

- Sharpe, R.M., 2012. Sperm counts and fertility in men: A rocky road ahead. Science & Society Series on Sex and Science. EMBO Reports 13(5):398-403.
- Skakkebaek, N.E., Rajpert-De Meyts, E., Buck Louis, G.M., Toppari, J., Andersson, A.M., Eisenberg, M.L., Jensen, T.K., Jørgensen, N., Swan, S.H., Sapra, K.J., Ziebe, S., Priskorn, L., Juul, A., 2016. Male reproductive disorders and fertility trends: Influences of environment and genetic Susceptibility. Physiological Reviews 96(1):55-97.
- Sunanda, P., Panda, B., Dash, C., Padhy, R.N., Routray, P., 2018. An illustration of human sperm morphology and their functional ability among different group of subfertile males. Andrology 6(5):680-89.
- The World Bank 2011. Regional aggregation using 2005 PPP and 1.25 USD per day poverty line.
- Thomas, G.B., Mercer, J.E., Karalis, T., Rao, A., Cummins, J.T., Clarke, I.J., 1990. Effect of restricted feeding on the concentrations of growth hormone (GH), gonadotropins, and prolactin (PRL) in plasma, and on the amounts of messenger ribonucleic acid for GH, gonadotropin subunits, and PRL in the pituitary glands of adult ovariectomized ewes. Endocrinology 126(3):1361-7.
- Wahab, F., Atika, B., Shahab, M., Behr, R., 2016. Kisspeptin signalling in the physiology and pathophysiology of the urogenital system. Nature Reviews Urology 13(1):21-32.
- World Health Organization 2010. WHO laboratory manual for the examination and processing of human semen. 5th ed. Geneva (CH): World Health Organization.
- World Health Organization 2014. Sexual and reproductive health: infertility is a global public health issue. <http://www.who.int/reproductivehealth/topics/infertility/perspective/en/>. (23 October 2014, date last accessed).
- Yang, Q., Zhao, F., Hu, L., Bai, R., Zhang, N., Yao, G., Sun, Y., 2016. Effect of paternal overweight or obesity on IVF treatment outcomes and the possible mechanisms involved. Scientific Reports 6:29787.

## تأثیر مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی در حفظ و بهبود عملکرد فراسنجه‌های اسپرم (مطالعه مروری) مهدی نظری\*

تبریز، دانشگاه تبریز، دانشکده کشاورزی، گروه علوم دامی

### چکیده

انجماد اسپرم برای مدیریت تولیدمثلی و به کارگیری روش‌های حفظ باروری از اهمیت بیشتری برخوردار است. علی‌رغم موفقیت در انجماد اسپرم، این روش معمولاً باعث تغییرات جدی و مخرب در عملکرد اسپرم می‌شود. مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی آنها، بهبود سیستم آنتی‌اکسیدانی مایع منی و اسپرم، و کاستن اثرات مخرب ROS تولیدی ناشی از شوک سرمایی، به محیط منی، طی انجماد اضافه می‌شوند. تاکنون مطالعات بسیاری در مورد اثرات مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی در انجماد برای بهبود کیفیت مایع منی پس از یخ‌گشایی صورت گرفته است. هدف از این مطالعه افزایش درک نقش مکمل‌های آنتی‌اکسیدان‌ها در افزایش مقاومت اسپرم در برابر آسیب‌های اکسیداتیو است.

واژگان کلیدی: انجماد، اسپرم، استرس اکسیداتیو

\* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: mahdi.na1994@gmail.com

### مقدمه

اسکوربیک، ویتامین E (توکوفرول)، کاروتنوئیدها ( $\beta$ -کاروتن)، اوبی‌کینون‌ها، تورین و هیپوتورین، سلنیوم و روی است (۶). تولید reactive oxygen species (ROS) مانند پراکسید هیدروژن ( $H_2O_2$ )، آنیون‌های سوپراکسید ( $O_2^-$ ) و رادیکال‌های هیدروکسیل ( $OH^-$ )، در مقادیر فیزیولوژیکی نقش مهمی در عملکرد اسپرم در طول ظرفیت پذیری اسپرم، واکنش آکروزومی و اتصال به زوناپلوسیدا دارد (۷).

انجماد اسپرم به عنوان یک روش مهم و ارزشمند در زمینه کمک به تولیدمثل به شمار می‌آید (۱-۴). اگرچه منی منجمد/یخ‌گشایی شده دارای مزایای زیادی برای تولیدمثل است، اما گزارش‌های زیاد بیانگر مخرب جدی در عملکرد اسپرم در نتیجه فرآیندهای سردسازی، انجماد و یخ‌گشایی است (۵). آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی که به عنوان آنتی‌اکسیدان‌های سنتتیک یا مکمل‌های غذایی نیز شناخته می‌شوند شامل گلوتاتیون (GSH)، اورات، اسید

دهند (۱۸). هدف اصلی این مطالعه، بررسی یافته‌های مطالعات حاصل از نقش مثبت آنتی‌اکسیدان‌های مختلف در ممانعت از آسیب به اسپرم در طی فرآیند انجماد/فرآیند می‌باشد.

### مکمل آنتی‌اکسیدان در رقیق‌کننده‌های انجماد

#### ویتامین E (Trolox) / آلفا توکوفرول

ویتامین E یک آنتی‌اکسیدان چربی دوست (لیپوفیلک) بسیار قوی است که در غشاء سلول قرار دارد و می‌تواند پیوندهای کووالانسی را که ROS بین زنجیره‌های جانبی اسیدهای چرب در لیپیدهای غشایی ایجاد کرده بشکند (۱۹). افزودن ویتامین E همراه با ویتامین C به محیط رقیق‌کننده منی قوچ باعث افزایش بقا و پارامترهای کیفی اسپرم‌های سرد شده می‌شود. نتایج بررسی حاکی از آن است که افزودن ویتامین E بر مایع منی قوچ‌های قزل، باعث بهبود حرکت و زنده ماندن اسپرم‌ها قبل و بعد از انجماد شد (۲۰).

