

Effects of Acrylamide and Vitamin C on Histological Changes and Stereological Parameters of Cerebellum in Rat Offsprings

Hengameh Dortaj, Maryam Yadegari, Mohammad Hosseini Sharif Abad, Abolghasem Abbasi Sarcheshmeh, Morteza Anvari*

Department of Biology & Anatomical Sciences, Faculty of Medicine, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

Article Info:

Received: 22 Jun 2014

Accepted: 6 Aug 2014

ABSTRACT

Introduction: Acrylamide (ACR) is a substance chemical used in industrial and laboratory procedures. Acrylamide according to the method of cooking foods are increasingly used and its adverse effects on multiple organ systems have been described sporadically in the literature. The aim of this study was to investigate the effects of prenatal (maternal) ACR consumption on the physical development and the changes of cerebellar volume in the rat embryo. **Materials and Methods:** Female pregnant Wistar rats were orally administered 10 mg/kg ACR and/or 200 mg/kg vitamin C (vit C) solution. Pregnant rats were sacrificed on the 15th day of gestation and mother's weight was measured. After that, their fetuses were taken out and were evaluated for fetus number and weight, crown-rump length (CRL) and cerebellar development. A total of 100 sections were cut through the entire cerebellum. From these sections, approximately 10 equidistant sections were systematic uniformly random sampled with an initial random start and stained with hematoxylin-eosin for volume estimation. The cerebellar volume was estimated by micro-projection and cavaliers' method. **Results:** The results showed that ACR caused a significant reduction in mother's weight and volume of cerebellum as well as in the number of fetus. Histological and stereological examinations revealed that the cerebellar volume was decreased in ACR and ACR+vit C groups vs control animals. **Conclusion:** ACR exhibits a harmful effect on the development of the brain, which may be prevented by administration of vit C.

Key words:

1. Cerebellar Diseases
2. Acrylamide
3. Histology
4. Embryonic Structures
5. Rats

* **Corresponding Author:** Morteza Anvari

E-mail: moanvari@yahoo.com

اثرات آکريل آميد و ويتامين C بر تغييرات بافتي و شاخص هاي استريولوژي مخچه در جنين هاي موش صحرایی

هنگامه در تاج، مريم يادگاري، محمد حسيني شريف آباد، ابوالقاسم عباسي سرچشمه، مرتضي انوري*

گروه علوم تشریح و بیولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی، یزد، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ پذیرش: ۱۵ مرداد ۱۳۹۳

تاریخ دریافت: ۱ تیر ۱۳۹۳

چکیده

مقدمه: آکريل آميد يک ماده شيميايي است که در صنعت و فرايندهای آزمایشگاهی کاربرد دارد. آکريل آميد امروزه با توجه به روش پخت غذاها به صورت روزافزون مورد استفاده قرار می گیرد و اثرات سوء آن بر دستگاه های مختلف بدن به صورت پراکنده در مطالعات بيان شده است. هدف از این مطالعه بررسی اثرات مصرف آکريل آميد در دوره جنيني (دوران بارداری) بر تکامل فیزیکی و تغییرات حجم مخچه در جنين موش صحرایی است. **مواد و روش ها:** موش های صحرایی ماده آبستن نژاد ويستار، آکريل آميد به میزان ۱۰ ميلي گرم/کيلوگرم و محلول ويتامين C به میزان ۲۰۰ ميلي گرم/کيلوگرم به صورت خوراکی دریافت کردند. در روز ۱۵ بارداری، ابتدا وزن مادر اندازه گیری گردید و سپس موش های صحرایی آبستن کشته شدند. سپس جنين ها خارج گردید و از نظر تعداد، وزن، طول فرق سری -نشيمنگاهی و تکامل مخچه بررسی شدند. در مجموع ۱۰۰ برش بافتی از کل مخچه تهيه شد. از بين اين برش ها، ۱۰ برش به صورت تصادفی با فاصله يکنواخت و شروع تصادفی يکنواخت انتخاب شد و با روش رنگ آمیزی همتاکسيلين -اوتوزين برای محاسبه حجم رنگ آمیزی شد. حجم مخچه توسط روش میکروپروجکشن و کاوالیری اندازه گیری شد. **یافته ها:** نتایج نشان داد که آکريل آميد سبب کاهش چشمگیری در وزن مادر و حجم مخچه و نیز تعداد جنين ها می شود. بررسی های بافت شناسی و استريولوژی نشان دادند که حجم مخچه در گروه های آکريل آميد و آکريل آميد + ويتامين C نسبت به گروه کنترل کاهش می یابد. **نتیجه گیری:** آکريل آميد يک اثر مضر بر تکامل مغز دارد که ممکن است با تجویز ويتامين C بتوان از اين اثرات پیشگیری نمود.

کلید واژه ها:

۱. بیماری های مخچه
۲. آکريل آميد
۳. بافت شناسی
۴. ساختارهای جنيني
۵. موش صحرایی

* نویسنده مسئول: مرتضي انوري

آدرس الکترونیکی: moanvari@yahoo.com

مقدمه

سلول ایفاء می کند (۱۴).

حجم کلی کورتکس، ماده سفید، مساحت سطح مخچه، تراکم و تعداد کلی سلول های پورکنز^۴ و گرانولار^۵، میانگین حجم سلول های پورکنز و هسته های آن ها در این ۵ ناحیه با استفاده از روش های استریولوژی اندازه گیری می شود.

استریولوژی در سال ۱۹۶۱ توسط اعضای منشور جامعه بین المللی استریولوژی ابداع گردیده که به معنی تفسیر سه بعدی تصاویر دو بعدی، همچون مقاطع و پروجکشن ها می باشد (۱۵). استریولوژی برای برون یابی کمیت های سه بعدی (مانند حجم واقعی، مساحت، طول و تعداد) از محاسبات ساده ای که بر اساس برش های تصویری دو بعدی انجام می شود ایده آل است. تصاویر را می توان به صورت های مختلف گرفت (مقاطع فیزیکی یا نوری، برش های تصویربرداری امواج مغناطیسی^۶ و توموگرافی کامپیوتری^۷) اما نمونه گیری ها باید به صورت تصادفی در جهات و وضعیت های مختلف انتخاب شوند تا برآوردهای معتبری به دست آید. مزیت آن نسبت به سایر روش های کمی، به خاطر دقت زیاد، در دسترس بودن و ثبات نتایج آن است و به این دلیل است که به صورت وسیعی در مقالات علمی از این روش استفاده می شود (۱۶، ۱۵).

