



دانشگاه بلوچستان  
تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد زیست‌شناسی گرایش بیوشیمی

عنوان:

# بررسی اثر حفاظتی گیاه *Pulicaria undulata*(L.) در جلوگیری از تجمع پروتئین‌ها

اساتید راهنما:

دکتر آرزو قهقایی

دکتر جعفر ولیزاده

تحقیق و نگارش:

شهرزاد نظری

(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره‌مند شده است)

بهمن ۹۱

باسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان " بررسی اثر حفاظتی گیاه *Pulicaria undulata*(L.) در جلوگیری از تجمع پروتئین‌ها"، قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد بیوشیمی توسط دانشجو شهرزاد نظری با راهنمایی اساتید پایان نامه دکتر آرزو قهقایی و دکتر جعفر ولیزاده تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می‌باشد.

شهرزاد نظری

این پایان نامه ۶ واحد درسی شناخته می‌شود و در تاریخ ..... توسط هیئت داوران بررسی و درجه ..... به آن تعلق گرفت.

نام و نام خانوادگی	امضاء	تاریخ
استاد راهنما:		
استاد راهنما:		
استاد مشاور:		
داور ۱:		
داور ۲:		
نماینده تحصیلات تکمیلی:		



### تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب **شهرزاد نظری** تعهد می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است. کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: شهرزاد نظری

امضاء

تقدیم به: پدر و مادرم که بهترینند

و

تقدیم به آنهایی که ادب، تواضع و انسانیت همواره

سرلوحه‌ی راهشان بوده است.

سپاسگزاری

با سپاس از اساتید راهنمای گرامی سرکار خانم دکتر آرزو قهقایی و جناب آقای دکتر جعفر ولیزاده که در طول مدت انجام این پایان‌نامه از رهنمودهای علمی ایشان بهره مند شدم.

همچنین از اساتید محترم آقایان دکتر هاشمی و دکتر شهرکی که زحمت داوری پایان‌نامه اینجانب را قبول کرده‌اند کمال تشکر را دارم.

در انتها از تمام دوستانم که در طول این مدت در کنار اینجانب بودند کمال سپاسگذاری را دارم.

## چکیده

فرایند تاخوردگی پروتئین شامل حالت‌های حدواسطی به نام مولتن گلوبول می‌باشد که بطور جزئی تاخوردده‌اند. در مولتن گلوبول‌ها تکه‌های آبگریزی در مجاورت هم قرار گرفته‌اند که تمایل بسیاری به ایجاد تجمع دارند بطوریکه اگر این سطوح آبگریز به جای میانکنش‌های درون‌ملکولی میانکنش‌های بین‌ملکولی دهند، تجمع روی می‌دهد.

گیاه *Pulicaria undulata* (L.) متعلق به خانواده‌ی کمپوزیته است که به صورت خودرو در قسمت‌هایی از آسیا، اروپا و آفریقا یافت می‌شود. برخی مطالعات پیرامون خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و ضد سرطانی این گیاه صورت گرفته است و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالای آن نیز گزارش شده است. **با توجه به این که استرس‌های اکسیداتیو یکی از عوامل عمده و مهم در ایجاد تجمعات پروتئینی می‌باشند،** در این مطالعه به بررسی اثر عصاره‌ی آبی گیاه *P.undulata* در جلوگیری از تجمع پروتئین‌های (اووترانسفرین، آلفا-لاکتالبومین و انسولین) پرداختیم.