آلفا توکوفرول قوی‌ترین ترکیب آنتی‌اکسیدانی محلول در لیپید است که رادیکال‌های چربی را خنثی می‌کند. بنابر این یکی از عوامل اصلی محافظت در برابر غشاء در برابر ROS و پراکسیداسیون لیپیدها بدون تأثیر بر تولید ROS است (۷). آلفا توکوفرول می‌تواند سلول‌ها را از آسیب اکسیداتیو هم در داخل بدن و هم در شرایط *in vitro* محافظت کند. افزودن آلفا توکوفرول در پستانداران مختلف (خرگوش، اسب، گاو، گراز و قوچ) با هدف بهبود کیفیت مایع منی، نتایج متناقضی داشت (۳). در انسان، تجویز خوراکی این آنتی‌اکسیدان (۲۰۰ میلی‌گرم در روز به مدت ۳ ماه) میزان لقاح آزمایشگاهی را بهبود بخشید و بنابراین می‌تواند به عنوان ماده‌ی درمانی برای درمان ناباروری مردان مرتبط با ROS استفاده شود. ویتامین E در هنگام انجماد کامل اسپرم گاو و همچنین در منی گراز مایع که در دمای  $19^{\circ}\text{C}$  نگهداری می‌شود، باعث حفظ یکپارچگی غشاء پلاسمایی شد (۲۱). افزودن ویتامین E به محیط رقیق‌کننده باعث افزایش حرکت اسپرم پس از ذوب شده و یکپارچگی DNA اسپرم را در انزال‌های نوزاد اسپرمی و آستنوزواسپرمی حفظ کرده و در نهایت منجر به افزایش میزان باروری شد. در مطالعه‌ای درباره تأثیر آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، Askari و همکاران (۱۹۹۴) نشان

قرار گرفتن در معرض غلظت‌های بالای ROS باعث اختلال در غشاء میتوکندری، غشاء پلاسمایی و همچنین قطعه‌قطعه شدن کروموزومی می‌شود که این امر باعث کاهش تحرک و زنده ماندن اسپرم می‌شود (۸). یکی از مهمترین دلایل آسیب سلول‌های اسپرم ناشی از ROS حاصل از تنش اکسیداتیو اسیدهای چرب اشباع‌نشده غشاء اسپرم است که منجر به پراکسیداسیون لیپیدها (LPO) می‌شود (۹). LPO نفوذپذیری و سیالیت غشاها را تغییر داده و منجر به از دست دادن برگشت‌ناپذیر تحرک، نشت آنزیم‌های داخل سلولی آسیب DNA اسپرم یا مشکلات نفوذ تخمک و هم جوشی اسپرم و تخمک می‌شود (۱۰).

در شرایط عادی، برای خنثی‌سازی اثرات مخرب ROS، اسپرم‌ها و پلاسمای منی دارای تعدادی سیستم آنتی‌اکسیدانی هستند که اثرات مخرب ROS را خنثی کرده و از آسیب سلولی داخلی جلوگیری می‌کنند (۱۱). عدم تعادل بین حضور ROS و فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسپرم دلیل اصلی ایجاد آسیب در اسپرم است (۱۲).

ساختار خاص غشاء پلاسمایی اسپرم‌ها، تعداد زیاد میتوکندری‌ها، سیتوپلاسم کم و آنتی‌اکسیدان کم در سیتوپلاسم اسپرم، آنها را در برابر آسیب رادیکال‌های آزاد آسیب‌پذیر می‌کند (۱۳). آنتی‌اکسیدان‌ها عوامل اصلی دفاعی در برابر استرس اکسیداتیو ناشی از رادیکال‌های آزاد هستند (۱۴). افزودن کلسترول به غشاء پلاسمای اسپرم از طریق افزایش یکپارچگی غشاء و آگریز بودن و کاهش استرس اسمزی، باعث افزایش مقاومت اسپرم در برابر صدمه می‌شود (۱۵). علاوه بر این، آلبومین سرم گاوی (BSA) باعث افزایش تحرک و زنده ماندن اسپرم‌ها پس از نگهداری طولانی‌مدت در دمای پایین و انجماد می‌شود (۱۶). همچنین، وقتی BSA و زرده تخم‌مرغ به ماده رقیق‌کننده اضافه شود، یک محافظت خوب از غشاء از نظر مقاومت در برابر شوک فشاراسمزی پایین (هیپواسموتیک) حاصل خواهد شد (۱۷). مشخص شده که افزودن سیکلودکسترین کلسترول (CLC) به صورت جداگانه یا همراه با BSA، به اسپرم بز قبل از انجماد باعث افزایش سرعت حرکت، زنده ماندن و یکپارچگی آکروزوم اسپرم بعد از انجماد و ذوب می‌شود. بسیاری از پژوهشگران بر روی استفاده از آنتی‌اکسیدان‌ها در واسطه‌های انجماد متمرکز شده‌اند تا اثرات منفی ROS را بر روی اسپرم کاهش

### گلو تاتیون

گلو تاتیون (GSH) (L-C-گلو تاملیل - L سیستینیل گلیسین) اصلی ترین ترکیب غیر پروتئینی تیول در سلول های پستانداران است که مستقیماً در خنثی سازی ROS شرکت داشته و همچنین آنتی اکسیدان های برون زایی چون ویتامین C و E را در بدن حفظ می کند (۱۱). گروه های سولفیدریل GSH از سلول در برابر اکسیدان، الکتروفیل ها و رادیکال های آزاد محافظت می کند (۷). گلو تاتیون پراکسیداز (GSH-Px) از GSH برای احیاء هیدروژن پراکسید به  $H_2O$  و لیپوپراکسیدها به الکل های آلکیل استفاده می کند. GSH می تواند از طریق فرم اکسید شده آن (GSSG) توسط گلو تاتیون ردوکتاز (GSR) که فعالیت آن ناشی از استرس اکسیداتیو است، بازسازی شود (۱۱). محتوی GSH و ظرفیت دفاعی آنتی اکسیدانی احتمالاً به دلیل استرس اکسیداتیو و مرگ سلولی در طول فرایند انجماد-ذوب تغییر می کند (۱۱). بنابر این افزودن GSH به رقیق کننده انجماد نتایج متغیری دارد. افزودن ۵ میلی مو GSH به محیط انجماد اسپرم انسان باعث یکپارچگی DNA می شود اما در کاهش پراکسیداسیون لیپید و افزایش حرک اسپرم ناکارآمد است. اخیراً محققین نشان دادند که افزودن مکمل GSH به محیط انجماد باعث کاهش سطح ROS اسپرم انسانی و افزایش سطح گروه های سولفیدریل در پروتئین های غشایی می شود. اما علی رغم افزایش درصد اسپرم های متحرک، افزودن GSH به محیط ذوب هیچ تأثیری بر زندهمانی نداشت (۱۱). زمان طولانی در معرض GSH و اثرات مخرب اصلی بر غشاء اسپرم قبل از رقیق سازی در ماده رقیق کننده ذوب، ممکن است این تفاوت در زندهمانی را روشن کند.

