 것이다. 또한 선행연구에서 고찰한 내
63 용을 바탕으로 향후 연구방향을 제시함으로써 염소 및 양고기의 품질 개선 및 품
64 질 관리 기술 개발, 나아가서는 소비확대를 기대할 수 있을 것이다. 따라서 본 연
65 구에서 현재까지 수행한 염소 및 양의 주요 근육을 구성하고 있는 근섬유의 유형
66 별 특성(크기, 조성 및 밀도 등)에 관한 연구 결과를 요약 및 고찰하여 향후 연
67 구방향을 제언하고자 한다.

68

69

70 2. 근섬유 유형 구분

71 근섬유 유형은 일반적으로 근섬유가 지니고 있는 수축 및 대사 특성 그리고
72 myosin 아형 분포 특성에 따라 구분되는데, 현재까지 myosin ATPase 활성도
73 차이(Brooke & Kaiser, 1970; Guth & Samaha, 1969)에 따른 분류 방법이 주로
74 사용되었다. 근섬유가 수축할 때 필요한 에너지인 ATP를 가수분해하는 효소
75 (ATPase) 역할을 담당하면서 액틴과 결합하는 장소(actin-binding site)이기도
76 한 myosin heavy chain(MHC)은 몇 가지 아형(isoform)을 가지고 있으며, MHC
77 아형에 따라 ATPase의 활성이 상이하고, pH 범위에 따라 다른 활성도를 나타낸
78 다(Kim et al., 2014). 선행연구에서 각 근섬유를 myosin ATPase의 적정 pH 차
79 이에 따라 I, IIA, IIX 또는 IIB로 유형을 구분하였다(Brooke & Kaiser, 1970;
80 Guth & Samaha, 1969).

81 최근에는 MHC 아형(1, 2, 4 및 7)의 분포에 따라 근섬유 유형을 I(MHC 7),
82 IIA(MHC 2), IIX(MHC 1) 및 IIB(MHC 4) 등으로 구분하기도 한다(Kim et al.,
83 2014; Song et al., 2020). 각 MHC 아형에 대한 항체(antibody)를 이용하여 면
84 역조직학적 방법으로 근섬유 유형을 분류할 수 있다. MHC 항체 및 면역조직학적
85 방법을 이용할 경우, 2종 이상의 MHC 아형이 분포하는 중간(hybrid)근섬유인
86 I/IIA, IIA/IIX 및 IIX/IIB를 구분하여 근섬유 유형을 더욱 세분화할 수 있는 장점
87 이 있다(Kim et al., 2014; Song et al., 2020).

88 근섬유 유형을 구분하는 다른 방법은 근섬유가 수축-이완 시 사용하는 에너지

89 (ATP)의 의존성에 따른 것이다. 즉, 근육 내 주요 에너지 대사 형태인 산화적
90 대사 및 해당적 대사에 관여하는 다양한 효소 중 succinate
91 dehydrogenase(SDH)와 glycerol-3-phosphate dehydrogenase(GPDH)의 활
92 성도를 분석하여 산화적(oxidative) 또는 해당적(glycolytic) 근섬유 유형으로
93 각각 구분한다(Blanco et al., 1988; Martin et al., 1985). 또한 Nachlas 등(1958)
94 이 nicotinamide adenine dinucleotide-tetrazolium reductase(NADH-TR)의
95 활성도 차이에 따라 근섬유를 구분하기도 했다. 대사적 특성에 따른 근섬유 유형
96 의 구분과 각 유형별 조성 차이는 사후 대사 속도 및 ultimate pH를 결정하고,
97 나아가서 식육의 주요 육질 특성(보수력, 육색, 연도 등)을 결정 짓는다(Joo et
98 al., 2013). 따라서 각 근섬유의 SDH 및 GPDH 활성도를 분석하여 근섬유 유형
99 을 구분하는 방법은 myosin ATPase 활성도 차이 및 MHC 아형 분포 차이를 활
100 용한 유형 분류법과 함께 축산학(livestock science) 및 식육학(meat science)
101 분야에서 현재까지 많이 활용되고 있다.

102 염소 근육에 분포하는 근섬유 유형을 구분하기 위해 선행연구에서 활용한 방법
103 은 MHC 항체를 이용한 면역조직학적 방법(Argüello et al., 2001; Rivero et al.,
104 2022)과 myosin ATPase 활성도 차이법(Hwang et al., 2019; Sirin, 2018)이다
105 (Table 1). Argüello 등(2001)의 보고에서는 MHC 아형 분포에 따라 근섬유를
106 4가지 유형(I, I+IIA, IIA, IIAX 및 IIX)으로 구분하였고, Rivero 등(2022)은 유
107 형 I과 II로 구분하였다. 반면, myosin ATPase 활성도 차이법으로 근섬유 유형
108 을 구분한 선행연구(Hwang et al., 2019; Sirin, 2018)에서는 I, IIA 및 IIB 등 3

109 종으로 구분하였다. Hwang 등(2019)은 소의 등심, 안심 및 우둔 근육에서 근섬
110 유를 myosin ATPase 활성도 차이법으로 구분한 선행연구(Hwang 등, 2010)와
111 동일한 방법으로 염소 골격근의 근섬유를 I, IIA 및 IIB로 구분한 바가 있다.

112 Myosin ATPase 활성도 차이법은 염소, 소 및 돼지 근육뿐만 아니라 양의 근
113 육에서도 동일한 유형으로 근섬유를 구분하게 한다. 즉, Fantová 등(2015)과
114 Liu 등(2022)의 보고에서 양의 주요 근육(*M. longissimus thoracis*, *M.*
115 *longissimus thoracis et lumborum* 및 *M. quadriceps femoris*)에서 근섬유를 유
116 형 I, IIA 및 IIB로 구분하였다(Table 2). 또한, Peña-Torres 등(2022)도
117 myosin ATPase 활성도 차이법을 이용하여 양의 *M. longissimus thoracis*에 분
118 포하는 근섬유를 I, IIA 및 IIB로 구분한 바가 있는데, 이때 근섬유의 대사적 특
119 성(NADH-TR 활성도) 차이에 따라 산화적(oxidative) 근섬유 및 해당적
120 (glycolytic) 근섬유로도 구분하였다. López-Baca 등(2021)은 NADH-TR 활
121 성도 차이에 따라 양의 *M. longissimus thoracis*에서 근섬유를 유형 I, IIA 및
122 IIB로 구분하였다.

