



Scan online to view this article

Evaluation of cytotoxicity effect of Synthetic Pyridopyrimidine derivatives on the cancer vs. normal cell lines

Neda Jameee^{1,2}, Seyed Saadi Hosseini^{3,4}, Hamid Reza Akrami^{1,2}, Mahmood Dehghani Ashkzari^{1,2*}

1. Department of Biology, Ashekdarz Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran
2. Medical Biotechnology Research Center, Ashekdarz, Yazd, Iran
3. Department of Biotechnology Faculty of Bioscience University of Shahid Beheshti, Tehran, Iran
4. Lab. of Regenerative Medicine and Biomedical Innovations, Pasteur institute of Iran

Abstract

Aim and Background: Recently, studies have been reported in vitro and in vivo, that these pyridopyrimidine compounds have a beneficial effect on chronic diseases such as cancer. this study was designed to evaluate the effects of synthetic pyridopyrimidine compounds on the growth and proliferation of normal and cancer cell lines.

Material and Methods: Cytotoxic effect of synthetic pyridopyrimidine at different concentrations and period on the MCF-7, MAD-MB-231, MOLT-4, PC-3, and Normal Fibroblast (HFF) cell lines were cultured in 96-well plates, thin cells were treated with synthetic compounds at different concentrations 1000, 500, 50, 5 nM at 24,48 and 72 hours, to evaluate the effect using MTT assay. the resulting data were analyzed using SPSS16 software with one-way ANOVA followed by the Tukey test and $P < 0.05$ was considered as a significant difference.

Results: The results of this study showed that pyridopyrimidine compounds had no significant toxicity effect on the normal cell lines, Nevertheless showed strong and dose-dependent inhibition of cancer cell growth at P -value < 0.05 . also, results showed that pyridopyrimidines with bromide groups at a concentration of 500 to 1000 nM had a more effective effect on inhibition of cancer cell growth inhibition at 72 hours.

Conclusion: Results of this study indicated the pyrimidines inhibition effect on cancer cell lines, however, the use of these compounds as an attractive option in chronic diseases treatment in the world as alternative medicines or combination with conventional medicines are suggested

Keywords: Pyridopyrimidines, Normal and Cancer Cell lines, MTT assay, IC50

Corresponding author:

Department of Biology, Ashekdarz Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran
Email: mdashkezary@yahoo.com



برای مشاهده این مقاله به صورت
آنلاین اسکن کنید

ارزیابی اثر سمیت پیریدوپیریمیدین های سنتزی استخلاف دار شده بر روی رده های سلولی نرمال و سرطانی

ندا جامعی^{۱،۲}، سیدسعدی حسینی^{۳،۴}، حمید رضا اکرمی^{۱،۲}، محمود دهقانی اشکذری^{۱،۲*}

۱. گروه زیست شناسی، واحد اشکذر، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران
۲. مرکز تحقیقات زیست فناوری پزشکی، واحد اشکذر، دانشگاه آزاد اسلامی، اشکذر، یزد، ایران
۳. دانشکده علوم و فناوری های زیستی، گروه زیست فناوری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۴. بانک سلولی ایران، آزمایشگاه طب بازساختی و نوآوری های پزشکی، انستیتو پاستور ایران، تهران، ایران

چکیده

سابقه و هدف: مطالعه های اخیر در دو مدل آزمایشگاهی و حیوانی نشان می دهد، که مشتق های پیریدوپیریمیدین دارای اثرگذاری مؤثر بر بیماری های مزمن از جمله سرطان است، هدف از این مطالعه سنتز چهار مشتق پیریدوپیریمیدین و ارزیابی اثر آن ها بر سلول های سرطانی و نرمال است.

مواد و روش: پس از کشت رده های سلولی مختلف سرطانی MCF-7، MOLT-4، MAD-MB-231 و PC-3 و نرمال HFF در پلیت های ۹۶ خانه، سلول ها با چهار غلظت ۵، ۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ نانومولار در بازه های زمانی ۲۴، ۴۸، ۷۲ ساعت، با پیریدوپیریمیدین های سنتزی جهت بررسی اثرگذاری این مواد با تست سمیت (MTT assay) تیمار گردید، آنالیزهای آماری داده ها با نرم افزار SPSS₁₆ با دو آزمون واریانس یک طرفه و متعاقب آن تست توکی در سطح $P \text{ value} < 0.05$ گزارش گردید.

یافته ها: نتایج این پژوهش نشان داد که ترکیب های پیریدوپیریمیدین در غلظت های مشخص اثر سمیت معنی داری بر روی رده سلول های نرمال نداشتند، اما بررسی اثر آن بر روی رده های سلولی سرطانی در سطح $P \text{ value} < 0.05$ نشان داد که مهار رشد سلولی با افزایش غلظت و زمان افزایش پیدا می کند، همچنین نتایج نشان داد پیریدوپیریمیدین های دارای گروه های بروماید در غلظت ۵۰۰ الی ۱۰۰۰ نانومولار در بازه زمانی ۷۲ ساعت تأثیر مؤثرتری بر مهار رشد سلول های سرطانی نشان دادند.

نتیجه گیری: نتایج به دست آمده از این پژوهش اثر پیریمیدین ها را بر روی رده های سلولی سرطانی نشان داد و استفاده از این ترکیب ها به عنوان گزینه جذاب برای مقابله با بیماری های مزمن در جهان به صورت داروهای جایگزین یا ترکیب با داروهای معمول را پیشنهاد می کند.

واژه های کلیدی: پیریمیدین های سنتزی، رده های سلولی نرمال و سرطانی، تست سمیت، IC₅₀

مقدمه

امروزه واژه سرطان متأسفانه از شایع ترین واژه ها در جهان است که شمار زیادی از مردم جهان به این بیماری مبتلا هستند، نتایج داده های آماری آژانس بین المللی تحقیقات سرطان نشان می دهد که آمار شیوع سرطان در جهان به ۱۸ میلیون نفر رسیده است، در ۸/۲ میلیون از این افراد باعث مرگ می شود. این آمار در قیاس با سال ۲۰۱۴ که حدود ۱۴

نویسنده مسئول:

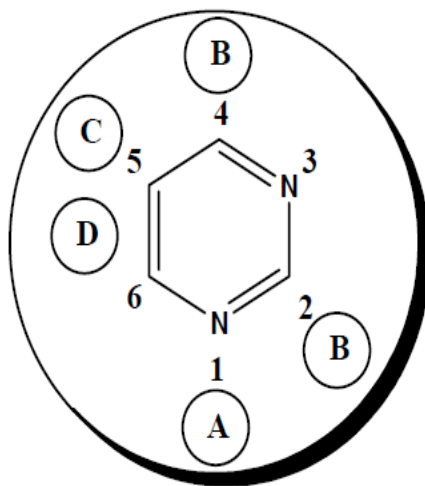
دانشگاه آزاد اسلامی، گروه زیست شناسی، واحد اشکذر، یزد، ایران
پست الکترونیکی: mdashkezary@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۸/۲۷

میلیون نفر مبتلا به سرطان بودند افزایش چشم گیری داشت است، در بین انواع سرطان ها یک سوم کل سرطان های بروز یافته مربوط به سرطان های ریه، سرطان پستان زنان و سرطان روده بزرگ بوده است سرطان ریه و سرطان پستان زنان، هر یک بیش از ۱۱ درصد و سرطان روده بزرگ ۱۰/۲ درصد موارد کل بروز سرطان در ۲۰۱۸ را به خود اختصاص می دهند. در حالت طبیعی جایگزینی سلول های فرسوده با سلول های جوان از یک برنامه منظم تبعیت می کند و از طرفی فرآیند رشد و تجدید سلولی به طور ثابت در بدن اتفاق می افتد (۱). در بیماری سرطان سلول ها توانایی تقسیم و رشد عادی خود را از دست می دهند و این موضوع منجر به تسخیر، تخریب و فاسد شدن بافت های سالم می شود. از اجتماع سلول های سرطانی و تخریب سلول بافت های سالم توده ای به نام تومور ایجاد می شود. براساس پژوهش های انجام شده انواع داروهای ضد سرطان براساس ساختار شیمیایی، مکانیسم بیوشیمیایی، فعالیت و عملکرد دارو در سه گروه قرار می گیرند. براساس ساختار شیمیایی و منبع آن می توان عواملی از قبیل آلکیل کننده ها، آنتی متابولیک ها، آنتی بیوتیک ها، شیره گیاهان و هورمون ها را نام برد که این ترکیب ها می توانند در زیر مجموعه داروهای ضد سرطان قرار بگیرند. گروه دیگر از این داروها براساس مکانیسم بیوشیمیایی دارو درینج زیرگروه: شامل متوقف کردن بیوسنتز نوکلئیک اسیدها، تأثیر مستقیم بر روی ساختار و عملکرد DNA، تداخل با رونویسی و سنتز RNA، تداخل با سنتز پروتئین و و تأثیر بر روی عملکرد هورمون های رشد تقسیم می شوند (۲، ۳). داروی ایده آل ضد سرطان باید بدون آسیب رساندن به بافت های طبیعی بدن بتواند سلول های سرطانی را از میان بردارد، تاکنون راهکارهای زیادی برای درمان سرطان پیشنهاد شده است که بسیاری از آنها تنها در سطح تحقیق های دانشگاهی مطرح هستند، در سطح بالینی موفقیت آمیز نبوده است. از روش های درمانی که امروز مطرح هست استفاده از ترکیب های هتروسیکلیک ها در درمان سرطان است، به طور کلی ترکیب های هتروسیکلیک اساس بسیاری از داروهای طبیعی، سنتزی، شیمیایی، سموم گیاهی و محصول های دامپزشکی را تشکیل می دهند (۴، ۵). یکی از اهداف اصلی شیمی آلی و بیوانفورماتیک دارویی، طراحی سنتز و تولید مولکول هایی با داشتن ارزش تولیدی به-

