

## مروری بر فرآیند Pelvic Suspension و بررسی اثرات آن بر تردی و سایر ویژگی‌های کیفی گوشت

محمد علی فاخری

دانشجوی دکتری تخصصی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دارویی، دانشگاه علوم پزشکی آزاد اسلامی تهران، ایران

سید امیر سالار ابطحی

دانشجوی دکتری تخصصی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دارویی، دانشگاه علوم پزشکی آزاد اسلامی تهران، ایران

ثنا اکابر

دانشجوی دکتری تخصصی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دارویی، دانشگاه علوم پزشکی آزاد اسلامی تهران، ایران

### چکیده

گوشت از مهم‌ترین و اصلی‌ترین منابع تأمین پروتئین و بسیاری دیگر از مواد مغذی ضروری در رژیم غذایی انسان‌هاست. ویژگی‌هایی چون تردی، رنگ، طعم، بو و آبدار بودن عموماً از اصلی‌ترین فاکتورهای مورد توجه خریداران در هنگام انتخاب گوشت بوده و در این میان از تردی به عنوان مهم‌ترین عامل کیفی مورد توجه یاد می‌شود. این ویژگی به‌طور خلاصه تحت تأثیر عوامل قبل از ذبح نظیر گونه، نژاد، جنسیت، عوامل هورمونی و محرک‌های رشد، سن و تغذیه و همچنین فرآیندهای پس از کشتار نظیر تحریک الکتریکی، تیمار با فراصوت، فرآیند فشار بالا، میدان الکتریکی پالسی، انجماد و یخ‌زدایی و روش آویختن لاشه قرار دارد. این مقاله مروری ضمن بررسی انواع روش‌های رایج آویختن لاشه و اثرات آن‌ها بر تردی و سایر ویژگی‌های کیفی گوشت، به‌طور ویژه به بررسی روش آویختن لاشه از استخوان لگن ( Pelvic Suspension) پرداخته و مکانیسم و اثرات این روش بر عضلات مختلف را مورد مطالعه قرار می‌دهد.

**واژگان کلیدی:** تردی گوشت، کیفیت گوشت، آویختن لاشه، Pelvic Suspension

## مقدمه

گوشت و فرآورده‌های گوشتی از جمله مهم‌ترین منابع پروتئین‌های با ارزش بیولوژیکی بالا و سایر مواد مغذی مثل لیپیدها، ویتامین‌ها (از جمله B<sub>12</sub> و D و رتینول)، اسیدهای آمینه ضروری (نظیر تائورین)، اسیدهای چرب، مواد معدنی (نظیر آهن، روی، منیزیم و سلنیوم) و گلوکاتیون در رژیم غذایی انسان‌ها هستند (Kang & Badar et al., 2021; Holman et al., 2020; Singh., 2014; Libera et al., 2021; Popova et al., 2021). تحقیقات مختلف حاکی از آن است که نخستین استفاده‌های بشر از گوشت، حداقل به ۲/۶ میلیون سال پیش باز می‌گردد (Libera et al., 2021). میزان مصرف جهانی گوشت امروزه در حدود ۳۵۰ میلیون تن در سال بوده (theworldcounts.com, 2023) و بر طبق پیش‌بینی‌ها، این میزان در سال ۲۰۳۰ به ۳۸۸ میلیون تن و در سال ۲۰۵۰ بین ۴۶۰ تا ۵۷۰ میلیون تن خواهد رسید (Libera et al., 2021) و این امر اهمیت توجه به صنعت گوشت با تمرکز بر ویژگی‌های کیفی را بیش از پیش برجسته می‌سازد.

ویژگی‌هایی چون تردی (Tenderness)، رنگ (Color)، آبدار بودن (Juiciness)، بو (Aroma) و طعم (Flavor) عموماً از اصلی‌ترین شاخص‌های مد نظر مصرف‌کنندگان در هنگام انتخاب و خرید گوشت هستند (Bhat et al., 2018; Chong et al., 2020; Hutchison et al., 2014; Kahraman et al., 2014; Luchiari Filho et al., 2005; Wood et al., 1995). با وجود اینکه اولین برداشت از کیفیت گوشت، اغلب بر اساس رنگ و ظاهر آن است (Hocquette et al., 2005; Holman et al., 2020; Popova et al., 2021) اما مطالعات مختلف حاکی از آن است که از میان ویژگی‌های یاد شده، تردی گوشت مهم‌ترین عامل کیفی از نظر مصرف‌کنندگان بوده و آن‌ها حاضرند برای گوشت‌های تردتر، هزینه‌های بیشتری بپردازند (Ahnström et al., 2006; Bekhit et al., 2014; Contò et al., 2009; Derbyshire et al., 2007; Hocquette et al., 2005; Hou et al., 2014; Luchiari Filho et al., 2005; Miller et al., 2001; Silva et al., 2018; Warner et al., 2022).

تردی گوشت به‌طور کلی تحت تأثیر عوامل قبل از کشتار نظیر گونه، نژاد، جنسیت، سن، عوامل هورمونی و محرک‌های رشد، بلوغ فیزیولوژیکی (physiological maturity)، رژیم غذایی، نوع عضله و به‌طور کلی مدیریت پرورش دام (Livestock Management) و همچنین عوامل و فرآیندهای پس از کشتار نظیر تحریک الکتریکی (Electrical Stimulation)، تیمار با فراصوت (US)، میدان الکتریکی پالسی (PEF)، فرآیند فشار بالا (HPP) و آنزیم‌های پروتئولیتیک، روش آویختن لاشه (Carcass Suspension Method)، سرعت سرد شدن (Chilling Rate)، رسیدن گوشت (Meat Aging)، آمایش گوشت (Meat Conditioning) و انجماد و یخ‌زدایی (Freezing and Thawing) قرار دارد (Ahnström et al., 2012; Bhat et al., 2018; Contò et al., 2009; Derbyshire et al., 2007; Hutchison et al., 2014; Hou et al., 2014; Josell et al., 2004; Moran et al., 2021; Silva et al., 2018; Warner et al., 2022; Wood et al., 1995).