123

124

125 3. 염소와 양 근육의 근섬유 특성

126 3.1. 품종별 차이

127 Stella 등(2018)에 따르면 염소와 양의 품종은 전 세계적으로 약 600여 종이

128 알려져 있고, 계통은 대부분 중동 아시아 지역의 야생염소(benzoar goat)종에 기
129 반을 둔다고 보고되고 있다. 품종이 다르면 근섬유 특성 또한 상이할 것으로 예
130 상되는데, 다른 축종(소, 돼지, 닭 및 오리)의 경우 선행연구에서 품종 간 근섬유
131 특성 차이를 보고한 바가 있다(Branciari et al., 2009; Huo et al., 2021;
132 Lebedová et al., 2021; Lee et al., 2012).

133 스페인의 주요 염소 품종 간 비교 결과를 보고한 Rivero 등(2022)의 연구에
134 의하면 *M. semimembranosus*에는 근섬유 유형 I이 17.9% ~ 36.7%의 범위로
135 분포하고, 유형 II는 63.3% ~ 82.1% 수준으로 분포하는데, 품종 간 근섬유 조성
136 이 유의적으로 차이가 있음을 확인하였다(Table 1). Sirin (2018)의 연구에서는
137 터키 염소의 품종 간 근섬유 특성을 비교하였는데, *M. longissimus dorsis*에서는
138 Kilis와 Angora가 Honamli 및 Hair 품종에 비해 IIA 근섬유 밀도가 현저히 낮
139 은 값을 나타내었다. 또한 Honamli와 Hair 간 *M. longissimus dorsis*에서의 근섬
140 유 밀도는 근섬유 유형에 관계없이 유사한 경향을 나타내었다. 위 연구에서 보고
141 한 *M. semimembranosus*의 근섬유 특성은 Honamli(26.3%)이 다른 품종(15.2%
142 ~ 15.8%)에 비해 IIB 근섬유 조성이 상대적으로 높은 결과를 보여주었다.

143 한편, 양의 경우 품종간 직접 비교 결과는 없지만 비슷한 연령(5개월)의
144 Dorper × Pelibuey와 German Heath Lamb를 비교하면, *M. longissimus*
145 *thoracis* 또는 *M. longissimus thotacis et lumborum*에서 근섬유 크기는 매우 상
146 이한 것으로 확인된다(Table 2). 즉, Dorper × Pelibuey의 근섬유 유형별 크기
147 는 2349 μm^2 (I), 1447 μm^2 (IIA) 및 1760.8 μm^2 (IIB)인 반면, German Heath

148 Lamb는 $1035.63 \mu\text{m}^2$ (I), $647.90 \mu\text{m}^2$ (IIA) 및 $805.11 \mu\text{m}^2$ (IIB)를 나타내었다.
149 연령이 6.5개월인 Dorper × Pelibuey에 대한 또다른 연구 결과(López-Baca
150 et al. 2021)에서도 비슷한 경향을 보여주었는데, 근섬유 유형에 관계없이 근섬유
151 의 크기가 German Heath Lamb보다 높은 값을 나타내었다.

152 다른 축종의 경우에도 품종 간 차이를 나타내는 것으로 보고되고 있다. 예를
153 들면, 소의 경우 Lebedová 등(2021)이 Angus, Gascon, Holstein 및 Fleckvieh
154 등의 주요 근육(*M. longissimus lumborum*, *M. semitendinosus*, *M. biceps*
155 *femoris*, *M. semimembranosus* 및 *M. psoas major*)에서 근섬유 특성을 비교하
156 였는데, 그 결과 *M. psoas major*를 제외한 나머지 주요 근육에서 근섬유 조성 또
157 는 근섬유 크기가 상이함을 확인하였다(Table 3). 돼지의 경우, Ruusunen
158 Puolanne(2004)의 연구에서 야생(wild)과 상용(domestic) 돼지 근섬유 유형
159 분석 결과 상용 돼지의 *M. semimembranosus*는 약 6%의 I 유형을 함유하고 있
160 지만, 야생 돼지는 I 유형이 16%를 차지한다고 보고된 바 있다(Table 3).

161 따라서, 염소 및 양을 포함한 주요 가축의 경우 축종에 관계없이 품종에 따라
162 근섬유 특성이 상이함을 확인하였다. 그러나, 근육의 종류에 따라 품종 간 차이가
163 없을 수도 있으나, 대부분의 근육에서는 품종 간 차이를 나타내었다.

164

165 3.2. 부위별 차이

166 근육 유형에 따라 근섬유 특성의 상이함은 다수의 선행연구에서 보고된 바

167 (Bee et al., 2004; Cheng et al., 2020; Kim et al., 2016)와 같이, 염소의 주요 근
168 육에 분포하는 근섬유 특성을 보고한 Hwang 등(2019)의 결과에서도 유사한 경
169 향이 확인되었다(Table 1). 즉, *M. longissimus dorsi*의 경우 IIB 유형(38.02% ~
170 48.78%)의 근섬유가 다른 유형의 근섬유(I : 19.08% ~ 24.24%, IIA : 30.80% ~
171 41.46%)보다 더 많은 분포를 나타냈지만, *M. psoas major*의 경우 I 유형의 근섬
172 유가 가장 높은 분포(44.36% ~ 46.12%)를 나타냈다. 같은 연구에서 *M.*
173 *semimembranosus*와 *M. gluteus medius*의 경우 다른 근섬유 유형보다 IIB 유
174 형이 더 높은 조성(40.32% ~ 52.82% 및 37.60% ~ 45.88%)을 나타내었다.
175 Sirin (2018)의 연구결과에 의하면 품종에 관계없이 *M. longissimus dorsi*와 *M.*
176 *semimembranosus*의 근섬유 밀도는 상이한 반면, 근섬유 크기는 대부분 비슷한
177 것으로 확인된다.

