

https://domesticj.ut.ac.ir/article_108227.html

مقاله علمی - ترویجی

اثر کوئرستین آزاد و درون پوشانی شده بر کیفیت اسپرم منجمد دام: مرور تحلیلی و اُفق‌های کاربردی

پریسا ندری^{*۱} و آرمین توحیدی^{*۲}^۱ پژوهشگر پسادکتری فیزیولوژی دام، گروه مهندسی علوم دامی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، البرز، ایران^۲ استاد فیزیولوژی دام، گروه مهندسی علوم دامی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، البرز، ایران<https://doi.org/10.22059/domesticj.2026.410566.1227> doi

چکیده

انجماد اسپرم راهبردی کلیدی در حفظ ذخایر ژنتیکی و مدیریت برنامه‌های اصلاح نژاد دام است. با این حال، تنش‌های ناشی از چرخه انجماد-ذوب با افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS: Reactive Oxygen Species) و پراکسیداسیون لیپیدها، به یکپارچگی غشا و کاهش سلامت DNA اسپرم همراه بوده و در نهایت موجب افت کیفیت و توان باروری می‌شود. در این میان، استفاده از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی به عنوان راهکاری مؤثر برای کاهش آسیب‌های اکسیداتیو مورد توجه قرار گرفته شده است. کوئرستین به عنوان یک فلاونوئید طبیعی با ظرفیت بالای خنثی‌سازی ROS و تقویت ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، نقش بالقوه‌ای در حفظ عملکرد و ساختار اسپرم ایفا می‌کند. با وجود مزایای زیستی، کاربرد فرم آزاد این ترکیب به دلیل حلالیت پایین، پایداری محدود و زیست‌فراهمی کم با چالش‌هایی مواجه است. بهره‌گیری از سامانه‌های نوین انتقال دارو، به ویژه نانولیپوزوم‌ها، پتانسیل بهبود پایداری، رهایش کنترل‌شده و افزایش تعامل با غشای اسپرم را دارا است، هر چند کارایی زیستی دقیق آن در گونه‌های مختلف دامی هنوز به طور کامل تبیین نشده است. این مطالعه علمی-ترویجی با تمرکز بر مطالعات آزمایشگاهی و تجربی، نقش کوئرستین آزاد و شواهد اولیه فرم درون‌پوشانی‌شده در شاخص‌های کیفی اسپرم منجمد را بررسی می‌کند. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که اگرچه استفاده هدفمند از سامانه‌های نانولیپیدی می‌تواند به عنوان یک استراتژی نوید بخش مطرح باشد، اما به دلیل محدودیت شدید شواهد تجربی در حوزه دامپروری، تعمیم قطعی آن نیازمند آزمون‌های وسیع‌تر فیلدی است.

کلمات کلیدی: آسیب DNA، آنتی‌اکسیدان‌های فلاونوئیدی، تنش اکسیداتیو، سامانه‌های نانولیپیدی، رهایش کنترل شده

*نویسنده مسئول: p.nadri@ut.ac.ir and atowhidi@ut.ac.ir

بخش: فیزیولوژی دام و طیور دبیر تخصصی: دکتر افشین سیفی جمادی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۲۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۲/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۰۴ تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۵/۰۵/۱۱

رفرنس‌دهی: ندری، پ.، توحیدی، آ. اثر کوئرستین آزاد و درون پوشانی شده بر کیفیت اسپرم منجمد دام: مرور تحلیلی و اُفق‌های کاربردی. علمی-ترویجی (حرفه‌ای) دامستیک، ۱۴۰۵؛ ۲۶(۲): ۳۹-۴۴.