با افزایش سن حیوان، میزان تردی گوشت کاهش می‌یابد. در مورد تردی گوشت گاو، گوشت گوساله ماده از گوشت گاو ماده تردتر و گوشت گاوهای نر جوان از گوشت گاوهای نر مسن تردتر است. تفاوت در تردی میان عضلات نیز، ناشی از تفاوت در میزان کلاژن، محل قرارگیری و ویژگی‌های انقباضی آن‌هاست (Ahnström et al., 2012; Ahnström et al., 2006). رسیدن گوشت یک فرآیند طبیعی است که می‌تواند به‌طور عمدی و یا ناخواسته در طول دوره‌های ذخیره‌سازی و توزیع رخ دهد. در این فرآیند آنزیم‌های پروتئولیتیک پروتئین‌های میوفیبریلار عضلانی را تجزیه کرده و در نتیجه مقاومت گوشت در برابر برش خوردن و جویدن را کاهش می‌دهند. این امر سبب افزایش تردی گوشت می‌گردد (Moran et al., 2021). انقباض عضلانی یا کوتاه شدن آن در طی فرآیند طبیعی جمود نعشی (Rigor Mortis) سبب کاهش تردی گوشت می‌شود. اگر به هر طریقی از این انقباض یا کوتاه شدن جلوگیری شود، تردی گوشت بهبود می‌یابد. البته باید توجه داشت که میزان انقباض و کوتاه شدن ماهیچه‌ها تا حدودی با اتصال تاندونی (tendinous attachment) ماهیچه‌ها به اسکلت محدود می‌شود (Aberle & Judge, 2004).

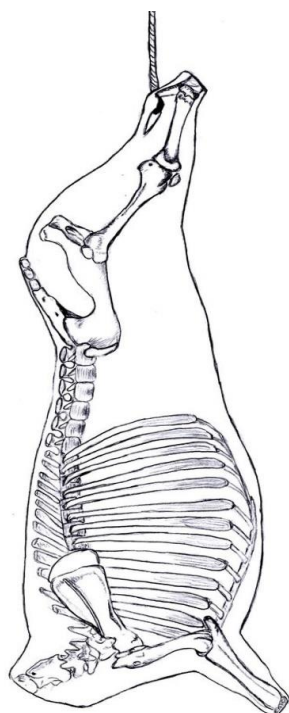
فرآیند جمود نعشی سبب افزایش تردی گوشت می گردند (Adeyemi & Sazili., 2014). کنترل سرعت کاهش دمای لاشه در طی مراحل سرد کردن و آویختن لاشه به صورتی که سبب کشیده شدن ماهیچه ها و جلوگیری از انقباض آنها شود نیز از روش های مؤثر در تردی گوشت هستند (Hutchison et al., 2014).

مطالعه تحقیقات مختلف نشان می دهد که از میان فرآیندهای قبل و بعد از کشتار که به منظور افزایش تردی گوشت صورت می گیرد، تا کنون به میزان کمتری به انواع روش های تعلیق و آویختن لاشه و اثرات آنها بر ویژگی های کیفی گوشت پرداخته شده است. این مقاله مروری ضمن بررسی روش های رایج این فرآیند، به طور ویژه به بررسی روش آویختن لاشه از استخوان لگن (Pelvic Suspension) پرداخته و مکانیسم و اثرات این روش را مورد مطالعه قرار می دهد.

### آویختن لاشه از تاندون آشیل (Achilles Suspension)

بررسی مطالعات مختلف نشان می دهد که روش سنتی و معمول آویختن لاشه ها، پس از کشتار و در طی فرآیندهای مرتبط با نگهداری سرد و بسته بندی، روش Achilles Suspension می باشد (Ahnström et al., 2012; Hou et al., 2014; ). (Hutchison et al., 2014; Liu et al., 2016; Moloney et al., 2022; Moran et al., 2021; Needham et al., 2020).

در این روش، پس از ذبح دام و پیش از شروع جمود نعشی، لاشه از ناحیه ی تاندون آشیل پاهای عقبی آویزان می شود. این فرآیند پاهای عقبی را در موقعیتی بر خلاف پیکربندی ماهیچه ای طبیعی دام در حالت ایستاده بر روی زمین، به سمت عقب می کشد و سبب می شود تا ستون فقرات کمی خمیده تر و در نتیجه مهره ها به یکدیگر نزدیک تر شده و به هم فشار آورند (Ahnström et al., 2012) (شکل ۱).



شکل ۱) نحوه قرار گیری لاشه در Achilles Suspension (Kamatara et al., 2014).

این امر سبب می شود تا عضلات ناحیه ی نیم شقه عقبی لاشه (Hindquarter) (شکل ۲) و نیز برخی عضلات ناحیه ی کمر مثل *Longissimus dorsi* در طی فرآیند جمود نعشی، دچار کوتاهی شوند (Aberle & Judge, 1979; Baldassini et al., 2023; Liu et al., 2016).



شکل ۲) قسمت Hindquarter لاشه ی گاو (Farmers.club, 2023).

