



پایان نامه

برای دریافت مدرک کارشناسی ارشد

رشته شیمی آلی

گروه شیمی

## **سنتز، شناسایی و بررسی رفتار تورمی هیدروژل ابرجاذب ژلاتین -g- پلی (آکرلیک اسید -CO- ایتاکونیک اسید)**

شادی حسن زاده

استاد راهنما:

دکتر مجتبی عباسیان

دکتر حسین حسین زاده

استاد مشاور:

دکتر مهناز سرائی

بهمن ۱۳۹۰

نام خانوادگی دانشجو: حسن زاده	نام: شادی
عنوان پایان نامه: سنتز، شناسایی و بررسی رفتار تورمی هیدروژل ابرجاذب ژلاتین - g - پلی ( آکرلیک اسید - CO - ایتاکونیک اسید)	
استاد راهنما: آقای دکتر مجتبی عباسیان، آقای دکتر حسین حسین زاده	
استاد مشاور: خانم دکتر مهناز سرائی	
درجه تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: شیمی
دانشگاه: پیام نور - مرکز تبریز	تاریخ دفاع: بهمن ماه ۹۰
تعداد صفحه: ۷۵	گرایش: آلی
<p>چکیده:</p> <p>سنتز یک هیدروژل ابرجاذب حساس به pH بر پایه ژلاتین، از طریق همبستار پیوندی پلی آکرلیک اسید و پلی ایتاکونیک اسید بر روی آن و سپس خنثی سازی همبستار به دست آمده صورت گرفت. به منظور دستیابی به بیشترین مقدار جذب آب، شرایط واکنشهای همبستار پیوندی همبستار بدست آمده، بهینه شد. بدین ترتیب که، متغیرهای درگیر در این واکنشها، یعنی غلظتهای تکپار، آغازگر، ژلاتین، عامل شبکه ساز، دمای واکنش، سرعت همزن مکانیکی و pH خنثی سازی بهینه سازی شدند. ساختار هیدروژلها توسط اسپکتروفتومتری تبدیل فوریه مادون قرمز ( FT-IR ) تأیید شد، ضمن اینکه مکانیسم قابل قبولی برای سنتز آنها، پیشنهاد گردید.</p> <p>تورم هیدروژل در محلولهای بافری با pH های ۳ تا ۱۲ اندازه گیری شد و بررسی رفتار تورمی - واتورمی در pH های ۲ و ۸ نشان داد که هیدروژلهای سنتز شده، کاندیدای بسیار خوبی برای طراحی سیستمهای رهایش کنترل شده دارو هستند. همچنین اندازه گیری میزان تورم هیدروژلها در محلولهای نمکی با غلظت ۰/۰۱ مولار، (پتاسیم کلرید) KCl، (سدیم کلرید) NaCl نشان داد که به دلیل ظرفیت بالای تورم در این محلولها، هیدروژلهای سنتز شده، مواد ابرجاذب با حساسیت کم به شمار می روند. برای بررسی سرعت جذب آب هیدروژلها، سینتیک تورم آنها مورد ارزیابی قرار گرفت.</p> <p>واژگان کلیدی: هیدروژل ابرجاذب، آکرلیک اسید، ایتاکونیک اسید، رفتار تورمی، ژلاتین</p>	