عنوان عوامل درمانی بشر است. ساختارهای هتروسیکلیک متعلق به گروهی از ترکیب ها هستند که نقش شیمی دارویی آنها به اثبات رسیده است. نوکلئوتیدهای پیریمیدین در سنتز DNA، RNA در همه ارگانیسم های زنده اهمیت بنیادی دارند. سیستم حلقه ای پیریمیدین به طور گسترده ای در طبیعت به عنوان ترکیب های استخلاف دار شده و حلقه جوش خورده و مشتق های آن، از جمله نوکلئوتیدها، تیامین و آلوکسان یافت می شود. اگرچه مشتق های پیریمیدین مانند اوریک اسید و آلوکسان در اوایل قرن ۱۹ شناخته شده بودند، اما سنتز آزمایشگاهی پیریمیدین ها تا سال ۱۸۷۹ انجام نشد. پیریمیدین ها را می توان آزمایشگاه با استفاده از روش های سنتزی آلی تولید کرد. پیریمیدین به طور معمول توسط حلقه زایی ترکیب های β -دی کربونیل با ترکیب های N-C-N سنتز می شوند. مطالعه روابط ساختار فعال (SAR) مربوط به داروهای پیریمیدین عرضه شده در بازار نشان می دهد که اگر یک حلقه هتروسیکلیک اشباع در موقعیت A قرار بگیرد منجر به فعالیت ضد سرطانی و ضد ویروسی ترکیب پیریمیدینی می شود. اگر پیریمیدین از دومین موقعیت یعنی ناحیه B توسط حلقه های ۵ یا ۶ عضوی هتروسیکلیک اشباع استخلاف دار شود، باعث بروز فعالیت آنتی پرسیتیک، ضدپارکینسون، خلط آوری و درمان اختلال های گوارشی و نوروپاتی محیطی می شود. استخلاف دار شدن توسط گروه های کتونی یا آمینو و یا هر دو در موقعیت های ۲ و ۴ حلقه پیریمیدینی یعنی نواحی B منجر به فعالیت ضد سرطان، ضد ویروس، ضد باکتری، ضد قارچ، درمان عفونت دستگاه تنفسی و اختلال های کبدی می شود. استخلاف دار شدن در موقعیت پنجم (ناحیه C) حلقه پیریمیدینی با آمین ها یا حلقه هتروسیکلیک دیستال اشباع باعث بروز فعالیت ضد باکتری و ضد سرطانی می شود. موقعیت های ۵ و ۶ حلقه پیریمیدین (ناحیه D) جوش خورده با حلقه های هتروسیکلیک استخلاف دار شده در موقعیت اورتو، متا و پارا با حلقه های آریل دیستال، باعث فعالیت ضد سرطان، ضد ویروس، ضد باکتری، تأخیر خونریزی شاهرگی و درمان عفونت های دستگاه ادراری این دسته از ترکیب های دارویی می شود (۶-۸). همچنین نشان داده ها پیریمیدین بر تنظیم مسیرهای متابولیسم سلولی⁻ و مسیرهای سرطانی در جهت درمان مؤثر است (۹).



شکل ۱: روابط ساختار فعال ترکیب دارویی پیریمیدین

در دهه های اخیر مشتقات پیریمیدین های جوش خورده به عنوان دسته ای از ترکیب های هتروسیکل پرکاربرد در شیمی دارویی مطرح بوده اند. این ترکیب ها در حیطه دارویی دارای فعالیت های ضد سرطان، ضد ویروسی، ضد باکتری، خلط آوری، درمان عفونت ادراری، بیماری پارکینسون و آنتی پرسیتیک، گشادکننده عروق، درمان اختلال های کبدی، عفونت دستگاه تنفسی و گوش، درمان کرم های گرد دستگاه گوارش، نوروپاتی محیطی و اختلال های وابسته به اسید اوریک خون هستند. تعداد مقاله های مرتبط با سنتز پیریدوپیریمیدین ها از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۶ بسیار متعدد هستند (۱۰، ۱۱). چندین روش مختلف در این زمینه ارائه شده است که بیش تر از روش های متداول حلقه زایی برای سنتز این ترکیب ها استفاده می شود که از این ترکیب های سنتز شده برای پزشکی از جمله سرطان استفاده می شود. امروزه نتایج آمارهای جهانی در رابطه با بیماری های مهلک و مرگ بار نشان می دهد که ضایعه سرطان روز به روز در حال گسترش هست، پیدا کردن داروهای ایده آل ضد سرطان که بدون آسیب رساندن به بافت های طبیعی بدن بتوانند سلول های سرطانی را از میان بردارند، یکی از نگرانی های مهم در حوزه علوم پزشکی ست. از طرفی مقدار دارو و چگونگی مصرف یک دارو و اثرهای درمانی آن بسیار حائز اهمیت هست. تازگی ها استفاده از پیریمیدین ها با توجه به ویژگی های درمانی، زیست سازگاری و سمیت پایین که دارا هستند، از گزینه های جذابی در بحث پیش گیری و درمان سرطان است، با توجه به اثرهای این ترکیب ها، نوع استخلاف های موجود در ساختار پیریمیدین ها، سمیت پایین،

القاء کنندگی و یا تقویت واکنش های ایمنی، تنظیم سیستم دفاعی می توان از آن ها در مطالعه ها و کاربردهای دارویی استفاده کرد (۱۱، ۱۲). در این مطالعه هدف، تعیین اثر سنجش سمیت و تأثیر ترکیب های سنتزی پیریمیدین ها بر روی رده های سلولی سرطانی و نرمال در دوزها و زمان های مختلف است. اهداف کاربردی این تحقیق استفاده از این ترکیب ها در پژوهش های مولکولی - دارویی به عنوان ترکیب های مؤثر دارویی غیر سیتوتوکسیک، هم چنین استفاده از استخلاف های به کار رفته در طراحی داروهای ضد سرطانی جدید است.

روش کار

در این تحقیق رده های سلولی نورمال فیبروبلاست پوستی (HFF)، سلول های اپیتلیال سرطانی پستان (MCF-7)، سلول های لوسمی لنفوبلاستی (MAD-MB-231)، سلول های پروستات (PC-3) از بانک سلولی (4) و سلول سرطانی پروستات (T25) در فلاسک های ۲۵ با محیط کشت RPMI و DMEM غنی شده با ۱۰ درصد سرم جنین گاوی^۱، ۲ میلی مولار گلوتاماکس، یک درصد آنتی-بیوتیک پنی سیلین- استرپتومایسین و ۱۵ میلی مولار سدیم بی کربنات که در انکوباتور در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد، رطوبت کافی و میزان ۵ درصد دی اکسید درجه کشت داده شد، برای انجام تست های مختلف از پاساژ دوم به بعد زمانی

¹ Fetal bovine serum (FBS)

K4(5-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-8,8-dimethyl-2-(methylthio)-7,8,9,10-tetrahydropyrimido[4,5-b]quinoline-4,6(3H,5H)-dione)

تیمار گردیدند. هم‌چنین دو ستون از چاهک‌های پلیت به- عنوان کنترل (محیط نرمال) و کنترل مثبت (محیط حاوی سیس پلاتین) در نظر گرفته شد. در ادامه بررسی شرایط سلول‌ها در بازه‌های زمانی ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت با روش جذب نوری توسط دستگاه الیزار ریدر انجام شد و تأثیر این ترکیب- ها بر روی تکثیر سلول‌ها بررسی گردید. برای بررسی میزان جذب نوری سلول‌ها بعد از بازه‌های زمانی مشخص محیط روی سلول‌ها کامل برداشته شد سپس به هر چاهک، ۵۰ ماکرولیتتر MTT با غلظت ۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر اضافه و به مدت ۴ ساعت گرماگذاری شد. در ادامه محلول MTT با دقت برداشته شد و به هر کدام از چاهک‌ها ۱۰۰ ماکرولیتتر دی‌متیل سولفواکساید اضافه شد، بعد از آنکوبه شدن به مدت زمان یک ساعت مقدار جذب با دستگاه الیزا ریدر در طول موج ۵۷۸ نانومتر خوانده شد در نهایت درصد زنده‌مانی سلول‌ها طبق فرمول زیر محاسبه گردید.

$$\text{جذب نوری سلول‌های تیمار شده} = \frac{\text{جذب نوری سلول‌های تیمار نشده}}{\text{جذب نوری سلول‌های تیمار شده}} \times 100$$

فرمول (۱)

موج ۵۷۰ نانومتر خوانده شد، سپس آنالیز داده‌های به‌دست آمده با نرم‌افزار SPSS₁₆ گزارش گردید، جهت تعیین تفاوت بین میانگین‌ها از آنالیز واریانس یک طرفه و متعاقب آن تست توکی استفاده و سطح معنی‌داری بودن $P \text{ value} < 0.05$ در نظر گرفته شد، هم‌چنین برای اندازه‌گیری غلظتی از دارو که ۵۰ درصد سلول‌ها از بین می‌روند (شاخص IC₅₀)، بعد از مراحل از تیمار کردن سلول‌ها و اندازه‌گیری مقدار جذب آن با رسم منحنی خطی درصد مهار رشد سلولی برحسب غلظت، تعیین شیب و عرض از مبدأ با قرار دادن در معادله خط، غلظت ۵۰ درصد کشندگی (IC₅₀) بر اساس فرمول (۲) محاسبه گردید.

