

خالص سازی و بررسی خواص سینتیکی آنزیم هیستامیناز از گونه خلر (*Lathyrus sativus*) با استفاده از کروماتوگرافی تعویض آنیون

مسعود علیرضایی^{۱*}، آزاده خونساری^۲، شیما نعمتی^۲، نجمه خلیقیان^۳، کتایون جاوید نیا^۳

۱- بخش بیوشیمی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

۲- مرکز تحقیقات داروهای گیاهی رازی، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم آباد، ایران

۳- مرکز تحقیقات شیمی و فراورده های دارویی دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

یافته / دوره چهاردهم / شماره ۲ / بهار ۹۱ / ویژه نامه گیاهان دارویی

چکیده

دریافت مقاله: ۹۰/۱۱/۱۲، پذیرش مقاله: ۹۱/۱/۱۲

*** مقدمه:** مسمومیت با هیستامین به طور مستقیم در ارتباط با نگهداری نامناسب غذاها می باشد. دی آمین اکسیداز، دامیناسیون اکسیداتیو هیستامین و آمین های بیوژنیک دیگر مانند کاداورین و پوترسین را کاتالیز می کند. دی آمین اکسیدازهای گیاهی پراکندگی زیادی در خانواده لگومینه مانند نخود، خلر و ماش دارند. به این دلیل، این مطالعه انجام گرفت تا خالص سازی و خواص کینتیکی آنزیم هیستامیناز از جوانه های خلر آزمایش گردد.

*** مواد و روش ها:** خالص سازی آنزیم بوسیله روش انجام شده فدریکو و همکاران با یکسری تغییرات بود. به طور کوتاه، با استفاده از رسوب دادن بوسیله سولفات آمونیوم، دیالیز علیه بافر پتاسیم ۵۰ میلی مولار $\text{pH}=7$ به مدت ۱۸ ساعت، تغلیظ بوسیله کیسه های دیالیز بر روی پلی اتیلن گلیکول، گذاشتن روی ستون DEAE-52 سفادکس که قبلاً با بافر فسفات پتاسیم ۱۵ میلی مولار و $\text{pH}=5/5$ به تعادل رسیده بود حاوی یک میکرومول CuCl_2 و در نهایت آنزیم با افزایش شیب نمک در $0/2 \text{ M}$ خارج گردید. هموژنوسیت آنزیم بوسیله تکنیک SDS-PAGE در هر مرحله تأیید شد و فعالیت دی آمین اکسیداز بوسیله اسپکتروفتومتر مشخص گردید.

*** یافته ها:** فعالیت ویژه آنزیم نهایی خالص شده برای سوبسترای هیستامین 50 واحد در میلی گرم پروتئین یادداشت شد و خواص کینتیکی آنزیم ($K_m=2/5$ ، $V_{\max}=3/05$) و هموژنوسیتی آنزیم خالص شده بوسیله SDS-PAGE در ناحیه 72 کیلو دالتون نشان داده شد.

*** بحث و نتیجه گیری:** در مجموع آنزیم هیستامیناز گیاهی به عنوان یک آنزیم جدید در پیشگیری از مسمومیت با هیستامین امیدوار کننده است.

*** واژه های کلیدی:** هیستامیناز، کینتیک آنزیمی، *Lathyrus sativus*

آدرس مکاتبه: خرم آباد، دانشگاه لرستان، دانشکده دامپزشکی، بخش بیوشیمی
پست الکترونیک: alirezai_m54@yahoo.com

مقدمه

آمین‌های بیوژنیک بازهای آلی هستند که پراکندگی وسیعی در ارگانسیم‌های زنده، حیوانات، گیاهان، باکتری‌ها و ویروس‌ها دارند (۱). این ترکیبات شامل گروهی از آمین‌ها هستند که در بسیاری از پروسه‌های بیولوژیک درگیر بوده و از این ترکیبات دی و پلی آمین، هیستامین، آگماتین و کاتکول آمین‌ها را می‌توان نام برد. اکسیداسیون آمین‌های بیوژنیک به آمین‌های مربوطه بوسیله دو کلاس اصلی از آنزیم‌ها کاتالیز می‌گردد که براساس طبیعت شیمیایی کوفاکتورشان گروه بندی می‌شوند. ۱- آمین اکسیدازهای حاوی مس که ویژگی بالایی برای آمین‌های اولیه دارند ۲- آمین اکسیدازهای حاوی فلاوین که آمین‌های اولیه، ثانویه و حتی آمین‌های نوع سوم را هم کاتالیز می‌کنند. در هر دو مورد مولکول اکسیژن گیرنده الکترون است در حالیکه پراکسید هیدروژن به عنوان محصول واکنش می‌باشد (۲،۳).

دی آمین اکسیداز^۱ که همان هیستامیناز است یک آمین اکسیداز همودیمر است (Cu-AOs, E.C. 1.4.3.6) که هرکدام از زیرواحدهای آن ۹۰-۷۰ کیلودالتون وزن دارند (۴). این آنزیم حاوی یک یون مس است و در بعضی موارد واجد ۵،۴،۲-تری هیدروکسی فنیل آلانین کوئینون می‌باشد (۵). دی آمین اکسیدازها آنزیم‌هایی هستند که پراکندگی وسیعی در پستانداران دارند و پوترسین، کاداورین، آگماتین و هیستامین را اکسید می‌کنند. دی آمین اکسیدازها، دامیناسیون اکسیداتیو بسیاری از آمین‌های بیوژنیک اولیه را کاتالیز می‌کنند (۶). سطح بالایی از دی آمین اکسیداز در لایه موکوسی روده دیده شده است که گفته می‌شود به عنوان حفاظت علیه هیستامین تولیدی ناشی از مسمومیت غذایی و همچنین هیستامین تولیدی در بدن عمل می‌کند (۷-۹).