AnimSSAUT

مقدمه

فناوری انجماد اسپرم سنگ بنای تلقیح مصنوعی و حفظ تنوع زیستی در دامپروری مدرن است. با این حال، اسپرم پستانداران به دلیل دارا بودن مقادیر بالای اسیدهای چرب غیراشباع (PUFAs) در غشای پلاسمایی و حجم کم سیتوپلاسم، به شدت در برابر استرس اکسیداتیو ناشی از فرآیند انجماد آسیب‌پذیر است (Zribi *et al.*, 2012). در دهه اخیر، استفاده از افزودنی‌های آنتی‌اکسیدانی در رقیق‌کننده‌ها (Extenders) برای مقابله با این آسیب‌ها گسترش یافته است. کوئرستین ($C_{15}H_{10}O_7$) به دلیل ساختار شیمیایی خاص خود، یکی از قدرتمندترین آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی است که به طور طبیعی در بسیاری از میوه‌ها (مانند سیب و انگور)، سبزیجات (مانند پیاز و کلم بروکلی) و دانه‌ها یافت می‌شود (Batoool *et al.*, 2024). با این وجود، کاربرد عملی فرم آزاد کوئرستین با محدودیت‌هایی نظیر حلالیت پایین، ناپایداری شیمیایی و فراهمی زیستی محدود مواجه است که می‌تواند اثربخشی آن را در محیط‌های بیولوژیک کاهش دهد. در سال‌های اخیر، سامانه‌های نانولیپیدی به‌ویژه نانولیپوزوم‌ها و حامل‌های لیپیدی ساختار یافته، به عنوان راهکارهایی نوین برای بهبود پایداری، رهایش کنترل‌شده و انتقال هدفمند ترکیبات آنتی‌اکسیدانی معرفی شده‌اند.

اگرچه مطالعات متعددی اثرات حفاظتی کوئرستین آزاد را در انجماد اسپرم گزارش کرده‌اند، اما تاکنون مطالعه مروری جامعی که به صورت تحلیلی به مقایسه فرم آزاد و سامانه‌های نانوحامل کوئرستین، مکانیسم‌های عملکردی آن‌ها و قابلیت انتقال این فناوری به کاربردهای عملی در دامپروری بپردازد، ارائه نشده است. از این رو، هدف این مقاله علمی-ترویجی ارائه یک مرور تحلیلی بر مکانیسم‌های حفاظتی کوئرستین و ارزیابی ظرفیت سامانه‌های نانولیپیدی در ارتقای کیفیت اسپرم منجمد دام و بهبود کارایی برنامه‌های تلقیح مصنوعی و اصلاح‌نژادی است.

روش‌شناسی

مطالعه حاضر یک مرور تحلیلی است که با هدف ارزیابی و مقایسه اثرات کوئرستین آزاد و نانوکپسوله بر کیفیت اسپرم منجمد نگارش شده است. به منظور گردآوری داده‌ها، جستجوی نظام‌مند در پایگاه‌های داده بین‌المللی شامل Scopus، PubMed، ScienceDirect و Google Scholar با استفاده از کلیدواژه‌های

ترکیبی شامل (Sperm quality OR Cryopreservation)، (Livestock OR Semen) و (Quercetin OR Nano-quercetin) (extender) انجام شده است. در بازه زمانی جستجو محدودیتی وجود نداشته است، اما تمرکز اصلی بر روی یافته‌های دو دهه اخیر (تا سال ۲۰۲۴) معطوف بوده است. معیارهای ورود شامل مقالات پژوهشی (Original Research) و مروری بود که مستقیماً به بررسی اثرات آنتی‌اکسیدانی کوئرستین بر اسپرم منجمد پستانداران دامی و مدل‌های مرتبط پرداخته بودند. مقالاتی که تمرکز محض بر روی گیاهان دارویی ترکیبی داشته یا فاقد گروه کنترل مناسب در فرآیند انجماد بودند، از فرآیند بررسی تحلیلی خارج شدند.

استرس اکسیداتیو و آسیب‌های انجماد در دام

طی فرآیند انجماد-ذوب، تعادل میان تولید پرواکسیدان‌ها و آنتی‌اکسیدان‌های محیط به هم می‌خورد و در نتیجه سطح گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) افزایش می‌یابد. افزایش ROS می‌تواند واکنش زنجیره‌ای پراکسیداسیون لیپید در غشای سلولی را القا کند؛ این امر به کاهش انعطاف‌پذیری غشا و در نهایت کاهش تحرک اسپرم منجر می‌شود (Banday *et al.*, 2017). همچنین، آسیب میتوکندریایی می‌تواند موجب نشت سیتوکروم c شده و مسیرهای آپوپتوتیک را فعال کند که نتیجه آن قطعه قطعه شدن DNA (DNA fragmentation) است (El-Khawagah, *et al.*, 2020). علاوه بر این، مطالعات نشان می‌دهند که طی انجماد، فعالیت آنزیم‌های درونی آنتی‌اکسیدانی نظیر سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و گلوکاتایون پراکسیداز (GPx) کاهش می‌یابد؛ بنابراین ضرورت استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های خارجی برجسته‌تر می‌شود (Batoool *et al.*, 2024).