178 한편, 양의 경우, Fantová 등(2015)이 보고한 결과에서는 *M. longissimus*
179 *thotacis et lumborum*이 *M. quadriceps femoris* 보다 유형 IIA(24.02% :
180 16.48%)와 IIB(67.86% : 55.65%)의 조성이 높은 반면, 유형 I의 조성(8.12% :
181 27.48%)은 낮은 특성을 나타내었다(Table 2). 이러한 경향은 돼지와 소에서도
182 관찰할 수 있는데, 근육은 유형에 따라 운동 생리적 특성이 다를 뿐만 아니라 에
183 너지 대사가 다르기 때문에 근육을 구성하고 있는 근섬유 특성 또한 달라진다
184 (Farup et al., 2014; Park et al., 2022; Song et al., 2020). Totland &
185 Kryvi(1991)의 연구에서 소의 앞다리에 분포하는 여러 근육은 위치에 따라 근
186 섬유 조성이 다르다고 하였다(Table 3). 즉, 뼈와 가까운 근육일수록 I 유형의

187 근섬유가 많이 분포하는 반면, 뼈와 거리가 멀수록 IIB 유형의 근섬유가 상대적
188 으로 더 많이 분포한다. Park 등(2022)의 연구에서는 근육의 형태적 특성에 따
189 라 상이한 근섬유 특성을 확인한 바가 있다. 한편, 근육 유형에 따라 근섬유 조성
190 의 차이(intermuscular variation)가 있을 뿐 아니라, 단일 근육 내에서도 차이
191 (intramuscular variation)가 나는 것으로 보고되었다. Kim 등(2018, 2019)의
192 연구에서 돼지 *M. longissimus thoracis et lumborum*, *M. semimembranosus* 및
193 *M. semitendinosus*에서 각각 근육 내 위치에 따라 근섬유 조성 및 크기가 상이
194 함을 확인한 바가 있다(Table 3).

195

196 3.3. 연령별 차이

197 Hwang 등(2019)의 연구에서 한국 재래 흑염소의 근섬유 특성을 분석하였는
198 데, 9개월령과 18개월령을 서로 비교하였다(Table 1). 개월령이 더 높은 염소의
199 *M. longissimus thoracis et lumborum*, *M. semimembranosus* 및 *M. gluteus*
200 *medius*에서 IIB 유형의 근섬유 조성이 높은 반면, IIA의 조성이 낮은 특성을 나
201 타내었다. 그러나 *M. psoas major*에서는 근섬유 유형에 관계없이 개월령에 따른
202 조성 차이를 나타내지 않았다. 한편, 양에 대한 연구에서는 연령별 비교에 대한
203 결과를 확인할 수 없었다(Table 2).

204 다른 축종의 경우, 소와 돼지에서 연령별 차이를 연구한 사례가 있다. 염소에서
205 연령의 증가로 인해 IIB 유형의 근섬유 조성이 증가하고, IIA 조성이 감소한 결과
206 와 같이 소와 돼지에서 각각 생후 0 ~ 5개월 및 생후 2~3개월 사이에 이러한 근

207 섬유 조성 변화가 일어나는 것으로 보고되었다(Dai et al., 2009; Wegner et al.,
208 2000). 즉, Wegner 등(2000)은 소의 품종에 관계없이 생후 0~2 개월에 근섬
209 유 유형 IIB가 증가하고 IIA가 감소하는 경향을 보이다가 그 정도가 점차 감소하
210 여 생후 6개월 이후에는 이러한 근섬유 조성 변화가 거의 나타나지 않았다고 보
211 고하였다(Table 3). 돼지의 경우, 생후 약 3개월까지 위와 같은 경향을 나타내지
212 만, 그 이후에는 근섬유 조성의 변화가 없었다고 보고하였다(Dai et al., 2009).

213

214 3.4. 성별 차이

215 염소의 경우, 성별 차이를 연구한 사례는 확인되지 않았으나, 양의 경우 Sunit
216 와 German Heath Lamb 품종에서 성별 근섬유 특성을 비교한 바가 있다
217 (Fantová et al. 2015; Liu et al., 2022). Liu 등(2022)이 수행한 Sunit의 M.
218 *longissimus thoracis*에 대한 연구에 따르면 암컷이 수컷보다 근섬유 IIB의 조성
219 (number composition)이 유의적으로 더 높았지만, 다른 유형(I 및 IIA)의 근섬
220 유 조성은 유의적인 차이가 없는 것으로 확인되었다. Fantová 등(2015)의 연구
221 에서는 성별에 따라 근섬유 크기는 유의적 차이가 있으나, 근섬유 조성은 차이가
222 없다고 보고하였다. 다른 축종의 경우, 소와 돼지에서 성별 차이를 보고한 바가
223 있다(Chiriki et al., 2012; Jeong et al., 2017). Chiriki 등(2012)은 소의 성별 비
224 교에서 근육의 종류에 관계없이 거세우가 높은 IIA 함량을 보이는 반면 IIB 유형
225 의 함량은 낮다고 보고하였다(Table 3). 또한, Jeong 등(2017)의 돼지에 관한

226 연구에서도 IIA 유형의 근섬유가 암돼지에 비해 거세돼지에서 더 높은 값을 나타
227 내었고, IIB는 비율이 낮았다고 보고하였다(Table 3). 또한, Brandstetter 등
228 (1998)의 연구에서 거세 여부와 개월령에 따라 근섬유 유형 간 변화를 지연시킬
229 수 있다고 보고하였다. 성별에 따른 근섬유 특성 차이는 가축의 성 성숙 중 분비
230 되는 호르몬(androgen과 testosterone 등)에 의해 대사 차이, 즉 해당적 대사
231 감소 및 산화적 대사 증가에 기인하는 것으로 보고되고 있다(Jurie et al., 1999;
232 Picard & Gagaoua, 2020).