دی آمین اکسیدازها همچنین در پاسخ به شوک آنافیلاکسی در خوکیچه هندی هم استفاده شده اند (۱۰) و بر علیه آسیب ناشی از ایسکمی در قلب موش صحرایی نیز نقش حفاظتی داشته اند (۱۱). به همین دلیل دی آمین اکسیدازها جهت درمان ایسکمی میوکارد در حال حاضر استفاده می‌گردند (۱۲). اخیراً یک پتنت دارویی (N.PCT/EP01/13770) در امریکا پیشنهاد کرده که داروهایی که حاوی هیستامیناز بوده و منشا گیاهی دارند در درمان شوک آنافیلاکسی در قلب، آسم آلرژیک، شوک آلرژیک و عفونی و به طور کلی در تمام عفونت‌ها بواسطه هیستامین مانند رنیت آلرژیک و التهاب ملتحمه و درماتیت می‌توانند استفاده گردند (۱۲).

در مقایسه با پستانداران مشخص شده است که دی آمین اکسیداز گیاهان شرایط بهتری دارند از جمله این که ۱- میزان و اصطلاحاً فرکانس^۲ کاتالیزوری این آنزیم بسیار بیشتر است و فعالیت بیشتری دارد. ۲- تمایل بیشتری برای باند شدن به هیستامین دارد. ۳- بسیار پایدار است. همچنین مشخص شده است که دی آمین اکسیدازهای گیاهی در جوانه‌های در حال رشد خلر با غلظت‌هایی حدود ۴٪ از کل محتوی پروتئینی آن وجود دارند و می‌توان توسط روش‌های کروماتوگرافیک آن را خالص کرد (۱۲). بنابراین هدف از انجام این مطالعه خالص سازی و بررسی برخی خواص سینتیکی آنزیم هیستامیناز خالص شده از گونه خلر با استفاده از تکنیک‌های کروماتوگرافی تعویض یون^۳ و سدیم دودسیل سولفات-پلی اکریل آمید ژل الکتروفورز^۴ می‌باشد.

1. Diamine oxidase (DAOs)

2. Turnover

3. Ion-exchange chromatography

4. Sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel Electrophoresis (SDS-PAGE)

مواد و روش ها

آکریل آمید، N,N-متیل بیس آکریل آمید تریس^۱، اسید کلریدریک، سدیم دودسیل سولفات^۲، آمونیوم پرسولفات، N,N-تترامتیلن اتیلن دی آمین^۳، منوسدیم فسفات، گلیسرول، ۲-مرکاپتوتانل، کوماسی بریلیانت بلو^۴، اسیداستیک گلاسیال، متانول، آگار ۱٪، مارکر، رزین دی اتیل آمینواتیل سفادکس^۵، هیستامین، آمینوآنتی پیرین، ۵،۳ دی کلرو ۲-هیدروکسی بنزن سولفونیک اسید و آنزیم پراکسیداز از شرکت سیگما (امریکا) تهیه گردید. سولفات آمونیوم، کلرور مس خشک و پتاسیم دی هیدروژن فسفات از شرکت مرک (آلمان) تهیه گردیدند. بذر اصلاح شده خلر و ورمیکولایت از جهاد کشاورزی لرستان تهیه گردیدند و بقیه مواد از نوع خالص تهیه شدند. همچنین ۲ عدد ستون شیشه ای به ابعاد (۵×۳۰ cm) از شرکت های داخلی (پویش طب- ایران) فراهم گردیدند.

پس از خیساندن دانه های خلر بمدت ۱۸ ساعت، در ظروف مخصوص کشت (شانه نشاء) بوسیله ورمیکولایت کشت داده شده و به مدت ۷ روز در دمای ۲۳ درجه سانتیگراد در داخل دستگاه ژرمیناتور (Lab Tech, Korea) قرار داده شدند. خالص سازی آنزیم بر اساس روش قبلی (۱۲) با یک سری تغییرات صورت پذیرفت. به طور خلاصه، پس از برداشت ۴۰۰ گرم جوانه با محلول بافر فسفات ۵۰ میلی مولار pH=۷ با استفاده از ازت مایع بصورت دستی هموژنیزه شدند. محلول بافر حاوی ۱ میکرومول CuCl₂ جهت تامین Cu²⁺ برای کمک به عمل کاتالیزوری آنزیم بود. یک حجم از جوانه با ۴ حجم از بافر فوق کاملاً هموژنیزه شده و از پارچه عبور داده شده سپس برای از بین بردن ناخالصی ها در ۵۰۰ RPM به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ گردید (Rotofix Centrifuge 5415 R; 32A, Germany) و محلول رویی برداشته شد. با استفاده از

فرمول زیر محلول سولفات آمونیوم ۷۰٪ اشباع در دمای صفر درجه سانتیگراد تهیه گردید (۱۳).

$$\text{ml} = \frac{5}{100} \frac{(X - X_0)}{(100 - 27X)} \quad (\text{سولفات آمونیوم گرم})$$

که X درصد اشباع مورد نظر و X₀ درصد اشباع اولیه است و مطابق این فرمول ۴۴/۴۵ گرم از سولفات آمونیوم به محلول رویی از مرحله سانتریفوژ اضافه و به مدت نیم ساعت به کمک استریر در کنار یخ کاملاً مخلوط گردید و آن گاه در RPM ۱۰,۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ گردید و رسوب آن با بافر حل گردید و پس از حل شدن به مدت ۱۸ ساعت بر علیه بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی مولار و با استفاده از کیسه دیالیز cut off ۱۰ دیالیز صورت پذیرفت و آن گاه جهت تغلیظ کردن آنزیم، آب گیری با استفاده از پلی اتیلن گلیکول صورت گرفت (بمدت نیم ساعت) و محلول حاوی آنزیم تغلیظ گردید.