که تراکم سلول‌ها به ۷۰ درصد رسید استفاده گردید، در این تحقیق سنتز پیریدوپیریمیدین‌ها با بستن ۴ حلقه مختلف برم، متوکسی، تیو متیل و نیترو فنیل و تشکیل پیریمیدین با استفاده از ایمیدات‌ها به صورت ۴ ترکیب مجزا در آزمایشگاه سنتز گردید. در ادامه برای بررسی اثر ترکیب‌های مختلف پیریمیدین بر رشد سلول‌ها، میزان ۱۰۰ میکرو لیتر محیط کشت حاوی تعداد مشخصی از سلول ۱۰ الی ۲۰ هزار سلول بر اساس بازه‌های زمانی تست در هر چاهک پلیت ۹۶ خانه قرار داده شد، بعد از ۱۲ ساعت آنکوباسیون، سلول‌ها با چهار غلظت C₁=۱۰، C₂=۱۰۰، C₃=۵۰۰، C₄=۱۰۰۰ بر حسب نانومولار از هر کدام از ترکیب‌های پیریدوپیریمیدین سنتزی

K₁(5-(4-bromophenyl)-8,8-dimethyl-2-(methylthio)-7,8,9,10-tetrahydropyrimido[4,5-b]quinoline-4,6(3H,5H)-dione),

K₂(8,8-dimethyl-2-(methylthio)-5-phenyl-7,8,9,10-tetrahydropyrimido[4,5-b]quinoline-4,6(3H,5H)-dione),

K₃(8,8-dimethyl-2-(methylthio)-5-(3-nitrophenyl)-7,8,9,10-tetrahydropyrimido[4,5-b]quinoline-4,6(3H,5H)-dione),

در بخشی دیگر از این تحقیق دارو مورد نظر در غلظت‌های مختلف بر روی رده‌های سلولی سرطانی سینه، پروستات و لوسومی لنفوبلاستی با ۴ غلظت مختلف ۱۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ نانو مولار از ترکیب‌های پیریدوپیریمیدین سنتزی تیمار و بررسی گردیدند، بعد از دفریز و رو آمدن سلول‌ها زمانی که تراکم سلولی به ۸۰ درصد رسید سلول‌ها پاساژ داده شدند، سپس مقدار مشخصی سلول ۱۰ الی ۲۰ هزار سلول در هر چاهک از پلیت ۹۶ بر اساس بازه‌های زمانی ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت در چاهک‌های پلیت ۹۶ خانه برای تست MTT کشت داده شد، سپس ترکیب‌های مورد نظر به پلیت‌ها اضافه گردید، بعد از بازه زمانی مشخص مقدار جذب نوری سلول‌ها در طول

$$Y = a_{\text{(شیب)}}X + b_{\text{(عرض از مبدأ)}}$$

$$IC50 = (50 - b)/a$$

فرمول (۲)

یافته‌ها

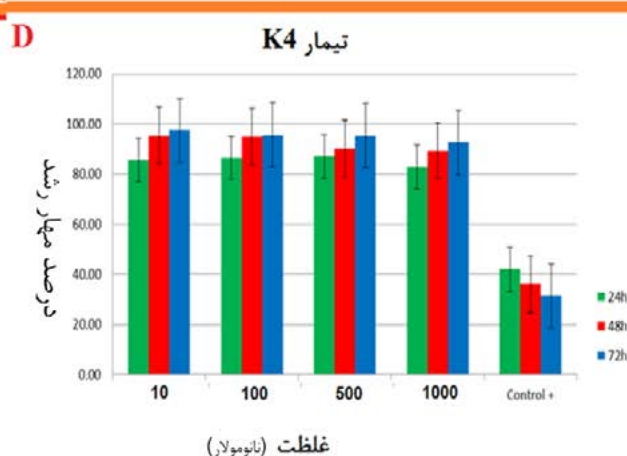
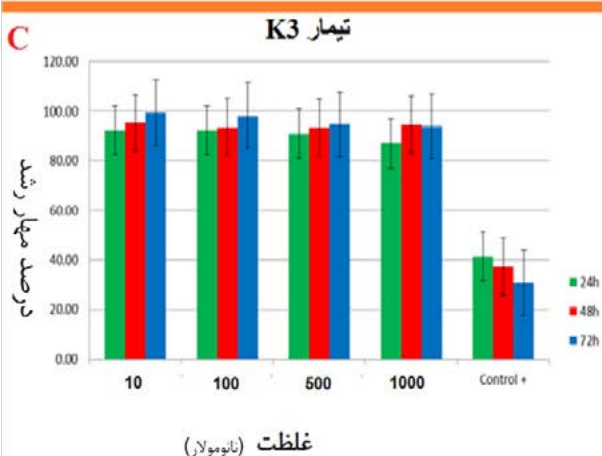
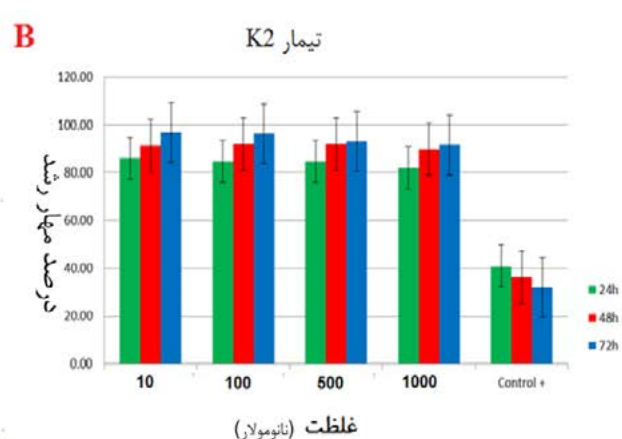
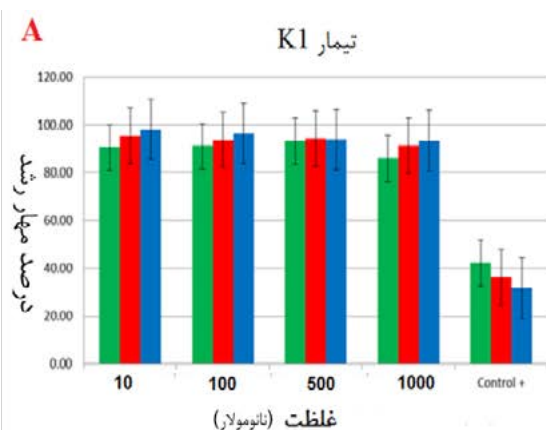
کشت سلول‌های HFF در محیط DMEM غنی شده با ۱۰ درصد سرم جنین گاوی نشان داد، که این رده سلولی بعد از ۶ الی ۷ ساعت در اوج رشد خود هستند، بعد از این که تراکم سلولی در فلاسک به ۸۰ درصد رسید پاساژ داده شدند، در ادامه برای انجام تست MTT از سوسپانسیون سلولی ۲۰۰ ماکرولیتر حاوی 2×10^4 سلول به هر چاهک از پلیت ۹۶ خانه اضافه گردید. سپس سلول‌ها با ۴ غلظت ۱۰، ۱۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ نانومولار از هر کدام از ترکیب‌ها برای هر غلظت با ۶ تکرار تیمار شدند. ، نتایج این تست نشان داد که با افزایش غلظت هر کدام از این ترکیب‌ها، میزان تکثیر سلول‌های HFF تغییر قابل ملاحظه‌ای نداشته است و از نظر آماری در سطح $P \text{ value} < 0.05$ معنی‌دار نبود. نحوه تغییر نمودارها نشان می‌دهد که با افزایش زمان، رشد سلول‌ها افزایش نشان می‌دهد، یعنی این ترکیب‌ها بر روی روند طبیعی رشد سلول‌ها با گذشت زمان اثر سمیتی معنی‌داری نشان نداده است، در واقع با افزایش زمان اثر ترکیب‌های پیریدوپیریمیدین بر روی رشد سلول‌های HFF در یک حالت خطی افزایش می‌یابد که غلظت تأثیر چندانی بر روی روند رشد ندارد (شکل ۱). مقایسه بین نمونه کنترل با نمونه‌های تیمار شده با آزمون توکی در سطح $P \text{ value} < 0.05$ اثر معنی‌داری را نشان داد.

بررسی اثر این ترکیب‌ها در ۴ غلظت مختلف بر روی سل لاین‌های سرطانی MCF-7 نشان داد که اثر این ترکیب بر روی رشد سلول‌ها، برعکس اثر آن بر روی سلول‌های نرمال است، هم‌چنین اثر مهار رشد آن به‌طور کامل مشخص است، و هرچه غلظت و مدت زمان تأثیر این ترکیب بر سلول‌های سرطانی بیش‌تر می‌شود، رشد این سلول‌ها کاهش، به عبارتی مهار رشد (growth inhibition) افزایش می‌یابد (شکل ۲).