از آنجایی که آسیب مخچه می تواند منجر به اختلالات حرکتی در روند تکامل نوزاد شود و با توجه به اینکه تاکنون بررسی هایی بر روی مغز، پیرامون اثر آکریل آمید انجام شده است، اما تحقیقات پیرامون مخچه و به خصوص بررسی تغییرات آن در دوره جنینی و بارداری محدود بوده و مطالعه جامعی که نشان دهنده تغییرات ایجاد شده در شاخص های بافتی و استریولوژی مخچه باشد انجام نگرفته است. بنابراین هدف این مطالعه بررسی اثر آکریل آمید در دوره بارداری بر روی تعداد جنین ها، تغییرات وزن مادر و جنین، طول فرق سری -نشیمگاهی جنین، حجم مخچه و بررسی تغییرات بافت شناسی مخچه می باشد.

مواد و روش ها

در این تحقیق از ۲۰ سر موش صحرایی ماده نژاد ویستار با میانگین سن ۶۰ تا ۷۰ روز و وزن ۱۸۰ تا ۲۰۰ گرم استفاده شد. حیوانات تحت شرایط معمول آزمایشگاه شامل دوره طبیعی شبانه روز (۱۲ ساعت تاریکی، ۱۲ ساعت روشنایی)، دمای ۲۳-۲۱ درجه و رطوبت نسبی $50 \pm 10\%$ نگهداری شدند و آب و خوراک به صورت آزاد در اختیار آن ها قرار داده شد. آب آشامیدنی از طریق بطری های شیشه ای در اختیار آن ها قرار گرفت و خوراک نیز به صورت پلت های آماده مخصوص حیوانات آزمایشگاهی تأمین شد.

به ازای هر ۲ سر موش صحرایی ماده ۱ سر موش صحرایی نر بالغ در هر قفس قرار داده شد. صبح روز بعد جهت کنترل لقاح، اسمیر واژینال^۸ گرفته شد و مثبت شدن اسمیر به عنوان روز صفر بارداری در نظر گرفته شده و موش های صحرایی ماده در ۴ گروه پنج تایی به صورت زیر تقسیم بندی شدند.

آکریل آمید^۱ (پروپن آمید یا آکرلیک اسید آمید) یک آمید غیراشباع دارای فرمول شیمیایی $(CH_2=CH-CONH_2)$ می باشد (۱). این ماده به صورت کریستال های جامد بی بو و سفید رنگ محلول در آب است که در صنایع مختلفی مانند صنایع چسب، پارچه، کاغذ و تحقیقات آزمایشگاهی مورد استفاده قرار می گیرد (۲) و یکی از اجزای تشکیل دهنده دود سیگار نیز می باشد (۳). آکریل آمید در غذاهای سرخ شده با درجه حرارت بالا تشکیل می شود و غلظت آن در غذاها به نوع غذا، روش پخت، درجه حرارت و مدت زمان گرم شدن غذاها بستگی دارد (۴). این ماده وارد جریان خون می شود و با DNA درون هسته سلول های عصبی، هموگلوبین و آنزیم های ضروری واکنش می دهد (۵).

آکریل آمید به دو شکل مونومری و پلیمری وجود دارد، شکل مونومری آن برای سیستم عصبی سمی است و در حیوانات آزمایشگاهی و احتمالاً در انسان سرطان زا می باشد اما هنوز اثرات سمی فرم پلیمری آن شناخته نشده است (۲). آکریل آمید در غذاهایی که در سرتاسر جهان سالیانه مصرف می شود مانند چیپس، نان، بیسکویت و کلوچه یافت می شود و این مسأله باعث نگرانی عمومی در جوامعی که به طور شایع و به مقدار زیاد از غذاهای غنی از آکریل آمید استفاده می نمایند، شده است. تحقیقات اخیر نشان داده است که آکریل آمید می تواند در شرایط فیزیولوژی (دمای ۳۷ درجه سانتی گراد و $pH=7.4$) موقعی که اسید آمینه آسپاراژین در حضور هیدروژن پراکسید^۲ انکوبه می شود، تشکیل گردد. خصوصیات ساختار شیمیایی آکریل آمید و توانایی تبدیل متابولیکی آن این امکان را فراهم کرده که با سلول به منظور اهدافی متفاوت واکنش نشان دهد (۶).

اثرات سوء آکریل آمید بر دستگاه های مختلف بدن به صورت پراکنده در مطالعات بیان شده است. یکی از اثرات آکریل آمید، اثر بر روی سیستم عصبی است و بسته به نوع حیوان به سلول های عصبی دوپامینرژیک و سروتونرژیک آسیب می زند (۸، ۷). به رغم طیف وسیع عصب دهی سلول های عصبی مونو آمینی در مخچه و نقش اصلی این اندام در کنترل حرکات، که مخچه را یک هدف بالقوه برای آکریل آمید قرار می دهد، تنها تعداد اندکی مطالعه در مورد اثر آکریل آمید بر مخچه جنین انجام شده است (۹).

ویتامین C^۳ یک ترکیب آنتی اکسیدانی می باشد که بافت را از صدمات اکسیداتیو محافظت می کند (۱۰) و دارای آثار محافظت از سلول های عصبی است که از مرگ سلول های عصبی در مغز جلوگیری می کند (۱۱). غلظت ویتامین C در مغز نسبت به سایر اندام های دیگر بیشتر است (۱۲) که این امر نشان دهنده نقش مهم آن در فیزیولوژی طبیعی سلول های عصبی به عنوان یک آنتی اکسیدان است (۱۳).

ویتامین C قادر است از سد خونی -مغزی عبور کند و نقش خود را با از بین بردن رادیکال های آزاد چه در داخل و چه در خارج

^۱ Acrylamide^۲ H₂O₂^۳ Ascorbic acid^۴ Purkinje cell^۵ Granular cell^۶ Magnetic Resonance Imaging (MRI)^۷ Computed Tomography (CT)^۸ Vaginal smear

برش و $a(p)$: مساحت اطراف هر نقطه می‌باشد (۱۸).

برای به دست آوردن مساحت اطراف هر نقطه ابتدا طول شبکه بر اساس سانتی‌متر محاسبه شده، سپس بر تعداد فواصل موجود بین نقاط در طول شبکه تقسیم شد (X)، به طریقی مشابه عرض شبکه محاسبه شده بر تعداد فواصل موجود بین نقاط در عرض تقسیم گردید (Y). با حاصل ضرب X و Y در هم $a(p)$ بر حسب سانتی‌متر مربع به دست می‌آید. با ضرب نمودن عدد حاصل در ۱۰۰ مساحت اطراف هر نقطه به میلی‌متر مربع تبدیل شد.