آماده کردن ستون کروماتوگرافی (ستون یک)

ستون شماره یک از رزین دی اتیل آمینواتیل سفادکس با استفاده از بافر فسفات ۱۵ mM و pH=۷ حاوی یک میکرومول CuCl₂ به تعادل رسید و به مدت یک شبانه روز کاملاً با بافر فوق شستشو داده شده و آنگاه نمونه تغلیظ شده بر روی ستون کروماتوگرافی ریخته شده و به صورت دستی هر بخش حاوی ۳cc از ستون کروماتوگرافی با سرعت ۱ ml/min خارج شدند و جذب لوله ها بلافاصله در طول موج ۲۸۰ نانومتر بوسیله یکدستگاه اسپکتروفتو متر (S2000 UV model; WPA, Cambridge, UK) خوانده شد. جذب های بیشتر از ۰/۱ جمع آوری شده و همه جذب های بیشتر از ۰/۱ با هم مخلوط گردید. حجم بدست آمده ۱۵۰cc بود که pH آن به ۵/۵ رسانده شد و برای ستون دوم آماده گردید (شکل ۱).

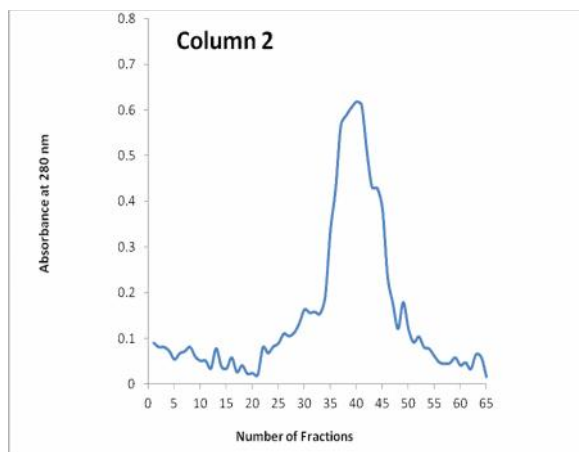
1. Tris base

2. Sodium dodecyl sulfate (SDS)

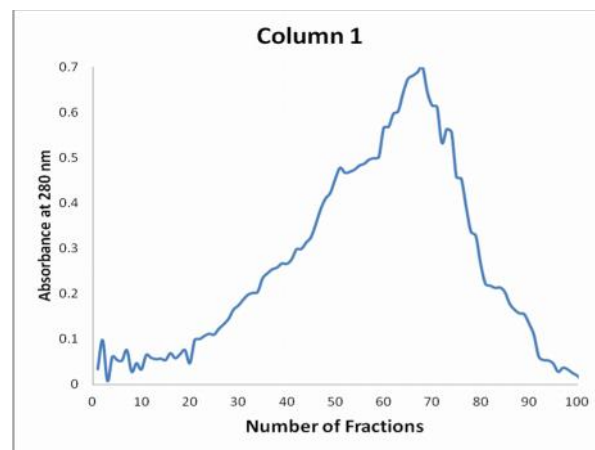
3. Tetra methyl ethylene diamine (TEMED)

4. Coomassie brilliant blue

5. DEAE-sephadex A-52



شکل شماره ۲- تغییرات جذب در طول موج ۲۸۰ نانومتر مربوط به فراکسیونهای بدست آمده از ستون ۲.



شکل شماره ۱- تغییرات جذب در طول موج ۲۸۰ نانومتر مربوط به فراکسیونهای بدست آمده از ستون ۱.

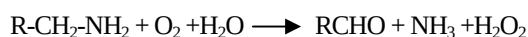
آماده کردن ستون کروماتوگرافی (ستون دو)

ستون دوم از رزین دی اتیل آمینواتیل سفادکس که قبلاً با بافر فسفات ۵۰ mM و pH=۵/۵ تهیه شده بود فراهم گردید و به مدت یک شبانه روز به کمک بافر فوق شستشو داده شد. آنگاه از فراکسیون های بدست آمده از ستون یک که pH آنها به ۵/۵ رسانده شده بود بر روی ستون کروماتوگرافی دوم ریخته شده و با سرعت ۱ ml/min بخش ها به کمک لوله های آزمایش در حجم های ۳CC جمع آوری گردیدند و همزمان جذب هر فراکسیون خوانده شد و تا زمان به صفر نزدیک شدن جذب ها ادامه داشت. سپس از شیب نمک ۰-۰/۲ مولار استفاده گردید و در غلظت بالای نمک آنزیم از ستون خارج گردید (شکل ۲). پس از بررسی فعالیت آنزیم در فراکسیون های نزدیک به هم، خالص ترین بخش ها در حضور مارکر و با استفاده از تکنیک سدیم دو دسیل سولفات- پلی اکریل آمید ژل الکتروفورز مشخص گردید.

اندازه گیری فعالیت آنزیم هیستامیناز با استفاده از

سوبسترای هیستامین

اندازه گیری فعالیت آنزیم با استفاده از روش قبلی با یک سری تغییرات صورت پذیرفت و به جای پوترسین از هیستامین به عنوان سوبسترا استفاده گردید (۱۲). به طور خلاصه اندازه گیری فعالیت آنزیم با استفاده از ضریب خاموشی مولی $10^4 \times 2/6$ M.cm و در طول موج ۵۱۵nm صورت پذیرفت و مطابق با واکنش زیر ارزیابی گردید.



در این روش محصول واکنش (آب اکسیژنه) با آنتی پیرین و ۵،۳-دی کلرو هیدروکسی بنزن سولفونیک اسید و به کمک آنزیم پراکسیداز ایجاد کمپلکس صورتی رنگ می کند که در طول موج ۵۱۵nm بیشترین جذب را دارد.

