

بررسی اثر محافظتی (آنتی اکسیدانی) سیلیمارین بر میزان مرگ سلولی و تولید پراکسیداسیون چربی ناشی از گلوکز بالا در کشت سلول های عصبی PC12

یاسین اسدی^۱، ناهید ابوطالب^۲، علی محمد شریفی^{۳*}

چکیده

مقدمه: نوروپاتی، یکی از عمده ترین عوارض در افراد دیابتی بوده که علت احتمالی آن مواجهه طولانی مدت سلول ها با میزان بالای گلوکز خون می باشد. این مواجهه موجب افزایش استرس اکسیداتیو و از جمله یکی از مهمترین عواقب آن یعنی پراکسیداسیون مواد به ویژه چربی ها گردیده و با مرگ سلولی همراه است. سیلیمارین از خانواده فلاونوئیدها بوده که به جهت خاصیت آنتی اکسیدانی، نقش مهمی در بهبود بسیاری از بیماری های مزمن ایفا می کند. هدف این پژوهش، بررسی اثر محافظتی (آنتی اکسیدانی) سیلیمارین بر میزان مرگ سلولی و تولید پراکسیداسیون چربی ها ناشی از گلوکز بالا در سلول های عصبی PC12 به عنوان یک مدل نوروپاتی دیابتی است.

روش ها: از سلول های PC12 به عنوان مدلی شناخته شده از سلول های عصبی استفاده شده و در ۶ گروه مورد بررسی قرار گرفتند و پس از زمان های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت، میزان حیات سلولی از طریق روش MTT (Methyl-thiazol-tetrazolium) و تولید پراکسیداسیون لیپیدی به روش سنجش MDA (Malon di aldehyde) بررسی شد. یافته ها: نتایج نشان داد که میزان حیات سلولی در گروه دوز بالای گلوکز، نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری داشته و سیلیمارین با دوز ۱۰۰ $\mu\text{M/ml}$ به طور معناداری منجر به کاهش میزان مرگ سلولی گردید. همچنین سیلیمارین با دوز ۱۰۰ $\mu\text{M/ml}$ منجر به کاهش معنی دار رهائش میزان MDA در حضور گلوکز گردید. نتیجه گیری: بر اساس یافته های موجود، گلوکز با غلظت ۲۰ mg/ml موجب مرگ سلول های PC12 گردیده که سیلیمارین احتمالاً از طریق کاهش پراکسیداسیون لیپیدی موجب کاهش مرگ ناشی از گلوکز بالا در سلول های عصبی می گردد.

واژگان کلیدی: سلول های عصبی PC12، سیلیمارین، رادیکال های آزاد اکسیژن، دوز بالای گلوکز، پراکسیداسیون لیپیدی

۱- کارشناس ارشد فیزیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی ایران

۲- مرکز تحقیقات فیزیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی ایران

۳- گروه فارماکولوژی، مرکز تحقیقات علوم دارویی رازی، دپارتمان فارماکولوژی و مرکز تحقیقات سلولی مولکولی دانشگاه علوم پزشکی ایران

* نشانی: دپارتمان فارماکولوژی، مرکز تحقیقات علوم دارویی رازی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، پست الکترونیک: sharam@iums.ac.ir

مقدمه

می‌رسد با کاهش میزان ROS، بتوانند از مرگ نورونی پیشگیری نمایند [۱۲]. فلاونوئیدها، از جمله مواد آنتی‌اکسیدانی می‌باشند که باعث کاهش آزادسازی ROS می‌گردند [۱۲]. فلاونوئیدها ترکیبات متعددی را شامل می‌گردند که این ترکیبات اثرات زیستی متنوعی در بدن دارا می‌باشند. سیلیمارین، فلاونوئیدی است که اثرات متعددی از جمله اثر ضد سرطانی و خواص آنتی‌اکسیدانی را موجب می‌شود [۱۳]. سیلیمارین از میوه رسیده و خشک گیاه *Silybum marianum* بدست می‌آید [۱۴]. سیلیمارین عصاره‌ای است که از چندین ایزومر تشکیل شده که مهمترین ماده موجود در این عصاره، سیلی‌بینین است و حدود ۸۰ درصد از این عصاره را شامل می‌شود [۱۵]. با توجه به موارد ذکر شده فوق، مطالعه حاضر در نظر دارد اثر محافظتی (آنتی‌اکسیدانی) سیلیمارین را بر میزان مرگ ناشی از رهایش رادیکال‌های آزاد در اثر میزان بالای گلوکز در سلول‌های عصبی PC12 به عنوان یک مدل نوروپاتی دیابتی، مورد بررسی قرار دهد.

روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع مداخله‌ای بوده و به صورت مقطعی انجام گردیده است. تعداد نمونه‌های مورد آزمایش ۸ عدد بود و کلیه آزمایش‌ها برای تمامی گروه‌ها، ۲ بار تکرار گردید. گروه‌های مورد مطالعه در این تحقیق عبارتند بودند از: ۱- گروه کنترل (CO)، ۲- گروه با گلوکز بالا (HG)، ۳- گروه با گلوکز بالا به علاوه سیلیمارین با دوز $20 \mu\text{M/ml}$ (HGS201)، ۴- گروه با گلوکز بالا به علاوه سیلیمارین با دوز $60 \mu\text{M/ml}$ (HGS60)، ۵- گروه با گلوکز بالا به علاوه سیلیمارین با دوز $100 \mu\text{M/ml}$ (HGS100) و ۶- گروه با گلوکز بالا به علاوه سیلیمارین با دوز $200 \mu\text{M/ml}$ (HGS200). سلول‌های PC12 از انستیتو پاستور ایران خریداری شد. این سلول‌ها در محیط کشت DMEM با ۵٪ سرم جنین گاوی (FBS)، ۵٪ سرم اسبی (HS) و ۱٪ آنتی‌بیوتیک (پنی‌سیلین + استرپتومایسین) که تماماً از شرکت سیگما خریداری شدند، تحت شرایط کشت (دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد، $95\% \text{ O}_2$ و $5\% \text{ CO}_2$) نگهداری شدند [۱۵].

دیابت، از جمله بیماری‌های مزمن و شایع در جهان است که به میزان متفاوتی تمام نژادهای انسانی را گرفتار می‌نماید [۱]. شیوع جهانی دیابت در سال ۲۰۰۰ طبق آمار سازمان جهانی بهداشت^۱، ۱۷ میلیون نفر بوده است. این رقم تنها در آمریکا در سال ۲۰۰۲، ۹/۳ درصد (۱۹/۳ میلیون نفر) برآورد شد که در افراد بالای ۶۵ سال این میزان به ۲۱/۶٪ افزایش یافت. بیماری دیابت در زمره شایع‌ترین بیماری‌های غدد درون‌ریز بشمار می‌آید [۲]. این بیماری، با اختلال در متابولیسم چربی‌ها، پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها می‌باشد [۳]. هیپرگلیسمی، اصلی‌ترین مشخصه بیماران دیابتی است و از مهمترین عوامل شروع نوروپاتی محسوب می‌گردد [۴]؛ بنابراین مصرف انسولین و داروهای حساس‌کننده بافت‌ها نسبت به انسولین، با کاهش هیپرگلیسمی می‌تواند از نوروپاتی دیابتی پیشگیری نماید [۵،۶]. در حال حاضر کنترل قند خون بالا در بیماران دیابتی نوع ۱ و ۲، با روش‌های معمول بطور کامل امکان‌پذیر نمی‌باشد؛ لذا احتمال بروز و ایجاد نوروپاتی در این بیماران وجود دارد. قابل ذکر است که بسیاری از سازوکارهای نوروپاتی پس از شروع، وارد مرحله‌ای می‌گردند که در اکثر موارد برگشت‌ناپذیر می‌باشند. کاهش جریان خون اعصاب از سازوکارهایی است که به صورت غیر مستقیم از طریق ایسکمی به ایجاد نوروپاتی کمک می‌نماید [۷]. همچنین در بیماری دیابت، اختلالات متابولیک نیز منجر به استرس اکسیداتیو و اختلال در عملکرد میتوکندری گردیده که از علل مهم ضایعات ایجاد شده در نوروپاتی دیابتی می‌باشد [۸،۹]. با اندازه‌گیری غیر مستقیم استرس اکسیداتیو در نوروئین‌های حسی نمونه‌های دیابتی، این موضوع نشان داده شده است [۱۰،۱۱]. در استرس اکسیداتیو، آزادسازی ROS که شامل پراکسید هیدروژن (H_2O_2)، یون سوپراکسید (O_2^-) و نیتریک اکسید (NO^-) می‌باشند، موجب تغییرات در اجزای سلول و از جمله پراکسیداسیون لیپیدی و متعاقباً مرگ سلولی می‌گردد. آنتی‌اکسیدان‌ها از جمله موادی هستند، که بنظر