طی فرایند انجماد-ذوب، تعادل ردوکس سلولی میان تولید پرواکسیدان‌ها و ظرفیت دفاع آنتی‌اکسیدانی مختل شده و در نتیجه سطح ROS افزایش می‌یابد. افزایش ROS با القای واکنش زنجیره‌ای پراکسیداسیون لیپید در غشای پلاسمایی اسپرم، موجب اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع، کاهش سیالیت و انعطاف‌پذیری غشا، و در نهایت آفت تحرک و زنده‌مانی اسپرم می‌شود (Banday *et al.*, 2017). علاوه بر این، استرس اکسیداتیو می‌تواند عملکرد میتوکندری را مختل کرده و از طریق نشت سیتوکروم c، مسیرهای آپوپتوتیک وابسته به میتوکندری را فعال کند که پیامد آن افزایش قطعه قطعه شدن DNA و کاهش

سلامت ژنتیکی اسپرم است (El-Khawagah *et al.*, 2020). همچنین گزارش شده است که طی فرآیند انجماد، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی درون‌زاد نظیر سوپراکسید دیسموتاز و گلوکاتایون پراکسیداز کاهش می‌یابد که این امر ظرفیت دفاعی اسپرم را در برابر آسیب‌های اکسیداتیو محدود می‌کند؛ بنابراین استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های خارجی در محیط‌های انجماد ضروری به نظر می‌رسد (Batoool *et al.*, 2024).

مکانیسم‌های ملکولی و حفاظتی کوثرستین در فرآیند انجماد

در شرایط انجماد-ذوب، کوثرستین از طریق چندین مسیر مکمل، نقش حفاظتی خود را اعمال می‌کند. این ترکیب با خنثی‌سازی مستقیم ROS، از آغاز و گسترش پراکسیداسیون لیپیدی در غشای اسپرم جلوگیری می‌کند و به حفظ یکپارچگی و سیالیت غشا کمک می‌نماید (Boots, *et al.*, 2008; Tvrdá *et al.*, 2016). علاوه بر این، با کاهش آسیب میتوکندریایی، از نشت سیتوکروم c و فعال‌سازی مسیرهای آپوپتوتیک پیشگیری کرده و در نتیجه، میزان قطعه قطعه شدن DNA را کاهش می‌دهد. همچنین، کوثرستین می‌تواند ظرفیت دفاع آنتی‌اکسیدانی درون‌زاد را تقویت کرده و تعادل اکسیدان-آنتی‌اکسیدان را در طی فرآیند انجماد حفظ کند. نمای شماتیک این مکانیسم‌های حفاظتی در شکل (۱) ارائه شده است. مکانیسم‌های عملکردی کوثرستین در حفظ کیفیت اسپرم را می‌توان در چهار محور اصلی خلاصه کرد.

در شرایط انجماد-ذوب، کوثرستین از طریق مجموعه‌ای از مسیرهای مکمل مولکولی نقش حفاظتی خود را اعمال می‌کند. این ترکیب با خنثی‌سازی مستقیم ROS و توقف واکنش‌های زنجیره‌ای پراکسیداسیون لیپیدی، از تخریب اسیدهای چرب غشایی و کاهش سیالیت غشا جلوگیری می‌کند (Boots *et al.*, 2008; Tvrdá *et al.*, 2016). در سطح درون سلولی، کوثرستین با کاهش آسیب اکسیداتیو میتوکندری، از اختلال در پتانسیل غشای میتوکندری و آزادسازی سیتوکروم c جلوگیری کرده و بدین ترتیب فعال‌سازی مسیرهای آپوپتوتیک وابسته به میتوکندری و قطعه قطعه شدن DNA را محدود می‌سازد. علاوه بر این، شواهد نشان می‌دهد که کوثرستین می‌تواند با تعدیل سیستم‌های دفاع آنتی‌اکسیدانی درون‌زاد (از جمله SOD، GPx و CAT)، تعادل ردوکس سلول را در شرایط تنش انجمادی حفظ کند. نمای شماتیک این مکانیسم‌ها در شکل (۱) ارائه شده است.