محلول های مورد نیاز جهت فعالیت آنزیم

۱- محلول A: بافر فسفات ۰/۱ مولار pH=۷ تهیه شد.

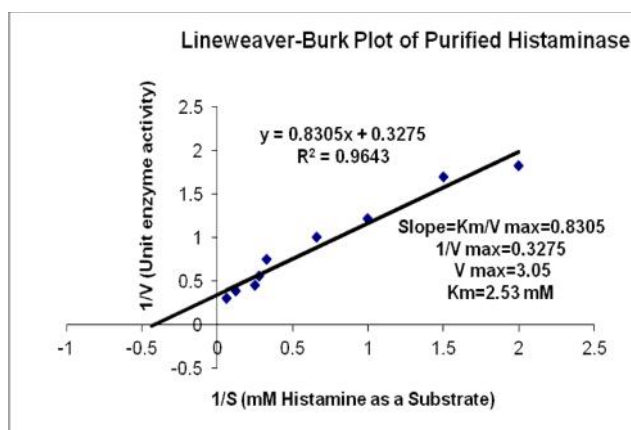
۲- محلول B (سوبسترا): پوترسین یا هیستامین با غلظت ۴mM با استفاده از محلول A آماده گردید.

۳- محلول C: آنتی پیرین با غلظت ۰/۲ mM در محلول A تهیه گردید.

نانومتر) E1 و آنزیم خارج شده از ستون ۲ بعد از شیب نمک تحت عنوان E2 با استفاده از روش فوق اندازه گیری شد.

اثر غلظت سوبسترا بر فعالیت آنزیم و تعیین K_m و V_{max}

برای بررسی غلظت سوبسترا بر فعالیت آنزیم خالص شده با توجه به اینکه غلظت سوبسترا در اندازه گیری فعالیت آنزیم ۲mM توصیه شده است (۱۲)، بنابراین از غلظت ۰/۵ mM تا ۳/۵ mM، ۰/۶۶ mM، ۱ mM، ۱/۵ mM، ۲mM، ۲/۵ mM، ۳ mM، ۴ mM استفاده گردید و محلول‌ها T1 تا T9 از هیستامین ساخته شدند و مطابق با هر کدام بلانک آنها ساخته شد (بلانک حاوی سوبسترا و بافر و آب مقطر بدون حضور آنزیم) و تغییرات جذب با استفاده از روش فوق در طول موج ۵۱۵ nm بدست آمد. برای هر غلظت از سوبسترا، ۳ تکرار پیاپی صورت گرفت و میانگین تغییرات جذب در نظر گرفته شد (شکل ۵).



شکل شماره ۵- منحنی لینیور-برک مربوط به فعالیت آنزیم هیستامیناز خالص شده از جوانه های خلر (*Lathyrus sativus*) در مقابل غلظت های مختلف از هیستامین به عنوان سوبسترا.

تکنیک SDS-PAGE

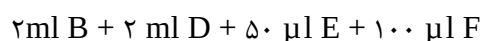
پروتئین ها در حضور سدیم دودسیل سولفات دناتوره می شوند و ثابت شده است که دترجنت یونی سدیم دودسیل سولفات جهت الکتروفورز ژل پلی اکریل آمید مناسب است. این ماده دارای بار منفی است و پروتئین ها در حضور این ماده

۴- محلول D (۵،۳ دی کلرو هیدروکسی بنزن سولفونیک اسید) با غلظت ۰/۲ mM در محلول C تهیه گردید.

۵- محلول E: آنزیم خالص شده یا آنزیم خالص تجاری از کلیه خوک (۰/۱۸ U/mg protein) با رقت ۰/۱۸ واحد در ۱۰۰ میکرو لیتر تهیه شدند.

۶- محلول F (آنزیم HRP) با غلظت ۸۰ mg/ml در محلول A (بافر فسفات) ساخته شد.

ابتدا با استفاده از آنزیم خالص تجاری واکنش آنزیمی تنظیم شده سپس بر اساس ضریب خاموشی مولی فعالیت آنزیم خالص شده در هر مرحله بدست آمد و اندازه گیری فعالیت آنزیم بر اساس فرمول روبرو صورت پذیرفت.



محلول E، آنزیم خالص هیستامیناز (تجاری) و یا آنزیم خالص شده در این مطالعه است و در نمونه بلانک بجای محلول E، ۵۰ میکرو لیتر آب مقطر استفاده گردید. پس از اضافه کردن محلول ها در لوله شیشه ای به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد در شیکر قرار گرفتند و سپس دستگاه در طول موج ۵۱۵nm با محلول بلانک صفر گردید. آن گاه جذب نمونه ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شدند و با استفاده از ضریب خاموشی ($2/6 \times 10^4 / \text{M.cm}$) میزان فعالیت آنزیم بر اساس میلی لیتر و سپس فعالیت ویژه بر اساس U/mg protein بدست آمد. طبق این روش یک واحد آنزیم میزانی از آنزیم است که در شرایط آزمایش، ۰/۱ واحد افزایش جذب در طول موج ۵۱۵ نانومتر ایجاد کند. اندازه گیری میزان پروتئین در هر مرحله با استفاده از روش لوری صورت گرفت و از سوبسترای آلومین به عنوان استاندارد استفاده گردید (۱۴). فعالیت ویژه آنزیم در مرحله قبل از ستون کروماتوگرافی (محلول دیالیز شده) E، آنزیم خارج شده از ستون ۱ (فراکسیون های با جذب بیشتر از ۰/۱ در ۲۸۰

دنا توره شده و در حضور ماده ۲-مرکاپتواتانول باند دی سولفیدیشان احیا می شود و به صورت زیر واحد ها و پلی پپتید هایی با ساختمان اولیه در می آیند. در روش SDS-PAGE پروتئین ها همه از نظر بار مثبت خنثی شده و تفکیک پروتئین ها در میدان الکتریکی فقط تحت تاثیر جرم مولکولی قرار می گیرد (۱۵).