در این تحقیق از روش‌هایی چون اسپکتروسکوپی نور مرئی، اسپکتروسکوپی فلورسانس (سنجش ذاتی و سنجش اتصال ANS) و اسپکتروسکوپی CD استفاده کردیم. نتایج بدست آمده از اسپکتروسکوپی فلورسانس و اسپکتروسکوپی نور مرئی نشان داد که در حضور عصاره‌ی گیاه هیدروفوبیسیستی و سرعت (و میزان) تجمع پروتئین‌های هدف کاهش یافت. از سویی داده‌های اسپکتروسکوپی CD در ناحیه‌ی Near-UV نشانگر آن بود که عصاره‌ی گیاه دارای اثر مهارتی بر روی کاهش میزان ساختمان سوم در پروتئین‌های هدف احیاء شده می‌باشد که با نتایج اسپکتروسکوپی فلورسانس ذاتی مطابقت داشت. همچنین اطلاعات بدست آمده از اسپکتروسکوپی CD در ناحیه‌ی Far-UV تاثیر مثبت عصاره‌ی گیاه در جلوگیری از تغییرات ساختمان دوم در این پروتئین‌ها را تائید کرد. به طور کلی تمامی نتایج نشان داد که عصاره‌ی آبی *P.undulata* با پروتئین‌های

تحت استرس برهم‌کنش داده و مانع تجمع آنها می‌شود، از این رو می‌تواند به عنوان یک کاندیدای مهم در درمان بیماری‌های حاصل از تجمعات پروتئینی مورد مطالعه و تحقیق بیشتر قرار گیرد.

کلمات کلیدی: تجمعات پروتئینی، آنتی اکسیدان، *Pulicaria undulata* (L.)

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱. فصل اول.....
۲	۱-۱- مقدمه‌ای بر پروتئین‌ها.....
۵	۲-۱- واحد سازنده پروتئین.....
۷	۳-۱- سطوح ساختاری پروتئین‌ها.....
۷	۱-۳-۱- ساختمان اول.....
۱۵	۲-۳-۱- ساختمان دوم.....
۲۰	۳-۳-۱- ساختمان سوم.....
۲۱	۴-۳-۱- ساختمان چهارم.....
۲۱	۴-۱- تا خوردن پروتئین.....
۲۱	۱-۴-۱- مقدمه‌ای بر فرایند تا خوردگی.....
۲۳	۲-۴-۱- بررسی ترمودینامیکی تا خوردگی پروتئین‌ها.....
۲۴	۳-۴-۱- نیروهایی که در تا خوردگی پروتئین‌ها دخالت دارند.....
۲۹	۴-۴-۱- مکانیسم تا خوردگی پروتئین.....
۳۴	۵-۱- تجمع پروتئین.....
۳۴	۱-۵-۱- مقدمه‌ای بر تجمع.....



۳۷	..... مکانیسم تجمع	۲-۵-۱
۴۰	..... Inclusion bodies	۳-۵-۱
۴۲	..... آمیلوئید	۴-۵-۱
۴۵	..... (کنالومین) اووترانسفرین	۶-۱
۴۶	..... لاکتالبومین	۷-۱
۵۰	..... انسولین	۸-۱
۵۱	..... <i>Pulicaria undulata</i> (L.)	۹-۱
۵۱	..... گونه <i>Pulicaria undulata</i> (L.)	۱-۹-۱
۵۳	..... اهداف پایان نامه	۱۰-۱
۵۴	..... فصل دوم	۲
۵۵	..... مواد	۱-۲
۵۵	..... مواد شیمیایی و پروتئین ها	۱-۱-۲
۵۵	..... مواد گیاهی	۲-۱-۲
۵۵	..... روش ها	۲-۲
۵۵	..... طیف سنجی نور مرئی - فرابنفش	۱-۲-۲
۵۶	..... سنجش فلورسانس تریپتوفان ذاتی	۲-۲-۲
۵۶	..... سنجش 1 - آنیلینو-8 - نفتالن - سولفونات (ANS)	۳-۲-۲
۵۷	..... اسپکتروسکوپی دورنگ نمای حلقوی (CD spectroscopy)	۴-۲-۲
۵۸	..... فصل سوم	۳
۵۸	..... نتایج	
۵۹	..... نتایج	۱-۳
۶۰	..... طیف سنجی مرئی - فرابنفش	۲-۳
۶۲	..... بررسی دنا تورا سیون و تجمع پروتئین ها با استفاده از طیف سنجی مرئی - فرابنفش	۱-۲-۳