1- World Health Organization

2- Reactive Oxygen Patios'

3- Dulbeccos Modified Eagles Medium

نحوه اندازه‌گیری میزان پراکسیداسیون لیپیدی به

روش MDA

یکی از موادی که در اثر پراکسیداسیون اسیدهای چرب در سلول‌ها تولید می‌شود، مالون دی آلدئید (MDA) است. این ماده وقتی که در معرض تیوباربتوریک اسید (TBA) قرار می‌گیرد، تشکیل پیوند می‌دهد. کمپلکس این دو ماده در نمونه‌ها قابل تشخیص است و به شکل (TBA-MDA) تشکیل می‌گردد [۱۷].

تمامی معرف‌هایی که قرار بود استفاده شود، یک ساعت قبل از انجام پروتکل آماده شد تا تازه باشند و به خوبی مخلوط شد. نمونه‌هایی که MDA در آنها مورد سنجش قرار گرفت، سلول‌هایی بودند که در پلیت‌های ۲۴ خانه‌ای کشت داده شدند. محلول دودسیل سولفات به نمونه‌های سلولی اضافه گردید؛ پس از هم زدن، وارد لوله‌های میکروسانتریفیوز شده و ۵ دقیقه در دمای اتاق قرار داده شد. به هر میکروتیوب ۲۵۰ میکرو لیتر از معرف TBA (خریداری از شرکت فراز گستر) اضافه شد و پس از این مرحله، ۱۰۰ میکرو لیتر از محلول استیک اسید ۲۰٪ (شرکت کیا آزما) به هر میکروتیوب اضافه شد. درب میکروتیوب‌ها بسته و در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ تا ۶۰ دقیقه انکوبه گردید؛ تیوب‌ها برداشته شد و با استفاده از ظرف یخ به دمای اتاق رسید، نمونه‌ها در دستگاه سانتریفیوژ با دور ۳۰۰۰ rpm و به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شد. مایع رویی یا سوپرناتانت از میکروتیوب‌ها جمع‌آوری شده در داخل کوبت اسپکتروفوتومتر ریخته و میزان جذب در طول موج نوری ۵۳۲ نانومتر سنجیده شد [۱۷].

آنالیز آماری

تمامی اطلاعات بدست آمده به صورت $\text{mean} \pm \text{SEM}$ گزارش شده‌اند. برای مقایسه یک به یک متغیرها با هم، از آزمون آماری Student t-test استفاده شد. اطلاعات مربوط به متغیرهای متعدد توسط روش آماری one way ANOVA و با استفاده از برنامه JMP70 تجزیه و تحلیل گردید. $P < 0/05$ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

سلول‌های مورد نظر، ۲۴ ساعت پس از انتقال به درون فلاسک حاوی محیط کشت به کف فلاسک چسبیده و به تدریج حالت رشته‌ای به خود می‌گیرند. این در حالی است که سلول‌های مرده کروی شده و در سطح محیط کشت شناور می‌گردند [۱۵]. محیط کشت حاوی سلول‌های مرده حذف گردیدند و سلول‌های چسبیده به کف فلاسک با استفاده از تریپسین (TE) پاساژ داده شدند. سلول‌ها پس از شمارش به تعداد ۵۰۰۰ سلول در هر چاهک به پلیت ۲۴ خانه‌ای منتقل شدند. این سلول‌ها پس از ۲۴ ساعت رشد در معرض مواد قرار گرفتند. سیلیمارین (خریداری شده از شرکت سیگما) حل شده در الکل به محیط کشت حاوی سلول‌ها اضافه گردید. یک ساعت پس از افزودن سیلیمارین گلوکز با غلظت ۲۰ mg/dl جهت ایجاد مرگ به محیط کشت اضافه گردید و در زمان‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد، سلول‌ها از نظر توان حیاتی و میزان تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن مورد بررسی قرار گرفتند.