مهار زنجیره پراکسیداسیون لیپیدها و جاروب کنندگی رادیکال‌های آزاد: بحرانی‌ترین آسیب طی فرآیند انجماد-ذوب، حمله ROS به اسیدهای چرب غیراشباع در غشای اسپرم است. کوثرستین از طریق مکانیسم اهدای پروتون، رادیکال‌های سوپراکسید و هیدروکسیل را پیش از حمله به لیپیدهای غشا خنثی کرده و با قطع زنجیره واکنش‌های رادیکالی، از تشکیل مالون‌دی‌آلدئید (MDA) جلوگیری می‌کند (Zribi *et al.*, 2012). این عملکرد جاروب کنندگی مستقیم، سیالیت و پایداری غشای پلاسمایی را در برابر شوک‌های دمایی تضمین می‌کند و باعث بهبود کیفیت اسپرم می‌شود (شکل ۱).

تنظیم بیوشیمیایی سیستم دفاع آنزیمی: علاوه بر خنثی‌سازی مستقیم، کوثرستین به عنوان تنظیم‌کننده مسیرهای سیگنالینگ عمل می‌کند. این فلاونوئید با تقویت بیان و حفظ فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی درونی نظیر سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT)، گلوکاتایون پراکسیداز (GPx)، و همراه با حفظ سطح آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی مانند گلوکاتایون، ویتامین C و ویتامین E، باعث کاهش سطح ROS و پراکسیداسیون می‌شود و در نتیجه ظرفیت بافری سلول را در مواجهه با استرس اکسیداتیو افزایش می‌دهد و از اُفت شدید کیفیت اسپرم در مرحله ذوب جلوگیری می‌کند (Batoool *et al.*, 2024) (شکل ۱). حفاظت ساختاری از کمپلکس آکروزوم: حفظ یکپارچگی غشای پلاسمایی آکروزوم برای وقوع واکنش آکروزومی و نفوذ به اووسیت حیاتی است. کوثرستین با مهار پراکسیداسیون لیپیدی در ناحیه سر اسپرم، از القای زودرس واکنش آکروزومی ناشی از استرس جلوگیری کرده و پتانسیل باروری اسپرم پس از تلقیح را حفظ می‌کند (Tvrdá *et al.*, 2016) (شکل ۱).

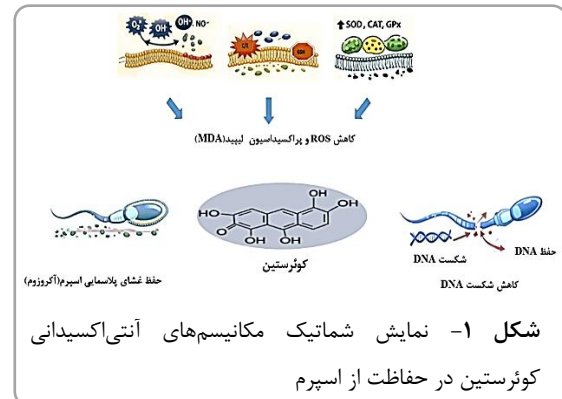
حفاظت از پایداری ژنوم و جلوگیری از قطعه قطعه شدن DNA: افزایش استرس اکسیداتیو می‌تواند منجر به شکستگی‌های تک رشته‌ای و دو رشته‌ای در DNA اسپرم شود که عامل اصلی شکست در مراحل اولیه جنینی است. کوثرستین با ایجاد یک محیط کاهنده در اطراف هسته و جلوگیری از تخریب اکسیداتیو بازهای آلی، نرخ قطعه قطعه شدن DNA را به طور معنی‌داری کاهش داده و سلامت کروماتین را طی فرآیند انجماد تضمین می‌کند (Zribi *et al.*, 2012) (شکل ۱). علی‌رغم این ویژگی‌های حفاظتی، عملکرد کوثرستین به شدت وابسته به دوز است. غلظت‌های بهینه آن باعث بهبود پارامترها می‌شود، اما استفاده از