۶۷	..... اسپکتروفلوریمتری	۳-۳
۷۰	..... اسپکتروسکوپی فلورسانس ذاتی	۳-۳-۱
۷۴	..... (۱-آنیلینو-۸-نفتالن سولفونات) ANS-۲-۳-۳	۳-۳-۲
۷۸	..... اسپکتروسکوپی دو رنگ نمایی دورانی (CD)	۳-۴
۸۰	..... اسپکتروسکوپی Far-UV-۱-۴-۳	۳-۴-۱
۸۶	..... اسپکتروسکوپی Near-uv-۲-۴-۳	۳-۴-۲
۹۱	..... فصل چهارم	۴
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	..... مراجع	۵

## فهرست جدول‌ها

عنوان جدول‌ها	صفحه
جدول ۱-۱. فهرست برخی بیماری‌های ناشی از اختلال در فولدینگ پروتئین	۳۵
جدول ۱-۳. درصد محافظت از تجمع اووترانسفرین در حضور نسبت‌های وزنی- وزنی عصاره‌ی گیاه :	۶۴
اووترانسفرین	۶۴
جدول ۲-۳. درصد محافظت از تجمع آلفا-لاکتالبومین در حضور نسبت‌های وزنی- وزنی عصاره‌ی گیاه : آلفا-	۶۶
لاکتالبومین	۶۶
جدول ۳-۳. درصد محافظت از تجمع انسولین در حضور نسبت وزنی- وزنی عصاره‌ی گیاه : انسولین	۶۷
جدول ۴-۳. محاسبه‌ی ساختار دوم از طیف Far-CD برای آلفا-لاکتالبومین در غیاب و حضور عصاره‌ی آبی	۸۲
<i>P.undulata</i>	۸۲
جدول ۵-۳. محاسبه‌ی ساختار دوم از طیف Far-CD برای انسولین در غیاب و حضور عصاره‌ی آبی	۸۴
<i>P.undulata</i>	۸۴
جدول ۶-۳. محاسبه‌ی ساختار دوم از طیف Far-CD برای انسولین در غیاب و حضور عصاره‌ی آبی	۸۶
<i>P.undulata</i>	۸۶

## فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱. سطوح ساختاری و هلیکس سه گانه‌ی پروتئین رشته‌ای کلاژن ..... ۳
- شکل ۲-۱. ساختمان رشته‌ای اکتین ..... ۴
- شکل ۳-۱. ساختمان رشته‌ای توبولین ..... ۴
- شکل ۴-۱. ساختمان اسید آمینه ..... ۵
- شکل ۵-۱. صفحه‌ی پپتیدی و سایر اتصالات بین نیتروژن و اتم کربن آلفا ( $\Phi$ ) و کربن آلفا و کربن گروه کربونیل ( $\Psi$ ) ..... ۸
- شکل ۶-۱. حالت‌های سیس و ترانس در پیوند پپتیدی غیر پرولیلی (a) و پرولیلی (b) ..... ۱۰
- شکل ۷-۱. تشکیل پیوند دی‌سولفیدی ..... ۱۱
- شکل ۸-۱. ایجاد اتصالات تقاطعی بین دو ریشه‌ی لیزین توسط لیزیل اکسیداز ..... ۱۳
- شکل ۹-۱. ساختمان ماریپج آلفا ..... ۱۷
- شکل ۱۰-۱. a - ساختمان صفحه‌ی بتای همسو b - ساختمان صفحه‌ی بتای غیرهمسو ..... ۱۹
- شکل ۱۱-۱. نوع یک (a) و دو (b) پیچه‌ی بتا ..... ۲۰
- شکل ۱۲-۱. ساختمان‌های اول، دوم، سوم و چهارم در پروتئین‌ها ..... ۲۱
- شکل ۱۳-۱. فرایند تاخوردگی پروتئین ..... ۲۳
- شکل ۱۴-۱. کیف انرژی ..... ۳۰
- شکل ۱۵-۱. زنجیره‌ی پلی‌پپتیدی پس از سنتز به شکل پروتئین طبیعی تا می‌خورد ..... ۳۳
- شکل ۱۶-۱. تجمعات پروتئینی می‌توانند به صورت درون سلولی و یا خارج سلولی باشند ..... ۳۶
- شکل ۱۷-۱. ملکول‌های حدواسط (I) مسئول ایجاد تجمعات پروتئینی ..... ۳۷
- شکل ۱۸-۱. طی فرایند تاخوردگی ساختمان طبیعی پروتئین شکل می‌گیرد ..... ۳۸
- شکل ۱۹-۱. فیبریل‌های آمیلوئیدی با ایجاد منافذی (شبهه کانال‌های یونی) باعث تخریب غشا می‌شوند ..... ۴۴
- شکل ۲۰-۱. اووترانسفرین شامل دو لوب همولوگ N و C است ..... ۴۶