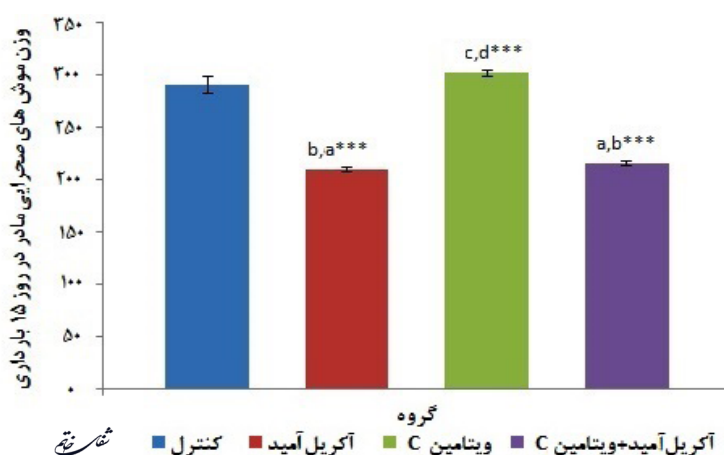
تجزیه و تحلیل آماری

اطلاعات به دست آمده در این پژوهش با استفاده از نرم افزار SPSS version 15 و با به کارگیری روش ANOVA و سپس آزمون LSD مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و $P < 0.05$ ، معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

نتایج، اختلاف معناداری را بین گروه‌های کنترل و آزمایش در خصوص میزان آب و غذای مصرفی موش‌های صحرایی باردار نشان داد. برای تعریف سطح معناداری $P < 0.05$ با یک ستاره و $P < 0.001$ با دو ستاره و $P < 0.0001$ با سه ستاره نشان داده شده است.

همان‌گونه که نمودار ۱ نشان می‌دهد وزن موش‌های صحرایی مادر در گروهی که آکریل‌آمید ($1/89 \pm 209/6$ گرم) و آکریل‌آمید + ویتامین C ($2/31 \pm 215/8$ گرم) مصرف کرده بودند نسبت به گروه کنترل ($2/41 \pm 290/8$ گرم) کاهش داشت ($P < 0.0001$) و وزن جنین‌ها در گروهی که تنها آکریل‌آمید مصرف کرده بودند نسبت به گروه کنترل تغییر چشمگیری نداشت. استفاده از ویتامین C ($0/02 \pm 0/79$ گرم) موجب افزایش وزن جنین نسبت به گروه کنترل ($0/01 \pm 0/51$ گرم) شده بود ($P < 0.0001$) - (نمودار ۱، ۲).



نمودار ۱- مقایسه تغییرات وزن موش‌های صحرایی مادر بر حسب گرم در روز ۱۵ بارداری در گروه‌های مورد مطالعه. وزن موش‌های صحرایی ماده در گروه آکریل‌آمید و آکریل‌آمید + ویتامین C نسبت به گروه کنترل کاهش داشت ($P < 0.0001$) ولی در گروه ویتامین C موجب افزایش وزن نسبت به گروه کنترل شد اما این افزایش معنی‌دار نبود. نتایج به صورت $\text{Mean} \pm \text{SEM}$ گزارش شده است. در نمودار، (a) برای مقایسه گروه کنترل با سایر گروه‌ها، (b) برای مقایسه گروه ویتامین C با سایر گروه‌ها، (c) برای مقایسه گروه آکریل‌آمید + ویتامین C با سایر گروه‌ها و (d) برای مقایسه گروه آکریل‌آمید با سایر گروه‌ها استفاده شده است. *، ** و *** به ترتیب نشان دهنده $P < 0.05$ ، $P < 0.01$ و $P < 0.001$ می‌باشد.

• گروه الف: کنترل (مصرف آب معمولی).

• گروه ب: روزانه ۱۰ میلی‌گرم/کیلوگرم آکریل‌آمید محلول در آب (۱۷).

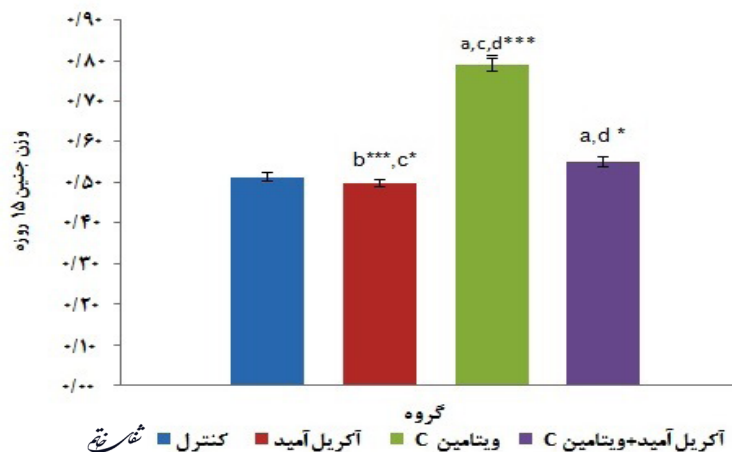
• گروه ج: روزانه ۲۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم ویتامین C محلول در آب (۱۴).

• گروه د: روزانه ۱۰ میلی‌گرم/کیلوگرم آکریل‌آمید + ۲۰۰ میلی‌گرم ویتامین C دریافت کردند.

بعد از گذشت ۱۵ روز از شروع بارداری، موش‌های صحرایی ماده تحت بیهوشی استنشاقی با اتر قرار گرفتند. سپس رحم، جفت و جنین‌های آن‌ها خارج شد. وزن موش‌های صحرایی باردار قبل از خارج کردن جنین‌ها اندازه‌گیری و ثبت گردید. تعداد پنج جنین از میان تمام جنین‌های هر موش صحرایی به صورت تصادفی انتخاب شده و سپس وزن و طول فرق سری -نشیمگاهی (CRL)^۹ آن‌ها اندازه‌گیری شد.