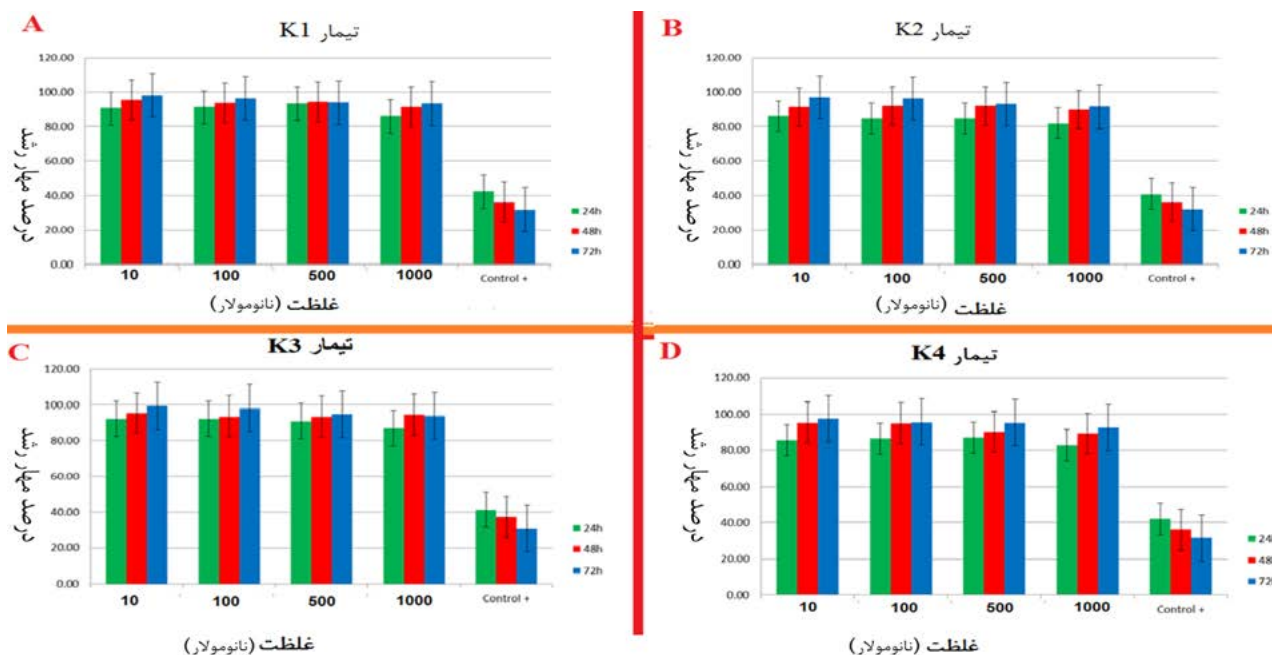
آنالیز نتایج به‌دست آمده از تأثیر ترکیب K1 بر روی سلول‌های سرطانی MDA-MB-231 نشان می‌دهد. با کاهش غلظت درصد مهار رشد کاهش یافته است و افزایش این ترکیب زمان روند رو به رشد درصد مهار رشد سلولی را نشان می‌دهد. روند مشابهی را برای ترکیب‌های K2، K3 و K4 می‌توان در این سه نمونه ملاحظه کرد؛ که از نظر آماری در سطح پنج درصد اثر معنی‌داری نشان نداد (شکل ۳).

آنالیز نمودارهای حاصل از بررسی این ترکیب بر روی سلول‌های رده سرطانی لوسمی لنفوبلاست MOLT-4 نشان می‌دهد؛ در غلظت‌های بالاتری از این ترکیب درصد مهار رشد افزایش می‌یابد و پارامتر مهار رشد^۲ مقدار عددی بیش‌تری را نشان می‌دهد. در غلظت‌های پایین‌تر تأثیر این ترکیب بر روی MOLT-4 روند مشخصی را ندارد که می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که در ابتدای تیمار میزان جذب بالا بوده و به‌دلیل این که غلظت کم است با گذشت زمان میزان جذب هم کاهش یافته و منجر به عدم افزایش درصد مهار رشد به صورت منظم با گذشت زمان شده است. هم‌چنین روند مشابهی را برای مواد K2، K3 می‌توان ملاحظه کرد. اختلاف‌های مشاهده شده با گذشت زمان از ۲۴ ساعت به ۷۲ ساعت از نظر آماری معنی‌دار است. در مورد ترکیب K4 با گذشت زمان و افزایش غلظت روند منظمی در میزان درصد مهار رشد مشاهده می‌شود؛ که این روند را می‌توان از روی نمودارهای مربوطه مشاهده کرد (شکل ۴).