- شکل ۱-۲۱. توالی آمینو اسیدی و ساختمان دوم آلفا-لاکتالبومین ..... ۴۸
- شکل ۱-۲۲. ساختمان طبیعی آلفا-لاکتالبومین به هم‌رام کلسیم باند شده ..... ۴۹
- شکل ۱-۲۳. جایگاه اتصال به فلزات مختلف در آلفا-لاکتالبومین ..... ۴۹
- شکل ۱-۲۴. ساختمان اول انسولین (تعداد و توالی اسید آمینه و پیوندهای دی‌سولفیدی) ..... ۵۰
- شکل ۱-۲۵. بخش‌های هوایی (*Pulicaria undulata* (L.) ..... ۵۲
- شکل ۳-۱. گستره‌ی طیف الکترومغناطیس از طیف گاما تا امواج رادیویی ..... ۶۰
- شکل ۳-۲. دناتوراسیون و تشکیل تجمعات پروتئینی اووترانسفرین در حضور DTT و غلظت‌های مختلف عصاره‌ی گیاهی ..... ۶۴
- شکل ۳-۳. دناتوراسیون و تشکیل تجمعات پروتئینی آلفا-لاکتالبومین در حضور DTT و غلظت‌های مختلف عصاره‌ی گیاهی ..... ۶۵
- شکل ۳-۴. دناتوراسیون و تشکیل تجمعات پروتئینی انسولین در حضور DTT و غلظت‌های مختلف عصاره‌ی گیاهی ..... ۶۷
- شکل ۳-۵. طیف فلورسانس ذاتی تریپتوفان پروتئین اووترانسفرین در غیاب و حضور غلظت‌های مختلفی از عصاره‌ی آبی (*Pulicaria undulata* (L.) ..... ۷۱
- شکل ۳-۶. ماکزیمم شدت فلورسانس اووترانسفرین در غیاب و حضور عصاره‌ی آبی گیاه ..... ۷۲
- شکل ۳-۷. طیف فلورسانس ذاتی تریپتوفان پروتئین آلفا-لاکتالبومین در غیاب و حضور غلظت‌های مختلفی از عصاره‌ی آبی (*Pulicaria undulata* (L.) ..... ۷۳
- شکل ۳-۸. ماکزیمم شدت فلورسانس آلفا-لاکتالبومین در غیاب و حضور عصاره‌ی آبی گیاه ..... ۷۴
- شکل ۳-۹. میانگین ماکزیمم فلورسانس ANS برای اووترانسفرین در حضور عصاره‌ی آبی گیاه ..... ۷۶
- شکل ۳-۱۰. میانگین ماکزیمم فلورسانس ANS برای آلفا-لاکتالبومین در حضور عصاره‌ی آبی گیاه ..... ۷۷
- شکل ۳-۱۱. میانگین ماکزیمم فلورسانس ANS برای انسولین در حضور عصاره‌ی آبی گیاه ..... ۷۸
- شکل ۳-۱۲. طیف Far-UV CD همراه با انواع متفاوت ساختار دوم ..... ۸۰
- شکل ۳-۱۳. طیف Far-uv CD آلفا-لاکتالبومین در حالت طبیعی و احیا شده در غیاب و حضور عصاره‌ی آبی *P.undulata* ..... ۸۲