مطالعات محدود در مدل‌های غیردام است، تعمیم این نتایج به دام باید با احتیاط صورت گیرد. در مجموع، این یافته‌ها صرفاً شواهدی از امکان‌پذیری اثرات نانولیپیدی کوثرستین را ارائه می‌دهند و انجام مطالعات کنترل‌شده بیشتر در گونه‌های هدف جهت تعیین کارایی واقعی در سناریوی اسپرم منجمد دام ضروری است. جدول (۱) مروری بر مطالعات موجود درباره کوثرستین آزاد و نیز گزارش‌های محدود مرتبط با فرمولاسیون‌های نانویی حاوی کوثرستین بر کیفیت اسپرم منجمد در مدل‌های مختلف (دام، طیور و انسان) تا سال ۲۰۲۴ ارائه می‌دهد. در مجموع، اگر چه مطالعات متعددی اثرات حفاظتی کوثرستین آزاد را در گونه‌های مختلف دام گزارش کرده‌اند، شواهد مربوط به فرم نانوکپسوله‌شده آن بسیار مقدماتی بوده و عمدتاً به یک مدل غیرپستاندار (طیور) محدود است. بنابراین، با توجه به حجم بسیار ناچیز داده‌ها، وجود تفاوت‌های آناتومیک و فیزیولوژیک بین گونه‌ای، و فقدان مطالعات جامع در دام‌های بزرگ، نتایج موجود به هیچ وجه قطعی نبوده و تعمیم آن‌ها به عنوان یک راهکار تجاری در حال حاضر امکان‌پذیر نیست. عدم توازن قابل توجه میان حجم شواهد مربوط به کوثرستین آزاد (مطالعات متعدد و اثبات‌شده) و فرم نانوکپسوله‌شده (شواهد اولیه و انگشت‌شمار) نشان می‌دهد که سطح اطمینان علمی برای فرم آزاد به مراتب بالاتر بوده و کاربرد نانوحامل‌ها صرفاً در حد یک فرضیه آزمایشگاهی نیازمند توسعه است.

نتیجه‌گیری کلی و افق‌های آینده

مطالعات موجود نشان می‌دهند که کوثرستین آزاد پتانسیل مناسبی در ارتقای نسبی کیفیت اسپرم منجمد دام از طریق کاهش استرس اکسیداتیو دارد. با این حال، ادعای کارایی برتر نانوحامل‌های لیپیدی کوثرستین در حوزه دامپروری هنوز با محدودیت جدی در شواهد علمی روبرو است. شواهد حاصل از مدل‌های غیردام صرفاً بیانگر یک افق فرضی پتانسیل‌دار است. از این رو، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده به جای فرضیه‌پردازی‌های کلی، ابتدا به بررسی سمیت‌شناسی نانوذرات بر غشای اسپرم پستانداران، تعیین دقیق دوزهای ایمن و ارزیابی‌های واقعی نرخ گیرایی در شرایط مزرعه‌ای بپردازند تا مشخص شود آیا هزینه مالی و پیچیدگی فرمولاسیون‌های نانو، ارزش کاربردی در صنعت دامپروری را دارد یا خیر.

مقادیر بیش از حد می‌تواند تعادل ردوکس سلول را مختل کرده و با القای اثرات پرو اکسیدانی، منجر به مسمومیت سلولی و کاهش تحرک اسپرم گردد (Tvrđá et al., 2014).



درون‌پوشانی کوثرستین: مکانیسم‌های بالقوه و وضعیت فعلی مطالعات: با وجود گزارش‌هایی از اثرات حفاظتی کوثرستین آزاد بر کیفیت اسپرم، کاربرد عملی آن در سیستم‌های بیولوژیک به دلیل محدودیت‌های فارماکوکینتیکی از جمله حلالیت پایین در آب، ناپایداری شیمیایی و فراهمی زیستی محدود با چالش‌هایی مواجه است (Boots et al., 2008; Tvrđá et al., 2016). این محدودیت‌ها موجب کاهش دسترسی مؤثر ترکیب به سلول هدف و در نتیجه کاهش کارایی آن در شرایط *in vivo* و *in vitro* می‌شود.