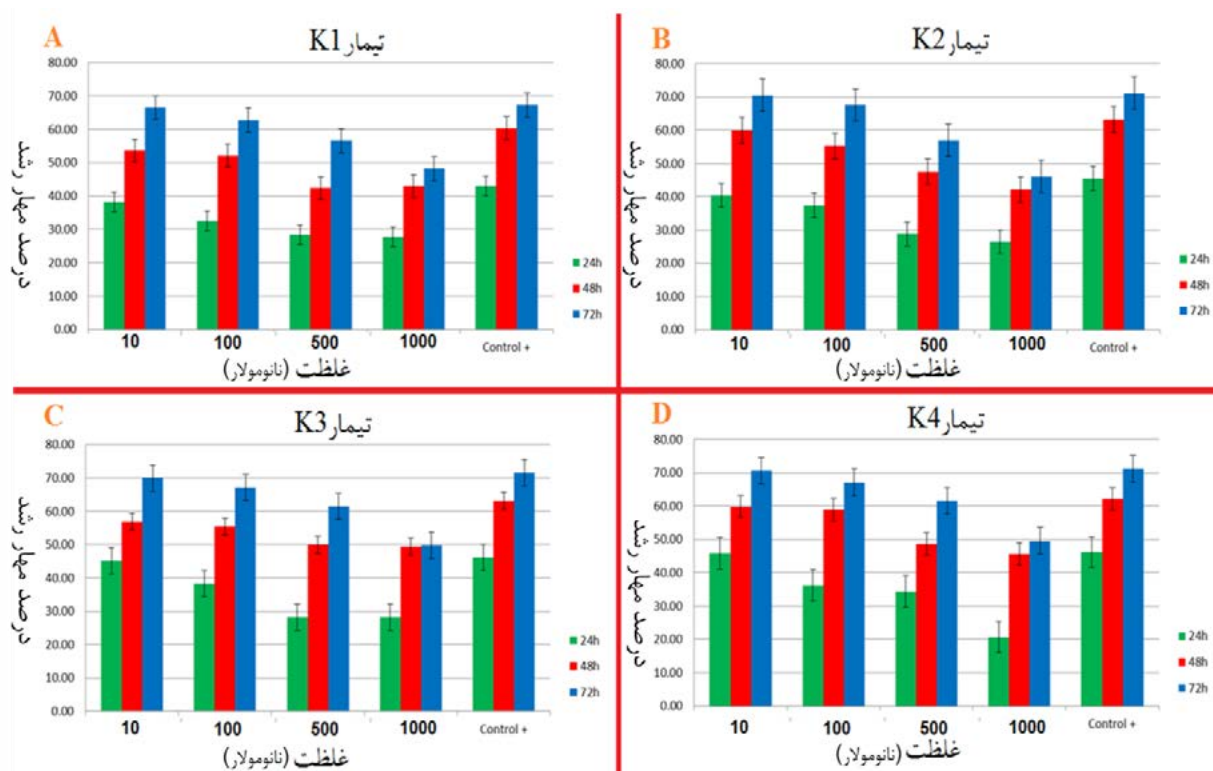
² Growth inhibition



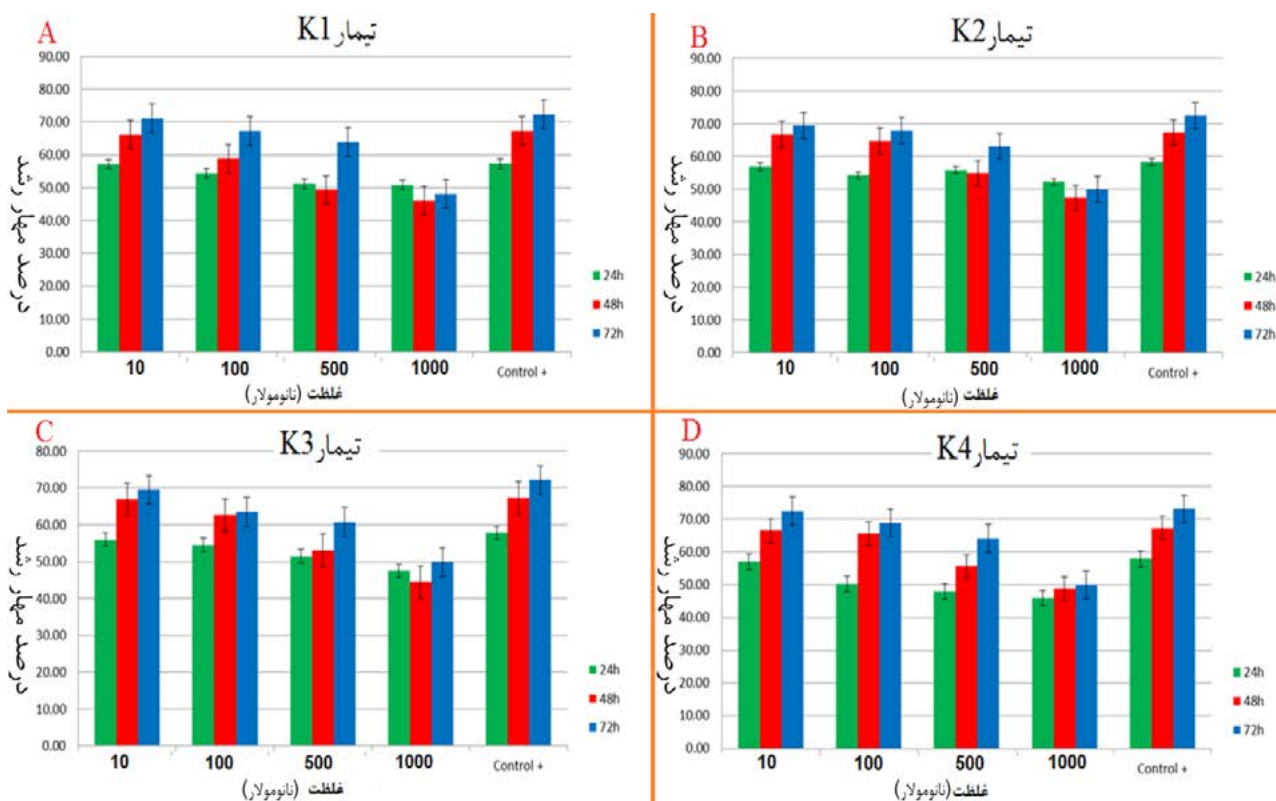
شکل ۲: A) نمودار میله‌ای اثر ترکیب K1 بر روی سلول‌های HFF در غلظت‌های تعریف شده در ساعت‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ بعد از کشت. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی‌دار بود. B) نمودار میله‌ای اثر ترکیب K2 بر روی سلول‌های HFF در غلظت‌های تعریف شده در ساعت‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ بعد از کشت. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی‌دار بود. C) نمودار میله‌ای اثر ترکیب K3 بر روی سلول‌های HFF در غلظت‌های تعریف شده در ساعت‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ بعد از کشت. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی‌دار بود. D) نمودار میله‌ای اثر ترکیب K4 بر روی سلول‌های HFF در غلظت‌های تعریف شده در ساعت‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ بعد از کشت. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی‌دار بود.



شکل ۳: (A) - نمودار میله‌ای اثر ترکیب K1 بر روی درصد مهار رشد و نمو سلول‌های سرطانی MCF-7 در غلظت‌های تعریف شده در ساعت‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ بعد از کشت. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی‌دار بود. (B) - نمودار میله‌ای اثر ترکیب K2 بر روی درصد مهار رشد و نمو سلول‌های سرطانی MCF-7 در غلظت‌های تعریف شده در ساعت‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ بعد از کشت. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی‌دار بود. (C) - نمودار میله‌ای اثر ترکیب K3 بر روی درصد مهار رشد و نمو سلول‌های سرطانی MCF-7 در غلظت‌های تعریف شده در ساعت‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ بعد از کشت. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی‌دار بود. (D) - نمودار میله‌ای اثر ترکیب K4 بر روی درصد مهار رشد و نمو سلول‌های سرطانی MCF-7 در غلظت‌های تعریف شده در ساعت‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ بعد از کشت. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی‌دار بود.



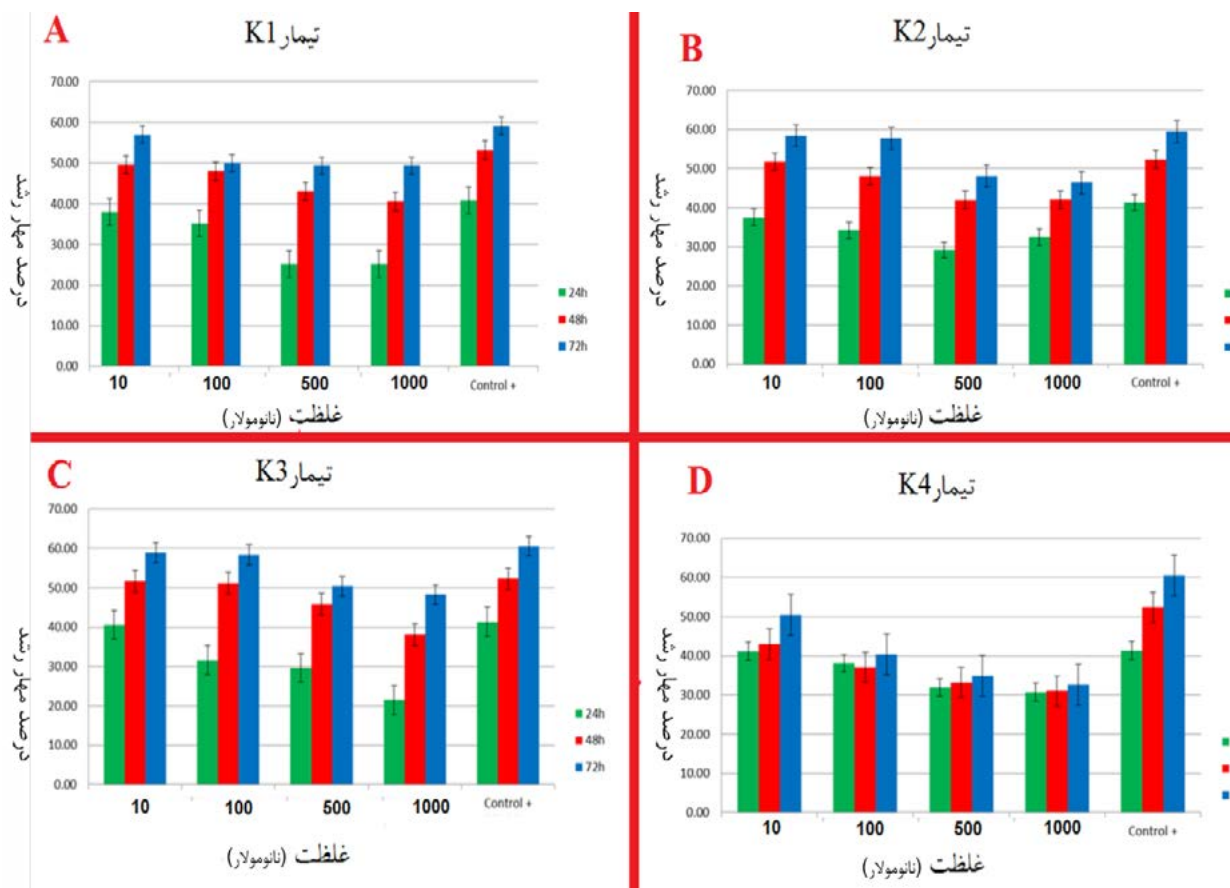
شکل ۴: (A) - نمودار میله‌ای اثر ترکیب K1 بر روی درصد مهار رشد و نمو سلول‌های سرطانی MDA-MB-231 در غلظت‌های تعریف شده در ساعت‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ بعد از کشت. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی‌دار بود. (B) - نمودار میله‌ای اثر ترکیب K2 بر روی درصد مهار رشد و نمو سلول‌های سرطانی MDA-MB-231 در غلظت‌های تعریف شده در ساعت‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ بعد از کشت. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی‌دار بود. (C) - نمودار میله‌ای اثر ترکیب K3 بر روی درصد مهار رشد و نمو سلول‌های سرطانی MDA-MB-231 در غلظت‌های تعریف شده در ساعت‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ بعد از کشت. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی‌دار بود. (D) - نمودار میله‌ای اثر ترکیب K4 بر روی درصد مهار رشد و نمو سلول‌های سرطانی MDA-MB-231 در غلظت‌های تعریف شده در ساعت‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ بعد از کشت. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی‌دار بود.



شکل ۵: (A) - نمودار میله‌ای اثر ترکیب K1 بر روی درصد مهار رشد و نمو سلول‌های سرطانی MOLT-4 در غلظت‌های تعریف شده در ساعت‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ بعد از کشت. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی‌دار بود. (B) - نمودار میله‌ای اثر ترکیب K2 بر روی درصد مهار رشد و نمو سلول‌های سرطانی MOLT-4 در غلظت‌های تعریف شده در ساعت‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ بعد از کشت. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی‌دار بود. (C) - نمودار میله‌ای اثر ترکیب K3 بر روی درصد مهار رشد و نمو سلول‌های سرطانی MOLT-4 در غلظت‌های تعریف شده در ساعت‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ بعد از کشت. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی‌دار بود. (D) - نمودار میله‌ای اثر ترکیب K4 بر روی درصد مهار رشد و نمو سلول‌های سرطانی MOLT-4 در غلظت‌های تعریف شده در ساعت‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ بعد از کشت. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی‌دار بود.

گذشت زمان افزایش قابل ملاحظه در درصد مهار رشد دیده نمی‌شود (شکل ۵).