- شکل ۳-۱۴. طیف Far-uv CD انسولین در حالت طبیعی و احیا شده در غیاب و حضور عصاره‌ی آبی  
P.undulata ..... ۸۴
- شکل ۳-۱۵. طیف Far-uv CD انسولین در حالت طبیعی و احیا شده در غیاب و حضور عصاره‌ی آبی  
P.undulata ..... ۸۵
- شکل ۳-۱۶. شکل. طیف near-UV CD آلفا-لاکتالبومین در حالت طبیعی و احیا شده در غیاب و حضور  
عصاره‌ی آبی P.undulata ..... ۸۸
- شکل ۳-۱۷. شکل. طیف near-UV CD انسولین در حالت طبیعی و احیا شده در غیاب و حضور عصاره‌ی آبی  
P.undulata ..... ۸۹
- شکل ۳-۱۸. شکل. طیف near-UV CD اووترانسفرین در حالت طبیعی و احیا شده در غیاب و حضور  
عصاره‌ی آبی P.undulata ..... ۹۰

فهرست علائم

نشانه	علامت
زنجیره جانبی	R
دئوکسی ریبونوکلئیک اسید	DNA
لیپوپروتئین با چگالی کم	LDL
گرم بر لیتر	g/L
هزار دور در دقیقه	rpm
میلی گرم بر میلی لیتر	mg/ml
میکرو مولار	$\mu$ M
میلی مولار	mM
میکرو لیتر	$\mu$ l
اووترانسفرین	Ovo
انسولین	Ins
آلفا-لاکتالبومین	$\alpha$ -LA
پولیکاریا آندولاتا	P.undulata

## فصل اول

### مقدمه



## ۱-۱- مقدمه‌ای بر پروتئین‌ها

پروتئین‌ها یکی از انواع درشت‌ملکول‌های زیستی هستند که از کربن، هیدروژن و ازت ساخته شده‌اند. وجود عنصر ازت در ساختمان پروتئین‌ها اختصاصی است که در دو دسته‌ی چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها وجود ندارد. این دسته از مواد از جمله مهم‌ترین اجزای سلولی می‌باشند و وظایف مهمی همچون عملکردهای ساختاری (کلاژن) و مکانیکی (اکتین، میوزین)، انتقال مواد (هموگلوبین و میوگلوبین)، ذخیره‌ای (آلبومین)، چرخه‌ی سلولی (فاکتورهای رشد)، ایمنی (پادتن‌ها)، کاتالیز (آنزیم‌ها) و تنظیم فعالیت‌های بیولوژیکی (هورمون‌ها) را بر عهده دارند [۱، ۲].

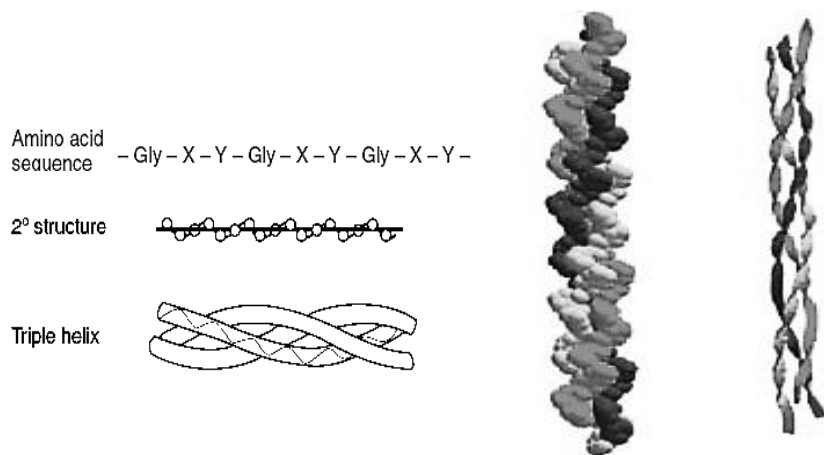
هنگامیکه پروتئین‌ها در برابر عوامل فیزیکی و شیمیایی مانند حرارت و تغییرات PH قرار گیرند ویژگی‌های طبیعی خود را از دست می‌دهند و به لحاظ بیولوژیکی فاقد عملکرد می‌شوند [۳، ۴].