## فهرست مطالب

### فصل اول: بررسی منابع

۱	مقدمه
۲	۱- هیدروژل‌های ابرجاذب
۲	۱-۱- ابرجاذهای پایه طبیعی
۳	۱-۱-۱- ابرجاذبهای پلی ساکاریدی
۳	۱-۲-۱- ابرجاذبهای پروتئینی
۳	۱-۲-۱-۱- پروتئینها و پپتیدها
۶	۱-۲-۱-۱-۱- طبقه بندی پروتئینها
۶	(الف) طبقه بندی براساس ترکیب اجزا
۶	(ب) طبقه بندی براساس شکل
۷	(ج) طبقه بندی براساس حالیت
۸	(د) طبقه بندی براساس وظیفه
۸	(ه) طبقه بندی براساس ساختار
۱۰	۱-۲-۱-۲- پیوندهای مسول حفظ ساختار
۱۰	۱-۲-۱-۳- صورتبندی های منظم زنجیرهای پلی پپتیدی
۱۰	(الف) مارپیچ آلفا
۱۱	(ب) صفحات بتا
۱۲	۱-۲-۱-۴- کراتین
۱۲	۱-۲-۱-۵- کلاژن
۱۳	۱-۲-۱-۶- ژلاتین
۱۵	۱-۲-۱-۶-۱- کاربرد ژلاتین
۱۶	۲-۱- انواع هیدروژلها
۱۷	۱-۲-۱- ابرجاذب آکریلی
۱۷	۲-۲-۱- ابرجاذب طبیعی
۱۷	۳-۱- مکانیسم جذب آب در ابرجاذب

- ۱-۴- سنتر ابرجاذبها..... ۱۸
- ۱-۴-۱- بسپارش در محلول ..... ۱۸
- ۱-۴-۲- بسپارش تعلیقی وارون ..... ۱۸
- ۱-۵- روشهای شبکه بندی ..... ۱۹
- ۱-۵-۱- شبکه ای کردن شیمیایی ..... ۱۹
- ۱-۵-۲- شبکه ای کردن فیزیکی..... ۲۰
- ۱-۵-۲-۱- یونی ..... ۲۱
- ۱-۶- ویژگیهای اساسی هیدروژل ابرجاذب ..... ۲۱
- ۱-۶-۱- قدرت جذب مناسب ..... ۲۲
- ۱-۶-۲- سیستیک جذب خوب..... ۲۲
- ۱-۶-۳- استحکام خوب..... ۲۲
- ۱-۷- عوامل موثر بر تورم ابرجاذب ..... ۲۳
- ۱-۷-۱- نوع و غلظت شبکه ساز ..... ۲۳
- ۱-۷-۲- اثر قدرت یونی بر مقدار جذب آب ..... ۲۴
- ۱-۷-۳- اثر pH ..... ۲۵
- ۱-۷-۴- عوامل دیگر ..... ۲۶
- ۱-۷-۴-۱- نوع و غلظت تکپار ..... ۲۶
- ۱-۷-۴-۲- نوع و غلظت آغازگر ..... ۲۶
- ۱-۷-۴-۳- اندازه ذرات هیدروژلهای ابرجاذب ..... ۲۸
- ۱-۸- کاربرد هیدروژلها ..... ۲۸
- ۱-۸-۱- صنایع بهداشتی ..... ۲۸
- ۱-۸-۲- کشاورزی ..... ۲۹
- ۱-۸-۳- داروسازی و پزشکی ..... ۲۹
- ۱-۸-۳-۱- هیدروژلهای حساس به pH ..... ۳۰
- ۱-۸-۳-۲- هیدروژلهای حساس به دما ..... ۳۱
- ۱-۸-۴- دیگر کاربردها ..... ۳۲
- ۱-۹- مروری بر کارهای انجام گرفته ..... ۳۲
- ۱-۱۰- هدف از کار پژوهشی ..... ۳۴

## فصل دوم: بخش تجربی

- ۳۶-۱-۲- مواد مورد استفاده .....
- ۳۸-۲-۲- دستگاه های مورد استفاده .....
- ۳۸-۳-۲- سنتز هیدروژل ابرجاذب .....
- ۳۸-۱-۳-۲- روش تهیه هیدروژل ابرجاذب .....
- ۳۹-۲-۳-۲- سنتز هیدروژل بهینه .....
- ۳۹-۳-۳-۲- اندازه گیری میزان جذب آب هیدروژل .....