نحوه اندازه‌گیری توان حیاتی سلول‌ها به روش

MTT

MTT، روشی برای تعیین سلول‌های زنده در بسیاری از نمونه‌های بیولوژیک می‌باشد. در این روش، معرف MTT یا تترازولیوم که ماده‌ای زرد رنگ است به نمونه‌ها افزوده می‌شود، تترازولیوم توسط آنزیم میتوکندریایی سوکسینیت دهیدروژناز شکسته شده و فورمازون نامحلول ایجاد می‌کند، میزان فورمازون به روش اسپکتروفوتومتری اندازه‌گیری می‌شود [۱۶]. در اجرای این روش، به ترتیب زیر عمل شده است:

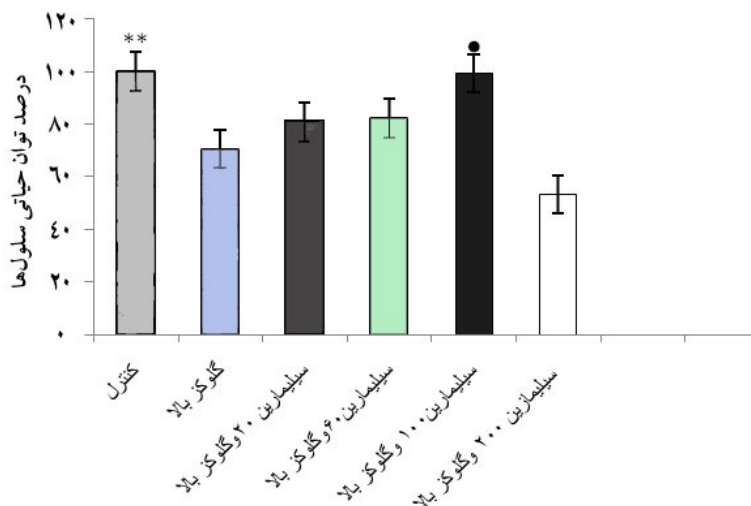
۱۰ میکرو لیتر از محلول MTT (۵ درصد) را به پلیت ۹۶ چاهی اضافه شد و به مدت دو ساعت در دمای ۳۷ درجه انکوبه گردید. در گام بعدی سلول‌ها و کریستال‌های رنگی با اضافه کردن ۱۰۰ میکرو لیتر از DMSO^۱ بصورت محلول درآمدند و میزان جذب نوری آنها در طول موج ۵۷۰ نانومتر (رفرانس ۶۲۰ نانومتر) در دستگاه Elisa Reader خوانده شد. میزان جذب ارتباط مستقیم با حیات سلولی دارد [۱۷].

یافته‌ها

بررسی توان حیاتی سلول‌ها

پس از سنجش توان حیاتی سلول‌ها با روش MTT، مشاهده شد که گلوکز بالا به طور معنی‌داری پس از ۴۸ ساعت باعث القای مرگ سلولی شده و میزان جذب نوری که توسط سلول‌های زنده صورت می‌گیرد را کاهش داده است. سیلیمارین با دوزهای ۲۰ $\mu\text{M/ml}$ و ۱۰۰ $\mu\text{M/ml}$

۶۰، میزان سلول‌های زنده را نسبت به گروه با گلوکز بالا افزایش داد اما این اثر معنادار نبود. در حالی که سیلیمارین با دوز ۱۰۰ $\mu\text{M/ml}$ توانست اثرات کشندگی گلوکز بالا را به طور معناداری کنترل کند. اما همان طور که در نمودار شماره ۱ مشاهده می‌شود، سیلیمارین با دوز ۲۰۰ $\mu\text{M/ml}$ خود ایجاد مرگ سلولی کرد.



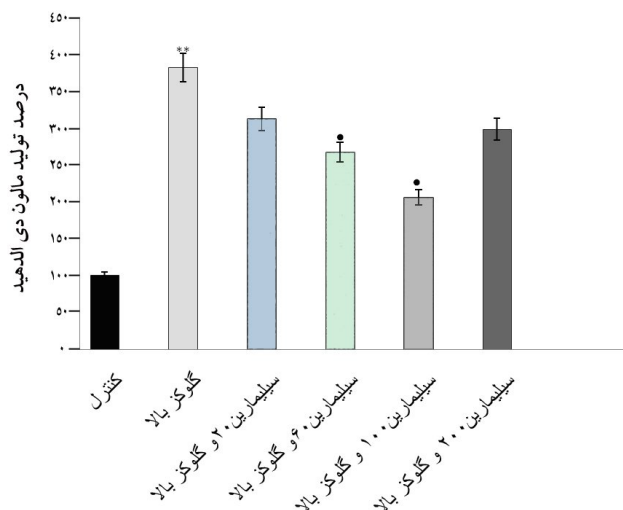
نمودار ۱- مقایسه توان حیاتی سلول‌ها در گروه‌های مختلف ۴۸ ساعت پس از درمان با سیلیمارین