پروتئین‌ها مانند زنجیری از کلاف سه بعدی هستند که از ترکیب اسیدهای آمینه حاصل می‌شوند. اسیدهای آمینه مانند یک زنجیر خطی توسط پیوندهای پپتیدی به یکدیگر متصل می‌شوند. ترتیب اسیدهای آمینه در یک پروتئین توسط کدهای ژنتیکی مشخص می‌شود. بعلاوه وجود ترتیب‌های نامحدود در توالی و طول زنجیره‌ی آمینواسیدی انواع بیشماری از پروتئین‌ها می‌تواند وجود داشته باشد [۲، ۵].

پروتئین‌ها به لحاظ ترکیب ساختاری در دو گروه ساده و مرکب قرار دارند.

پروتئین‌های ساده، در اثر هیدرولیز این دسته از پروتئین‌ها فقط اسیدهای آمینه حاصل می‌شود. پروتئین‌های ساده می‌توانند به صورت کروی باشند. آلبومین، گلوبولین، هیستون‌ها، پروتامین و بسیاری از پروتئین‌های زیستی از جمله پروتئین‌های کروی می‌باشند [۶].

پروتئین‌های ساده همچنین می‌توانند به شکل رشته‌ای باشند (مانند کلاژن، کراتین، فیبروئین، الاستین، توبولین، اکتین و میوزین) (شکل ۱-۱).

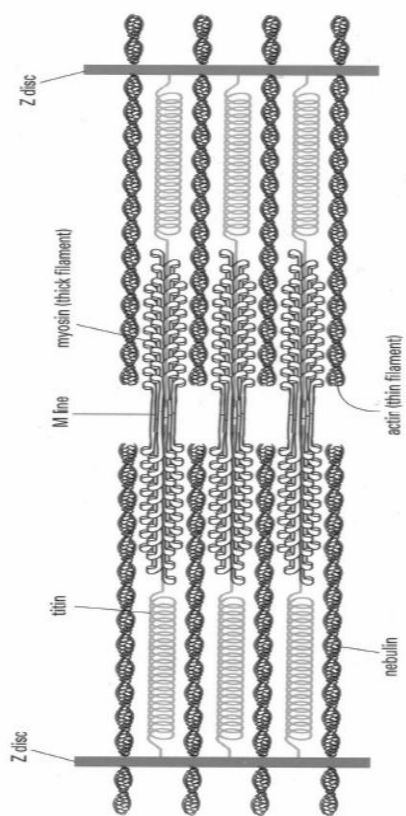


شکل ۱-۱. سطوح ساختاری و هلیکس سه گانه‌ی پروتئین رشته‌ای کلاژن [۷]

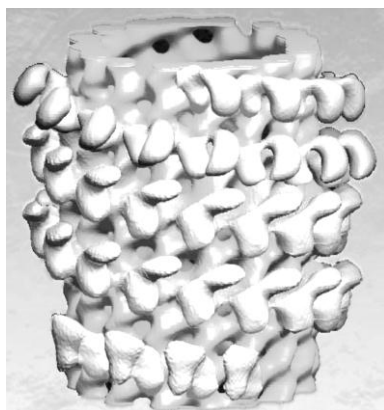
پروتئین‌های ساده‌ی رشته‌ای از ملکول‌های خیلی طویل رشته‌ای تشکیل شده‌اند. پروتئین‌های رشته‌ای عمدتاً نقش ساختاری دارند و عمدتاً بصورت نامحلول می‌باشند.

پروتئین‌های ساختاری، ساختارهای مکانیکی پایدار خارج سلولی اند و در ساختار اسکلت سلولی درگیر هستند. بیشتر این پروتئین‌ها شامل یک درصد بالایی از ساختارهای دوم هستند. به همین دلیل ترکیبات اسیدهای آمینه در تعداد زیادی از این پروتئین‌ها ویژه هستند. به عنوان مثال کلاژن که ترکیب اصلی بافتهای پیوندی را تشکیل می‌دهد به صورت سه مارپیچ آلفا در هم تنیده که دارای توالی سه آمینواسیدی تکراری می‌باشد [۸].