233

234

235 4. 근섬유 특성과 육질의 관계

236 근섬유 조성과 육질 또는 식육의 이화학적 특성과의 상관관계는 여러 선행 연
237 구에서 보고되었다(Choi and Kim, 2009; Joo et al., 2013; Karlsson et al., 1993;
238 Kim et al., 2010; Kim et al., 2018). 근섬유의 조성에 따라 도축 후 에너지 대사
239 속도가 달라지고 이로 인해 최종 산물인 젖산 및 수소이온(H^+)이 축적되어 식육
240 의 산도, 육색, 보수력 및 연도가 결정된다고 알려져 있다(Joo et al., 2012). 그
241 러나 이러한 결과는 대부분 소나 돼지의 근육(우육 및 돈육)에서 연구가 수행된
242 것으로 염소나 양의 근육에 관한 연구는 Hwang 등(2019)의 보고 외에는 전무
243 한 실정이다. Hwang 등(2019)의 연구에서 염소의 *M. longissimus dorsi*, *M.*
244 *psoas major*, *M. semimembranosus* 및 *M. gluteus medius*를 대상으로 근섬유
245 조성파 육질과의 관계를 분석하여 보고하였다. 위 연구에서 I 유형은 명도, 수분

246 손실 및 전단가와 부의 상관관계를 나타내는 반면, 근섬유 유형 IIB는 수분 손실
247 및 전단가와 정의 상관관계를 나타내는 것으로 보고하였다. 이러한 결과는 소 및
248 돼지 근육에서 근섬유 특성과 육질 특성의 상관관계를 규명한 선행연구(Hwang
249 et al., 2010; Joo et al., 2013; Kim et al., 2010; Kim et al., 2014)와 유사한 경
250 향을 나타내는 것이다. 소 및 돼지 근육에 관한 연구는 근섬유 특성과 신선육의
251 품질 특성과의 상관성에 관한 것뿐만 아니라 저장 품질 및 냉동-해동육 품질 등
252 과의 관계도 규명한 바가 있다(Cheng et al., 2020; Cheng et al., 2021). 이러한
253 연구 결과는 우육 및 돈육의 저장 및 냉동-해동 처리 시 품질 개선 또는 품질
254 저하를 예방하기 위해 유용한 자료로 활용될 수 있다. 그러나, 염소 및 양고기의
255 품질 관리를 위한 근섬유 특성에 관한 기초연구는 매우 미진한 실정이다.

256

257

258 5. 결론

259 염소 및 양 근육에 분포하는 근섬유는 대사적 특성, 수축 특성 또는 MHC 아
260 형 분포에 따라 2가지 또는 3가지 이상의 유형으로 구분된다. 다른 축종처럼 염
261 소와 양의 근육에 분포하는 근섬유 특성은 품종, 성별, 연령 및 부위에 따른 차이
262 를 나타내는 것으로 선행연구에서 확인되었다. 또한 근섬유 특성과 염소 고기의
263 육질 특성과의 상관관계에 대한 결과는 우육이나 돈육의 결과와 유사한 경향을
264 보여주었다. 그러나, 근섬유 특성에 영향을 미치는 보다 다양한 요인, 즉 사양 환
265 경, 성장속도, 체중 등에 대한 연구가 전무한 실정이고, 근섬유 특성과 밀접한 연

266 관이 있는 사후 근육 내 에너지 대사 특성에 관한 연구 또한 확인할 수 없었다.
267 뿐만 아니라 육질 특성과의 상관관계에 대한 연구도 거의 없는 실정이다. 따라서,
268 염소 및 양고기의 품질 관리, 부위별 최적의 저장 조건 확립 및 냉동-해동육의
269 품질 개선 등에 대한 기초 자료로 활용될 수 있는 근섬유 특성에 관한 연구가 보
270 다 더 다양하게 수행될 필요가 있다.

ACCEPTED

271 **References**

- 272 Argüello A, López–Fernández JL, Ribero JL. 2001. Limb myosin heavy chain
273 isoproteins and muscle fiber types in the adult goat (*Capra hircus*). *Anat*
274 *Rec* 264:284–293.
- 275 Barany M. 1967. ATPase activity of myosin correlated with speed of muscle
276 shortening. *J Gen Physiol* 50(6):197–218.
- 277 Bee G, Guex G, Herzog W. 2004. Free–range rearing of pigs during the winter:
278 adaptations in muscle fiber characteristics and effects on adipose tissue
279 composition and meat quality traits. *J Anim Sci* 82(4):1206–1218.
- 280 Blanco CE, Sieck GC, Edgerton VR. 1988. Quantitative histochemical
281 determination of succinic dehydrogenase activity in skeletal muscle fibres.
282 *Histochem J* 20:230–243.
- 283 Branciarri R, Mugnai C, Mammoli R, Miraglia D, Ranucci D, Dal Bosco A,
284 Castellini C. 2009. Effect of genotype and rearing system on chicken
285 behavior and muscle fiber characteristics. *J Anim Sci* 87:4109–4117.
- 286 Brandstetter AM, Picard B, Geay Y. 1998. Muscle fibre characteristics in four
287 muscles of growing male cattle II. Effect of castration and feeding level.
288 *Livest Prod Sci* 53(1):25–36.
- 289 Brooke MH, Kaiser KK. 1970. Three “myosin adenosine triphosphatase”
290 system: The nature of their pH liability and sulfhydryl dependence. *J*

291 Histochem Cytochem 18:670–672.

292 Cheng H, Song S, Jung EY, Jung JY, Joo ST, Kim GD. 2020. Comparison of
293 beef quality influenced by freeze–thawing among different beef cuts having
294 different muscle fiber characteristics. Meat Sci 169:108206.