تمام جنین‌ها برای فیکس شدن به مدت سه هفته در محلول فرمالدئید ۴٪ قرار داده شدند. سپس با یک برش، مخچه را جدا نموده، آن را دو نیم کرده و یکی از نیمکره‌ها برای بررسی حجم مخچه مورد استفاده قرار گرفت. سپس توسط غلظت‌های افزایشی اتانول آبگیری شده و قالب‌های پارافینی تهیه گردید. به منظور انجام بررسی‌های بافت‌شناسی و استریولوژی از قالب‌های بافتی مخچه، برش‌های متوالی با ضخامت ۵ میکرون تهیه و برای هر ناحیه ۱۰ مقطع به صورت تصادفی و منظم انتخاب و پس از رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین -ئوزین با استفاده از میکروپروپروچکشن و روش کاوالیری محاسبه حجم صورت گرفت. برای محاسبه حجم، تعداد نقاطی که با لایه قشر مخچه برخورد کرده را شمرده و با قرار دادن در فرمول کاوالیری $\sum V = a(P) \times t \times \sum P$ متغیرها محاسبه می‌شوند. در این فرمول $\sum P$ ؛ مجموع نقاط برخورد شبکه با ناحیه مورد نظر، t؛ ضخامت

⁹ Crown-Rump Length



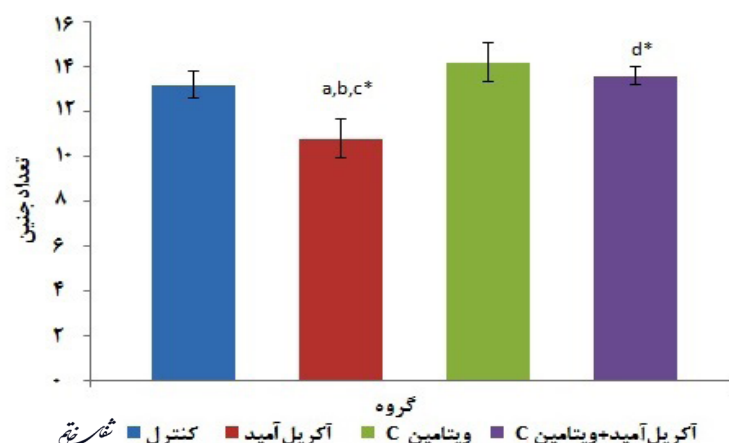
نمودار ۲- مقایسه تغییرات وزن جنین‌های ۱۵ روزه بر حسب گرم در گروه‌های مورد مطالعه. وزن جنین‌ها در گروه آکریل آمید نسبت به گروه کنترل تغییر چندانی نداشت اما وزن جنین‌ها در گروه ویتامین C نسبت به گروه کنترل افزایش داشت ($P < 0.0001$) در گروهی که آکریل آمید + ویتامین C مصرف کرده بودند افزایش وزن دیده شد ($P < 0.05$). نتایج به صورت $\text{Mean} \pm \text{SEM}$ گزارش شده است. در نمودار، (a) برای مقایسه گروه کنترل با سایر گروه‌ها، (b) برای مقایسه گروه ویتامین C با سایر گروه‌ها، (c) برای مقایسه گروه آکریل آمید + ویتامین C با سایر گروه‌ها و (d) برای مقایسه گروه آکریل آمید با سایر گروه‌ها استفاده شده است. *، ** و *** به ترتیب نشان دهنده $P < 0.05$ ، $P < 0.01$ و $P < 0.0001$ می‌باشد.

تعداد جنین‌ها در گروه آکریل آمید (10.8 ± 0.86) نسبت به گروه کنترل (13.2 ± 0.58) کاهش داشت ($P < 0.05$). همچنین تعداد جنین‌ها در گروه آکریل آمید (10.8 ± 0.86) نسبت به گروه ویتامین C (14.2 ± 0.86) کاهش معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.05$). یعنی استفاده از ویتامین C موجب افزایش تعداد جنین‌ها نسبت به گروه آکریل آمید شده بود اما تعداد جنین‌ها در گروه ویتامین C نسبت به گروه کنترل تغییر چندانی نداشت (نمودار ۳).

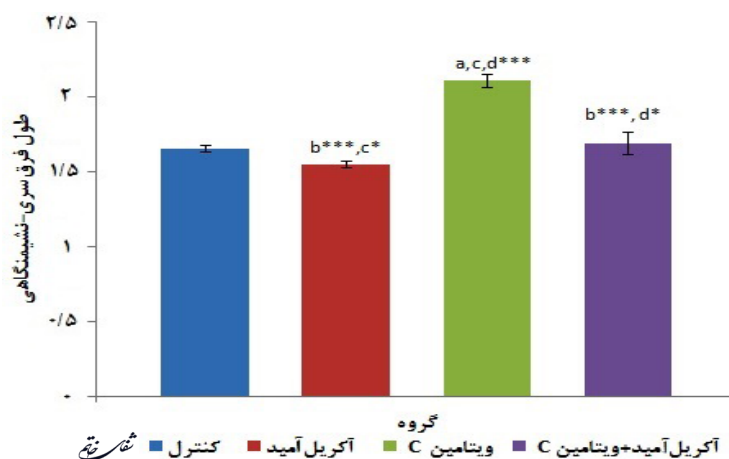
طول فرق سری -نشیمنگاهی جنین‌ها در گروه آکریل آمید نسبت به گروه کنترل تغییر چشمگیری نداشت. اما طول فرق سری -نشیمنگاهی جنین‌ها در گروه ویتامین C (2.11 ± 0.04) نسبت به گروه آکریل آمید (1.55 ± 0.02) افزایش معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). اما حجم مخچه جنین‌ها در گروه آکریل آمید (1.34 ± 0.03 میلی‌متر مربع) و در گروه آکریل آمید + ویتامین C (1.64 ± 0.06 میلی‌متر مربع) نسبت به گروه کنترل (2.11 ± 0.03 میلی‌متر مربع) کاهش معنی‌داری داشت ($P < 0.0001$). اما حجم مخچه جنین‌ها در گروه ویتامین C (2.33 ± 0.07 میلی‌متر مربع) نسبت به گروه کنترل (2.11 ± 0.03 میلی‌متر مربع) افزایش معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). نمودار ۵).

طول فرق سری -نشیمنگاهی جنین‌ها در گروه آکریل آمید نسبت به گروه کنترل تغییر چشمگیری نداشت. اما طول فرق سری -نشیمنگاهی جنین‌ها در گروه ویتامین C (2.11 ± 0.04) نسبت به گروه آکریل آمید (1.55 ± 0.02) افزایش معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.05$). یعنی استفاده از ویتامین C موجب افزایش تعداد جنین‌ها نسبت به گروه آکریل آمید شده بود اما تعداد جنین‌ها در گروه ویتامین C نسبت به گروه کنترل تغییر چندانی نداشت (نمودار ۳).