نتایج حاصل از مقایسه توان حیاتی سلول‌ها در گروه‌های مختلف، ۴۸ ساعت پس از درمان با تجویز دوزهای متفاوت داروی سیلیمارین بر حسب $\mu\text{M/ml}$ ، گلوکز بالا (۲۰ $\mu\text{M/ml}$) و آنالیز یافته‌ها با استفاده از آزمون آماری T-Student. $n=8$ و $n=5000$ سلول در هر چاهک انجام شده است. تفاوت معنی‌دار بین گروه کنترل در مقایسه با گروه گلوکز بالا (HG) $P < 0.001$ ** و گروه گلوکز بالا (HG) در مقایسه با گروه سیلیمارین ۲۰۰ $\mu\text{M/ml}$ +۱۰۰ گلوکز بالا $P < 0.005$ • مشاهده شد.

بررسی میزان تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن

با اندازه‌گیری MDA، مشاهده گردید که سیلیمارین با غلظت ۱۰۰ $\mu\text{M/ml}$ و در زمان ۴۸ ساعت پس از درمان،

به طور معنی‌داری منجر به کاهش رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌گردد که در نمودار شماره ۲ نشان داده شده است.



نمودار ۲- مقایسه میزان آزادسازی MDA در گروه‌های مختلف در زمان ۴۸ ساعت پس از درمان با سیلیمارین

نتایج حاصل از مقایسه میزان آزادسازی MDA از سلول‌ها در گروه‌های مختلف، ۴۸ ساعت پس از درمان با تجویز دوزهای متفاوت داروی سیلیمارین بر حسب $\mu\text{M/ML}$ گلوکز بالا ($20 \mu\text{M/ML}$) و آنالیز یافته‌ها با استفاده از آزمون آماری T-Student، $n=8$ و $n=5000$ سلول در هر چاهک) انجام شده است. تفاوت معنی‌دار بین گروه کنترل در مقایسه با گروه گلوکز بالا (HG) $P < 0.001$ **، گروه سیلیمارین ۱۰۰ + گلوکز (SIL100HG) در مقایسه با گروه گلوکز بالا (HG) $P < 0.005$ • و گروه سیلیمارین ۶۰ + گلوکز (SIL60HG) در مقایسه با گروه گلوکز بالا (HG) $P < 0.005$ • مشاهده می‌گردد.

بحث

بر مرگ سلولی و رهایش رادیکال‌های آزاد بر اثر گلوکز بالا بر روی سلول PC12 به عنوان مدلی از نورون محیطی مورد بررسی قرار گرفت.

در این مطالعه بطور معنی‌داری سیلیمارین موجب کاهش مرگ سلول‌های PC12 در اثر میزان بالای گلوکز گردید و از طرف دیگر از پراکسیداسیون سلولی حاصل گلوکز بالا نیز بطور معنی‌داری جلوگیری نمود.

شواهد متعددی مبنی بر تاثیر مطلوب مواد آنتی‌اکسیدان در کنترل نوروپاتی دیابتی موجود است. در مطالعاتی که بر روی موش صحرایی دیابتی صورت گرفت، مشاهده شد که میزان مالون دی‌آلدهید (MDA) در نورون‌ها افزایش و فعالیت آنزیم SOD (سوپراکسید دیسموتاز) کاهش یافت [۱۹]. عوامل آنتی‌اکسیدانی از جمله ویتامین C، U83836E و آلفا لیپویک اسید در کنترل نوروپاتی موثر بوده‌اند [۲۰]. همچنین ملاتونین نیز به طور موثر بیان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را افزایش می‌دهد [۲۱].