### آویختن لاشه از استخوان لگن (Pelvic Suspension)

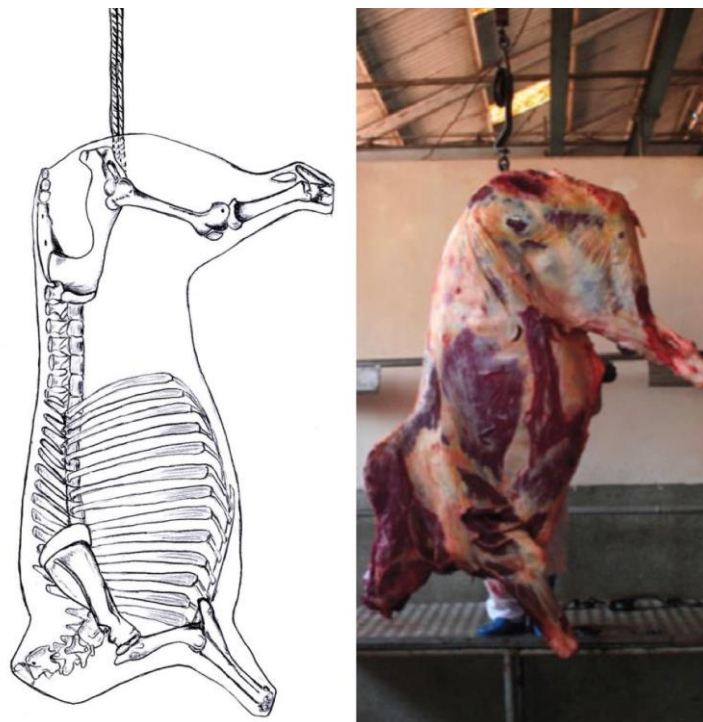
ایده ی اصلی جایگزینی روش Pelvic Suspension با Achilles Suspension نخستین بار در سال ۱۹۶۰ میلادی و در یک مقاله منتشر شده از کشور نیوزیلند مطرح شد. در این مقاله، نویسنده اذعان داشت که با استفاده از Pelvic Suspension می توان از کوتاه شدن برخی عضلات مانند *Longissimus* جلوگیری کرده و حتی سبب افزایش میزان کشش آن ها شد (Locker, 1960). این اظهارات سبب شد تا از اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی تحقیقات گسترده ای بر روی این روش آغاز شود (Hutchison et al., 2014) و با گذشت بیش از ۵۰ سال، همچنان یکی از موضوعات مهم و مورد توجه صنعت گوشت در دنیا باشد (Liu et al., 2016). شایان ذکر است که روش Pelvic Suspension با نام های دیگری چون Hip Suspension، Aitch-bone Hanging و Tenderstretch نیز شناخته می شود (Ahnström et al., 2012; Bhat et al., 2018; Ertbjerg & Puolanne., 2017; Hou et al., 2014; Nian et al., 2018; Pogorzelski et al., 2023).

### روش های اجرای فرآیند

#### ۱. استفاده از قلاب S شکل

در این روش مکانیکی، پس از ذبح دام و پیش از شروع جمود نعشی، لاشه از ناحیه ی استخوان لگن آویزان می شود (Fisher et al., 2000; Hutchison et al., 2014; Josell et al., 2004; Kahraman et al., 2014; Moran et al., 2021; Pogorzelski et al., 2023).

(Thompson et al., 2006; 2023). برای این منظور، از یک قلاب S شکل استفاده کرده که از سوراخ سدادی (*obturator foramen*) استخوان لگن و یا از رباط لگن (*pelvic ligament*) عبور داده می‌شود (Ahnström et al., 2012; Dransfield et al., 2001; Sørheim & Hildrum., 2002; Sørheim et al., 2001; Hou et al., 2014; Smith et al., 2017; et al., 1991). این فرآیند پیکربندی ماهیچه‌ای طبیعی دام را تا حدود زیادی مشابه حالت ایستاده بر روی زمین حفظ می‌کند. با انجام Pelvic Suspension، پاهای عقبی به صورت افقی و عمود بر ستون فقرات لاشه آویزان می‌شود. در اثر وزن اندام‌های حرکتی خلفی (*Hind limb*) ستون فقرات صاف و نهایتاً مهره‌ها کمی از هم جدا می‌شوند (Bekhit et al., 2014; Bhat et al., 2018; Derbyshire et al., 2007; Hostetler et al., 1970; Hou et al., 2014; Needham et al., 2020; Pogorzelski et al., 2023; Smith et al., 2017; Sørheim & Hildrum., 2002) (شکل ۳).



شکل ۳) نحوه قرار گیری لاشه در Pelvic Suspension (Kamatara et al., 2014).