### ویتامین C

ویتامین C (اسید اسکوربیک) یک آنتی اکسیدان محلول در آب است که ظرفیت بالایی در از بین بردن رادیکال های اکسیژن دارد. ویتامین C اثرات  $H_2O_2$  بر DNA را خنثی کرده، ویتامین E غیرفعال را بازیافت می کند و پراکسیداسیون لیپید را کاهش می دهد (۲۷). آسکوربیک اسید، ترشح شده از غدد وزیکول سمینال آنتی اکسیدان اصلی موجود در پلاسما منی مردان بارور است که تا ۶۵٪ از کل ظرفیت آنتی اکسیدان را بخود اختصاص می دهد. در انسان، غلظت کم اسید اسکوربیک در پلاسما

دادند که ویتامین E میزان تورم هیپواسموتیک (HOS) و حرک اسپرم منجمد شده را پس از ذوب کمی بهبود می بخشد (۲۲). علاوه بر این مکمل توکوفرول در غلظت ممکن است با کاهش پراکسیداسیون لیپید و کاهش بیان ژن های آپوپتوز با کاهش قطعه قطعه شدن DNA، اسپرم را در برابر استرس اکسیداتیو محافظت کند (۱۹). اثر توکوفرول ممکن است با غلظت آن تغییر کند، این ماده ممکن است بجای یک آنتی اکسیدان در غلظت های بالا بعنوان یک محرک اکسیداسیون عمل کند (۲۳).

### ترولوکس (۶-هیدروکسی - Trolox)

۸، ۷، ۵، ۲- تترامیل کرومان-۲- اسید کربوکسیلیک)

ترولوکس یک آنالوگ ویتامین E محلول در آب با ظرفیت بالا برای جذب رادیکال های آزاد است (Mickle and Weisel 1992). ترو لوکس در محدوده ۱/۱-۰ میلی مول با جلوگیری از افزایش ROS داخل سلولی و پراکسیداسیون لیپیدها و همچنین جلوگیری از آسیب DNA، اثر محافظتی بر اسپرم ذوب شده گوزن قرمز دارد. پژوهشگران گزارش دادند که Trolox یک مکمل رقیق کننده مناسب برای انجماد اسپرم های اپیدیدیم گوزن، حداقل در محدوده میلی مول پایین است (۲۴) که یافته های آنها مطابق با یافته های Fernandez-Santos و همکاران (۲۰۰۷) بود (۲۵).

محققین یک اثر محافظتی وابسته به دوز Trolox بر تحرک، فعالیت میتوکندریایی و کیفیت غشاء اسپرم منجمد شده خوک ۳۰ و ۱۲۰ دقیقه پس از ذوب شدن یافتند. همین نویسندگان نشان دادند که ترو لوکس زنده مانی اسپرم منجمد شده گراز پس از ذوب شدن تأثیر مثبت داشت. علاوه بر این نشان داده شد که افزودن ۴۰ میلی مول ترو لوکس به محیط انجماد قبل از انجماد آن موجب افزایش تحرک اسپرم پس از ذوب بویژه تحرک پیش رونده شد. مطالعه دیگری نشان داد که افزودن ۲۰/۴۰ میکرومول ترو لوکس به رقیق کننده انجماد در نمونه منی الیگوزواسپرمی و نرموزواسپرمی منجر به بهبود نرخ زنده مانی و پتانسیل غشاء میتوکندری شد. در مورد بهبود یکپارچگی DNA بهترین دوز ترو لوکس به ترتیب ۲۰ و ۸۰ میلی مولار در نمونه الیگوزواسپرمی و نرموزواسپرمی بود. افزودن ۴۰ میکرومول ترو لوکس به محیط انجماد منجر به کاهش ۱۲ درصدی سلول های آپاپتوز دیررس شد (۲۶).

غشاء و بازدارنده ظرفیت اسپرم عمل می‌کند (۳۳). نشان داده شده است که افزودن L-Cys به رقیق کننده باعث افزایش تحرک و مورفولوژی اسپرم گاو (۳۴)، قوچ (۳۵) و بز (۳۶) شده و در گراز، باعث بهبود قابلیت زنده ماندن، حفظ ساختار کروماتین و یکپارچگی غشاء اسپرم پس از ذوب شدن می‌شود (۳۷).

افزودن L-سیستین به تنهایی یا در ترکیب با DHA (اسید دوکوزا هگزانویک) به زرده تخم مرغ باعث بهبود قابل توجه تحرک و یکپارچگی غشاء آکروزوم اسپرم گراز می‌شود. Çoyan و همکاران (۲۰۱۱) گزارش دادند که سیستین فعالیت میتوکندری اسپرم منجمد شده قوچ مریوس پس از ذوب را بهبود می‌دهد (۳۳). علاوه بر این، L-Cysis پس از انتقال به سلول‌ها، به تورین متابولیزه می‌شود. تورین پس از ترکیب با اسید چرب در غشای پلازما به آسیل تاورین تبدیل می‌شود که باعث بهبود خواص سورفاکتانت و تنظیم اسمزی غشای اسپرم می‌شود (۳۸).

#### ارگوتیونین

ارگوتیونین یک تیول مهم با وزن مولکولی پایین است که باعث کاهش اکسیژن، هیدروکسیل و پراکسیل رادیکال‌ها می‌شود. در برخی از بافت‌ها با غلظت میلی مولار وجود دارد و با متابولیسم آهن، مس و روی ارتباط دارد. Çoyan و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که افزودن غلظت ارگوتیونین به مایع رقیق کننده منی قوچ باعث یکپارچگی DNA اسپرم در برابر آسیب ناشی از سرما و نیز باعث بهبود حرکت اسپرم منجمد شده پس از ذوب می‌شود (۳۳).