وقوع دیابت و عوارض متعاقب آن بطور چشمگیری در حال افزایش است. کاهش کیفیت زندگی و افزایش مرگ و میر، از مشکلات جدی مبتلایان به دیابت می‌باشد. این مشکلات در دراز مدت و ناشی از عواقب مزمن بیماری ایجاد می‌گردند. نوروپاتی دیابتی که یکی از عواقب مزمن بیماری دیابت می‌باشد، می‌تواند منجر به نارسایی‌های متعدد در اعصاب محیطی حسی و حرکتی و همچنین در اعصاب خودکار گردد. وقتی نورون‌های محیطی در معرض غلظت‌های بالای گلوکز قرار می‌گیرند، تغییرات از درون سلول آغاز می‌شود که در ادامه و نهایتاً به کمک عوامل عروقی و تغییرات بین بافتی منجر به تخریب سلول‌های عصبی می‌گردند. از جمله تغییراتی که در اثر مواجهه با گلوکز بالا ایجاد می‌شود، تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن، نیتروژن و پراکسیداسیون اسیدهای چرب در سلول می‌باشد که منجر به تحت تاثیر قرار دادن میزان حیات سلولی می‌گردند [۱۸]. در این مطالعه اثرات محافظتی سیلیمارین

مطالعات بسیاری پیرامون اثرات سیلیمارین در محیط کشت و بر انواع سلول‌ها صورت گرفته است که با نتایج مشابه بدست آمده از این مطالعات، بر اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضد سرطانی این عصاره گیاهی دلالت دارد [۲۲]. در مطالعه‌ای که اخیراً انجام شده، آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند سیلیمارین و کوارستین با ثبات بخشیدن به گانگلیوزیدهای غشایی، باعث تداوم غشاهای زیستی و افزایش توان حیاتی سلول‌ها شده‌اند. از طرفی عوامل کارسینوژن مانند آرسنیک، باعث ایجاد بدخیمی در سلول‌های پوست و القای استرس اکسیداتیو شده، که سلیمارین تا حدودی با هر دو پدیده مقابله می‌کند [۲۳]. سیلیمارین همچنین در سلولهای عصبی PC12، باعث افزایش فاکتور رشد عصبی (NGF) شده و افزایش حیات سلولی در محیط کشت گردیده است. سیلیمارین در سلول‌های کشت شده هیپوکامپ موش صحرایی باعث کاهش آپوپتوز ناشی از مواد می‌شود [۲۴]. همچنین سیلیمارین در محیط کشت باعث تمایز این سلول‌ها می‌گردد. از طرفی مشاهده شده است که سیلیمارین با مهار گیرنده‌های تیروزین کیناز که بوسیله فاکتور رشد فعال می‌شوند، از رشد و تمایز بی رویه سلولی و بعبارت دیگر از سرطانی شدن آنها پیشگیری می‌نماید [۲۴]. با توجه به موارد ذکر شده، اثر سیلیمارین بر سازوکارهای داخل سلولی و همچنین اثر مهارکنندگی و یا محرک رشد آن وابسته به دوز و مدت زمان تماس سلول‌ها در معرض دارو می‌باشد.

نتایج حاصل از پژوهشی که انجام شد، نشان می‌دهد که اثرات توکسیک گلوکز با غلظت 20 mg/dl بر سلول‌ها در کمتر از ۲۴ ساعت شروع می‌شود و میزان حیات سلولی را کاهش می‌دهد. با گذشت زمان، اثرات توکسیک گلوکز بر سلول‌ها بیشتر می‌شود تا اینکه پس از ۴۸ ساعت میزان سمیت ناشی از گلوکز به بیش از دو برابر می‌رسد؛ اما بین زمان‌های ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از افزودن گلوکز، تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. این یافته نشان می‌دهد که زمان مطلوب برای ایجاد اثرات توکسیک، همان زمان ۴۸ ساعت پس از افزودن گلوکز است. از طرفی وقتی در کنترل این اثرات توکسیک با سیلیمارین، دارو به صورت وابسته به دوز عمل می‌نماید؛ در زمان ۲۴ ساعت، با