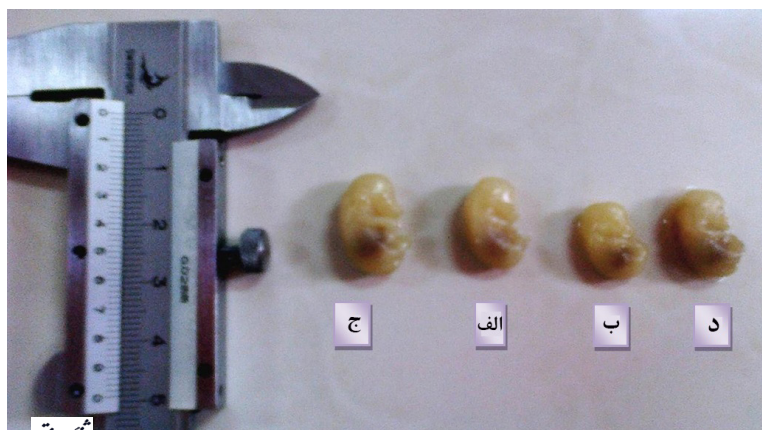
طول فرق سری -نشیمنگاهی جنین‌ها در گروه آکریل آمید نسبت به گروه کنترل تغییر چشمگیری نداشت. اما طول فرق سری -نشیمنگاهی جنین‌ها در گروه ویتامین C (2.11 ± 0.04) نسبت به گروه آکریل آمید (1.55 ± 0.02) افزایش معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). اما حجم مخچه جنین‌ها در گروه آکریل آمید (1.34 ± 0.03 میلی‌متر مربع) و در گروه آکریل آمید + ویتامین C (1.64 ± 0.06 میلی‌متر مربع) نسبت به گروه کنترل (2.11 ± 0.03 میلی‌متر مربع) کاهش معنی‌داری داشت ($P < 0.0001$). اما حجم مخچه جنین‌ها در گروه ویتامین C (2.33 ± 0.07 میلی‌متر مربع) نسبت به گروه کنترل (2.11 ± 0.03 میلی‌متر مربع) افزایش معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). نمودار ۵).



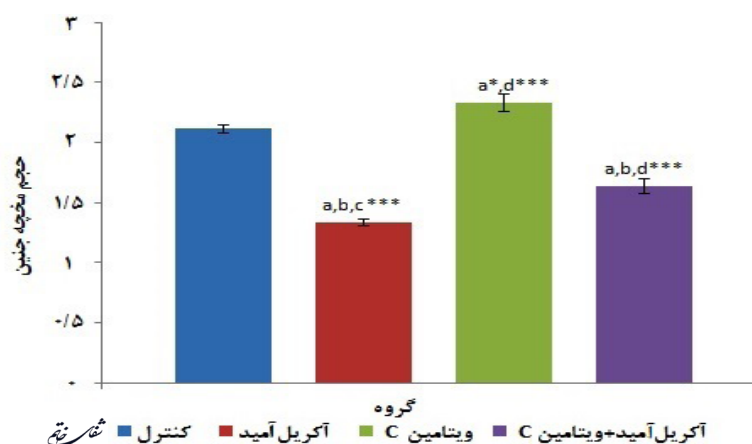
نمودار ۳- مقایسه تغییرات تعداد جنین‌ها در گروه‌های مورد مطالعه. تعداد جنین‌ها در گروه آکریل آمید نسبت به گروه کنترل کاهش داشت ($P < 0.05$) ولی در گروه‌های دیگر نسبت به گروه کنترل تغییرات معنادار نبود. نتایج به صورت $\text{Mean} \pm \text{SEM}$ گزارش شده است. در نمودار، (a) برای مقایسه گروه کنترل با سایر گروه‌ها، (b) برای مقایسه گروه ویتامین C با سایر گروه‌ها، (c) برای مقایسه گروه آکریل آمید + ویتامین C با سایر گروه‌ها و (d) برای مقایسه گروه آکریل آمید با سایر گروه‌ها استفاده شده است. *، ** و *** به ترتیب نشان دهنده $P < 0.05$ ، $P < 0.01$ و $P < 0.0001$ می‌باشد.



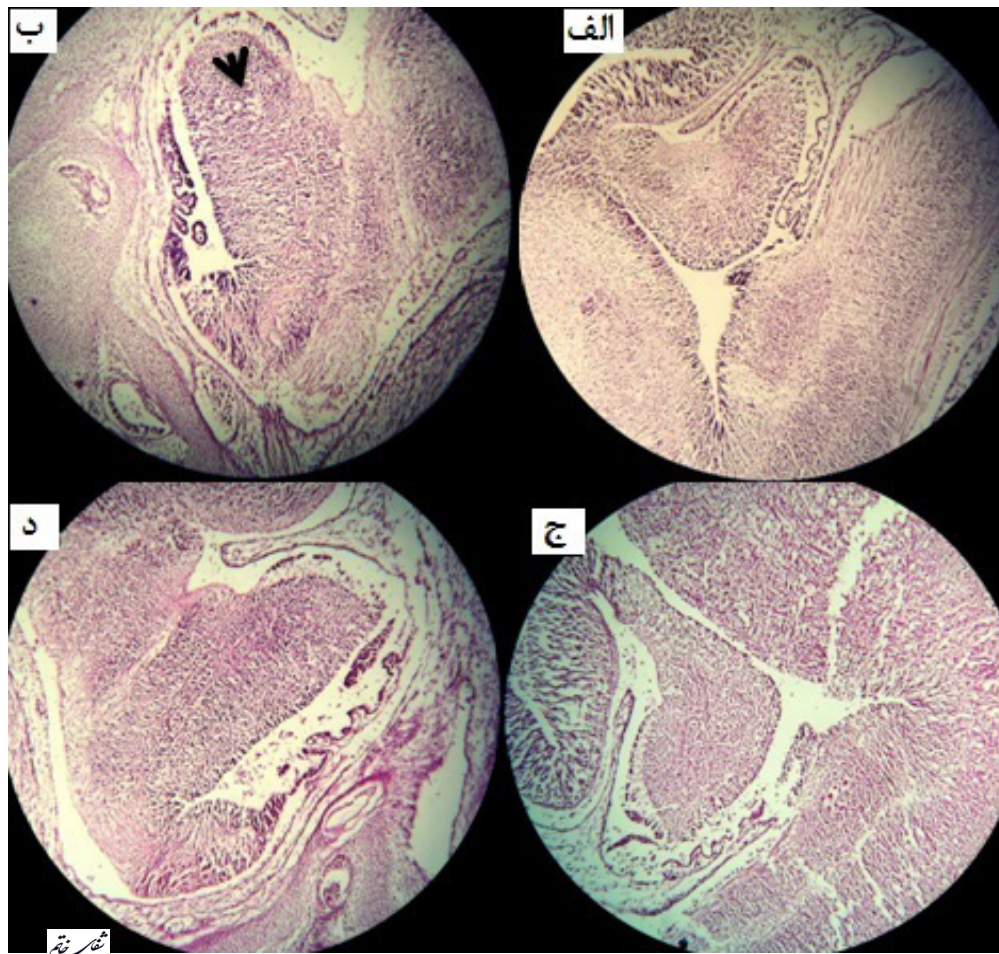
نمودار ۴- مقایسه تغییرات طول فرق سری-نشیمگاهی جنین‌ها بر حسب سانتی‌متر در گروه‌های مورد مطالعه. طول فرق سری-نشیمگاهی جنین‌ها در گروه آکریل‌آمید و آکریل‌آمید + ویتامین C نسبت به گروه کنترل معنی‌دار نبود. این عامل در گروه ویتامین C نسبت به دو گروه آکریل‌آمید و آکریل‌آمید + ویتامین C ($P < 0.001$) افزایش داشت. نتایج به صورت $\text{Mean} \pm \text{SEM}$ گزارش شده است. در نمودار، (a) برای مقایسه گروه کنترل با سایر گروه‌ها، (b) برای مقایسه گروه ویتامین C با سایر گروه‌ها، (c) برای مقایسه گروه آکریل‌آمید + ویتامین C با سایر گروه‌ها و (d) برای مقایسه گروه آکریل‌آمید با سایر گروه‌ها استفاده شده است. *، ** و *** به ترتیب نشان دهنده $P < 0.05$ ، $P < 0.01$ و $P < 0.001$ می‌باشد.