#### ملاتونین

ملاتونین (N-استیل-۵-متوکسیتریپتین)، یکی از مشتقات تریپتوفان است که عمدتاً در طول شب در واکنش به تغییرات سطح نور توسط غده صنوبری ساخته می‌شود. ملاتونین نقشی اساسی در تنظیم چرخه بیداری-خواب شبانه‌روزی، تقویت سیستم ایمنی بدن و همچنین تنظیم تولیدمثل فصلی دارد. علاوه بر این می‌تواند فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند SOD و GSH-Px را تحریک کند. منی انسان حاوی ملاتونین است و گفته شده است که اسپرم دارای گیرنده غشای ملاتونین است. ملاتونین انواع

منی با تعداد کم اسپرم، افزایش تعداد غیرطبیعی، کاهش حرکت و آگلوتیناسیون آن همراه است (۲۷). افزودن اسکوربیک اسید به رقیق کننده باعث تحرک، یکپارچگی آکروزوم و بهبود غشاء اسپرم گاو شده و منجر به کاهش GSH-Px در مقابل افزایش GSH می‌شود (۲۸). احتمالاً به دلیل آسیب بیشتر DNA در مردان نابارور نسبت به مردان بارور، افزودن اسید اسکوربیک قبل از انجماد باعث کاهش آسیب به DNA در مردان نابارور می‌شود (۲۹).

اسید اسکوربیک در محیط بسیار اکسیداتیو به سرعت به دهیدرواسکوربیت غیرفعال اکسید می‌شود. به دلیل بی‌ثباتی آن، حفظ فعالیت‌های مهارکنندگی آن در زمان قرار گرفتن اسپرم در محیط‌های با اکسیداسیون بالا برای مدت زمان طولانی، دشوار است. اسکوربیک اسید ۲-O آلفا گلوکوزید (AA-2G)، که با مقاومت بالا در برابر تخریب حرارتی و اکسیداتیو در محلول خنثی و شرایط غیراحیاء کننده مشخص می‌شود، توسط یاماماتو و همکاران در سال ۱۹۹۰ سنتز شد. افزودن AA-2G به محیط انجمادی باعث بهبود کیفیت اسپرم منجمد شده گراز پس از ذوب از طریق محافظت از اسپرم در برابر آسیب DNA و پراکسیداسیون لیپید ناشی از استرس اکسیداتیو در طی انجماد شد (۳۰). علاوه بر این، اخیراً اثر محافظتی AA-2G بر حرکت اسپرم انسان از طریق فرآیند انجماد-ذوب گزارش شده است (۳۱). ویتامین C می‌تواند بعنوان یک پرواکسیدان عمل کند و در حضور فلزات انتقالی می‌تواند مخرب باشد. نشان داده شده است که ویتامین C به ترتیب در ۲/۵ میلی مول و ۶-۰/۲ میلی مول در اسپرم گاو و انسان اثر زیان‌باری بر تحرک اسپرم منجمد و ذوب شده گاو و نورموزواسپرمی انسان داشت. اما افزودن ۵ میلی مول از آن اثر محافظتی معنی‌داری علیه پراکسیداسیون لیپید در اسپرم‌های منجمد گاوی با کیفیت خوب، ایجاد کرد (۳۲).

#### L-سیستین

L-سیستین (L-Cys) یک اسید آمینه غیرضروری با وزن مولکولی کم و حاوی تیول است. نشان داده شده است که براحتی در غشا سلول نفوذ می‌کند تا در بیوستتاز GSH داخل سلولی شرکت کند. این ماده از طریق مهار غیرمستقیم رادیکال‌های آزاد از لیپیدها و پروتئین‌های غشایی محافظت می‌کند. همچنین بعنوان یک تثبیت کننده

مشمول بر سم‌زدایی از رادیکال‌های آزاد با فعال‌سازی گلوکوتایون پراکسیداز، آنزیم اصلی در برابر استرس اکسیداتیو است و عملکرد آن بعنوان یک کوفاکتور گلوکوتایون سنتتاز است. نشان داده شده است که در کشت سلول، سلنیوم به شکل سلنیت است که برای محافظت از سلول‌ها در برابر آسیب اکسیداتیو محیط را سم‌زدایی می‌کند (۴۱). مشخص شده است که مکمل‌های غذایی سلنیوم باعث تقویت عملکرد تولیدمثلی در موش‌ها، میش و گاو و همچنین باعث بهبود کیفیت مایع منی پس از ذوب در قوچ Barbari می‌شود (۴۲). تامین ناکافی سلنیوم باعث مشکلات تولیدمثلی شده و کیفیت اسپرم در رت، موش، خوک، گوسفند و گاو را کاهش می‌دهد. شایان ذکر است که مصرف زیاد سلنیوم کیفیت منی را کاهش می‌دهد. علاوه بر این افزودن سلنیوم قبل از انجماد به منی گاو باعث بهبود حرکت اسپرم می‌شود (۴۱). محققین نشان دادند که افزودن ۱ و ۲ میلی‌لیتر سلنیوم به رقیق‌کننده منی گاومیش باعث بهبود قابل‌توجه تحرک اسپرم، زنده‌مانی، حفظ یکپارچگی غشاء و بهبود ظرفیت کل آنتی‌اکسیدانی منی و همچنین کاهش آسیب DNA اسپرم‌ها پس از فرآیند انجماد-ذوب می‌شود. سلنیوم در سطوح بالای ۴ و ۸ میکروگرم بر میلی‌لیتر اثرات مخربی بر پارامترهای اسپرم دارد (۴۱).

مختلف اکسیژن و نیتروژن واکنش‌پذیر را بصورت *in vivo* و *in vitro* از بین می‌برد، که حاکی از خاصیت آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی قوی آن است. طبق یافته‌های برخی مطالعات، ملاتونین ویژگی‌های اسپرم را نه تنها در بز، موش، گراز، قوچ و موش بلکه در اسپرم انسان نیز بهبود می‌بخشد. بر اساس یافته‌های محققین، تاثیر ملاتونین بر تمام پارامترهای تحرک اسپرم وابسته به دوز آن می‌باشد. Martin Hidalgo و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که به‌استثنای نسبت اسپرم زنده با آکروزوم سالم، ۱ میلی‌مول ملاتونین موفق به بهبود عملکرد منی گراز ذخیره‌شده در ۱۷ درجه سانتی‌گراد در ۷ روز نشد (۳۹).