در سال‌های اخیر، سامانه‌های نوین انتقال ترکیبات زیست فعال، به ویژه نانوحامل‌های لیپیدی شامل نانولیپوزوم‌ها و نانوذرات لیپیدی ساختار یافته (NLC)، به عنوان راهکارهایی برای بهبود پایداری، افزایش انحلال‌پذیری ظاهری و رهایش کنترل‌شده مورد توجه قرار گرفته‌اند. شواهد اولیه نشان می‌دهد که این سامانه‌ها می‌توانند از طریق بهبود تعامل با غشاهای سلولی و افزایش فراهمی زیستی، کارایی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی را ارتقا دهند (Najafi et al., 2020). در یک مطالعه تجربی در مدل اسپرم خروس، گزارش شده است که بارگذاری کوثرستین در نانوحامل‌های لیپیدی ساختار یافته (NLC) می‌تواند با افزایش شاخص‌های مرتبط با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و بهبود پارامترهای عملکردی اسپرم همراه باشد؛ از جمله بهبود معنی‌دار تحرک اسپرم، افزایش پتانسیل غشای میتوکندری، ارتقای سطح ATP و کاهش شاخص‌های استرس اکسیداتیو در مقایسه با فرم آزاد کوثرستین (Najafi et al., 2020). با این حال، با توجه به تفاوت‌های بین‌گونه‌ای و این که شواهد موجود فعلاً محدود به

جدول ۱- مروری بر مطالعات انجام‌شده درباره کوثرستین آزاد و شواهد محدود موجود درباره فرمولاسیون‌های نانویی حاوی کوثرستین بر کیفیت اسپرم منجمد در مدل‌های مختلف (دام، طیور و انسان) تا سال ۲۰۲۴

گونه	نوع تیمار	دوز بهینه	مهم‌ترین شاخص‌های بهبود یافته	منبع
بز	کوثرستین آزاد	۱۰ میکرومولار	افزایش تحرک پیش‌رونده، کاهش سطح ROS و حفظ یکپارچگی آکروزوم	Batool <i>et al.</i> , 2024
گاو میش	کوثرستین آزاد	۲۰ میکرومولار	بهبود زنده‌مانی (Viability) و کاهش غلظت مالون‌دی‌آلدئید (MDA)	El-Khawagah <i>et al.</i> , 2020
گاو	کوثرستین آزاد	۱۰-۲۰ میکرومولار	کاهش پراکسیداسیون لیپید و حفظ DNA	Tvrda <i>et al.</i> , 2016
انسان	کوثرستین آزاد	۱۵ میکرومولار	محافظت در برابر قطعه قطعه شدن DNA و حفظ تمامیت کروماتین	Zribi <i>et al.</i> , 2012
خروس	NLC حاوی کوثرستین	۱۵ میکرومولار	افزایش معنی‌دار ATP، حفظ پتانسیل میتوکندری و بهبود نرخ باروری	Najafi <i>et al.</i> , 2020