## فصل سوم: بحث و نتایج

- ۴۱-۱-۳- مقدمه .....
- ۴۱-۲-۳- مکانیسم سنتز هیدروژل .....
- ۴۲-۳-۳- مشخصات طیفی هیدروژل و ژلاتین ( FT-IR ) .....
- ۴۴-۳-۴- مورفولوژی هیدروژل بهینه و ژلاتین .....
- ۴۶-۳-۵- بهینه سازی شرایط سنتز ابرجاذب .....
- ۴۶-۳-۵-۱- اثر غلظت تکپار آکرلیک اسیدبر تورم .....
- ۴۷-۳-۵-۲- اثر غلظت تکپار ایتاکونیک اسیدبر تورم .....
- ۴۷-۳-۵-۳- اثر غلظت متیلن بیس آکریل آمید بر تورم .....
- ۴۸-۳-۵-۴- اثر غلظت آمونیوم پرسولفات بر تورم .....
- ۵۰-۳-۵-۵- اثر مقدار ژلاتین بر تورم .....
- ۵۰-۳-۵-۶- اثر دمای واکنش بر تورم .....
- ۵۱-۳-۵-۷- اثر درصد خشی سازی هیدروژل بهینه .....
- ۵۲-۳-۵-۸- اثر سرعت همزن مکانیکی بر تورم .....
- ۵۳-۳-۶- بررسی میزان تورم هیدروژل بهینه در آب .....
- ۵۳-۳-۷- بررسی میزان تورم هیدروژل بهینه در محلولهای نمکی متفاوت .....
- ۵۷-۳-۸- بررسی میزان تورم هیدروژل بهینه در pH های متفاوت .....
- ۵۸-۳-۹- بررسی رفتار تورمی- واتورمی هیدروژل بهینه .....
- ۶۰-۳-۱۰- بررسی سینتیک تورم هیدروژل بهینه در آب .....
- ۶۱-۳-۱۱- بررسی سینتیک تورمی- واتورمی هیدروژل بهینه در محلولهای نمکی .....

۶۲.....	۱۲-۳- اثر دمای آب مقطر بر میزان جذب آب هیدروژل بهینه
۶۳.....	۱۳-۳- بررسی نتایج آنالیز گرموزنسنجی (TGA) هیدروژل بهینه و ژلاتین
۶۵ .....	۱۴-۳- آنالیز گرماسنج پویشی تفاضلی (DSC) هیدروژل بهینه و ژلاتین
۶۷ .....	نتیجه گیری
۶۸ .....	پیشنهادها
۶۹ .....	مراجع
	چکیده

## فهرست شکل و جداول

### فصل اول:

- شکل ۱-۱ ساختار  $\alpha$  آمینواسید ..... ۴
- شکل ۲-۱ دی پپتید ..... ۵
- شکل ۳-۱ مارپیچ  $\alpha$  و صفحه  $\beta$  ..... ۹
- شکل ۴-۱ صفحات تاخورد ..... ۹
- شکل ۵-۱ ساختار هموگلوبین ..... ۱۰
- شکل ۶-۱ مارپیچ آلفا پروتئینها ..... ۱۱
- شکل ۷-۱ ساختار پلی پپتید ..... ۱۱
- شکل ۸-۱ کراتین ..... ۱۲
- شکل ۹-۱ ساختار ژلاتین ..... ۱۳
- شکل ۱۰-۱ ساختار کلی هیدروژل‌های (الف) خنثی (ب) یونی ..... ۱۶
- شکل ۱۱-۱ عوامل موثر بر میزان جذب هیدروژل یونی ..... ۱۸
- شکل ۱۲-۱ شبکه سازها ..... ۲۰
- شکل ۱۳-۱ تشکیل هیدروژل ژلاتین در حضور دکستران آلدهید ..... ۲۱
- شکل ۱۴-۱ تشکیل هیدروژل سدیم آلژینات در حضور یون سدیم ..... ۲۲
- شکل ۱۵-۱ اثر عامل شبکه ساز بر میزان جذب آب ..... ۲۴
- شکل ۱۶-۱ اثر pH محلول پیرامون هیدروژل بر روی جذب آن ..... ۲۶
- شکل ۱۷-۱ محتوای مطلوب آغازگر بر روی میزان جذب آب ..... ۲۷
- شکل ۱۸-۱ یونیزاسیون وابسته به pH پلی آکرلیک اسید و ..... ۳۱
- پلی دی اتیل آمینواتیل متااکریلات ..... ۳۱
- شکل ۱۹-۱ هیدروژل‌های حساس به دما ..... ۳۱