افزایش دوز سیلیمارین از توان حیاتی سلول‌ها کاسته می‌شود که ممکن است به علت اثرات آنتی کارسینوژنیک سیلیمارین با دوزهای پایین باشد. اما با گذشت زمان، مشاهده می‌گردد که با افزایش دوز سیلیمارین، توان حیاتی سلول‌ها افزایش می‌یابد. با توجه به این یافته‌ها، بنظر می‌رسد که اثرات آنتی‌اکسیدانی سیلیمارین در دوزهای بالاتر و نه دوزهای بسیار بالا، قابل مشاهده خواهد بود. زمان مطلوب برای مشاهده اثرات آنتی‌اکسیدانی ۴۸ ساعت پس از افزودن سیلیمارین به محیط کشت بود. طی زمان مذکور، بیشترین افزایش در توان حیاتی سلول‌ها مشاهده شد. بیشترین اثر کاهش آزادسازی MDA از سلول‌ها، توسط سیلیمارین در ۴۸ ساعت پس از درمان و با دوز $100\text{ }\mu\text{M/ml}$ ایجاد شده است. از نتایج بدست آمده، این گونه استنباط می‌شود که احتمالاً سیلیمارین در هر دو دوز $60\text{ }\mu\text{M/ml}$ و $100\text{ }\mu\text{M/ml}$ ، باعث کاهش میزان MDA می‌گردد؛ اما سیلیمارین در دوز $100\text{ }\mu\text{M/ml}$ ممکن است از طریق سازوکارهای دیگر، موجب افزایش هرچه بیشتر حیات سلولی شده باشد، لذا توصیه می‌گردد در مطالعات آینده اثر دوزهای مختلف داروی مورد نظر بر سایر سازوکارهای مرتبط با حیات سلولی بررسی شود. همچنین مشاهده گردید که سیلیمارین در دوزهای بالاتر ($100\text{ }\mu\text{M/ml}$) اثرات توکسیک بر سلول‌ها اعمال می‌نماید و باعث کاهش توان حیاتی سلول‌ها و افزایش آزادسازی MDA می‌شود. احتمالاً سیلیمارین نیز مانند برخی آنتی‌اکسیدان‌ها، در دوزهای بالاتر به عنوان یک پرواکسیدان عمل می‌نماید [۲۵].

در مشاهده و تفسیر نتایج سیلیمارین در دوز ۶۰ و ۲۰ میلی مولار / میلی لیتر در میزان حیات سلولی و نتیج دوزهای مشابه در میزان MDA، شاید بتوان توضیح داد که میزان افزایش میزان MDA در قیاس با میزان ایجاد مرگ سلولی همخوانی دقیق وجود ندارد، اگرچه جهت تغییر آنها تا حدی در یک راستا می‌باشد. توضیح اینکه در اثر غلظت بالای گلوکز، حدود ۴ برابر میزان کنترل میزان MDA افزایش می‌یابد و این در حالیست که مرگ سلول‌ها به میزان حدود ثلث میزان کنترل در اثر همان میزان گلوکز می‌باشد. لذا اگرچه میزان MDA در اثر سیلیمارین غلظت

آنتی‌اکسیدانی مشابه سیلیمارین، در جلوگیری از عوارض دیابت استفاده نمود.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از گروه فیزیولوژی و گروه فارماکولوژی دانشگاه علوم پزشکی ایران به سبب فراهم آوردن امکانات پژوهشی و همچنین معاونت پژوهشی دانشگاه ایران به موجب تأمین مالی پروژه اعلام می‌دارند.

۶۰ میلی مولار/میلی لیتر حدود ۳۰ درصد کاهش یافته، ولی مرگ سلولی به همان میزان نتوانسته است کاهش یابد. عبارت دیگر میزان بیشتر کاهش MDA لازم است تا بتواند بطور معنی‌داری مرگ سلولی را کاهش دهد. پس در مجموع مشاهده می‌کنیم که سیلیمارین با دوز $100 \mu\text{M/ml}$ و در زمان ۴۸ ساعت پس از ورود به محیط کشت حاوی سلول‌ها به طور معنی‌داری دارای اثرات محافظتی بر سلول‌های PC12 بوده و باعث کاهش در رهایش رادیکال‌های آزاد ناشی از گلوکز بالا شده است. شاید با یک بررسی دقیق‌تر بتوان از داروهای گیاهی