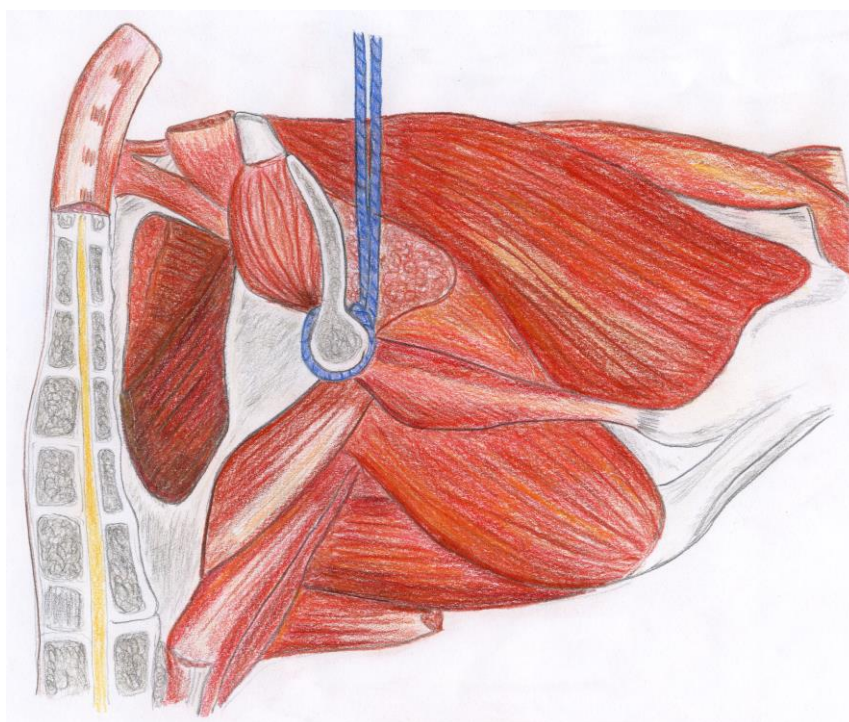
این امر سبب می‌شود تا از کوتاه شدن تقریباً تمام عضلات ناحیه‌ی *Hindquarter* و نیز برخی عضلات ناحیه‌ی کمر نظیر *Longissimus dorsi* که از نظر تجاری بیشتر حائز اهمیت هستند، در طی فرآیند جمود نعشی جلوگیری شود (Ahnström et al., 2006; Baldassini et al., 2023; Bertram & Aaslyng., 2007; Desmond & Kenny., 2005; Dransfield et al., 1991; Hutchison et al., 2014; Møller & Vestergaard, 1986; Moran et al., 2021; Rees et al., 2003; Smith et al., 2006; Thompson et al., 2017). تقریباً تمام مطالعات انجام شده اتفاق نظر دارند که این فرآیند علاوه بر جلوگیری از کوتاه شدن عضلات یاد شده، سبب افزایش تردی گوشت از طریق کشیدگی و افزایش طول سارکومر در ماهیچه‌ها می‌شود (Aberle & Judge, 1979; Ahnström et al., 2006; Ahnström et al., 2012; Bekhit et al., 2014; Bertram & Aaslyng., 2007; Bhat et al., 2018; Desmond & Kenny., 2005; Einkleboom et al., 1998; Fisher et al., 2000; Hou et al., 2014; Liu et al., 2016; Møller et al., 1987; Moran et al., 2021; Needham et al., 2020; Rees et al., 2003; Taylor et al., 1995). یافته‌های مختلف حاکی از آن است که با بهره‌گیری از Pelvic Suspension می‌توان میزان تردی عضلات مختلف را بین ۱۵ تا ۴۰٪ افزایش داد (Ahnström et al., 2012; Hou et al., 2014; Pogorzelski et al., 2023). شایان ذکر است که در رابطه با این امر، برتری روش Pelvic Suspension نسبت به سایر روش‌های آویختن لاشه نظیر neck- horizontal, tied و hip-tied به خوبی اثبات شده است (Bekhit et al., 2014).



## ۲. استفاده از طناب

علاوه بر روش یاد شده، که شیوهی رایج و مرسوم انجام فرآیند Pelvic Suspension است، روش دیگری نیز وجود دارد که در برخی کشورها نظیر سوئد مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش، به جای استفاده از قلاب S شکل از یک طناب به منظور آویختن لاشه‌ها استفاده می‌کنند. طناب به اطراف شاخه قدامی استخوان شرمگاهی (the cranial branch of pubis) متصل شده و فرآیند صورت می‌گیرد (شکل ۴). دلیل به کارگیری این روش آن است که شاخه عقبی استخوان شرمگاهی (the caudal branch of pubis)، در میان سوراخ سدادی (obturator foramen) و التصاق شرمگاهی (pubic symphysis)، بسیار ضعیف در نظر گرفته می‌شود. نکته حائز اهمیت در این روش آن است که اتصال طناب به محل اشتباه، می‌تواند منجر به شکستگی استخوان و افتادن لاشه از ریل شود (Ahnström et al., 2012).

روش‌های یاد شده Pelvic Suspension، معمولاً در عرض ۴۵ تا ۹۰ دقیقه پس از خونگیری (Bleeding) اعمال می‌شوند، زمانی که جمود نعشی هنوز آغاز نشده است و عضلات همچنان قابلیت انبساط دارند. اگر زاویه قرار گرفتن پای عقب بسیار کمتر از ۹۰ درجه باشد، نشان دهنده این است که ماهیچه‌ها شروع به انقباض کرده و برای اعمال فرآیند Pelvic Suspension دیر شده است (Sørheim & Hildrum., 2002).



شکل ۴) نحوه اتصال طناب در Pelvic Suspension (Ahnström., 2008).