Succu و همکاران (۲۰۱۱) گزارش دادند که افزودن مکمل ملاتونین به رقیق‌کننده منی قوچ، اسپرم را از صدمات انجماد محافظت می‌کند. کارآمدترین غلظت آن برای حفظ زنده‌مانی پس از ذوب، تحرک، افزایش غلظت ATP داخل سلولی، یکپارچگی DNA و توانایی باروری ۱ میلی‌مول است (۴۰).

### سلنیوم

سلنیوم یک ماده مغذی ضروری شناخته شده در سلول‌های انسان و حیوان است. نقش مثبت آن در سیستم بیولوژیکی

جدول ۱- تاثیر مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی مختلف بر کیفیت فراسنجه‌های اسپرم در گونه‌های مختلف

منبع	نتایج	دمای نگهداری اسپرم	نوع مصرف	گونه	مکمل آنتی‌اکسیدانی
(AminiPour eat all, 2013)	بهبود تحرک و زنده‌مانی	دمای سردسازی	افزودن به رقیق‌کننده	قوچ قرزل	ویتامین E
(Askari eat all, 1994)	بهبود لقاح	دمای محیط	خوراکی	انسان	ویتامین E
(Cerolini eat all, 2000)	حفظ یکپارچگی غشا پلاسمایی	منجمد و یخ‌گشایی	افزودن به رقیق‌کننده	گاو	ویتامین E
(Cerolini eat all, 2000)	حفظ یکپارچگی غشا پلاسمایی	۱۹ درجه سانتی‌گراد	افزودن به رقیق‌کننده	گراز	ویتامین E
(Bajpai eat all, 2003)	بهبود تحرک، زنده‌مانی، فعالیت میتوکندری	بعد از یخ‌گشایی در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد	افزودن به رقیق‌کننده	گراز	ترولوکس
(Gadea eat all, 2011)	حفظ یکپارچگی DNA	طی انجماد و یخ‌گشایی	افزودن به رقیق‌کننده	انسان	گلوکوتایون
(Hu eat all, 2010)	حفظ تحرک، یکپارچگی آکروزوم و بهبود غشاء	طی انجماد و یخ‌گشایی	افزودن به رقیق‌کننده	گاو	ویتامین C
(Branco eat all, 2010)	کاهش آسیب DNA	طی انجماد و یخ‌گشایی	افزودن به مایع منی	انسان	ویتامین C
(Yoshimoto eat all, 2008)	کاهش آسیب DNA	طی انجماد و یخ‌گشایی	افزودن به رقیق‌کننده	گراز	ویتامین C
(Jenkins eat all, 2001)	کاهش پراکسیداسیون لیپید	طی انجماد و یخ‌گشایی	افزودن به رقیق‌کننده	گاو	ویتامین C
(Szcześniak eat all, 2003)	یکپارچگی غشا آکروزومی	طی انجماد و یخ‌گشایی	افزودن به رقیق‌کننده به همراه اسید دوکوزا هگزانوئیک	گراز	L-سیستین
(Bilodeau eat all, 2001., Bucak	افزایش تحرک و کاهش ناهنجاری	طی انجماد و یخ‌گشایی	افزودن به رقیق‌کننده	گاو، قوچ و بز	L-سیستین

eat all, 2008., Uysal eat all, 2007)	مورفولوژی				
(Szcześniak eat all, 2003)	زنده مانی، حفظ ساختار کروماتین و یکپارچگی غشاء اسپرم	طی انجماد و یخ‌گشایی	افزودن به رقیق کننده	گراز	L-سیستین
(Çoyan eat all, 2012)	حفظ یکپارچگی DNA	طی انجماد و یخ‌گشایی	افزودن به رقیق کننده	قوچ	ارگوئین
(Martí'nHidalgo eat all, 2011)	افزایش زنده‌مانی و افزایش اسپرم با آکروزوم سالم	نگهداری در ۱۷ درجه سانتی‌گراد	افزودن به رقیق کننده	گراز	ملاتونین
(Succu eat all, 2011)	کاهش آسیب‌های انجمادی	طی انجماد و یخ‌گشایی	افزودن به رقیق کننده	قوچ	ملاتونین
(Kumar eat all, 2011)	بهبود کیفیت مایع منی	طی انجماد و یخ‌گشایی	مکمل غذایی	قوچ	سلنیوم
(Zhang eat all, 2006)	افزایش تحرک	طی انجماد و یخ‌گشایی	افزودن به رقیق کننده	گاو	سلنیوم
(Zhang eat all, 2006)	بهبود تحرک، زنده مانی، حفظ یکپارچگی غشاء، همچنین کاهش آسیب DNA اسپرم‌ها و بهبود ظرفیت کل آنتی‌اکسیدانی منی	طی انجماد و یخ‌گشایی	افزودن به رقیق کننده	گاو میش	سلنیوم

## مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهی

### جنیستین

جنیستین یک ایزوفلاون موجود در سویا و سایر حبوبات است که فعالیت شبه-استروژنی داشته و فعالیت تیروزین کیناز را مهار می‌کند. تأثیر مستقیمی بر ظرفیت پذیری و واکنش آکروزومی اسپرم دارد. جنیستین اثر آنتی‌اکسیدانی محافظتی بر یکپارچگی DNA اسپرم دارد. افزودن جنیستین به ماده محافظ انجماد اثر محافظتی آنتی‌اکسیدانی در اسپرم منجمد شده انسان پس از ذوب شدن دارد. این باعث کاهش تولید ROS و بهبود تحرک و زنده مانی اسپرم می‌شود. همچنین آسیب ناشی از فرآیند انجماد به مولکول DNA را کاهش می‌دهد (۴۳). غلظت زیاد جنیستین باعث کاهش نسبت اسپرم‌های متحرک موش‌ها می‌شود که این اثر در اسپرم انسان نیز تأیید شده است (۲۶).

سلول می‌شوند (۴۴). بنابر این اسپرم‌ها را از ظرفیت پذیری زودرس و واکنش آکروزومی در هنگام ذخیره‌سازی حفظ می‌کنند. در اسپرم قوچ، افزودن رزوراترول یا کوئرستین (۲۰-۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر برای هر ترکیب) به ماده رقیق‌کننده تریس-زرده تخم‌مرغ-گلیسرول باعث کاهش پتانسیل غشاء میتوکندری می‌شود که برای اسپرم مفید است (۱۴). اخیراً، محققین دریافت که افزودن ۵۰ میکرومول کوئرستین باعث بهبود حرکت و زنده‌مانی اسپرم و کاهش آسیب به DNA اسپرم پس از ذوب می‌شود. کوئرستین با محافظت از اسپرم در برابر آسیب ناشی از  $H_2O_2$  بر پارامترهای اسپرم و پراکسیداسیون لیپیدها باعث کاهش سطح MDA و بهبود فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در موش صحرائی شد (۴۵).