ماخذ

1. Wild S, Roglic G, Green A, Sicree R, King H. Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes care* 2004; 27:1047-1053.
2. Anderoli T E, Caroenter CCJ, Gariggs RC, Loscaizo J. "Cecil essential of medicine" 5th edition, 2001; chapter 68, P.583-598.
۳. همایونفره. "علم اندوکرینولوژی در پزشکی" انتشارات دانشگاه علوم پزشکی ایران ۱۳۸۲؛ (۵): ۱۰۶.
4. Vinik AI, Porte D Jr, Sherwin RS, Baron A. Diabetic autonomic neuropathy. In Ellenberg and Rifkin's diabetes mellitus. New York: McGraw Hill 2002; 789-804.
5. Skyler JS, Effect of glycemic control on diabetic complications and on the prevention of diabetes. *Clinical Diabetes* 2004; 22:162-166.
6. Chronic Complications in Diabetes. Animal Models and Chronic Complications. 2000; P. 905-907.
7. Sheetz MJ King GL. molecular understanding of hyperglycemias adverse effects for diabetic complications. *AMA* 2002; 288:2579-2588.
8. Pacher P, Obrosova I G, Mabley J G, Szado C. Role of intrasitive stress and proxynitrite in the pathogenesis of diabetic complications. Emerging new therapeutical strategies. *Curr Med Chem* 2005; 12: 267-275.
9. Vinik AI, Diabetic neuropathy: Pathogenesis and therapy. *Diabetes* 2002; 6-11.
10. Russell JW, Golovoy D, Vincent AM, Mahendru P, Olzmann J, Mentzer EL. High glucose Stress and mitochondrial dysfunction in neurons. *FASEB J* 2002; 16:1738-1748.
11. Geolotto G, Gallo A, Rosiglitazon reduces glucose-induced oxidative stress mediated by NADPH oxidase via MAPK- dependent mechanism. *Diabetes* 1997; 13: 486-493.
12. Frascini F, Demartini G, Exposit D. Pharmacology of Silymarin. *Cline drug invest* 2002; 22(1):51-65.
13. Firenzuoli F, Gori L, Crupi A, Neri D. Flavenoids: risks or opportunities? *Recenti Prog Med* 2004; 95(7-8) 345-351.
14. Frascini F, Gori L, Esposti D, Pharmacology of Silymarin. *Clin drug invest* 2002; 22: 51-65-77.
15. Li Y, Decherchi P, and Raisman G, Transplanation of olfactory ensheathing cells into spinal cord lesions restores breathing and climbing. *J Neurosci* 2003; 23:727-731.
16. Wang TTY, Phang JM, Effects of estrogen on apoptotic pathways in human breast cancer cell line MCF-7. *Cancer Res* 1995; 55: 2487-2489.
17. Kwon, T and watts. Malonaldehyde in aqueous solution and iys role as a measure of lipid oxidation in foods. *Journal of Food Science* 1998; 29: 294-302.
18. Sharifi AM, Darabi R, Akbarloo N, Larijani B, Khoshbaten A. Study of high glucose-induced apoptosis in PC 12 cells: role of bax protein. *Elsevier toxicology* 2007.
19. Baluchnegad T, Homayunfar H, Roghani M, khastkhodaei Z. Survey of the effect of Silymarin on diabetic neuropathy in male rat. *J iran un* 2008; 3-5.
20. Sayyed, SG, Kumar A, Sharma SS. Effects of U8383 on nerve functions. hyperalgesia and oxidative stress in experimental diabetic neuropathy. *Life Sci* 2006; 79(8):777-83.
21. Esparza JL, Gomez M, Rosa NM, Paternian JL, Malool, Domingo JL. Melatonin induces oxidative stress and increases gene expression in the cerebral cortex and cerebellum of aluminum-exposed rats. *Journal of pineal Research* 2005; 39: 129-136.
22. Elio A. Soria, Aldo R, Eynard, Patricia L. Quiroga, Guillermina A. Bongiovanni Differential effects of quercetin and Silymarin on arsenate-induced cytotoxicity in two human breast adenocarcinoma cell lines. *Cell Cul* 2007; 18:54.

23. Kittur S, Wilasrusmee S, Pedersen WA, Mattson MP, Straube-West K, Wilasrusmee C, Jubelt B, Kittur D.S. Neurotrophic and Neuroprotective Effects of Milk Thistle (*Silybum marianum*) on Neurons in Culture. *Jubelt* 2002; -17.
24. Shiqin Xiong, Qihui Zhao, Zhili Rong, Guanrong Huang, Yiling Huang, Peila Chen, Shuping Zhang, Li Liu, and Zhijie Chang. hSeF Inhibits PC-12 Cell Differentiation by Interfering with Ras-Mitogen-activated Protein Kinase MAPK Signaling. *J cell* 2003; 184-205.
25. Silvano Nocentini, Michele Guggiari, Danielle Rouillard and Sophie Surgis. Exacerbating Effect of Vitamin E Supplementation on DNA Damage Induced in Cultured Human Normal Fibroblasts by UVA Radiation. *MS* 2001; 33:71-73.