## مزایای Pelvic Suspension

Pelvic Suspension با کشیدگی و افزایش طول سارکومرها علاوه بر افزایش تردی گوشت، سبب حصول ویژگی‌های مطلوب دیگری نیز می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- بهبود و افزایش Eating Quality در خصوص عضلاتی چون *gluteus medius* و *longissimus thoracis* و *longissimus lumborum* و *spinalis dorsi* (Moran et al., 2021; Pogorzelski et al., 2023).
- کاهش مدت زمان Ageing گوشت و افزایش بهره‌وری (Moran et al., 2021).
- کاهش میزان آب اندازی (Purge Loss) در بسته‌بندی‌های تحت خلاء (Vacuum)
- افزایش میزان ظرفیت نگهداری آب (WHC) در گوشت (Wikuland et al., 2004).
- افزایش میزان بازار پسندی (Market Acceptance) گوشت (Hutchison et al., 2014).
- کاهش تفاوت در میان تردی گوشت ناشی از وجود تفاوت در جنسیت دام با نزدیک کردن میزان تردی گوشت دام نر به گوشت دام ماده (Ahnström et al., 2012).
- کاهش میزان Warner-Bratzler Shear Force (WBSF) در خصوص عضلاتی چون *Longissimus thoracis et lumborum*, *biceps femoris*, *infraspinatus*, *rectus femoris*, *dorsi* و *gluteus medius* و *semimembranosus* (Basinger et al., 2019; Bertram & Aaslyng., 2007; ) و نیز (Derbyshire et al., 2007; Machado et al., 2014; Sørheim & Hildrum., 2002; Thompson et al., 2006) کاهش میزان افت پخت زاد (Cooking loss) در عضلاتی مانند *Longissimus dorsi* (Bertram & Aaslyng., 2007).
- کاهش میزان Volodkevitch Shear Force و کاهش چشمگیر میزان چقرمگی/سختی (Toughness) در خصوص برخی عضلات پای دام نظیر *gluteobiceps* و *semimembranosus* (Fisher et al., 2000).
- افزایش میزان جذب آب نمک (Brine) و افزایش میزان Juiciness در ژامبون (Desmond & Kenny., 2005).
- کاهش میزان اتلاف چکه‌ای (Drip Loss) در گوشت (Dransfield et al., 1991; Therkildsen et al., 2012).
- کاهش دوره نگهداری سرد (Chilling Period) و کاهش هزینه‌های صنعت بسته‌بندی گوشت (Baldassini et al., 2023).
- تعدیل اثرات نامطلوب حاصل از Rapid Chilling بر روی Shear Force (Kahraman et al., 2014).
- اثر مثبت بر طعم (Flavor) در خصوص عضلاتی چون *longissimus lumborum*, *spinalis dorsi* و *vastus* و *gluteus profundus* و *lateralis*.
- اثر مثبت بر Juiciness در خصوص عضلاتی چون *longissimus lumborum* و *spinalis dorsi* بهبود و افزایش مقبولیت و پذیرش کلی گوشت (Pogorzelski et al., 2023).
- افزایش شاخص قرمزی ( $a^*$ ) در رنگ گوشت (Biffin et al., 2019; Popova et al., 2021).
- حداقل میزان تأثیرات بر اکسیداسیون گوشت (Biffin et al., 2020).
- قابلیت استفاده و به‌کارگیری توأمان این فرآیند با سایر فرآیندها نظیر تحریک الکتریکی (Electrical Stimulation) (Biffin et al., 2018; Biffin et al., 2019; Smith et al., 2017).
- Pelvic Suspension یک روش آسان، ارزان و قابل اعتماد است (Baldassini et al., 2023; Hutchison et al., 2014; ) که نیازی به تجهیزات اختصاصی ندارد (Bhat et al., 2018) بنابراین می‌توان به آسانی از آن در خطوط کشتار (Slaughter Line) استفاده نمود (Sørheim & Hildrum., 2002). این فرآیند برای طیف وسیعی از گونه‌های اهلی از جمله گوشت گاو (Beef)، بره (Lamb)، بز (Goat)، خوک (Pork)، لاما (Llama) و آلپاکا (Alpaca)، گوشت گونه‌های نیمه اهلی مثل گوزن شمالی (Reindeer) و گوشت حیوانات شکاری مثل سیاه کل (Blackbuck Antelope) و نیل گاو

Basinger et al., 2019; Bhat et al., 2018; Hutchison et al., 2014; Machado et al., ) کاربرد دارد (Nilgai Antelope).  
(2014; Popova et al., 2021; Smith et al., 2017).

## معایب و محدودیت‌های Pelvic Suspension

علی رغم وجود تمام مزایای یاد شده، Pelvic Suspension همچنان به‌طور گسترده مورد استفاده قرار نمی‌گیرد چرا که از نقطه نظر صنعتی، این فرآیند نیاز به اصلاح و بهبود فنی دارد. اصلی‌ترین مانع در برابر پذیرش آن، این است که Pelvic Suspension هنوز تا حد زیادی به‌صورت دستی انجام می‌شود (Desmond & Kenny., 2005; Dransfield et al., 1991) و این امر علاوه بر زمان‌بر بودن، مستلزم نیروی کار بیشتری است (Bhat et al., 2018; Debryshire et al., 2007; Ertbjerg & Puolanne., 2017; Liu et al., 2016; Nian et al., 2018; Smith et al., 2017). ضمن اینکه استفاده از این روش به‌دلیل قرار گرفتن پاهای عقبی در زاویه ۹۰ درجه، نیاز به فضای ذخیره‌سازی سردکننده (storage chilling space) بیشتری نیز دارد (Ahnström et al., 2012; Derbyshire et al., 2007; Ertbjerg & Puolanne., 2017; Luchiari Filho et al., 2005; Nian et al., 2001; Smith et al., 2017; Sørheim et al., 2018).

علاوه بر این، تحقیقات مختلف حاکی از آن است که فرآیند Pelvic Suspension تأثیر کمی بر تردی عضلات دارای بافت همبند (connective tissue) بالا داشته و بر تردی عضلات نیم شقه جلویی لاشه (forequarter) عملاً بی تأثیر است چرا که هیچ گونه کشش یا وزن اضافی به این قسمت وارد نمی‌شود (Sørheim & Hildrum., 2002). همچنین تا کنون در برخی مطالعات اثر نامطلوب این فرآیند بر Flavor برخی عضلات مانند *semitendinosus* و *fasciae latae* و نیز بر Juiciness عضله‌ای مانند *psoas major* نیز گزارش شده است (Pogorzelski et al., 2023).