تصویر ۱- تغییرات طول فرق سری-نشیمگاهی جنین‌ها در گروه‌های مورد مطالعه بر حسب سانتی‌متر. (الف) گروه کنترل (ب) گروه آکریل‌آمید (ج) گروه ویتامین C (د) گروه آکریل‌آمید + ویتامین C. طول فرق سری-نشیمگاهی جنین‌ها در گروه آکریل‌آمید نسبت به گروه کنترل کاهش چشمگیری نداشت اما در گروه ویتامین C نسبت به گروه کنترل و گروه آکریل‌آمید و گروه آکریل‌آمید + ویتامین C افزایش داشت.



نمودار ۵- مقایسه تغییرات حجم مخچه جنین‌ها بر حسب میلی‌مترمربع در گروه‌های مورد مطالعه. حجم مخچه جنین‌ها در گروه آکریل‌آمید و در گروه آکریل‌آمید + ویتامین C نسبت به گروه کنترل کاهش داشت ($P < 0.001$) اما در گروه ویتامین C نسبت به گروه کنترل افزایش نشان داد ($P < 0.05$). نتایج به صورت $\text{Mean} \pm \text{SEM}$ گزارش شده است. در نمودار، (a) برای مقایسه گروه کنترل با سایر گروه‌ها، (b) برای مقایسه گروه ویتامین C با سایر گروه‌ها، (c) برای مقایسه گروه آکریل‌آمید + ویتامین C با سایر گروه‌ها و (d) برای مقایسه گروه آکریل‌آمید با سایر گروه‌ها استفاده شده است. *، ** و *** به ترتیب نشان دهنده $P < 0.05$ ، $P < 0.01$ و $P < 0.001$ می‌باشد.



تصویر ۲- فتومیکروگراف مخچه در گروه‌های مختلف، الف) گروه کنترل ب) گروه آکریل‌آمید ج) گروه ویتامین C د) گروه آکریل‌آمید + ویتامین C. حجم مخچه جنین‌ها در گروه آکریل‌آمید و گروه آکریل‌آمید + ویتامین C نسبت به گروه کنترل کمتر شده بود اما در گروه ویتامین C افزایش داشت. در گروه آکریل‌آمید واکوئله شدن بافت مخچه در مقایسه با گروه کنترل و سایر گروه‌ها دیده شد. این واکوئل‌ها تنها در گروه آکریل‌آمید مشاهده شدند. واکوئل با سر پیکان مشخص شده است. رنگ آمیزی هماتوکسیلین -اوتوزین (بزرگنمایی ۱۰X).

مصرف موجب مرگ، کاهش وزن و عقب ماندگی رشد جنین‌ها می‌گردد. همچنین در تحقیق دیگری استفاده از آکریل‌آمید در مادران به صورت خوراکی در جریان رشد و نمو جوندگان موجب کاهش وزن نوزادان آن‌ها شد (۲۰). استفاده از ویتامین C در مطالعه فعلی به عنوان آنتی‌اکسیدان این تغییرات را تعدیل کرده و کاهش می‌دهد.

مخچه نقش عمده‌ای را در زمان‌بندی فعالیت‌های حرکتی برعهده دارد، همچنین به کنترل واکنش‌های متقابل عضلات کمک می‌کند. بر اساس مطالعات اکثر سلول‌های عصبی در اواسط دوره بارداری ساخته شده (۲۱) و سپس شروع به مهاجرت کرده و به مکان‌های نهایی خود می‌رسند. رشد سلول‌های عصبی در طی مدت زمان قبل از تولد رخ می‌دهد اما در مخچه حتی بعد از تولد هم اتفاق می‌افتد (۲۲).

در این مطالعه از روش استریولوژی و رنگ آمیزی هماتوکسیلین -اوتوزین برای بررسی تغییرات مخچه استفاده شد. کمبود اطلاعات در مورد اثرات تخریب بافتی که ممکن است در اثر تغذیه با مواد نشاسته‌ای سرخ شده حاوی آکریل‌آمید در طی بارداری بر روی سیستم عصبی جنین ایجاد شود، هدف این مطالعه قرار گرفت.

همچنین در بررسی‌های بافت‌شناسی با رنگ آمیزی هماتوکسیلین -اوتوزین واکوئله شدن بافت مخچه در گروه آکریل‌آمید در مقایسه با گروه کنترل دیده شد این واکوئل‌ها در گروه‌های دیگر دیده نشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که آکریل‌آمید باعث ایجاد واکوئله شدن، شده است (تصویر ۲).

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان داد تجویز آکریل‌آمید به موش‌های صحرایی باردار موجب کاهش وزن و طول فرق سری -نشیمگاهی جنین‌ها نسبت به گروه کنترل شده است اما این کاهش تنها در مورد وزن مادر، تعداد جنین‌ها و حجم مخچه معنی‌دار بود. تجویز آکریل‌آمید به موش‌های صحرایی باردار، منجر به کاهش میانگین وزن موش‌های صحرایی مادر و کاهش تعداد جنین‌ها می‌شود. این نتایج با یافته‌های مطالعات قبلی مطابقت دارد که نشان دادند مقدار آکریل‌آمید مصرفی در این مطالعه قادر است سبب القای اثرات سمی در رشد ظاهری جنین شود (۱۹).