295 Cheng H, Song S, Kim GD. 2021. Frozen/thawed meat quality associated with
296 muscle fiber characteristics of porcine longissimus thoracis et lumborum,
297 psoas major, semimembranosus, and semitendinosus muscles. Sci 11,
298 13354.

299 Chiriki S, Picard B, Jurie C, Reichstadt M, Micol D, Brun JP, Journaux L,
300 Hocqueete. 2012. Meta–analysis of the comparison of the metabolic and
301 contractile characteristics of two bovine muscle: *Longissimus thoracis* and
302 *Semitendinosus*. Meat Sci 91(4):423–429.

303 Choi YM, Kim BC. 2009. Muscle fiber characteristics, myofibrillar protein
304 isoforms, and meat quality. Livest Sci 122:105–118.

305 Dai F, Feng D, Cao Q, Ye H, Zhang C, Xia W, Zuo J. 2009. Developmental
306 differences in carcass, meat quality and muscle fibre characteristics
307 between the Landrace and a Chinese native pig. S Afr J Anim Sci
308 39(4):267–273.

309 Fantová, M., Ptáček, M., Michnová, K., Nohejlová, L., Ducháček, J. 2015.
310 Histochemical muscle fibre characteristics of German heath lam meat. Acta

311 Vet Bras 84(3):297–303.

312 Farup J, Sørensen H, Kjølhede T. 2014. Similar changes in muscle fiber
313 phenotype with differentiated consequences for rate of force development:
314 endurance versus resistance training. Hum Mov Sci 34:109–119.

315 Fournier G, Bernard C, Cievet–Bonfils M, Kenney R, Pingon M, Sappey–
316 Marinier E, Chazaud B, Gondin J, Servien E. 2022. Sex differences in
317 *Semitendinosus* muscle fiber–type composition. Scand J Med Sci Spor
318 32(4):720–727

319 Frontera W, Ochala J. 2015. Skeletal muscle: A brief review of structure and
320 function. Calcif Tissue Int 96:183–195

321 Guth L, Samaha FJ. 1969. Qualitative differences between actomyosin
322 ATPase of slow and fast mammalian muscle. Exp Neurol 25:138–152.

323 Huo W, Weng K, Gu T, Zhang Y, Zhang Y, Chen G, Xu Q. 2021. Effect of
324 muscle fiber characteristics on meat quality in fast– and slow–growing
325 ducks. Poult Sci 100(8):101264.

326 Hwang YH, Bakhsh A, Lee JG, Joo ST. 2019. Differences in muscle fiber
327 characteristics and meat quality by muscle type and age of Korean native
328 black goat. Food Sci Anim Resour 39(6):988–999.

329 Hwang, YH, Kim GD, Jeong JY, Hur SJ, Joo ST. 2010. The relationship

330 between muscle fiber characteristics and meat quality traits of highly marbled
331 Hanwoo (Korean native cattle) steers. *Meat Sci* 86:456–461.

332 Jeong JY, Hur SJ, Yang HS, Moon SH, Hwang YH, Park GB, Joo ST. 2009.
333 Discoloration characteristics of 3 major muscles from cattle during cold
334 storage. *J Food Sci* 74(1):C1–C5.

335 Jeong JY, Jeong TC, Yang HS, Kim GD. 2017. Multivariate analysis of muscle
336 fiber characteristics, intramuscular fat content and fatty acid composition
337 in porcine *longissimu thoracis* muscle. *Livest Sci* 202:13–20.

338 Joo ST, Kim GD, Hwang YH, Ryu YC. 2013. Control of fresh meat quality
339 through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Sci* 95(4):828–
340 836.

341 Jurie C, Picard B, Geay Y. Changes in the metabolic and contractile
342 characteristics of muscle in male cattle between 10 and 16 months of age.
343 *J Mol Histol* 31(2):117–122.

344 Karlsson A, Enfalt A, Essen–Gustavsson B, Lundstrom K, Rydhmer L, Stern
345 S. 1993. Muscle histochemical and biochemical properties in relation to
346 meat quality during selection for increased lean tissue growth rate in pigs.
347 *J Anim Sci* 71:930–938.

348 Kim GD, Jeong JY, Hur SJ, Yang HS, Jeon JT, Joo ST. 2010. The relationship
349 between meat color (CIE L* and a*), myoglobin content, and their influence

350 on muscle fiber characteristics and pork quality. Food Sci Anim
351 Resour 30(4):626–633.

352 Kim GD, Jeong JY, Yang HS, Hur SJ. 2019. Differential abundance of
353 proteome associated with intramuscular variation of meat quality in porcine
354 *longissimus thoracis et lumborum* muscle. Meat Sci 149:85–95

355 Kim GD, Ryu YC, Jeong JY, Yang HS, Joo ST. 2013. Relationship between
356 pork quality and characteristics of muscle fibers classified by the
357 distribution of myosin heavy chain isoforms. J Anim Sci 91(1):5525–5534.

358 Kim GD, Yang HS, Jeong JY. 2016. Comparison of characteristics of myosin
359 heavy chain–based fiber and meat quality among four bovine skeletal
360 muscles. Food Sci Anim Resour 36(6):819–828.

361 Kim GD, Yang HS, Jeong JY. 2018. Intramuscular variations of proteome and
362 muscle fiber type distribution in *Semimembranosus* and *Semitendinosus*
363 muscles associated with pork quality. Food Chem 244:143–152.