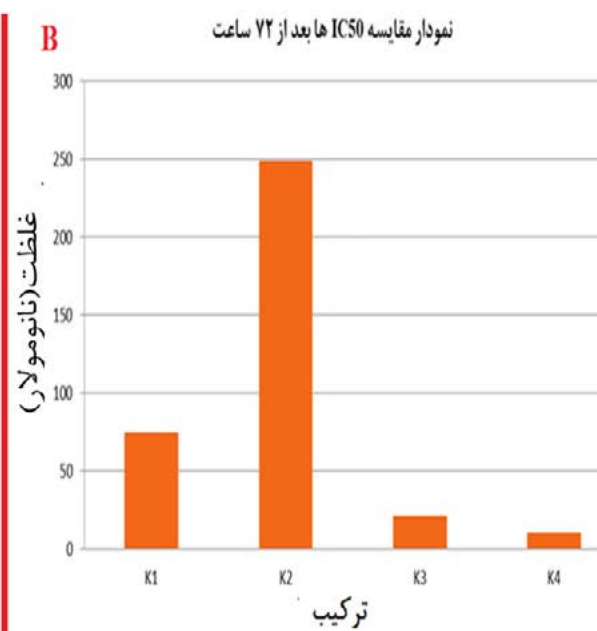
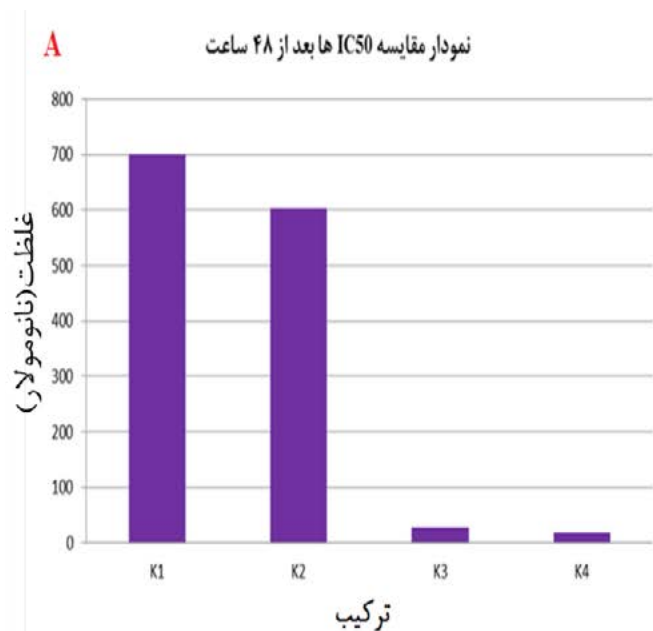
ارزیابی تأثیر K1 بر روی سلول‌های سرطانی پروستات انسان PC-3 نشان می‌دهد (شکل ۶) که درصد مهار رشد این ترکیب با افزایش غلظت (از C1 به C4) و گذشت زمان افزایش می‌یابد که این نشان دهنده اثر سمیت این ترکیب بر روی رشد سلول‌های سرطانی PC-3 است. روند مشابهی را برای مشتق‌های پیریدوپیریمیدینی K2، K3 و K4 می‌توان مشاهده کرد. در رابطه با بررسی اثر ترکیب K4 بر روی رده سلولی سرطانی PC-3 با گذشت زمان روند درصد رشد با شیب کم افزایش یافته است که می‌توان نتیجه گرفت میزان جذب این ترکیب در زمان‌های آغازین ماکزیمم بوده و با



۶. A) - نمودار میله‌ای اثر ترکیب K1 بر روی درصد مهار رشد و نمو سلول‌های سرطانی PC-3 در غلظت‌های تعریف شده در ساعت‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ کشت. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی‌دار بود. B) - نمودار میله‌ای اثر ترکیب K2 بر روی درصد مهار رشد و نمو سلول‌های سرطانی در غلظت‌های تعریف شده در ساعت‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ بعد از کشت. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی‌دار بود. C) - نمودار میله‌ای اثر ترکیب K3 بر روی درصد مهار رشد و نمو سلول‌های سرطانی PC-3 در غلظت‌های تعریف شده در ساعت‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ بعد از کشت. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی‌دار بود. D) - نمودار میله‌ای اثر ترکیب K4 بر روی درصد مهار رشد و نمو سلول‌های سرطانی PC-3 در غلظت‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ بعد از کشت. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی‌دار بود.

افزایش زمان مقدار IC_{50} کاهش می‌یابد، همچنین ترکیب‌های پیریدوپیریمیدینی با استخلاف‌های نیترو فنیل و متوکسی فنیل سمیت بیش‌تری بر این رده سلولی سرطانی نشان دادند. مقادیر IC_{50} برای K3 و K4 در ۷۲ ساعت به ترتیب ۲۱ و ۱۱ نانومولار به‌دست آمد. (شکل ۶)

لمه این مطالعه برای به‌دست آوردن مقداری از ترکیب که درصد سلول‌ها رو از بین می‌برد، IC_{50} محاسبه گردید، این کار ۲۰۰ ماکرولیتر از سوسپانسیون سلولی حاوی ۱ سلول به هرچاهک از پلیت ۹۶ خانه اضافه گردید، چهار غلظت ۵، ۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ نانومولار و پیریمیدینی به چاهک‌ها اضافه و در بازه‌های زمانی ۲۴، ۷۲ ساعت میزان جذب اندازه‌گیری، سپس با رسم ی خطی بر اساس فاکتورهای غلظت، تعیین شیب عرض دأ، با قرار دادن در معادله خط درصد مهار رشد سلولی به گردید. برای سلول سرطانی MCF-7 نشان داد که با



شکل ۷: A)- نمودار مقایسه IC50 های سلول های سرطانی MCF-7 تحت تاثیر ترکیب های مختلف پیریدوپیریمیدینی K1, K2, K3 و K4, ۴۸ ساعت بعد از تیمار. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی دار بود. B)- نمودار مقایسه IC50 های سلول های سرطانی MCF-7 تحت تاثیر ترکیب های مختلف پیریدوپیریمیدینی K1, K2, K3 و K4, ۷۲ ساعت بعد از تیمار. تفاوت تیمارها نسبت به کنترل با $P \text{ value} < 0.05$ معنی دار بود.

رده سلول سرطانی پروستات دارای کمترین سمیت بوده، به-طوری که برای دو ترکیب K1 و K4 در ۴۸ ساعت IC50 قابل محاسبه نبود، در رابطه با K3 با دارا بودن IC50 معادل ۴۱ نانومولار نسبت به سایر ترکیب ها در ۷۲ ساعت نسبت به رده سلول سرطانی PC-3 قدرت مهارکنندگی بیشتری از خود نشان داد.

بحث

خاصیت ضد سرطانی داروهای رایج برای درمان سرطان از چندین سال قبل مشخص شده است، به تازگی پیدا کردن داروهای جدید بر پایه ترکیب های سنتزی با سازگاری مناسب جهت درمان سرطان از اهمیت بالایی برخوردار است. هدف ما در این مطالعه ارزیابی اثر ضد سرطانی چهار ترکیب پیریمیدین سنتزی با استخلاف های مختلف بر روی رده سرطانی است. نتایج پژوهش ما نشان داد این ترکیب ها در کمترین بازه زمانی و با غلظت های مشخص دارای اثر مهار رشد بر روی سلول های سرطانی هستند، مطالعه های قبلی نشان

در رابطه با رده سلولی MDA-MB-231 نتایج نشان داد که با افزایش زمان مقدار IC50 کاهش و در بازه های زمانی ۴۸ و ۷۲ ساعت K3 دارای کمترین مقدار IC50 بود، این نشان می دهد مشتق پیریدوپیریمیدینی با استخلاف نیترو فینیل دارای سمیت سلولی بیشتری نسبت به سایر ترکیب های سنتزی در برابر رده سلول سرطانی MDA-MB-231 است. مقادیر IC50 برای این ترکیب در دوبازه زمانی مورد نظر به-ترتیب ۲۱ و ۱۱ نانومولار نشان داد.

در رابطه با رده سلولی MOLT-4 نتایج نشان داد که با افزایش زمان مقدار IC50 کاهش می یابد، و ترکیب K4 با ۱۳ نانومولار در ۴۸ ساعت دارای کمترین مقدار IC50 است که با گذشت زمان این غلظت کاهش می یابد، بنابراین مشتق پیریدوپیریمیدینی با استخلاف نیترو فینیل دارای سمیت سلولی بیشتری نسبت به سایر ترکیب های سنتزی در برابر رده سلول سرطانی MOLT-4 است، در ادامه بررسی روی سلول سرطانی PC-3 نشان داد که مواد شیمیایی سنتزی بر روی

بر روی سلول‌های اپیتلیال آدنوکارسینوم انسان (A549)، سلول‌های لوسمی پرومی لوسیتیک^۳ انسان (HL-60)، سرطان معده انسان (BGC-823) و رده سلول سرطانی هیپاتوم انسانی (SMMC-7721) مورد ارزیابی قرار دادند. ترکیب‌های با استخلاف‌های نیتروبنزیلی و هالوبنزیلی (فلوئور و برم) بیش‌ترین اثر سمیت بر روی این چهار رده سلول سرطانی را از خود نشان دادند. مکانیسم اثر گزارش شده توسط این گروه، بازدارندگی آنزیم Top 1 در مرحله تکثیر سلولی است (۱۷،۱۸). در راستای این مطالعه نتایج ما نشان داد که ترکیب‌های پیریمیدینی که حاوی استخلاف‌های برم به تنهای هستند دارای بیش‌ترین تأثیر در غلظت‌های معقول وزمان‌های مشخص بر کاهش رشد سلول‌های سرطانی سینه هستند و از طرفی بر روی سلول‌های نرمال در این غلظت‌ها اثر سمیت نشان ندادند.