تحقیقات نشان می‌دهد در معرض قرارگرفتن داخل رحمی موش‌های صحرایی با آکریل‌آمید بسته به مقدار و مدت زمان

صحرائی نابالغ نر و ماده بررسی شده بود (۲۹) و واکنش‌ها شدن مغز بعد از ۲۸ روز مصرف آکریل‌آمید با بررسی انجام شده در این مطالعه بر روی مخچه مطابقت دارد. این بررسی همخوان با مطالعات قبلی وی بار^{۱۵} و همکاران در سال ۲۰۰۲ می‌باشد که نشان‌دهنده تأخیر در تکوین قشر مخ، لوله عصبی و هیپوکامپ در نوزادان موش‌هایی است که مادرانشان در دوران بارداری آکریل‌آمید خوراکی یا تزریقی دریافت کرده‌اند (۳۰).

در بررسی‌های اسکات^{۱۶} و ویلسون^{۱۷} در سال ۱۹۷۱ نکروز سلول‌ها نیز در اثر مصرف آکریل‌آمید در موش‌های صحرائی نوزاد مشاهده شده بود. این نکروز ممکن است به علت مهار سنتز DNA مورد نیاز برای رشد و بلوغ سلول‌ها باشد (۳۱، ۳۲). آلام^{۱۸} و همکارانش در سال ۲۰۱۲ نشان دادند که آکریل‌آمید در دوران قبل از تولد موجب اختلالات بیوشیمی، استرس اکسیداتیو و القای تغییرات ساختار مخچه می‌شود (۳۳).

آنتی‌اکسیدان‌ها مانند ویتامین C می‌توانند اثرات سودمند خود را از طریق واکنش با رادیکال‌های آزاد بازی کنند (۳۴، ۳۵). در مطالعات بافت‌شناسی مغز موش‌های صحرائی نر بالغ مشاهده شد که در حضور ویتامین C، تخریب، آپوپتوز و واکنش‌ها شدن سلول‌های عصبی کاهش یافته بود (۳۶).

استفاده از ویتامین C در این مطالعه نیز اثرات تخریبی و کاهشی آکریل‌آمید را کاهش داد. به دلیل اهمیت زیاد مخچه در فرایندهای مرتبط با تعادل، تحقیق در مورد روند تأثیرپذیری مخچه در جریان زندگی جنینی از یک محرک خوراکی و محیطی، می‌تواند به فهم بهتر در مورد سرنوشت کودکانی که در دوران جنینی در معرض آکریل‌آمید قرار گرفته‌اند کمک کند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از گروه علوم تشریح دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد و خانم‌ها اقدس میرجلیلی و راضیه کمالی اعلام می‌دارند.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد تجویز آکریل‌آمید به موش‌های صحرائی باردار منجر به کاهش معنادار میانگین حجم مخچه جنین‌ها نسبت به گروه کنترل می‌شود.

یافته‌های قبلی نشان دهنده حساسیت بالای مغز نوزادان در تغذیه سلول‌های مغز در طی بارداری و شیردهی توسط آکریل‌آمید می‌باشد (۱۷). تحقیقات نشان‌دهنده است که ۱۵-۱۰٪ از آکریل‌آمید موجود در رژیم غذایی مادران باردار از طریق جفت به جنین منتقل می‌شود و در شیر مادر نیز بیش از ۱۸/۸ میلی‌گرم/لیتر آکریل‌آمید وجود دارد (۲۳). از آنجایی که میزان تکثیر سلول‌ها در طی رشد جنین زیاد است قرار گرفتن در معرض آکریل‌آمید در مادران چه در محیط و چه به صورت خوراکی مورد نگرانی است (۲۱). علاوه بر این در حیواناتی که آکریل‌آمید به صورت خوراکی به آن‌ها داده شده بود سطوح بالایی از هموگلوبین متصل شده با آکریل‌آمید وجود داشت (۱۹).

شواهد نشان می‌دهد که اتصال پروتئین‌های سیستم عصبی مرکزی (CNS)^{۱۰} به آکریل‌آمید به دلیل اینکه جلوی تولید آنزیم‌ها و ترکیبات ضروری را می‌گیرد نقش مهمی در سمیت عصبی آکریل‌آمید ایفاء می‌کند (۲۴). مطالعات اخیر باربر^{۱۱} و لاپاچین^{۱۲} بر روی سیستم عصبی موش‌های صحرائی بالغ نشان داده است که سمیت پیش سیناپسی در اثر شکل‌گیری ترکیبات سولفیدریل در سیستم‌های باقی مانده در پروتئین‌ها ایجاد می‌شود (۲۵، ۲۶). مسمومیت با آکریل‌آمید در انسان مشابه حیوانات آزمایشگاهی بوده و به صورت تورم آکسون یا کاهش در تعداد و قطر آکسون‌ها مشاهده می‌شود (۲۷).

نتایج حاصل از بررسی استریولوژی در مطالعه حاضر نشان داد که اثر آکریل‌آمید در دوره بارداری بر مخچه موش صحرائی موجب کاهش حجم مخچه در گروه‌های تیمار شده با آکریل‌آمید در مقایسه با گروه کنترل می‌شود و این مطالعه با نتایج حاصل از بررسی‌هایی که توسط موترام^{۱۳} و همکاران ایشان در سال ۲۰۰۲ انجام داده‌اند، مشابهت دارد (۲۸). همچنین در مطالعه سید^{۱۴} و همکاران در سال ۲۰۱۲ اثرات آکریل‌آمید بر روی مغز موش‌های

منابع

1. Namjoo A, Rafieian KM, Heidarian E. The Effect of acryl amide on tissue changes, blood and enzymatic parameters in male rats. J Shahrekord Univ Med Sc. 2013; 14(6): 27-37.
2. Thonning Olesen P, Olsen A, Frandsen H, Frederiksen K, Overvad K, Tjønneland A. Acrylamide exposure and incidence of breast cancer among postmenopausal women in the Danish Diet, Cancer and Health Study. Int J Cancer. 2008; 122(9): 2094-100.
3. Commission JFWCA, Programme JFWFS, Organization WH. Codex Alimentarius: Food hygiene, basic

- texts. 3rd ed. Food & Agriculture Org. 2003; p. 57-63.
4. Lineback DR, Coughlin JR, Stadler RH. Acrylamide in foods: a review of the science and future considerations. Annu Rev Food Sci Technol. 2012; 3: 15-35.
5. Sabik L. Acrylamide-induced genotoxic, biochemical and pathological perturbations in male rats liver. J Am Sci. 2011; 7(1): 1092-6.
6. Alimentarius C. Joint FAO/WHO food standards programme. Codex committee on methods of analysis and sampling: 19th session, Budapest, Hungary, Criteria