364 Lebedová N, Bureš D, Needham T, Čítek J, Dlubalová Z, Stupka R, Bartoň L.
365 2021. Histochemical characterization of high–value beef muscles from
366 different breeds, and its relation to tenderness. Livest Sci 247:104468

367 Lee SH, Choe JH, Choi YM, Jung KC, Rhee MS, Hong KC, Lee SK, Ryu YC,
368 Kim BC. 2012. The influence of pork quality traits and muscle fiber
369 characteristics on the eating quality of pork from various breeds. Meat Sci

370 90(2):284–291.

371 Lee SH, Joo ST, Ryu YC. 2010. Skeletal muscle fiber type and myofibrillar
372 proteins in relation to meat quality. *Meat Sci* 86:166–170.

373 Liu C, Hou Y, Su R, Luo Y, Dou L, Yang Z, Yao D, Wang B, Zhao L, Su L, Jin
374 Ye. 2021. Effect of dietary probiotics supplementation on meat quality,
375 volatile flavor compounds and. *Food Sci Nutr* 10:2646–2658.

376 Maltin CA, Sinclair KD, Warriss PD, Grant CM, Porter AD, Delday MI, Warkup
377 CC. 1998. The effects of age at slaughter, genotype and finishing system
378 on the biochemical properties, muscle fibre type characteristics and eating
379 quality of bull beef from suckled calves. *Anim* 66(1):341–348.

380 Martin TP, Vailas AC, Durivage JB, Edgerton VR, Castleman KR. 1985.
381 Quantitative histochemical determination of muscle enzymes: Biochemical
382 verification. *J Histochem Cytochem* 33:1053–1059.

383 Mazhangara IR, Chivandi E, Mupangwa JF, Muschenje V. 2019. The potential
384 of goat meat in the red meat industry. *Sustainability* 11(13):3671.

385 McKenna DR, Miles PD, Baird BE, Pfeiffer KD, Ellebracht JW, Savell JW. 2005.
386 Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of
387 19 bovine muscles. *Meat Sci* 70(4):665–682.

388 Nachlas MM, Walker DG, Seligman AM. 1958. A histochemical method for the
389 demonstration of diphosphopyridine nucleotide diaphorase. *J Biophys*

390 Biochem Cytol 4:29–38.

391 O' keeffe M, Hood DE. 1982. Biochemical factors influencing metmyoglobin
392 formation on beef from muscles of differing colour stability. Meat Sci
393 7(3):209–228.

394 Ou Z, Shi Y, Li Q, Wu Y, Chen F. 2022. Effects of Sex on the muscle
395 development and meat composition in Wuliangshan black–bone chickens.
396 Anim 12(19):2565.

397 Park J, Song S, Cheng H, Im C, Jung EY, Moon S, Choi J, Hur SJ, Joo ST, Kim
398 GD. 2022. Comparison of meat quality and muscle fiber characteristics
399 between porcine skeletal muscles with different architectures. Food Sci
400 Anim Resour 42(5):874–888

401 Pette D, Staron RS. 1997. Mammalian skeletal muscle fiber type transitions.
402 Int Rev Cytol 170:143–223.

403 Picard B, Gagaoua M. 2020. Muscle fiber properties in cattle and their
404 relationships with meat qualities: An overview. J Agric Food Chem
405 68(22):6021–6039.

406 Rivero MA, Hernández–Castellano LE, Cabrera MG, Camacho A, Ripoll G,
407 Panea B, Alcalde MJ, Córdoba MG, Argüello A, Castro N. 2022. Study of the
408 influence of genotype and rearing method on muscle fibre characteristics

409 in suckling goat kids. *J Appl Anim Res* 50(1):146–151.

410 Ruusunen M, Puolanne. 2004. Histochemical properties of fibre types in
411 muscles of wild and domestic pigs and the effect of growth rate on muscle
412 fibre properties. *Meat Sci* 67(3):533–539.

413 Scott W, Stevens J, Binder–Macleod SA. 2001. Human skeletal muscle fiber
414 type classifications. *Phys ther* 81(11):1810–1816.

415 Seideman SC, Crouse JD. 1986. The effects of sex condition, genotype and
416 diet on bovine muscle fiber characteristics. *Meat Sci* 17(1):55–72.

417 Sirin E. 2018. Relationship between muscle fiber characteristics and meat
418 quality parameters in Turkish native goat breeds. *Indian J Anim Res*
419 52(10):1526–1530.

420 Solomon MB, Van Laack RLJM, Eastridge JS. 2007. Biophysical basis of pale,
421 soft, exudative (PSE) pork and poultry muscle: A review. *J Muscle Foods*
422 9(1):1–11.

423 Song S, Cheng H, Jung EY, Joo ST, Kim GD. 2020. Muscle fiber
424 characteristics on chop surface of pork loin (*M. longissimus thoracis et*
425 *lumborum*) associated with muscle fiber pennation angle and their
426 relationships with pork loin quality. *Food Sci Anim Resour* 40(6):957–968.

427 Stella A, Nicolazzi EL, Van Tassell CP, Rothschild MF, Colli L, Rosen BD,
428 Sonstegard TS, Crepaldi P, Tosser–Klopp G, Joost. 2018. AdaptMap:

- 429 exploring goat diversity and adaptation. *Genet Sel Evol* 50(1):1–7.
- 430 Totland GK, Kryvi H. 1991. Distribution patterns of muscle fibre types in
431 major muscles of the bull (*Bos taurus*). *Ant Embryol* 184(5):441–450.
- 432 Webb EC. 2014. Goat meat production, composition, and quality. *Anim*
433 *Frontiers* 4(4):33–37.
- 434 Wegner J, Albrecht E, Fiedler I, Teuscher F, Papstein HJ, Ender K. 2000.
435 Growth- and breed-related changes of muscle fiber characteristics in
436 cattle. *J Anim Sci* 78:1485–1496.