### عصاره‌های آبی

#### *Rhodiola sacra* یا گیاه ریشه طلایی (RSAE)

عصاره آبی *Rhodiola sacra* از ریشه‌های *Rhodiolarosea* L (Crassulaceae)، تیره‌ای از گیاهان چینی است که در بسیاری از تحقیقات بعنوان آنتی‌اکسیدان استفاده شده است. RSAE دارای خاصیت مهارکنندگی قوی در برابر رادیکال آنیون سوپر اکسید است و از پراکسیداسیون لیپید جلوگیری می‌کند (خواص آنتی‌اکسیدانی RSAE بطور کلی برای بسیاری از سلول‌های سوماتیک وجود دارد). محققین نشان دادند که افزودن RSEA با و یا بدون گلیسرول به رقیق‌کننده انجماد منی گراز علاوه بر بهبود کیفیت اسپرم، تأثیر مهمی بر غلظت MAD و GSH آن دارد. به همین

### رزوراترول و یا کوئرستین

ترانس رزوراترول و کوئرستین به ترتیب پلی فنول‌های غیرفلاونوئیدی و فلاونوئیدی هستند که دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی قدرتمندی بوده و می‌توانند با مهار رادیکال‌های آزاد و کیلات کاتیون‌های دو ظرفیتی عمل کنند. این آنتی‌اکسیدان‌ها علاوه بر توانایی خود در مهار تشکیل ROS توسط سیستم‌های آنزیمی و غیرآنزیمی، با توجه به زمان قرار گرفتن در معرض و غلظت پلی فنول، برای حفظ عملکرد طبیعی سلول، باعث ترشح کلسیم در

ترتیب، غلظت مطلوب RSEA در رقیق‌کننده ۴ تا ۸ میلی-گرم بر میلی‌لیتر با گلیسرول و بدون گلیسرول متغیر بود. افزودن ۶ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر RSEA تاثیر بیشتری بر کیفیت اسپرم رقیق‌شده بدون گلیسرول افزوده شده به رقیق‌کننده حاوی گلیسرول داشت (۴۶).

### رزماری

رزماری (*Rosmarinus officinalis*) یک گیاه چند ساله از خانواده Lamiaceae با منشأ مدیترانه‌ای است. این گیاه دارای اسید کارنوزیک آندروسمنیک (carnosic androsmanic) است که نقش مهمی در عملکرد آنتی‌اکسیدانی این گیاه دارد. اخیراً اثرات افزودن رزماری به رقیق‌کننده ماده منجمد کننده منی در چندین گونه از

جمله گراز سگ و گوسفند گزارش شده است. اثرات آنتی‌اکسیدانی رزماری باعث افزایش مقاومت سلول‌های کبدی موش در برابر استرس اکسیداتیو می‌شود. محققین نشان داد که افزودن رزماری به رقیق‌کننده انجمادی باعث بهبود حرکت و جلوگیری از پراکسیداسیون اسپرم‌های اپیدیدیم گراز می‌شود و این نشان می‌دهد که بین غلظت رزماری و غلظت MDA ارتباط معنی‌داری وجود دارد. علاوه بر این افزودن رزماری باعث بهبود پارامترهای کیفی مایع منی گراز شد. دقیق‌کیا و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند افزودن ۱۰ گرم بر میلی‌لیتر عصاره رزماری به ماده رقیق‌کننده منی گاو قبل از انجماد باعث بهبود زنده‌مانی، حرکت و سرعت متوسط مسیر و همچنین کاهش پراکسیداسیون لیپید پس از ذوب شد (۴).

جدول ۲- تاثیر مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهی مختلف بر کیفیت فراسنجه‌های اسپرم در گونه‌های مختلف

منبع	نتایج	دمای نگهداری اسپرم	نوع مصرف	گونه	مکمل آنتی‌اکسیدانی گیاهی
(Thomson eat all, 2009)	بهبود تحرک، زنده‌مانی اسپرم، کاهش تولید ROS و کاهش آسیب DNA	طی انجماد و یخ‌گشایی	افزودن به همراه ماده محافظ سرمایی در رقیق‌کننده	انسان	جنیستین
(Silva eat all, 2011)	کاهش پتانسیل غشاء میتوکندری	طی انجماد و یخ‌گشایی	افزودن به رقیق‌کننده	قوچ	رزوراترول
(Daneshvar eat all, 2013)	کاهش میزان پراکسیداسیون لیپید و مالون‌دی‌آلدهید و بهبود فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی	طی انجماد و یخ‌گشایی	افزودن به رقیق‌کننده	موش	کوئرستین
(Zhao eat all, 2009)	بهبود کیفیت اسپرم و کاهش MDA و GSH	طی انجماد و یخ‌گشایی	افزودن به رقیق‌کننده	گراز	عصاره‌های آبی
(dahhigh kia eat all, 2014)	بهبود تحرک و جلوگیری از پراکسیداسیون لیپید	طی انجماد و یخ‌گشایی	افزودن به رقیق‌کننده	گراز	رزماری
(dahhigh kia eat all, 2014)	حفظ تحرک، زنده‌مانی و کاهش پراکسیداسیون لیپید	طی انجماد و یخ‌گشایی	افزودن به رقیق‌کننده	گاو	رزماری

### نتیجه‌گیری

افزودن مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی به رقیق‌کننده انجماد، اثر محافظتی بر کیفیت اسپرم گاو، قوچ، بز، گراز، سگ و انسان ایجاد کرده و اثر مخرب ROS را به حداقل رسانده و کیفیت اسپرم منجمدشده پس از ذوب را بهبود بخشیده است. البته، مطالعات نشان داده است که اثرات متفاوت مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی در بهبود پارامترهای مختلف کیفی اسپرم منجمدشده پس از انجماد، به گونه جانور،