منابع

- Zribi, N., Chakroun, N. F., Abdallah, F. B., Elleuch, H., Sellami, A., Gargouri, J., & Keskes, L. A. (2012). "Effect of freezing–thawing process and quercetin on human sperm survival and DNA integrity." *Cryobiology*, 65(3), 326–331.
- Banday, M. N., Lone, F. A., Rasool, F., Rashid, M., & Shikari, A. (2017). "Use of antioxidants reduce lipid peroxidation and improve quality of crossbred ram sperm during its cryopreservation." *Cryobiology*, 74, 25–30.
- Batool, I., Fayyaz, M. H., Hameed, A., Andrabi, S. M. H., Kausar, R., Shahzad, M., & Ditta, A. (2024). "Quercetin in semen extender improves frozen–thawed spermatozoa quality and in-vivo fertility in crossbred Kamori goats." *Frontiers in Veterinary Science*, 11, 1385642.
- Boots, A. W., Haenen, G. R., & Bast, A. (2008). "Health effects of quercetin: from antioxidant to nutraceutical." *European journal of pharmacology*, 585(2-3), 325–337.
- El-Khawagah, A. R., Kandiel, M. M., & Samir, H. (2020). "Effect of quercetin supplementation in extender on sperm kinematics, extracellular enzymes release, and oxidative stress of egyptian buffalo bulls frozen–thawed semen." *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 604460.
- Najafi, A., Kia, H. D., Mehdipour, M., Hamishehkar, H., & Álvarez-Rodríguez, M. (2020). "Effect of quercetin loaded liposomes or nanostructured lipid carrier (NLC) on post-thawed sperm quality and fertility of rooster sperm." *Theriogenology*, 152, 122–128.
- Tvrda, E., Lukáč, N., Lukáčová, J., Jambor, T., Hashim, F., & Massányi, P. (2014). "Dose- and time-dependent in vitro effects of quercetin on bovine spermatozoa activity and superoxide production." *Folia Veterinaria*, 58(4), 224–223.
- Tvrda, E., Tušimová, E., Kováčik, A., Paál, D., Libová, E., & Lukáč, N. (2016). "Protective effects of quercetin on selected oxidative biomarkers in bovine spermatozoa subjected to ferrous ascorbate." *Reproduction in Domestic Animals*, 51(4), 524–537.

Publisher Note

Animal Science Students Scientific Association, Campus of Agriculture and Natural Resources at the University of Tehran

Submit Your Manuscript:

https://domesticstj.ut.ac.ir/contacts?_action=loginForm



Scientific-Extensional Article

Effect of Free and Nanoliposomal Quercetin on the Quality of Cryopreserved Livestock Sperm: An Analytical Review with Practical Perspectives

Parisa Nadri^{1*} and Armin Towhidi^{2*}

¹ Postdoctoral Researcher in Animal Physiology, Department of Animal Science, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Alborz, Iran

² Professor in Animal Physiology, Department of Animal Science, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Alborz, Iran

doi <https://doi.org/10.22059/domesticj.2026.410566.1227>

Abstract

Sperm cryopreservation is a well-established strategy for preserving genetic resources and supporting livestock breeding programs. However, the freeze–thaw process induces oxidative stress through excessive production of reactive oxygen species (ROS), leading to lipid peroxidation, disruption of membrane integrity, and DNA damage, which ultimately reduces sperm quality and fertility potential. Therefore, the application of antioxidant compounds has gained considerable attention as a promising approach to mitigate cryodamage. Quercetin, a natural flavonoid with strong antioxidant capacity, has shown potential for scavenging ROS and enhancing antioxidant defense systems, thereby contributing to the preservation of sperm structure and function. Despite these biological advantages, the practical application of free quercetin is limited due to poor solubility, low stability, and reduced bioavailability. Recent advances in nanodelivery systems, particularly nanoliposomes, offer a promising approach by improving compound stability, enabling controlled release, and enhancing interactions with the sperm membrane. The utilization of novel drug delivery systems, particularly nanoliposomes, possesses the potential to improve stability, provide controlled release, and enhance interaction with the sperm membrane, although its precise biological efficacy across various livestock species remains to be fully elucidated. Focusing on laboratory and experimental studies, this analytical review evaluates the role of free quercetin alongside the preliminary evidence of its encapsulated counterpart on the quality indices of frozen livestock semen. The reviewed findings indicate that while the targeted application of nanolipid systems could emerge as a promising strategy, its definitive generalization requires broader field trials due to the severe limitation of experimental evidence in the livestock sector.

Keyword(s): Controlled release, Delivery systems, DNA damage, Flavonoid antioxidants, Nanolipid, Oxidative Stress



*Corresponding Author E-mail: p.nadri@ut.ac.ir and atowhidi@ut.ac.ir

Section: Animal and Poultry Physiology

Associate Editor: Dr. Afshin Seifi-Jamadi

Received: 14 Feb 2026

Revised: 20 May 2026

Accepted: 25 May 2026

Published online: 02 Aug 2026

Citation: Nadri, P., Towhidi, A. Effect of Free and Nanoliposomal Quercetin on the Quality of Cryopreserved Livestock Sperm: An Analytical Review with Practical Perspectives. *Professional Journal of Domestic*, 2026; 26(2): 39-44.