ACCEPTED

437 Table 1. Summary of caprine muscle fiber characteristics

Breed	Sex	Age	Weight (kg)	Muscle name	Muscle fiber characteristics						References
					Typing method	Type	Fiber size (CSA, μm^2)	Relative fiber area (%)	Relative fiber number (%)	Fiber density (number/ mm^2)	
Murciano-Granadina (Spanish)	Female	2-3.5 years	-	M. <i>Semimembranosus</i>	Myosin heavy chain isoforms distribution	I	2,000 ~ 2,500	-	40	-	Argüello et al. (2001)
						I+IIA	2,500 ~ 3,000	-	2	-	
						IIA	2,500 ~ 3,000	-	23	-	
						IIAX	2,500 ~ 3,000	-	21	-	
					IIIX	3,000 ~ 3,500	-	14	-		
Korean native black goat	Castrated	18 months	30.93±0.5 (Body weight)	M. <i>Longissimus dorsi</i>	Myosin ATPase reactivity	I	-	20.14	24.24	-	Hwang et al. (2019)
						IIA	-	31.08	30.80	-	
						IIB	-	48.78	44.96	-	
				M. <i>Psoas major</i>		I	-	46.12	44.42	-	
						IIA	-	27.76	28.18	-	
						IIB	-	26.12	27.40	-	
		M. <i>Semimembranosus</i>	I	-	28.68	31.28	-				
			IIA	-	18.50	19.00	-				
			IIB	-	52.82	49.72	-				
		9 months	14.33±0.5 (Body weight)	M. <i>Longissimus dorsi</i>	Myosin ATPase reactivity	I	-	26.14	27.94	-	
						IIA	-	27.98	28.42	-	
						IIB	-	45.88	43.64	-	
M. <i>Psoas major</i>	I			-		19.08	21.74	-			
	IIA			-		41.46	40.24	-			
	IIB			-		39.46	38.02	-			
M. <i>Semimembranosus</i>	I	-	44.36	45.86	-						
	IIA	-	25.66	26.22	-						
	IIB	-	29.98	27.92	-						
					I	-	26.18	28.48	-		
					IIA	-	33.50	29.22	-		

				<i>osus</i>		IIB	-	40.32	42.30	-	
				<i>M. Gluteus medius</i>		I	-	27.78	29.10	-	
						IIB	-	34.62	33.22	-	
						IIB	-	37.60	37.68	-	
Kilis (Turkish)	-	-	-	M.	Myosin ATPase reactivity	I	59.38	-	-	214.3	
				<i>Longissimus dorsi</i>		IIB	14.1	-	-	713.1	
						IIB	14.6	-	-	754.1	
				M.		I	47.7	-	-	270.2	
				<i>Semimembran osus</i>		IIB	16.9	-	-	634.8	
						IIB	15.2	-	-	676.0	
Honamli (Turkish)	-	-	-	M.	Myosin ATPase reactivity	I	69.21	-	-	178.3	
				<i>Longissimus dorsi</i>		IIB	8.9	-	-	1449.0	
						IIB	12.4	-	-	825.2	
				M.		I	68.8	-	-	232.2	
				<i>Semimembran osus</i>		IIB	15.9	-	-	865.0	
						IIB	26.3	-	-	780.0	
Hair (Turkish)	-	-	-	M.	Myosin ATPase reactivity	I	60.0	-	-	305.6	Sirin (2018)
				<i>Longissimus dorsi</i>		IIB	9.5	-	-	1637.0	
						IIB	16.2	-	-	720.0	
				M.		I	38.9	-	-	271.1	
				<i>Semimembran osus</i>		IIB	7.9	-	-	1464.0	
						IIB	15.8	-	-	652.1	
Angora (Turkish)	-	-	-	M.	Myosin ATPase reactivity	I	50.95	-	-	219.4	
				<i>Longissimus dorsi</i>		IIB	38.3	-	-	391.4	
						IIB	18.3	-	-	581.9	
				M.		I	51.0	-	-	206.3	
				<i>Semimembran osus</i>		IIB	25.8	-	-	523.1	
						IIB	15.3	-	-	671.6	
Spanish- Florida	Male	30 days	8.47 ± 0.08 (Body weight)	M.	Myosin heavy chain	I	155.80	24.8	-	-	Rivero et al. (2022)
				<i>Semimembran</i>		II	215.2	75.2	-	-	

Spanish-Guadarrama	<i>osus</i>	isoforms	I	184.20	27	-	-
		distribution	II	226.5	73	-	-
Spanish-Majorera			I	178.20	17.9	-	-
			II	207.5	82.1	-	-
Spanish-Palmera			I	179.10	20.1	-	-
			II	231.2	79.9	-	-
Spanish-Payoya			I	213.40	29.5	-	-
			II	257.8	70.5	-	-
Spanish-Retinta			I	187.90	31.9	-	-
			II	228.2	68.1	-	-
Spanish-Tinerfeña			I	173.90	21.8	-	-
			II	199.8	78.2	-	-
Spanish-Verata			I	199.90	36.7	-	-
			II	237.7	63.3	-	-