### منابع

- Brotherton, J., *Cryopreservation of human semen*. Archives of andrology, 1990. 25(2): p. 181-195.
- O'connell, M., N. McClure, and S. Lewis, *The effects of cryopreservation on sperm morphology, motility and mitochondrial function*. Human reproduction, 2002, 17(3), p. 704-709.
- Hatamoto, L.K., et al., *Effects of dexamethasone treatment (to mimic stress) and Vitamin E oral supplementation on the spermogram and on seminal*

- plasma spontaneous lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities in dogs*. Theriogenology, 2006. **66**(6-7): p. 1610-1614.
- 4- Daghigh-Kia, H., et al., *Effect of rosemary (Rosmarinus officinalis) extracts and glutathione antioxidants on bull semen quality after cryopreservation*. Spanish journal of agricultural research, 2014, **9**(1): p. 105-108
  - 5- Colás, C., et al., *Ultrastructural study of the ability of seminal plasma proteins to protect ram spermatozoa against cold shock*. Microscopy Research and Technique, 2009. **72**(8): p. 566-572.
  - 6- Alvarez, J.G. and B.T. Storey, *Role of glutathione peroxidase in protecting mammalian spermatozoa from loss of motility caused by spontaneous lipid peroxidation*. Gamete research, 1989. **23**(1): p. 77-90.
  - 7- Agarwal, A., et al., *Reactive oxygen species as an independent marker of male factor infertility*. Fertility and sterility, 2006. **86**(4): p. 878-885.
  - 8- Taylor, K., et al., *Effect of antioxidant supplementation of cryopreservation medium on post-thaw integrity of human spermatozoa*. Reproductive Biomedicine Online, 2009. **18**(2): p. 184-189.
  - 9- Sharma, R.K. and A. Agarwal, *Role of reactive oxygen species in male infertility*. Urology, 1996. **48**(6): p. 835-850.
  - 10- Aitken, R.J., *Free radicals, lipid peroxidation and sperm function*. Reproduction, Fertility and Development, 1995. **7**(4): p. 659-668.
  - 11- Gadea, J., et al., *Reduced glutathione content in human sperm is decreased after cryopreservation: effect of the addition of reduced glutathione to the freezing and thawing extenders*. Cryobiology, 2011. **62**(1): p. 40-46.
  - 12- Wang, A.W., et al., *Reactive oxygen species generation by seminal cells during cryopreservation*. Urology, 1997. **49**(6): p. 921-925.
  - 13- Bollwein, H., I. Fuchs, and C. Koess, *Interrelationship between plasma membrane integrity, mitochondrial membrane potential and DNA fragmentation in cryopreserved bovine spermatozoa*. Reproduction in Domestic Animals, 2008. **43**(2): p. 189-195.
  - 14- Silva, S., et al., *In vitro and in vivo evaluation of ram sperm frozen in tris egg yolk and supplemented with superoxide dismutase and reduced glutathione*. Reproduction in domestic animals, 2011. **46**(5): p. 874-881.
  - 15- Chakrabarty, J., et al., *Shedding off specific lipid constituents from sperm cell membrane during cryopreservation*. Cryobiology, 2007. **54**(1): p. 27-35.
  - 16- Blesbois, E. and J. Caffin, *'Serum like' albumin of fowl seminal plasma and effects of albumin on fowl spermatozoa stored at 4° C*. British poultry science, 1992. **33**(3): p. 663-670.
  - 17- Amidi, F., A. Farshad, and A.K. Khor, *Effects of cholesterol-loaded cyclodextrin during freezing step of cryopreservation with TCGY extender containing bovine serum albumin on quality of goat spermatozoa*. Cryobiology, 2010. **61**(1): p. 94-99.
  - 18- Kirilova, I., et al., *The role of antioxidants and biologically active substances on the motility and speed parameters of buffalo bull spermatozoa after cryopreservation*. Bulgarian Journal of Agricultural Sciences, 2015.
  - 19- Jeong, Y.-J., et al., *Effect of  $\alpha$ -tocopherol supplementation during boar semen cryopreservation on sperm characteristics and expression of apoptosis related genes*. Cryobiology, 2009. **58**(2): p. 181-189.
  - 20- AminiPour, H., A.M. Tahmasbi, and A.A. Naserian, *The influence of vitamin E on semen characteristics of ghezel rams in during*. European Journal of Zoological Research, 2013. **2**.
  - 21- Cerolini, S., et al., *Viability susceptibility to peroxidation and fatty acid composition of boar semen during liquid storage*. Animal Reproduction Science, 2000. **58**(1-2): p. 99-111.
  - 22- Askari, H., et al., *Effect of natural antioxidants tocopherol and ascorbic acids in maintenance of sperm activity during freeze-thaw process*. Archives of andrology, 1994. **33**(1): p. 11-15.
  - 23- Minaei, M.B., et al., *Effect of Trolox addition to cryopreservation media on human sperm motility*. Iranian journal of reproductive medicine, 2012. **10**(2): p. 99.
  - 24- Anel-López, L., et al., *Reduced glutathione and Trolox (vitamin E) as extender supplements in cryopreservation of red deer epididymal spermatozoa*. Animal reproduction science, 2012. **135**(1-4): p. 37-46.
  - 25- Fernández Santos, M.R., et al., *Sperm characteristics and DNA integrity of Iberian red deer (Cervus elaphus hispanicus) epididymal spermatozoa frozen in the presence of enzymatic and nonenzymatic antioxidants*. Journal of andrology, 2007. **28**(2): p. 294-305.
  - 26- Bajpai, M. and G. Doncel, *Involvement of tyrosine kinase and cAMP-dependent kinase cross-talk in the regulation of human sperm motility*. Reproduction, 2003. **126**(2): p. 183-195.
  - 27- Sierens, J., et al., *In vitro isoflavone supplementation reduces hydrogen peroxide induced DNA damage in sperm*. Teratogenesis, carcinogenesis, and mutagenesis, 2002. **22**(3): p. 227-234.
  - 28- Hu, J.-H., et al., *The cryoprotective effects of ascorbic acid supplementation on bovine semen quality*. Animal reproduction science, 2010. **121**(1-2): p. 72-77.
  - 29- Branco, C.S., et al., *Resveratrol and ascorbic acid prevent DNA damage induced by cryopreservation in human semen*. Cryobiology, 2010. **60**(2): p. 235-237.
  - 30- Yoshimoto, T., et al., *Improvement of the post-thaw qualities of Okinawan native pig spermatozoa frozen in an extender supplemented with ascorbic acid 2-O- $\alpha$ -glucoside*. Cryobiology, 2008. **57**(1): p. 30-36.
  - 31- Jenkins, T.G., K.I. Aston, and D.T. Carrell, *Supplementation of cryomedium with ascorbic acid-2-glucoside (AA2G) improves human sperm post-thaw motility*. Fertility and sterility, 2011. **95**(6): p. 2001-2004.
  - 32- Beconi, M., et al., *Effect of natural antioxidants on frozen bovine semen preservation*. Theriogenology, 1993. **40**(4): p. 841-851.
  - 33- Çoyan, K., et al., *Effects of cysteine and ergothioneine on post-thawed Merino ram sperm and biochemical parameters*. Cryobiology, 2011. **63**(1): p. 1-6.