## فصل سوم:

- شکل ۳-۱ مکانیسم سنتز هیدروژل ..... ۴۲
- شکل ۳-۲ طیف IR مربوط به ژلاتین و هیدروژل ..... ۴۳
- شکل ۳-۳ مورفولوژی ژلاتین و هیدروژل ..... ۴۵
- شکل ۳-۴ اثر غلظت تکپار آکرلیک اسید ..... ۴۷
- شکل ۳-۵ اثر غلظت تکپار ایتاکونیک اسید ..... ۴۸
- شکل ۳-۶ اثر غلظت شبکه ساز ..... ۴۹
- شکل ۳-۷ اثر غلظت آغازگر آمونیوم پرسولفات ..... ۴۹
- شکل ۳-۸ اثر ژلاتین ..... ۵۰
- شکل ۳-۹ اثر دمای واکنش ..... ۵۱
- شکل ۳-۱۰ اثر درصد خثائیت هیدروژل ..... ۵۲
- شکل ۳-۱۱ اثر سرعت همزن مکانیکی ..... ۵۳
- شکل ۳-۱۲ ظرفیت تورم هیدروژل در محلول نمکی در یک دوره ..... ۵۵
- شکل ۳-۱۳ اثر قدرت یونی محلولهای نمکی بر ظرفیت تورم ..... ۵۶
- شکل ۳-۱۴ اثر غلظت محلول نمکی سدیم کلرید بر تورم ..... ۵۷
- شکل ۳-۱۵ اثر pH محلولهای بافری بر تورم ..... ۵۸
- شکل ۳-۱۶ رفتار تورمی - واتورمی هیدروژل ..... ۶۰
- شکل ۳-۱۷ سینتیک هیدروژل در آب ..... ۶۱
- شکل ۳-۱۸ سینتیک تورم - واتوری هیدروژل در محلولهای نمکی ..... ۶۲
- شکل ۳-۱۹ اثر دمای آب مقطر (محیط تورم) بر میزان جذب آب هیدروژل ..... ۶۲
- شکل ۳-۲۰ آنالیز گرما وزن سنجی ژلاتین و هیدروژل ..... ۶۵
- شکل ۳-۲۱ آنالیز گرماسنج پویشی تفاضلی ژلاتین و هیدروژل ..... ۶۶

## جداول فصل ۱ و ۳:

- جدول ۱-۱ پروتئینهای رشته ای و کروی ..... ۷



جدول ۱-۲ طبقه بندی پروتئینها براساس حلالیت .....	۸
جدول ۳-۱ ظرفیت تورم هیدروژل در محلول نمکی گروه .....	۵۵
اول با غلظت ۰/۰۱ و ۰/۱۵ مولار .....	۵۵
جدول ۳-۲ ظرفیت تورم هیدروژل در محلول نمکی گروه .....	۵۶
دوم با غلظت ۰/۱۵ و ۰/۰۱ مولار .....	۵۶
جدول ۳-۳ رفتار تورمی- واتورمی هیدروژل در pH های متفاوت .....	۵۹
جدول ۳-۴ سینتیک تورم- واتورمی هیدروژل در محلولهای نمکی .....	۶۴

### مقدمه

از زمانی که ساخت اولین بسپار ابرجاذب تجاری توسط اداره کشاورزی ایالات متحده گزارش شد [۱]، مطالعات زیادی بر روی ساخت و تعیین خواص بسپارهای ابرجاذب<sup>۱</sup> انجام شده است. این مواد جالب، بسپارهای آبدوستی هستند که قدرت جذب مقادیر زیادی آب، محلول‌های نمکی یا محلول‌های فیزیولوژی را دارا هستند [۲]، که به دلیل خواص ویژه خود، کاربردهای بسیار زیادی یافته‌اند و به طور وسیعی در مصارف بهداشتی، کشاورزی و صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. امروزه این مواد توجه زیادی به خود جلب کرده‌اند و موضوع تحقیقات زیادی هستند [۳].