در مطالعه‌ای Smaill و همکاران مشتقات ۶- و ۷- آکریل امید از ۴-فنیل آمینو کوئینوزالین و پیریدوپیریمیدین‌ها را سنتز کردند و تأثیر سمیت سلولی این ترکیب‌های را بر روی رده سلول سرطان سینه MDA-MB-453 را بررسی کردند. این گروه تحقیقاتی نشان دادند که تمامی ۶-آکریل آمیدها از ۷-آکریل آمیدها سمیت بیش‌تری داشته و احتمال دادند که در بین پیریدوپیریمیدین‌ها، پیریدو [d-۴و۳] پیریمیدین نسبت به پیریدو [d-۳و۲] پیریمیدین بیش‌ترین قابلیت بازدارندگی آنزیم‌های کیناز تیروزین مربوطه را دارد (۱۹). نتایج پژوهش ما تأثیر پیریدوپیریمیدین‌ها بر روی این رده سرطانی سینه را نشان داد و این نتایج قبلی که بر اساس احتمال بود را تأیید کرد. Font و همکاران مشتق‌های ۲و۴-دی‌آمینوپیریدو [۳و۲-] d پیریمیدین را سنتز کردند و نشان دادند که این ترکیب‌ها خاصیت سیتوتوکسیک و القا کننده آپوپتوز را از خود نشان می‌دهند. این ترکیب‌ها در شرایط *in vitro* بر روی سه رده سلول تومور (سینه MDA-MB-231، مثانه T-24 و روده بزرگ HT-29) بررسی کردند و فعالیت سری کوئینوزالین و پیریدو [d-۳و۲] پیریمیدین را مقایسه کردند. نتایج این تحقیقات نشان داد که حضور خانواده پیریدوپیریمیدین تأثیر

داده پیریمیدین‌ها دارای اثر ضد سرطانی است. از کاربردهای در نظر گرفته برای پیریمیدین‌ها در زمینه علوم پزشکی می‌توان به مواردی از جمله اثر آن بر پیشرفت سرطان، محافظت از DNA در برابر آسیب اکسیداتیو، غیرفعال‌سازی متابولیسم کارسینوژن، مهار آنژیوژنز، سم‌زدایی، جلوگیری از رشد سلولی و القای سیتوتوکسیسیتی سلولی اشاره کرد. فعالیت آنتی-اکسیدانی این ترکیب‌ها ناشی از ظرفیت بالای آن‌ها در انتقال الکترون‌ها، شلاته کردن یون‌های آهن و روبش گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن است (۱۴،۱۳). هم‌اکنون تمرکز زیادی بر روی جداسازی این ترکیب‌ها به‌طور طبیعی و نیز تولید سنتتیک آن‌ها وجود دارد. در سنتز این ترکیب‌ها یکی از اهداف مورد توجه اضافه کردن استخلاف به این ترکیب‌ها جهت بازدهی بالای آنهاست. انتخاب این استخلاف‌ها براساس مطالعه‌ای انجام شده در این زمینه‌ها است در مطالعه‌ای مشخص شده است که حضور استخلاف ۳-متوکسی در ساختار این ترکیب‌های حلقوی در ایفای نقش آن به‌عنوان یک عامل ضد وپروسی بسیار مؤثر است (۱۵). هم‌چنین احتمال داد شده که استخلاف‌های کلر و برم این ترکیب‌ها -در بروز خاصیت ضد سرطانی بودن آن مؤثر است (۱۶). در این راستا و با توجه به پژوهش‌های پیشین که بر روی ترکیب‌های پیریدوپیریمیدینی صورت گرفته بود، به سنتز چهار ترکیب جدید پیریدوپیریمیدینی پرداختیم. در این ترکیب‌ها از استخلاف‌هایی نظیر برم، متوکسی و نیتروفنیل استفاده شد که پیش‌تر به‌عنوان یک استخلاف مهم و تأثیرگذار در سمیت مشتق‌های پیریدوپیریمیدینی عنوان شده بودند. هم‌چنین از استخلاف‌های دیگری نظیر تیومتیل نیز استفاده شد تا اثر آن‌ها بر سمیت سلول‌های سرطانی بررسی گردد. این ترکیب‌ها بسته به امکانات آزمایشگاهی با خلوص بالا سنتز شدند. ترکیب‌ها مختلف پیریدوپیریمیدین سنتزی و هم‌چنین غلظت‌های متفاوت آن‌ها بر روی رشد و تکثیر سلول‌های نرمال HFF و سلول‌های سرطانی MCF-7، MDA-MB-231، MOLT-4 و PC-3 بررسی شد. دلیل انتخاب سلول‌های سرطانی، در دسترس بودن و قابلیت مقایسه آن با کارهای پیشین در این زمینه بود، در مطالعه‌ای Zhang و همکاران از مشتقات ۳-بنزوهتروسیکل پیریدوپیریمیدین را طراحی و سنتز کردند. این گروه فعالیت ضد تکثیری ۱۳ ترکیب جدید سنتزی

³ promyelocytic

معنی داری برسرطان دارد (۲۰). مطالعه حاضر این نتایج را بر روی رده های سلولی سرطانی تأیید کرد و هم چنین دوزهای مصرفی از این ترکیب ها بدون داشتن اثر سمیت بر روی سلول های نرمال را نشان داد. در این مطالعه اگر چه طرح آزمایش تا حدودی براساس مطالعه های گزارش شده قبلی طراحی گردید، اما به توجه به این که استفاده از این ترکیب های پیریدوپیریمیدینی سنتزی K1, K2, K3, K4 با استخلاف های موردنظر تا به امروز گزارش نشده اند، به این دلیل امکان مقایسه دقیق پژوهش فراهم نبود، با این حال گزارش های مختلفی از مشتق های مختلف پیریمیدین ها و به طور اختصاصی پیریدوپیریمیدین ها در مقابله با سرطان شده است و اثر بازدارندگی و ضد سرطانی آن ها را به اثبات رسانده اند. مقاله های مختلفی در کنار بررسی اثر سایتوتوکسیک ترکیب های پیریدوپیریمیدینی، به بررسی مکانیسم های احتمالی اثر این ترکیب ها پرداخته اند و فرضیه هایی را در این زمینه بیان نموده اند (۲۱). هم چنین تعدادی از پژوهش ها به بررسی محل اثر این ترکیب ها در چرخه سلولی پرداخته اند و آن ها نیز به نقطه نظرهای مشترکی رسیده اند. در این مطالعه نشان داده شد ترکیب پیریمیدین سنتزی حاوی گروه عاملی برم نسبت به سایر مشتق های در غلظت ۱۰۰۰ نانومولار نقش مؤثری در کاهش رشد سلول های سرطانی از جمله سرطان سینه MCF-7 ایفا می کند. این نتایج با کار تحقیقاتی Fadhil Lafta و همکاران تطابق دارد. اگرچه در مطالعه در مقایسه با این مطالعه بر روی رده های مختلف سرطان سینه و حتی سلول های نرمال انجام گرفت. این گروه در پژوهشی اثر سمیت مشتق برم دار کوئینازولین بر روی رده سلول سرطانی MCF-7 با $IC_{50}=6$ میکرومول بر لیتر را نشان دادند، می توان نتیجه گرفت ترکیبی K1 با استخلاف فنیل برومید دارای کم ترین اثر بازدارندگی رشد سلول های سرطان سینه MDA-MB-231 است. تحقیقات مشابه نیز روند بازدارندگی رشد سلول های سرطانی MDA-MB-231 با استفاده از مشتق اسکافولدی پیریدوپیریمیدین را نشان داده اند. این ترکیب ها منجر به توقف چرخه سلولی G1-phase در رده سلول سرطان سینه می شوند و آپوپتوز را آغاز می کنند (۲۲). تومورزایی به دلیل رشد بی رویه و کنترل نشده سلول های سرطانی صورت می گیرد، از عوامل اصلی آن بیان بیش از حد فاکتورهای رشد