- 34- Bilodeau, J.-F., et al., *Thiols prevent H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-mediated loss of sperm motility in cryopreserved bull semen*. Theriogenology, 2001. **56**(2): p. 275-286.
- 35- Bucak, M.N. and O. Uysal, *The role of antioxidants in freezing of Saanen goat semen*. Indian veterinary journal, 2008. **85**(2): p. 148-150.
- 36- Uysal, O. and M. Bucak, *Effects of oxidized glutathione, bovine serum albumin, cysteine and lycopene on the quality of frozen-thawed ram semen*. Acta Veterinaria Brno, 2007. **76**(3): p. 383-390.
- 37- Szczeniak-Fabiańczyk, B., et al., *Effect of antioxidants added to boar semen extender on the semen survival time and sperm chromatin structure*. Reprod Biol, 2003. **3**: p. 81-7.
- 38- Esteves, S.C., et al., *Evaluation of acrosomal status and sperm viability in fresh and cryopreserved specimens by the use of fluorescent peanut agglutinin lectin in conjunction with hypo-osmotic swelling test*. International braz j urol, 2007. **33**(3): p. 364-376.
- 39- Martín-Hidalgo, D., et al., *The effect of melatonin on the quality of extended boar semen after long-term storage at 17 C*. Theriogenology, 2011. **75**(8): p. 1550-1560.
- 40- Succu, S., et al., *Melatonin protects ram spermatozoa from cryopreservation injuries in a dose-dependent manner*. Journal of pineal research, 2011. **50**(3): p. 310-318.
- 41- Zhang, J., D. Robinson, and P. Salmon, *A novel function for selenium in biological system: selenite as a highly effective iron carrier for Chinese hamster ovary cell growth and monoclonal antibody production*. Biotechnology and bioengineering, 2006. **95**(6): p. 1188-1197.
- 42- Kumar, T., et al., *Influence of oral supplementation of Zinc and Selenium on post thaw semen quality of Barbari bucks*. Journal of Animal Research, 2011. **1**(1), p: 41-46.
- 43- Thomson, L.K., et al., *Cryopreservation-induced human sperm DNA damage is predominantly mediated by oxidative stress rather than apoptosis*. Human Reproduction, 2009. **24**(9): p. 2061-2070.
- 44- Liu, Z., et al., *Resveratrol reduces intracellular free calcium concentration in rat ventricular myocytes*. ACTA PHYSIOLOGICA SINICA-CHINESE EDITION-, 2005. **57**(5): p. 599.
- 45- Daneshvar, P., et al., *Effect of eight weeks of quercetin supplementation on exercise performance, muscle damage and body muscle in male badminton players*. International journal of preventive medicine, 2013. **4**(Suppl 1): p. S53.
- 46- Zhao, H.-w., et al., *Rhodiola sacra aqueous extract (RSAE) improves biochemical and sperm characteristics in cryopreserved boar semen*. Theriogenology. 2009. **71**(5): p. 849-857.

## مروری بر ویژگی‌های ساختاری و عملکردی سلول‌های سرتولی

امیررضا نیازی تبار<sup>۱</sup>، حسین عزیزی<sup>۱\*</sup>، مریم نظم بجنوردی<sup>۲</sup> و هانف قاسمی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> آمل، دانشگاه تخصصی فناوریهای نوین آمل، دانشکده زیست فناوری

<sup>۲</sup> ساری، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دانشکده پزشکی، مرکز تحقیقات ایمونوزنتیک، گروه آناتومی و بیولوژی سلولی

### چکیده

بیضه اندام تولید مثلی جنس مذکر در پستانداران است که با دارا بودن ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی ویژه توان تولیدمثلی مذکر را تعیین می‌کند؛ هر بیضه در پستانداران از لوله‌های پیچیده تشکیل شده که از نظر مورفولوژیک و فیزیولوژیک به بخش‌های عملکردی متفاوت تقسیم می‌شود که هر کدام از این بخش‌ها شامل سلول‌های تخصص یافته‌ای هستند که از لحاظ پژوهشی مورد توجه اند. در این مقاله سلول‌هایی سومایی ویژه بیضه به نام سلول‌های سرتولی مورد بحث قرار گرفته است. این سلول‌ها بخشی از لوله‌های اسپرم‌سازند که از بخش پایه (بازال) تا لومن آن کشیده شده است و مانند چادری سراسر لوله‌های اسپرم ساز را می‌پوشانند که این فرم مورفولوژیک قطعاً با نقش‌های عملکردی و فیزیولوژیک آن‌ها مرتبط است؛ نکته جالب و مورد توجه که به عنوان پایه و اساس بسیاری از تحقیقات انجام شده روی این سلول‌هاست، عدم تقسیم پذیری سلول‌های سرتولی در کنام (niche) خود است اما می‌توان پس از استخراج آن‌ها، به روش‌های متفاوتی مانند پلیت کردن با لکتین (به دلیل تمایل اتصال آن‌ها به لکتین بعد از هضم آنزیمی بافت بیضه) در محیط کشت‌های ویژه و شرایط آزمایشگاهی، آن‌ها را وادار به تقسیم کرد که این با توجه به نقش‌های اساسی در حمایت فیزیکی و شیمیایی از سلول‌های جنسی، طی مراحل اسپرم زایی، می‌تواند آینده‌ای روشن را در حل مشکلات ناباروری رقم بزند.

واژه‌های کلیدی: سلول‌های سرتولی، بیضه، اسپرم زایی، ناباروری

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۲۲۰۶۷۴۱، پست الکترونیکی: h.azizi@ausmt.ac.ir