در این مطالعه تکنیک SDS-PAGE بر اساس روش قبلی (۱۶) انجام گرفت و به طور خلاصه برای تهیه ژل پائینی از محلول ۵ درصد پلی اکریل امید استفاده گردید و محلول های لازم (A, B, C, D, FوE) استفاده شدند.

محلول A (محلول بافر نمونه): شامل ۳ میلی لیتر گلیسرول، ۰/۲ میلی لیتر بتامرکاپتواتانول و ۱۰ میلی گرم رنگ برموفنل در ۱۰ میلی لیتر آب مقطر. محلول B (محلول ژل پائینی): شامل ۱۸/۱۶۵ گرم بافر تریس، ۰/۴ گرم سدیم دودسیل سولفات و ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر می باشد و pH بوسیله اسید کلریدریک روی ۸/۸ تنظیم گردید. محلول C: شامل ۱۰۰ میلی گرم آمونیوم پرسولفات در یک سی سی آب مقطر. محلول D (محلول ژل بالایی): شامل ۶۰/۰۵ گرم بافر تریس و ۰/۴ گرم سدیم دودسیل سولفات در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر می باشد و pH آن روی ۶/۸ تنظیم گردید. محلول E (محلول ۳۰٪ اکریل آمید): این محلول شامل ۳۰ گرم اکریل آمید و ۰/۸ گرم بیس اکریل آمید در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر بود. محلول F (محلول بافر تانک): شامل ۱۵/۱۴ گرم بافر تریس، ۷۲/۰۵ گرم گلیسین و ۵ گرم سدیم دودسیل سولفات در ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر و pH روی ۸/۳ تنظیم گردید.

تهیه ژل پائینی

جهت ساخت محلول ۵ درصد: ۰/۵ میلی لیتر از محلول B، ۲/۸ میلی لیتر از محلول E، ۲/۹ میلی لیتر آب مقطر و

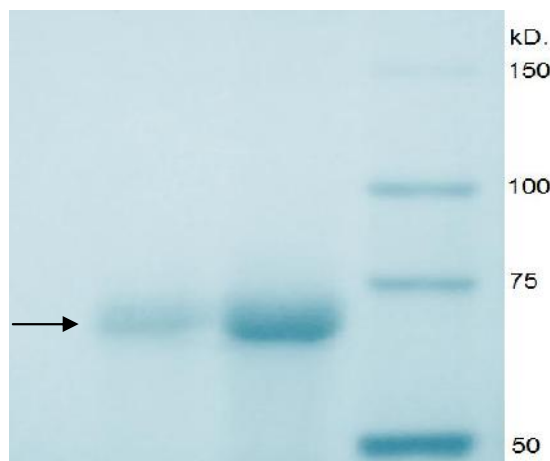
۰/۵۵ میلی لیتر گلیسرول ۶۰٪ را با هم مخلوط و درون بشر ریخته شد و سپس ۴۰ میکرولیتر از آمونیوم پرسولفات داخل بشر ریخته و بلافاصله ۱۰ میکرولیتر TEMED به آن اضافه و سپس درون قالب شیشه ای ریخته شد و بخاطر صاف شدن سطح ژل، ۲ ml الکل ایزو پروپانول روی سطح ژل ریخته شد. پس از یک ساعت، پلیمراسیون اکریل آمید در دمای آزمایشگاه به انجام رسید و ژل پائینی تهیه گردید. آن گاه محلول ایزوپروپانول از سطح ژل خالی گردید.

تهیه ژل بالایی

برای تهیه ژل بالایی ۱/۸ میلی لیتر از محلول D، ۱/۰۵ میلی لیتر از محلول E، ۴/۵ میلی لیتر آب مقطر، ۱/۳ میکرولیتر آمونیوم پرسولفات و بلافاصله ۱۰ میکرولیتر TEMED اضافه و در قالب شیشه ای بر روی ژل پائینی ریخته و بلافاصله شانه مخصوص در محلول ژل بالایی فرو برده شد. بطوری که فاصله ته چاهک تا ژل پائینی یک سانتیمتر باقیمانده و بعد از یک ساعت ژل بالایی نیز آماده شد، ژل بدست آمده جهت الکتروفورز در روز بعد مورد استفاده گردید.

نمونه گذاری و الکتروفورز

نمونه های لازم در مراحل مختلف خالص سازی که در یخچال نگهداری شده بود از نظر پروتئین به اندازه ای رقیق شدند که هر کدام ۱ mg/ml پروتئین داشته باشند و از هر نمونه به نسبت مساوی در بافر نمونه (محلول A) حل شده و جهت غیر طبیعی شدن پروتئین ها به مدت یک دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد قرار گرفته و به کمک سدیم دودسیل سولفات و بتامرکاپتواتانول که در بافر نمونه است پروتئین ها غیر طبیعی شده و به ساختار اولیه بازگشتند. سپس محفظه تانک از بافر الکترو (محلول F) پر شد و با سرنگ همپتون در هر چاهک ۴۰ میکرولیتر از نمونه های



شکل ۴- آنزیم هیستامیناز خالص شده از ستون دو بعد از شیب نمک در غلظت‌های متفاوت در حضور ماکر. به باند مشخص شده در محدوده تقریباً ۷۲ کیلو دالتون که مربوط به حضور زیرواحدهای آنزیم هیستامیناز خالص شده است، دقت شود.