و هم چنین مهار آپوپتوز است. مسیر سیگنال دهی PIK3^۴ یکی از مهم ترین مسیرها در القاء بیان بیش از حد فاکتورهای رشد است. در مطالعه های مختلف گزارش شده که پیریدوپیریمیدینی می توانند با اثر بر مسیر مربوطه رشد سلول های سرطانی را متوقف کنند. در این پژوهش درصد مهار رشد سلول های تحت تأثیر این ترکیب های سنتزی محاسبه شد، که در بین این ترکیب ها اثر K3 بسیار مشهودتر بود. اگرچه سایر ترکیب ها هم دارای اثر سمیت بر روی سلول ها هستند. به عنوان مثال در سلول سرطانی MCF-7 اثر ترکیب K3 در غلظت ۵۰ نانومولار با ترکیب K1 و K2 در غلظت ۵۰۰ نانومولار مشابه است. و در غلظت ۵۰۰ با ترکیب K4 کمابیش مشابه است. هرچند به احتمال عوامل شناخته شده و ناشناخته بسیاری می توانند این تغییرها را در مورد این مواد به وجود آورند، اما به نظر می رسد این اثرها، با ساختار شیمیایی این مواد ارتباط مستقیم داشته باشند. همان طور که پیش تر به آن اشاره شد، ساختار شیمیایی K3 دارای گروه نیترو متصل به حلقه فنیلی در زنجیره جانبی خود است در حالی که ترکیب K1 در زنجیره جانبی خود دارای برم است. نکته دیگری که در نتایج بایستی مورد توجه قرار گیرد، میزان خلوص ترکیب های سنتز شده است میزان خلوص این ترکیب ها تا حدودی با هم متفاوت است و این مطلب بایستی در آنالیز و مقایسه اثر آن ها در نظر گرفته شود. به طور کلی نتایج این پژوهش با توجه به کارهای مشابه در این زمینه نشان می دهد مشتق های پیریدوپیریمیدینی تازه سنتز شده در مورد سلول های سرطانی MCF-7، MDA-MB-231، MOLT-4، PC-3 و سلول های نرمال HFF تأییدی بر اثر عمومی مشتق های پیریدوپیریمیدینی بر روی سلول های سرطانی هستند. به طور کلی این ترکیب ها موجب رشد سلول های طبیعی و مرگ سلول های سرطانی می شوند که تأییدی بر مطالعه های انجام گرفته در این زمینه است. نتایج این مطالعه و نتایج به دست آمده از پژوهش های دیگر صورت گرفته در سراسر دنیا، استفاده از مشتق های پیریدوپیریمیدینی را در درمان سرطان بسیار مؤثر دانسته و می توان آن را جایگزین بسیاری از روش های پرهزینه و دارای عوارض جانبی نمود تا به این ترتیب گام

⁴ Phosphoinositide 3-kinase

مهمی در درمان سرطان به عنوان یکی از شایع ترین و کشنده ترین بیماری ها برداشته شود.

نتیجه گیری

در این مطالعه مقایسه بین نتایج نشان داد درصد مهار رشد سلول های سرطانی تیمار شده با⁵K1 در غلظت ۱۰۰۰ نانومولار در بازه های زمانی مورد مطالعه از سایر مشتق های پیریدوپیریمیدین بیش تر بوده است؛ بنابراین گروه عاملی بروماید توانسته نسبت به سایر مشتق های آن در غلظت ۱۰۰۰ نانومولار نقش مؤثرتری بر کاهش رشد سلول های سرطانی مختلف ایفا کند. نتایج این مطالعه تأثیر این ترکیب های سنتزی بر روی رده های سلولی سرطانی را نشان داد، و استفاده از این ترکیب ها را در علوم پزشکی و داروسازی به عنوان دآوری جایگزین یا مکمل سایر درمان های معمول در جهت پیش گیری و درمان بسیاری از بیماری های از جمله سرطان را حمایت می کند.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود می دارند که از زحمات های پرسنل بانک خون استان یزد و همچنین از سرکار خانم المیرا شیوخی دانشجویی ارشد ژنتیک دانشگاه تهران مرکز برای ویرایش مقاله تقدیر نماید.

⁵ K1(8,8-dimethyl-2-(methylthio)-5-phenyl-7,8,9,10-tetrahydropyrimido[4,5-b]quinolone 4,6(3H,5H)-dione)

- 1- Ormel HL, van der Schoot GG, Sluiter WJ, Jalving M, Gietema JA, Walenkamp AM. Predictors of adherence to exercise interventions during and after cancer treatment: a systematic review. *Psycho-oncology*. 2018; 27(3):713-24.
- 2- Font M, González Á, Palop JA, Sanmartín C. New insights into the structural requirements for pro-apoptotic agents based on 2, 4-diaminoquinazoline, 2, 4-diaminopyrido [2, 3-d] pyrimidine and 2, 4-diaminopyrimidine derivatives. *Eur J Med Chem*. 2011; 46(9):3887-99.
- 3- Thallinger C, Füreder T, Preusser M, Heller G, Müllauer L, Höller C, et al. Review of cancer treatment with immune checkpoint inhibitors. *Wiener Klinische Wochenschrift*. 2018; 130(3-4):85-91.
- 4- Buron F, Mérour JY, Akssira M, Guillaumet G, Routier S. Recent advances in the chemistry and biology of pyridopyrimidines. *Eur J Med Chem*. 2015; 5(95):76-95.
- 5- Irwin WJ, Wibberley DG. Pyridopyrimidines: I, 3, 5-, I, 3, 6-, I, 3, 7-, and I, 3, 8-Triazanaphthalenes. *J. Am. Chem.* 1969 ;(10):149-198.
- 6- Mohana R, Selvara J, Rajesh S. Synthetic chemistry of pyrimidines and fused pyrimidines: a review. *S C*. 2016; 46(8):645-672
- 7- Estrada E, Peña A. In silico studies for the rational discovery of anticonvulsant compounds. *Bioorg Med Chem*. 2000; 8(12):2755--2770.
- 8- Mancini A, Fallacara AL, Zamperini C, Iovenitti G, Molinari A, Rango E, et al. Preclinical development of novel pyrazolo [3, 4-d] pyrimidines structure-based TKIs for the treatment of glioblastoma. *Cancer Research AACR*. 2019; 79(13):2201-2201.
- 9- Yeh HW, Lee SS, Chang CY, Hu CM, Jou YS. Pyrimidine metabolic rate limiting enzymes in poorly-differentiated hepatocellular carcinoma are signature genes of cancer stemness and associated with poor prognosis. *Oncotarget*. 2017; 8(44):77734.
- 10- Brown DJ. *Fused Pyrimidines, Part 3: Pteridines*. John Wiley & Sons; 2009.
- 11- Katritzky AR, Rees CW, Scriven EF V. *Comprehensive Heterocyclic Chemistry II: A Review of the Literature*. 2nd Ed; 1982-1995.
- 12- Chen S, Ding S, Yin Y, Xu L, Li P, Peppelenbosch MP, Pan Q, Wang W. Suppression of pyrimidine biosynthesis by targeting DHODH enzyme robustly inhibits rotavirus replication. *Antiviral research*. 2019 ;(167):35-44.
- 13- Baroniya S, Anwer Z, Sharma PK, Dudhe R, Kumar N. Recent advancement in imidazole as anticancer agents: A review. *Der Pharmacia Sinica*. 2010; 1(3):172-82.
- 14- Klyba L V, Nedolya NA, Tarasova OA, Sanzheeva ER. Mass spectra of new heterocycles: XII. Main fragmentation pathways of the molecular ions of 5-methylsulfanyl-1-vinyl-1H-pyrrol-2-amines under electron impact and chemical ionization. *Russ J Org Chem*. 2014; 50(1):35-44.
- 15- Dansena H, Dhongade HJ, Chandrakar K. Pharmacological potentials of pyrimidine derivative: a review. *Asian J Pharm Clin Res*. 2015; 8(4):171-177.
- 16- Singh B, Sharma V, Singh G, Kumar R, Arora S, Ishar MP. Synthesis and in vitro cytotoxic activity of chromenopyridones. *Int J Med Chem*. 2013; 2013: 984329.

- 17- Zhang JP, Huang J, Liu C, Lu XF, Wu BX, Zhao L, et al. Discovery of a series of pyridopyrimidine derivatives as potential topoisomerase I inhibitors. *Chin Chem Lett*. 2014; 25(7):1025-8.
- 18- Li Z, Ding L, Wang Z, Suo F, Shen D, Zhao T, et al. Development of the triazole-fused pyrimidine derivatives as highly potent and reversible inhibitors of histone lysine specific demethylase 1 (LSD1/KDM1A). *Acta Pharmaceutica Sinica B*. 2019; 9(4):794-808
- 19- Smaill JB, Palmer BD, Rewcastle GW, Denny WA, McNamara DJ, Dobrusin EM, et al. Tyrosine kinase inhibitors. 15. 4-(Phenylamino) quinazoline and 4-(phenylamino) pyrido [d] pyrimidine acrylamides as irreversible inhibitors of the ATP binding site of the epidermal growth factor receptor. *J Med Chem*. 1999; 42(10):1803-15.
- 20- Desideri N, Conti C, Sestili I, Tomao P, Stein ML, Orsi N. Synthesis and evaluation of anti-rhinovirus 1B activity of oxazolinyl-isoflavans and-3 (2H)-isoflavones. *Antivir Chem Chemother*. 1992; 3(4):195-202.
- 21- Wan QL, Meng X, Fu X, Chen B, Yang J, Yang H, et al. Intermediate metabolites of the pyrimidine metabolism pathway extend the lifespan of *C. elegans* through regulating reproductive signals. *Aging (Albany NY)*. 2019; 11(12):3993.
- 22- Saurat T, Buron F, Rodrigues N, De Tauzia ML, Colliandre L, Bourg S, et al. Design, synthesis, and biological activity of pyridopyrimidine scaffolds as novel PI3K/mTOR dual inhibitors. *J Med Chem*. 2014; 57(3):613-31.