¹⁰ Central Nervous System

¹¹ Barber

¹² Lopachin

¹³ Mottram

¹⁴ Sayed

¹⁵ Wei Bhaar

¹⁶ Scott

¹⁷ Wilson

¹⁸ Allam

- for evaluating acceptable methods for codex purposes. 1994; p. 342-68.
7. Ricaurte GA, Guillery R, Seiden L, Schuster C, Moore R. Dopamine nerve terminal degeneration produced by high doses of methylamphetamine in the rat brain. *Brain Res.* 1982; 235(1): 93-103.
 8. Silva C, Prediger RD, Rego AC, Ali SF, Ribeiro CAF. Disruption of striatal glutamatergic/GABAergic homeostasis following acute 2 methamphetamine in mice. *Neurotoxicol Teratol.* 2012; 34(5): 522-5.
 9. Allam A, Abdul-Hamid M, Zohair K, Ajarem J, Allam G, El-Ghareeb A. Prenatal and perinatal acrylamide disrupts the development of cerebrum and medulla oblongata in albino rats. *AFR J Biotechnol.* 2012; 11(29): 7570-8.
 10. Kim EJ, Won R, Sohn JH, Chung M, Nam TS, Lee HJ, et al. Anti-oxidant effect of ascorbic and dehydroascorbic acids in hippocampal slice culture. *Biochem Biophys Res Commun.* 2008; 366(1): 8-14.
 11. Rice ME. Ascorbate regulation and its neuroprotective role in the brain. *Trends Neurosci.* 2000; 23(5): 209-16.
 12. Grünwald R. Ascorbic acid in the brain. *Brain Res Brain Res Rev.* 1993; 18(1): 123-33.
 13. Agus DB, Vera JC, Golde DW. Stromal cell oxidation a mechanism by which tumors obtain vitamin C. *Cancer Res.* 1999; 59(18): 4555-8.
 14. Soujanya S, Lakshman M, Anand Kumar A. Histopathological and ultrastructural changes induced by imidacloprid in brain and protective role of vitamin C in rats. *J Chem Pharma Res.* 2012; 4(9): 4307-18.
 15. Mayhew T. A review of recent advances in stereology for quantifying neural structure. *J Neurocytol.* 1992; 21(5): 313-28.
 16. Schmitz C, Hof P. Design-based stereology in neuroscience. *Neuroscience.* 2005; 130(4): 813-31.
 17. Garey J, Ferguson SA, Paule MG. Developmental and behavioral effects of acrylamide in Fischer 344 rats. *Neurotoxicol Teratol.* 2005; 27(4): 553-63.
 18. Korbo L, Pakkenberg B, Ladefoged O, Gundersen HJ, Arlien-Søborg P, Pakkenberg H. An efficient method for estimating the total number of neurons in rat brain cortex. *J Neurosci Methods.* 1990; 31(2): 93-100.
 19. Yaylayan VA, Stadler RH. Acrylamide formation in food: A mechanistic perspective. *J AOAC Int.* 2005; 88(1): 262-7.
 20. Wang H, Huang P, Lie T, Li J, Hutz RJ, Li K, et al. Reproductive toxicity of acrylamide-treated male rats. *Reprod Toxicol.* 2010; 29(2): 225-30.
 21. Schettgen T, Kütting B, Hornig M, Beckmann M, Weiss T, Drexler H, et al. Trans-placental exposure of neonates to acrylamide-a pilot study. *Int Arch Occup Environ Health.* 2004; 77(3): 213-6.
 22. Waggas AM, Balawi E. Neurophysiological study on possible protective effect of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) leaves extract in male albino rats treated with acrylamide. *AEJSR.* 2008; 3(2): 163-71.
 23. Sörgel F, Weissenbacher R, Kinzig-Schippers M, Hofmann A, Illauer M, Skott A, et al. Acrylamide: increased concentrations in homemade food and first evidence of its variable absorption from food, variable metabolism and placental and breast milk transfer in humans. *Chemotherapy.* 2003; 48(6): 267-74.
 24. Sakr SA, Badawy GM, El-Sayyad HI, Afify HS. Adverse effects of acrylamide on the developing retina of albino rats. *J Basic Appl Sci Res.* 2010; 1(7): 706-12.
 25. Allam A, El-Ghareeb A, Abdul-Hamid M, Baikry A, Sabri M. Prenatal and perinatal acrylamide disrupts the development of cerebellum in rat: biochemical and morphological studies. *Toxicol Ind Health.* 2011; 10(3): 1814-25.
 26. LoPachin RM, Gavin T, Geohagen BC, Das S. Neurotoxic mechanisms of electrophilic type-2 alkenes: soft-soft interactions described by quantum mechanical parameters. *Toxicol Sci.* 2007; 98(2): 561-70.
 27. Edwards P, Gispén W. Peripheral pain fiber function is relatively insensitive to the neurotoxic actions of acrylamide in the rat. *Toxicol Appl Pharmacol.* 1991; 111(1): 43-8.
 28. Millard JT, White MM. Diepoxybutane cross-links DNA at 5'-GNC sequences. *Biochemistry.* 1993; 32(8): 2120-4.
 29. Sayed MR, Mohamed-Assem SM, Sohail RF, Salma AE-A. Hazardous effects of acrylamide on immature male and female rats. *AJPP.* 2012; 6(18): 1367-86.
 30. Weisshaar R, Gutsche B. Formation of acrylamide in heated potato products-model experiments pointing to asparagine as precursor. *DLR.* 2002; 98(11): 397-400.
 31. Krinke G, Classen W, Vidotto N, Suter E, Würmlin C. Detecting necrotic neurons with fluoro-jade stain.

Exp Toxicol Pathol. 2001; 53(5): 365-72.

32. Beiswanger C, Mandella R, Graessle T, Reuhl K, Lowndes H. Synergistic neurotoxic effects of styrene oxide and acrylamide: glutathione-independent necrosis of cerebellar granule cells. Toxicol Appl Pharmacol. 1993; 118(2): 233-44.

33. Barber DS, LoPachin RM. Proteomic analysis of acrylamide-protein adduct formation in rat brain synaptosomes. Toxicol Appl Pharmacol. 2004; 201(2): 120-36.

34. Friedman M, Levin CE. Review of methods for the reduction of dietary content and toxicity of acrylamide. J Agric Food Chem. 2008; 56(15): 6113-40.

35. Anese M, Suman M, Nicoli MC. Acrylamide removal from heated foods. Food Chem. 2010; 119(2): 791-4.

36. Zama D, Meraihi Z, Tebibel S, Benayssa W, Benayache F, Benayache S, et al. Chlorpyrifos-induced oxidative stress and tissue damage in the liver, kidney, brain and fetus in pregnant rats: The protective role of the butanolic extract of *Paronychia argentea* L. Indian J Pharmacol. 2007; 39(3): 145-50.