یافته ها

شکل ۱ و ۲- بیانگر تغییرات جذب فراکسیون ها در طول موج ۲۸۰ نانومتر است. فراکسیون های با جذب بیشتر از ۰/۱ در شکل ۱ مشخص شده اند و افزایش چشمگیر جذب در فراکسیون های ۳۵-۴۵ ستون ۲ بیانگر خروج آنزیم پس از شیب نمک می باشد. شکل ۳- بیانگر خروج آنزیم هیستامیناز و آنزیم های دیگر از ستون ۱ است که باند مشخص شده در ناحیه پائین تر از ۷۵ کیلو دالتون (تقریباً ۷۲ کیلو دالتون) بیانگر زیرواحدهای باز شده آنزیم در اثر استفاده از مرکاپتو اتانول است در حالیکه باندهای بالاتر از منطقه ۷۵ کیلو دالتون مربوط به حضور آنزیم های دیگر است. شکل ۴- بیانگر خروج آنزیم بصورت خالص در فراکسیون های پس از شیب نمک با غلظت های متفاوت است و وجود زیرواحدهای باز شده آن در منطقه تقریباً ۷۲ کیلو دالتون نشان دهنده خلوص آنزیم می باشد.

شکل ۵- بیانگر غلظت سوبسترا، K_m و V_{max} و شیب خط است و میزان K_m ، V_{max} در مقایسه با آنزیم تجاری مشخص

مراحل مختلف خالص سازی قرار داده شد و در یک چاهک از مارکر ۱۰ میکرولیتر به عنوان راهنما گذاشته شد. دستگاه با شدت جریان ثابت ۲۵ میلی آمپر و ولتاژ متغییر به مدت ۲ ساعت به جریان برق متصل گردید. پس از آزاد سازی ژل از دستگاه از محلول (حاوی ۰/۱ گرم کوماسی بلو، ۰/۱ گرم استات مس، ۲۵ میلی لیتر ایزوپروپانول، ۱۰ میلی لیتر اسید استیک و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد) به مدت یک ساعت برای رنگ آمیزی استفاده گردید و ژل درون محلول قرار گرفت و سپس مرحله رنگبری با استفاده از محلول رنگبر (حاوی ۶۰۰ میلی لیتر متانول خالص، ۱۴۰ میلی لیتر اسید استیک خالص به حجم ۲ لیتر رسانده شد) به مدت ۴۸ ساعت صورت گرفت. ژل بدست آمده چندین بار با محلول رنگبر شستشو داده شد و تصاویر اسکن بدست آمده در شکل ۳ و ۴ نشان داده شده است.



شکل شماره ۳- فراکسیونهای خارج شده (Lane 1, 2, 3) از ستون یک با جذب بیشتر از ۰/۱ حاوی آنزیم هیستامیناز با باند مشخص در ناحیه تقریباً ۷۲ کیلودالتون در حضور مارکر هستند. به باند مشخص شده در محدوده ۷۲ کیلو دالتون که مربوط به حضور زیر واحد های آنزیم هیستامیناز خالص شده از جوانه خلر در Lane 1, 2, 3 است، دقت شود.

کاهش دهد. علاوه بر این یکی از مزایای این روش خالص سازی آنزیم نسبت به روش قبلی (۱۲) این است که در این مطالعه از ستون های HiTrap شرکت آمراشام استفاده نشد و به جای آن از یک ستون کروماتوگرافی دیگر استفاده شد و تنها باعث کاهش ۵ درصدی در فعالیت آنزیم نسبت به روش قبلی (۱۲) گردید.

با توجه به شکل ۵ مشخص می شود که آنزیم خالص شده فرکانس بیشتری نسبت به نوع تجاری (آنزیم خوکی) داشته و واکنش تجزیه هیستامین و به طور کلی دی آمین ها را با سرعت بیشتری انجام می دهد ضمن اینکه فراوانی و در دسترس بودن جوانه خلر (که به راحتی در ژرمناتور قابل کشت می باشد) نسبت به تهیه کلیه خلر و یا روش های نو ترکیب که نیاز به هزینه بالاتری دارد، باعث می شود که تهیه آنزیم خالص از جوانه جوانه نخود^۱، ماش^۲، خلر^۳ و گیاهان لگومینه زمینه مناسب برای تولید تجاری این آنزیم محسوب شوند (۱۷).

در حال حاضر دی آمین اکسیداز تجاری مورد استفاده از کلیه خلر گرفته می شود که این آنزیم فعالیت ویژه کمی داشته (۰/۱۸ واحد در میلی گرم پروتئین) و حتی هنگامی که خالص شده است در مقایسه با آنزیم همونوس گیاهان فعالیت ویژه کمتری نشان داده است (۱۲) و در این مطالعه نسبت به آنزیم خالص شده (۵۰ واحد در میلی گرم پروتئین) از جوانه های خلر، فعالیت آنزیم خوکی بسیار پائین نشان داده شد. گفته می شود آنزیم خالص شده از خلر آنزیمی همونوس است (۱۸) و مشخص گردیده که این آنزیم یک همودیمر از زیرواحد های ۹۰-۷۰ کیلودالتون بوده که هر کدام حاوی یک یون مس بوده و به طور کووالانسی به یک کوفاکتور که ناشی از تغییرات پس