پروتئین‌های ساختاری سفتی و سختی را به ترکیبات بیولوژیکی مایع اعطاء می‌کنند. بیشتر پروتئین‌های ساختاری پروتئین‌های فیبری هستند برای مثال اکتین (شکل ۱-۲) و توبولین (شکل ۱-۳) پروتئین‌های کروی، محلول و مونومراند اما با پلیمریزه شدن فیبرهای بلند و سخت و نامحلول را تشکیل می‌دهند که اسکلت سلولی را شامل می‌شود و به سلول اجازه می‌دهد شکل و اندازه اش را حفظ کند [۶، ۹].



شکل ۱-۲. ساختمان رشته‌ای اکتین [۱۰]



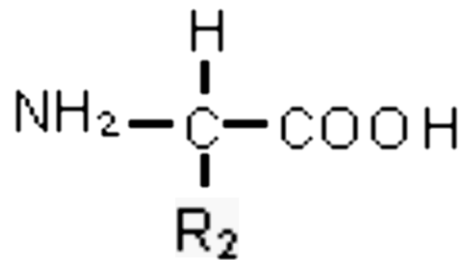
شکل ۱-۳. ساختمان رشته‌ای توبولین [۱۰]

پروتئین‌های مرکب: در این دسته از پروتئین‌ها علاوه بر زنجیره‌ی پلی پپتیدی یک قسمت غیر پروتئینی به نام ریشه‌ی پروستتیک دارند که فعالیت زیستی آنها مربوط به این ریشه‌ی پروستتیک می‌باشد. از جمله پروتئین‌های مرکب یا کونژوگه می‌توان گلیکوپروتئین‌ها، لیپوپروتئین‌ها، نوکلئوپروتئین‌ها، فسفوپروتئین‌ها و متالوپروتئین‌ها را نام برد [۲].

## ۲-۱- واحد سازنده پروتئین

واحدهای مونومری سازنده پروتئینها اسیدهای آمینه می‌باشند که بصورت خطی با یکدیگر پیوند پپتیدی می‌دهند. در سیستم‌های بیولوژیکی ۲۰ نوع اسید آمینه شناخته شده است که همگی ساختمانشان بصورت L- $\alpha$  آمینو اسید می‌باشد [۱۱]، بطوریکه کربن  $\alpha$  در مرکز، یک گروه آمین در سمت چپ، یک گروه گروکسیل در بالا، یک اتم هیدروژن در سمت راست و یک زنجیره‌ی جانبی متغیر R در پایین به اتم مرکزی متصل می‌باشند [۲].

آنچه که موجب تفاوت در انواع اسیدهای آمینه می‌شود اختلاف در زنجیره‌ی R شان می‌باشد که از نظر ساختمان، اندازه و بار متفاوت است [۱۲] (شکل ۱-۴).



شکل ۱-۴. ساختمان اسید آمینه

لازم به یاد آوری است به جز  $\alpha$ -L آمینو اسیدها که منحصر در ساختمان‌های پروتئینی یافت می‌شوند  $\alpha$ -D آمینواسیدها بصورت استثناء در برخی موارد از جمله دیواره‌ی پپتیدو گلیکانی باکتری‌ها و نیز برخی آنتی بیوتیک‌های پپتیدی یافت می‌شوند.

اسیدهای آمینه بر اساس خصوصیات ساختمانی و گروه‌های عاملی به گروه‌هایی تقسیم می‌شوند [۲].

اسیدهای آمینه‌ای که گروه جانبی آنها بصورت خطی (aliphatic) می‌باشد.

گلیسین (Gly - G)

آلانین (Ala - A)

والین (Val - v)

لوسین (Lue - L)

ایزولوسین (Ile - I)

اسیدهای آمینه‌ای که گروه جانبی آنها دارای یک گروه عاملی هیدروکسیل است.