## کشورهای استفاده‌کننده از این فرآیند

مطالعات و بررسی‌ها حاکی از آن است که Pelvic Suspension امروزه به‌صورت تجاری در کشورهای نظیر استرالیا، بریتانیا، ایرلند شمالی، ایالات متحده آمریکا، سوئد، نروژ و برخی دیگر از کشورهای اروپایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بیشترین کاربرد Pelvic Suspension در کشورهای یاد شده عموماً در ارتباط با گوشت‌های صادراتی است (Ahnström et al., 2012; Baldassini et al., 2023; Sørheim et al., 2001).

## نتیجه‌گیری

همان‌طور که در مقاله حاضر بررسی شد، فرآیند Pelvic Suspension یک روش غیر شیمیایی، غیر حرارتی، آسان، اقتصادی و مقرون به صرفه است که می‌تواند ضمن افزایش میزان تردی گوشت از طریق افزایش طول سارکومرها، سبب کاهش مدت زمان Ageing، کاهش میزان Purge Loss در بسته‌بندی، افزایش WHC و افزایش شاخص قرمزی ( $a^*$ ) در رنگ گوشت گردد اما از نقطه نظر صنعتی، این فرآیند همچنان نیاز به اصلاحات و بهبودهای فنی دارد. امید است با تحقیقات و مطالعات بیشتر محققان در این حوزه، مشکلات و محدودیت‌های فعلی آن مرتفع شده و شاهد استفاده روزافزون از این فرآیند در سطح ملی و بین‌المللی باشیم.



## منابع

- Aberle, E. D., & Judge, M. D. (1979). CONSUMER ACCEPTABILITY AND RETAIL YIELD IN BEEF AFTER PELVIC SUSPENSION AND DELAYED CHILLING. *Journal of Food Science*, 44(3), 859-861.
- Adeyemi, K. D., & Sazili, A. Q. (2014). Efficacy of carcass electrical stimulation in meat quality enhancement: A review. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 27(3), 447.
- Ahnström, M. (2008). *Influence of pelvic suspension on beef meat quality* (No. 2008: 61).
- Ahnström, M. L., Enfält, A. C., Hansson, I., & Lundström, K. (2006). Pelvic suspension improves quality characteristics in M. semimembranosus from Swedish dual purpose young bulls. *Meat Science*, 72(3), 555-559.
- Ahnström, M. L., Hunt, M. C., & Lundström, K. (2012). Effects of pelvic suspension of beef carcasses on quality and physical traits of five muscles from four gender-age groups. *Meat Science*, 90(3), 528-535.
- Badar, I. H., Liu, H., Chen, Q., Xia, X., & Kong, B. (2021). Future trends of processed meat products concerning perceived healthiness: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(5), 4739-4778.
- Baldassini, W., Coutinho, M., Rovadoscki, G., Menezes, B., Tagiariolli, M., Torrecilhas, J., ... & Chardulo, L. A. (2023). Bos indicus Carcasses Suspended by the Pelvic Bone Require a Shorter Aging Time to Meet Consumer Expectations Regarding Meat Quality. *Foods*, 12(5), 930.
- Basinger, K. L., Shanks, B. C., Apple, J. K., Caldwell, J. D., Yancey, J. W., Backes, E. A., ... & Bax, A. L. (2019). Application of tension to prerigor goat carcasses to improve cooked meat tenderness. *Meat science*, 147, 1-5.
- Bekhit, A. E. D. A., Carne, A., Ha, M., & Franks, P. (2014). Physical interventions to manipulate texture and tenderness of fresh meat: a review. *International Journal of Food Properties*, 17(2), 433-453.
- Bertram, H. C., & Aaslyng, M. D. (2007). Pelvic suspension and fast post-mortem chilling: Effects on technological and sensory quality of pork—A combined NMR and sensory study. *Meat Science*, 76(3), 524-535.
- Bhat, Z. F., Morton, J. D., Mason, S. L., & Bekhit, A. E. D. A. (2018). Applied and emerging methods for meat tenderization: A comparative perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(4), 841-859.
- Biffin, T. E., Smith, M. A., Bush, R. D., Collins, D., & Hopkins, D. L. (2018). The effect of combining tenderstretching and electrical stimulation on alpaca (Vicugna pacos) meat tenderness and eating quality. *Meat Science*, 145, 127-136.
- Biffin, T. E., Smith, M. A., Bush, R. D., Collins, D., & Hopkins, D. L. (2019). The effect of electrical stimulation and tenderstretching on colour and oxidation traits of alpaca (Vicunga pacos) meat. *Meat Science*, 156, 125-130.
- Biffin, T. E., Smith, M. A., Bush, R. D., Morris, S., & Hopkins, D. L. (2020). The effect of whole carcass medium voltage electrical stimulation, tenderstretching and longissimus infusion with actinidin on alpaca meat quality. *Meat science*, 164, 108107.
- Chong, F. S., O'Sullivan, M. G., Kerry, J. P., Moloney, A. P., Methven, L., Gordon, A. W., ... & Farmer, L. J. (2020). Understanding consumer liking of beef using hierarchical cluster analysis and external preference mapping. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(1), 245-257.
- Contò, M., Ballico, S., Ficco, A., Mormile, M., & Failla, S. (2009). Comparison among some tenderization processing on Maremmana meat. *Italian Journal of Animal Science*, 8(sup2), 486-488.
- Derbyshire, W., Lues, J. F. R., Joubert, G., Shale, K., Jacoby, A., & Hugo, A. (2007). Effect of electrical stimulation, suspension method and aging on beef tenderness of the Bonsmara breed. *Journal of Muscle Foods*, 18(2), 207-225.
- Desmond, E. M., & Kenny, T. A. (2005). Effect of pelvic suspension and cooking method on the processing and sensory properties of hams prepared from two pork muscles. *Meat science*, 69(3), 425-431.
- Dransfield, E., Ledwith, M. J., & Taylor, A. A. (1991). Effect of electrical stimulation, hip suspension and ageing on quality of chilled pig meat. *Meat Science*, 29(2), 129-139.
- Eikelenboom, G., Barnier, V. M. H., Hoving-Bolink, A. H., Smulders, F. J. M., & Culioli, J. (1998). Effect of pelvic suspension and cooking temperature on the tenderness of electrically stimulated and aged beef, assessed with shear and compression tests. *Meat Science*, 49(1), 89-99.