شده است در این منحنی مشاهده می شود که میزان K_m آنزیم خالص شده کمتر از نوع تجاری بوده و نشان می دهد که آنزیم گیاهی تمایل بیشتری برای سوبسترا دارد. در معادله $(Y=ax+b)$ شیب خط برابر است با $۸۳/۰۵ (K_m/V_{max})$ و بنابراین K_m مساوی است با $۲/۵۳$ میلی مولار که در این غلظت از سوبسترا سرعت برابر با نصف سرعت ماکزیموم (واحد $۳/۰۵$) است. مقایسه خواص کینتیکی این آنزیم با خواص کینتیکی آنزیم خالص تجاری از کلیه خلر: $K_m=۳$ میلی مولار و سرعت ماکزیموم $(V_{max}=۸/۳۵)$ واحد بیانگر میل ترکیبی بیشتری ولی حداکثر سرعت کمتر آنزیم گیاهی است اما به علت میل ترکیبی بیشتر، آنزیم گیاهی فرکانس بیشتری دارد و در واحد زمان هیستامین بیشتری را تجزیه می کند. میزان فعالیت ویژه آنزیم ۷ واحد در میلی گرم پروتئین برای E بدست آمد، اما میزان فعالیت ویژه آنزیم $۱۰/۵$ واحد در میلی گرم پروتئین در محلول های خارج شده از ستون ۱ بدست آمد ($E1$) و در نهایت افزایش بیش از چهار و نیم برابری در فعالیت آنزیم خارج شده بعد از شیب نمک بدست آمد و میزان فعالیت آنزیم ($E2$) به ۵۰ واحد در میلی گرم پروتئین رسید.

بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که با توجه به این که میزان ۴٪ از کل محتوی پروتئین های جوانه خلر، آنزیم هیستامیناز است و با استفاده از روش های کروماتوگرافی تبادل یونی به آسانی می توان آنزیم خالص بدست آورد، بنابراین جوانه خلر منبع مناسبی جهت تامین آنزیم هیستامیناز به حساب می آید ضمن اینکه آنزیم خالص شده دارای K_m پائین تری نسبت به آنزیم تجاری (تهیه شده از کلیه خلر بوده) و بنابراین دارای تمایل بیشتری برای سوبستراهای خود از جمله هیستامین، پوترسین، کاداورین و آگمانتین است و قادر است فساد مواد غذایی را پیشگیری کند یا به حد بسیار پائینی

¹ *Cicer arietinum*

² *Vigna radiate*

³ *Lathyrus sativus*

از ترجمه است متصل می گردند (تغیر در ریشه تیروزیل منجر به تولید ۵،۴،۲-تری هیدروکسی فنیل آلانین کوئینون به عنوان کوفاکتور می گردد).

وزن مولکولی این آنزیم ۱۵۰ کیلو دالتون است که بوسیله کروماتوگرافی مشخص شده و زیرواحدهای ۷۲ کیلو دالتون آن توسط تکنیک SDS-PAGE تشخیص داده شده است و بیانگر دایمر بودن آنزیم می باشد (۱۹، ۱۲). در مطالعه حاضر نیز تکنیک SDS-PAGE و وجود باند در ناحیه تقریباً ۷۲ کیلو دالتونی وجود دایمرهای آنزیم را که توسط بتامرکاپتو اتانول از هم باز شده اند در حضور مارکر تائید می کند ضمن اینکه غلظت های مختلف آنزیم بر روی میزان ضخامت باند در این ناحیه تاثیر گذاشته اند (شکل ۴).

آمین های بیوژنیک مولکول های آلی با وزن مولکولی کم هستند و در بسیاری از منابع غذایی از جمله ماهی و فراورده های ماهی، گوشت و غذاهای تخمیری وجود دارند، اگر این غذاها در طی ذخیره و پروسه شدن در شرایط نامناسب نگهداری شوند از دکرپوکسیله شدن اسیدهای آمینه، آمین های بیوژنیک مربوطه بدست می آیند. به عنوان مثال: لیزین تولید کاداورین، هیستیدین تولید هیستامین و اسیدهای آمینه گلوتامین، آگماتین و آرژنین تولید پوترسین می کنند. آمین های بیوژنیک در ارتباط با مسمومیت های غذایی مطرح هستند و در زمان پروسه شدن غذا، رسیدن (مانند پنیر)، ذخیره شدن و تخمیر غذا بوجود می آیند و از این جهت آمین های بیوژنیک می توانند به عنوان یک شاخص از کیفیت غذاها در زمان پروسه شدن در نظر گرفته شوند (۲۰).

هیستامین نقش مهمی در متابولیسم بدن مانند آزاد شدن اسید معده دارد و در مقادیر کم اثرات فیزیولوژیک مناسبی داشته اما در دوزهای بالاتر سمی است (۱۲). دستگاه گوارش انسان حاوی آنزیم دی آمین اکسیداز و آنزیم هیستامین N-

متیل ترانسفراز است که در تبدیل هیستامین به محصولات کم خطرتر نقش دارد. پوترسین و کاداورین می توانند باعث مهار این واکنش ها گردند و بنابراین سمیت هیستامین را تقویت می کنند. به طور کلی هیستامین در اثر پختن، انجماد، دود دادن، بسته بندی و کنسرو کردن از بین نمی رود و اگر میزان آن از ۲۰۰ mg/kg غذا (۲۰۰ PPM) افزایش یافت، باعث مسمومیت می گردد (۲۱). این مسمومیت بیشتر در غذاهایی مثل تن ماهی از خانواده اسکومبرئیده است که این سمیت مربوط به وجود باکتری هایی مانند گونه های *E. coli*، *Proteus*، *Klebsiella* می باشد که باعث دکرپوکسیله شدن هیستیدین و تولید هیستامین با مقادیر بالا در ماهی تن می گردند. علاوه بر این منابع غذایی دیگر از جمله پنیر سوئیسی هم به عنوان منبع مسمومیت با هیستامین مطرح می شود (۲۲).

به طور کلی با توجه به اینکه از سال ۱۹۹۹ استفاده از سنسورهای بیولوژیک و روشهای آمپرومتریک برای تشخیص آمین های بیوژنیک، مواد افزودنی و داروها جهت کنترل کیفی و بهداشت مواد غذایی در کشورهای اروپایی بکار برده می شود (۲۳). بنابراین در این خصوص لزوم استفاده از فعالیت آمین اکسیدازهای گیاهی در ساخت سنسورهای بیولوژیک و استفاده از آنزیم هیستامینازهای گیاهی و تشخیص میزان هیستامین و میزان آلودگی و مهمتر از آن پیشگیری از تولید هیستامین در بهداشت و سلامت جامعه در کشورمان می تواند مفید باشد.