438

ACCEPTED

439 Table 2. Summary of ovine muscle fiber characteristics

Breed	Sex	Age	Weight (kg)	Muscle name	Muscle fiber characteristics						Reference
					Typing method	Type	Fiber size (CSA, μm^2)	Relative fiber area (%)	Relative fiber number (%)	Fiber density (number/ mm^2)	
Dorper \times Pelibuey	Male	5 months	15.02 (Carcass weight)	<i>M. Longissimus thoracis</i>	NADH-TR technique	Oxidative	1077.3	-	43.41	-	Peña-Torres et al. (2022)
						Glycolytic	1619.2	-	56.58	-	
					Myosin ATPase reactivity	I	2349	-	12.34	462.8	
						IIA	1447	-	36.53		
		IIIB	1760.8	-	51.11						
Dorper \times Pelibuey	Male	6.5 months	-	<i>M. Longissimus thoracis</i>	NADH-TR technique	I	2155	-	23.35	-	López-Baca et al. (2021)
						IIA	2389	-	33.00	-	
						IIIB	3065	-	43.64	-	
Sunit (Chinese)	Male	3 months	13.56 (Carcass weight)	<i>M. Longissimus thoracis</i>	Myosin ATPase reactivity	I	1124.70	6.86	8.74	740.63	Liu et al. (2022)
						IIA	1503.48	37.21	32.33		
						IIIB	1318.90	55.86	59.16		
	I					1147.73	6.41	8.03			
	IIA					1452.06	34.87	30.78	780.97		
	IIIB					1258.49	56.30	63.24			
German Heath Lamb	Male	5 months	-	<i>M. longissimus thoracis et lumborum</i> & <i>M. Quadriceps femoris</i>	Myosin ATPase reactivity	I	978.12	18.99	-	-	Fantová et al. (2015)
						IIA	578.38	21.27	-	-	
						IIIB	680.82	59.74	-	-	
	I					1264.31	8.12	-	-		
	IIA					839.89	24.02	-	-		
	IIIB					1065.61	67.86	-	-		
	I					1035.63	8.12	-	-		
	IIA					647.90	24.02	-	-		
	IIIB					805.11	67.86	-	-		
Male & Female				<i>M. Quadriceps femoris</i>		I	1206.80	27.48	-	-	
						IIA	770.36	16.48	-	-	

ACCEPTED

441 Table 3. Summary of bovine and porcine muscle fiber characteristics

Species	Breed	Sex	Age	Muscle name	Muscle fiber characteristics					Reference		
					Typing method	Type	Fiber size (CSA, μm^2)	Relative fiber area (%)	Relative fiber number (%)		Fiber density (number/ mm^2)	
Bovine	Angus					I	2560.4	28.8	22.3	-	Lebedová et al. (2021)	
						IIA	3293.2	12.7	8.0	-		
						IIB	3294.1	58.5	69.7	-		
	Gascon	Bull	17 months	<i>M. Longissimus lumborum</i>	Myosin ATPase reactivity	I	2601.6	26.7	22.6	-		
						IIA	2929.9	12.4	11.3	-		
						IIB	3351.5	60.9	66.1	-		
	Holstein					I	2301.3	28.6	22.3	-		
						IIA	2578.0	9.0	8.0	-		
						IIB	3204.1	62.4	69.7	-		
							I	-	5.0	-		-
							IIA	-	20.0	-		-
							IIB	-	75.0	-		-
							I	-	30.0	-		-
							IIA	-	37.0	-		-
	Norwegian Red cattle	Bull	22~24 months	<i>M. Longissimus thoracis</i>	Myosin ATPase	IIB	-	33.0	-	-		Totland & Kryvi (1991)
		Bull	0 month			I	700 ~ 800	18.0	-	-		

German Angus	2 months	M. <i>Semitendinosus</i>	Myosin ATPase	IIA	700 ~ 800	42.0	-	-	Wegner et al. (2000)		
				IIB	700 ~ 800	18.0	-	-			
Galloway	0 month	M. <i>Semitendinosus</i>	Myosin ATPase	I	900 ~ 1100	15.0	-	-	Wegner et al. (2000)		
				IIA	900 ~ 1100	20.0	-	-			
				IIB	1200~ 1400	65.0	-	-			
	2 months			I	600 ~ 700	20.0	-	-			
				IIA	600 ~ 700	30.0	-	-			
				IIB	650 ~ 750	50.0	-	-			
Charolais, Limousin, Blond d'aquitaine, Aubrac, Salers, Montbéliard, Holstein	Heifer and cull cow	M. <i>Longissimus thoracis</i>	Myosin ATPase	I		30.0	-	-	Chiriki et al. (2012)		
				IIA		15.0	-	-			
				IIB		55.0	-	-			
	4 ~ 120 months			Steer	I		29.0	-		-	
					IIA		24.0	-		-	
					IIB		47.0	-		-	
Domestic Pig	-	M. <i>Semimembranosus</i>	Myosin ATPase activity	I	3050	6.6	-	-	Ruusunen & Puolanne (2004)		
				IIA	3480	3.6	-	-			
				IIB	6210	89.8	-	-			
				Wild Pig	5.5 months	I	3890	16.6		-	-
						IIA	3230	16.1		-	-
						IIB	3760	67.3		-	-
LYD Gilts and barrow		M. <i>Longissimus thoracis</i> or	Myosin heavy chain isoforms distribution	I	4000 ~ 4150	7.5	-	-	Kim et al. (2019)		
				IIA	3800 ~ 3900	5.0	-	-			
				IIX	5250 ~ 5350	31.0	-	-			
				IIB	5100 ~ 5200	56.5	-	-			
				I	5100 ~ 5200	9.0	-	-			

			<i>M. Longissimus thoracis</i> _Posteri	IIA	4450 ~ 4550	4.5	-	-	
			or	IIIX	7500 ~ 7600	28.0	-	-	
				IIIB	7350 ~ 7450	58.5	-	-	
Landrace	2.5 months	<i>M. Longissimus thoracis</i>	Myosin ATPase activity	I	1737	-	56.93	-	Dai et al. (2009)
				IIA	717	-	14.71	-	
				IIIB	1104	-	28.37	-	
	I			2414	-	73.50	-		
	IIA			1252	-	12.59	-		
	IIIB			1675	-	13.91	-		
LYD	6 months	<i>M. Longissimus thoracis</i>	Myosin ATPase activity	I	4169.07	10.56	11.36	26.05	Jeong et al. (2017)
				IIA	4212.11	7.59	8.23	18.50	
				IIIB	4784.55	81.88	80.41	183.79	
	I			4539.10	14.81	13.81	33.18		
	IIA			4894.67	10.65	9.88	24.72		
	IIIB			4237.55	74.55	76.29	188.32		

442