- Ertbjerg, P., & Puolanne, E. (2017). Muscle structure, sarcomere length and influences on meat quality: A review. *Meat science*, 132, 139-152.
- Farmers.club, Beef Quarters, Hindquarter. (2023). <https://www.farmers.club/product/hindquarter-50kg/>
- Fisher, A. V., Poulos, A., Wood, J. D., Young-Boong, K., & Sheard, P. R. (2000). Effect of pelvic suspension on three major leg muscles in the pig carcass and implications for ham manufacture. *Meat science*, 56(2), 127-132.
- Hocquette, J. F., Richardson, R. I., Prache, S., Medale, F., Duffy, G., & Scollan, N. D. (2005). The future trends for research on quality and safety of animal products. *Italian Journal of Animal Science*, 4(sup3), 49-72.
- Holman, B. W., Fowler, S. M., & Hopkins, D. L. (2020). Red meat (beef and sheep) products for an ageing population: A review. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(3), 919-934.
- Hostetler, R. L., Landmann, W. A., Link, B. A., & Fitzhugh Jr, H. A. (1970). Influence of carcass position during rigor mortis on tenderness of beef muscles: Comparison of two treatments. *Journal of Animal Science*, 31(1), 47-50.
- Hou, X., Liang, R., Mao, Y., Zhang, Y., Niu, L., Wang, R., ... & Luo, X. (2014). Effect of suspension method and aging time on meat quality of Chinese fattened cattle M. Longissimus dorsi. *Meat science*, 96(1), 640-645.
- Hutchison, C. L., Mulley, R. C., Wiklund, E., Flesch, J. S., & Sims, K. (2014). Effect of pelvic suspension on the instrumental meat quality characteristics of red deer (*Cervus elaphus*) and fallow deer (*Dama dama*) venison. *Meat Science*, 98(2), 104-109.
- Josell, Å., von Seth, G., & Tornberg, E. (2004). Sensory and meat quality traits of pork in relation to post-slaughter treatment and RN genotype. *Meat Science*, 66(1), 113-124.
- Kahraman, T., Ghassan, I., Bingöl, E. B., Dümen, E., Göksoy, E. Ö., & Büyükcünal, S. K. (2014). Effect of rapid chilling and pelvic suspension on meat quality of longissimus dorsi muscle of lamb. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakülte Dergisi*.
- Kamatara, K., Mpairwe, D., Christensen, M., Eskildsen, C. E., Mutetikka, D., Muyonga, J., ... & Madsen, J. (2014). Influence of age and method of carcass suspension on meat quality attributes of pure bred Ankole bulls. *Livestock Science*, 169, 175-179.
- Kang, I., & Singh, P. (2014). Muscle proteins. *Applied food protein chemistry*, 361-392.
- Libera, J., Howiecka, K., & Stasiak, D. (2021). Consumption of processed red meat and its impact on human health: A review. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(12), 6115-6123.
- Liu, Y., Mao, Y., Liang, R., Zhang, Y., Wang, R., Zhu, L., ... & Luo, X. (2016). Effect of suspension method on meat quality and ultra-structure of Chinese Yellow Cattle under 12–18 C pre-rigor temperature controlled chilling. *Meat science*, 115, 45-49.
- Locker, R. H. (1960). Degree of muscular contraction as a factor in tenderness of beef. *Journal of food Science*, 25(2), 304-307.
- Luchiari Filho, A., Macedo, R. P., Pereira, A. S. C., Silva, S. D. L., Leme, P. R., & Feitosa, G. (2005). Hanging the beef carcass by the forequarter to improve tenderness of the Longissimus dorsi and Biceps femoris muscles. *Scientia Agricola*, 62, 483-486.
- Machado, T. J., Albert, C. M., Schnupp, M. J., & Hewitt, D. G. (2014). Characteristics of Nilgai Antelope Carcasses and Meat Quality. *Texas Journal of Agriculture and Natural Resources*, 27, 73-83.
- Miller, M. F., Carr, M. A., Ramsey, C. B., Crockett, K. L., & Hoover, L. C. (2001). Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. *Journal of animal science*, 79(12), 3062-3068.
- Møller, A. J., Kirkegaard, E., & Vestergaard, T. (1987). Tenderness of pork muscles as influenced by chilling rate and altered carcass suspension. *Meat Science*, 21(4), 275-286.
- Møller, A. J., & Vestergaard, T. (1986). Effects of altered carcass suspension during rigor mortis on tenderness of pork loin. *Meat Science*, 18(2), 77-87.
- Moloney, A. P., Chong, F. S., Hagan, T. D. J., Gordon, A. W., Methven, L., O'Sullivan, M. G., & Farmer, L. J. (2022). Consumer assessment, in Ireland and the United Kingdom, of the impact of the method of suspension of carcasses from dairy-origin bulls and steers, on the sensory characteristics of the longissimus muscle. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*.
- Moran, L., Barron, L. J. R., Wilson, S. S., O'Sullivan, M. G., Kerry, J. P., Prendiville, R., & Moloney, A. P. (2021). Effect of pelvic suspension and post-mortem ageing on the quality of three muscles from Holstein Friesian bulls and steers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(5), 1892-1900.
- Needham, T., Kotrba, R., Hoffman, L. C., & Bureš, D. (2020). Ante-and post-mortem strategies to improve the meat quality of high-value muscles harvested from farmed male common eland (*Taurotragus oryx*). *Meat science*, 168, 108183.