علاوه بر این به علت نقش هیستامین تولیدی در پیچیدگی های ناشی از ایسکمی قلب و نقش موثر هیستامین در پدیده آریتمی قلبی و همچنین شوک آنافیلاکسی (۱۲) در این رابطه، نویسندگان از آنزیم خالص شده گیاهی جهت بررسی اثر حفاظتی آن بر روی قلب در مطالعات آینده استفاده خواهند کرد. بنابراین آنزیم خالص شده در این مطالعه پس از کانژوگ شدن با پلی اتیلن گلیکول جهت مطالعات کاربردی در

آینده استفاده دارویی خواهد داشت و نویسندگان ادامه کار در این راستا را برای خود محفوظ نگه می‌دارند.

تشکر و قدردانی

منابع مالی این مطالعه به طور مشترک از معاونت تحقیقات و فناوری و مرکز تحقیقات داروهای گیاهی رازی وابسته به دانشگاه علوم پزشکی لرستان (۷۰٪) و مرکز شیمی و فرآورده های دارویی دانشگاه علوم پزشکی شیراز (۳۰٪) تامین شده است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از جناب آقای دکتر ناصر اکبری (استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان) به جهت راهنمائیهای مفیدشان تشکر و قدردانی نمایند و نیز از زحمات سرکار خانم سمیرا چاش به خاطر همکاری در مراحل اولیه طرح تقدیر و تشکر می‌گردد.

References

1. Mondovì B. Structure and Function of Amine Oxidases, CRC Press, Boca Raton, FL, 1985.
2. Hartmann C, McIntire W.S. Amine-oxidizing quinoproteins, Method Enzymol. 1997;280: 98–150.
3. Massey V. The chemical and biological versatility of riboflavin, Biochem Soc. Trans. 2000; 28 :283–296.
4. Kusche J, Lorenz W. Diamine oxidase, in: H.Y. Bergmeyer (Ed.), Method Enzymatic Anal, vol. 3, Academic Press, New York, 1983, pp. 237–250.
5. Klinman J.P, Mu D, Quino enzymes in biology, Ann. Rev. Biochem. 1994; 63 :299–344.
6. Sessa A, Perin A. Diamine oxidase in relation to diamine and polyamine metabolism, Agents Actions. 1994; 43 : 69–77.
7. Beaven M.A. Factors regulating availability of histamine at tissue receptors, in: C.N. Ganellin, M.E. Parson (Eds.), Pharmacology of histamine receptors Wright, Bristol, UK, 1982, pp. 101-105.
8. Rangachari P.K, Prior T, Bell R.A, Huynh T. Histamine potentiation by hydroxylamines: structure activity relations; inhibition of diamine oxidase, Am. J. Physiol. 1992; 263 : G632–G641.
9. Taylor S.L. Histamine food poisoning: toxicology and clinical aspects, CRC Crit. Rev. Toxicol. 1986;17 : 91–128.
10. Masini E, Vannacci A, Marzocca C, Mannaioni P.F, Befani O, Federico R, Toma A, Mondovì B. A plant histaminase modulates cardiac anaphylactic response in guinea pig, Biochem. Biophys. Res. Commun. 2002; 296: 840–846.
11. Masini E, Pirpaoli S, Marzocca C, Mannaioni P.F, Pietrangeli P, Mateescu M.A, Zelli M, Federico R, Mondovì B. Protective effects of a plant histaminase in myocardial ischaemia and reperfusion injury in vivo, Biochem. Biophys. Res. Commun. 2003;309 : 432–439.
12. Federico R, Cona A, Caliceti P, Veronese F. M. Histaminase PEGylation: Preparation and characterization of a new bioconjugate for therapeutic application, J Control Release. 2006; 115 : 168–174.
13. Bollag D. M. Protein Method. 2nd Edition. United States of America: John Wiley & Sons Inc. 1996
14. Lowry OH; Rosebrough, NJ; Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 1951;.193: 265-275.
15. Alirezai M, Aminlari M, Gheisari HR, Tavana M. Actinidin: A Promising Milk Coagulating Enzyme. Eur J Food Res Rev. 2011;.2: 43-51.
16. Laemmli, U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. Nature. 1970; 227:680-685.
17. Choudhary A, Singh I, Sigh R. P. A thermostable Diamine Oxidase from Vigna radiata Seedlings. Phytochemistry. 1999;.52: 1-5.
18. Leuschner R.G, Heidel M, Hammes W. P. Int J Food Microbiol. 1998;. 39:1-9.

19. Lange J, Wittmann C. Enzyme Sensor Array for the Determination of Biogenic Amines in Food Samples. *Anal Bioanal Chem.* 2001; 34: 4524-4530.
20. Hughes J. M, Potter M. E. Scombroid-fish Poisoning: From Pathogenesis to Prevention. 1991; 324: 766-8.
21. Suresh M. R, Ramakrishna S, Adiga P. R. Diamine Oxidase of *Lathyrus sativus* Seddlings. *Phytochemistry.* 1976;15: 483-485.
22. Padiglia A, Cogoni A, Floris G. Characterization of Amine Oxidases from *Pisum*, *Lens*, *Lathyrus* and *Cicer*. *Phytochemistry.* 1991;30: 3895-3897.
23. Wimmerova M, Macholan L. Sensitive Amperometric Biosensor for the Determination of Biogenic and Synthetic Amines Using Pea Seedlings Amine Oxidase: A Novel Approach for Enzyme Immobilization. *Biosens Bioelectron.* 1999; 14: 695-702.