- Nian, Y., Allen, P., Harrison, S. M., & Kerry, J. P. (2018). Effect of castration and carcass suspension method on the quality and fatty acid profile of beef from male dairy cattle. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(11), 4339-4350.
- Pogorzelski, G., Pogorzelska, E., & Wierzbicka, A. (2023). Effects of pelvic suspension of beef carcasses and wet aging time of cuts on eating quality and sensory scores of 14 muscles. *Animal Science Papers and Reports*, 41(2), 153-164.
- Popova, T., Tejada, L., Peñarrieta, J. M., Smith, M. A., Bush, R. D., & Hopkins, D. L. (2021). Meat of South American camelids-Sensory quality and nutritional composition. *Meat Science*, 171, 108285.
- Rees, M. P., Trout, G. R., & Warner, R. D. (2003). The influence of the rate of pH decline on the rate of ageing for pork. I: interaction with method of suspension. *Meat Science*, 65(2), 791-804.
- Silva, D. R., Haddad, G. B., Fontes, P. R., Holman, B. W., Ramos, A. L., Hopkins, D. L., & Ramos, E. M. (2018). Using microwave cooking to evaluate tenderness and its relationship to sensory analysis. *Journal of texture studies*, 49(6), 612-618.
- Smith, M. A., Bush, R. D., van de Ven, R. J., & Hopkins, D. L. (2017). The combined effects of grain supplementation and tenderstretching on alpaca (Vicugna pacos) meat quality. *Meat Science*, 125, 53-60.
- Sørheim, O., & Hildrum, K. I. (2002). Muscle stretching techniques for improving meat tenderness. *Trends in Food Science & Technology*, 13(4), 127-135.
- Sørheim, O., Idland, J., Halvorsen, E. C., Frøystein, T., Lea, P., & Hildrum, K. I. (2001). Influence of beef carcass stretching and chilling rate on tenderness of m. longissimus dorsi. *Meat Science*, 57(1), 79-85.
- Taylor, A. A., Perry, A. M., & Warkup, C. C. (1995). Improving pork quality by electrical stimulation or pelvic suspension of carcasses. *Meat Science*, 39(3), 327-337.
- Therkildsen, M., Kristensen, L., Kyed, S., & Oksbjerg, N. (2012). Improving meat quality of organic pork through post mortem handling of carcasses: An innovative approach. *Meat science*, 91(2), 108-115.
- Theworldcounts.com, Tons of meat eaten, World consumption of meat. (2023).  
<https://www.theworldcounts.com/challenges/consumption/foods-and-beverages/world-consumption-of-meat>
- Thompson, J. M., Perry, D., Daly, B., Gardner, G. E., Johnston, D. J., & Pethick, D. W. (2006). Genetic and environmental effects on the muscle structure response post-mortem. *Meat Science*, 74(1), 59-65.
- Warner, R. D., Wheeler, T. L., Ha, M., Li, X., Bekhit, A. E. D., Morton, J., ... & Zhang, W. (2022). Meat tenderness: Advances in biology, biochemistry, molecular mechanisms and new technologies. *Meat Science*, 185, 108657.
- Wiklund, E., Mulley, R. C., Hutchison, C. L., & Littlejohn, R. P. (2004). Effect of carcass suspension method on water-holding capacity of M. longissimus from fallow deer (Dama dama) and lamb. In *Proceedings. 50th International Congress of Meat Science and Technology, Helsinki, Finland* (pp. 559-562).
- Wood, J. D., Nute, G. R., Fursey, G. A. J., & Cuthbertson, A. (1995). The effect of cooking conditions on the eating quality of pork. *Meat Science*, 40(2), 127-135.

## A review of the pelvic suspension process and its effects on tenderness and other meat quality characteristics

Mohammad Ali Fakheri

Department of Food Science and Technology, Tehran  
Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran,  
Iran.

Seyed AmirSalar Abtahi

Department of Food Science and Technology, Tehran  
Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran,  
Iran.

Sana Akaber<sup>1</sup>, Department of Food Science and Technology, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad  
University, Tehran, Iran.

akabersana@gmail.com

### Abstract

Meat is one of the most important and main sources of providing protein and many other essential nutrients in the human diet. Characteristics such as tenderness, color, flavor, aroma, and juiciness are generally among the main factors that buyers pay attention to when choosing meat, and tenderness is mentioned as the most important quality factor. This feature is briefly influenced by pre-slaughter factors such as species, breed, sex, hormonal factors and growth stimulants, age and diet, as well as post-slaughter processes such as electrical stimulation, ultrasound treatment, high pressure process, pulsed electric field, freezing and thawing, and the method of hanging the carcass. This review article, while examining the types of common methods of hanging carcasses and their effects on tenderness and other quality characteristics of meat, especially investigates the method of hanging carcasses from pelvic bone (Pelvic Suspension) and studies the mechanism and effects of this method on different muscles.

**Keywords:** meat tenderness, meat quality, carcass hanging, Pelvic Suspension