هیدروژل‌ها بر اثر تحریک خارجی مانند دما یا محیط شیمیایی پیرامون خود، می‌توانند محلول پیرامون را جذب و واجذب نمایند و به همین دلیل آنها را هیدروژل‌های هوشمند می‌نامند که در این میان هیدروژل‌های حساس به pH به میزان وسیعی مورد بررسی قرار گرفته‌اند و دلیل آن این است که می‌توانند در رهایش کنترل شده و دقیق دارو ها در مواضع خاص و تعیین شده اعضای گوارشی به کار گرفته شوند [۴]. مسقیمابه پلی مرهای سوپر جاذب تهیه شده از کوپلیمریزاسیون پیوندی از مونومرهای وینیلی، روی زنجیر طبیعی مثل سلولز و نشاسته توجه زیادی [۵ و ۶] شده است.

توانایی جذب آب پلیمر سوپر جاذب، بیشتر تحت تاثیر ترکیب آن، وزن مولکولی، میزان شبکه‌ای شدن، ترکیب مولکولی از پلیمر و خصوصیات ازمایع که جذب می‌شود، قرار می‌گیرد. در کار حاضر، تاثیر شرایط سنتز روی توانایی جذب آب پلیمر سوپر جاذب آزمایش می‌شود و شرایط برای سنتز پلیمر با نسبت تورم بالا بهینه‌سازی می‌شود، اثر pH محلول روی خصوصیات تورمی پلیمر نیز مطالعه می‌شود [۷]، و سوپر جاذب‌هایی بر پایه بیوپلیمر پروتئینی که می‌توانند به طور سریع در محیط زیست تخریب پذیر باشند، تهیه می‌شود [۸].

## ۱- هیدروژل‌های ابرجاذب

ابرجاذب‌ها، بسپارهای آبدوستی هستند که به دلیل وجود پیوندهای عرضی اندک در ساختار آنها در آستانه حل شدن، به شکل متورم در می‌آیند و مقدار زیادی آب و مایعات آبی را جذب و حتی تحت فشار نگه می‌دارند. بسپاری که دارای اتصالات عرضی است (ژل) و در عین حال دارای گروه‌های عاملی آبدوست (مانند، کربوکسیلی، آمینی، هیدروکسیلی، کربوکسیلات و...) است، هیدروژل نامیده می‌شود. اما عمدتاً به دلیل پیوندهای عرضی بیشتر در اغلب هیدروژل‌ها، جذب آنها بسیار پایین تر، و البته مدول الاستیک (استحکام ژل متورم) در آنها به مراتب بالاتر است. ابرجاذب‌ها یکی از زیرگروه‌های مهم هیدروژل‌ها به حساب می‌آیند، بنابراین می‌توان آنها را هیدروژل ابرجاذب نامید تا پیشوند هیدرو، نشان دهد که آنچه این بسپارها جذب می‌کنند، آب و مایعات آبی است. اولین ابرجاذب راکرن<sup>۱</sup> با همبسپارش آکرلیک‌اسید و تکپارهای دی‌وینیلی ابداع کرد. در دهه ۱۹۷۰، نخستین ابرجاذب تجارتي از آبکافت قلیایی همبسپار پیوندی نشاسته و پلی آکریلونیتریل وارد بازار شد که قادر بود تا ۵۰۰۰ (گرم بر گرم) آب را جذب کند. امروزه شرکت‌های زیادی در آمریکا، ژاپن و اروپا محصولات متنوع این رزین‌ها (عمدتاً برای کاربردهای بهداشتی و کشاورزی) را تولید می‌کنند. تولید سالانه این رزین‌ها بالغ بر یک میلیون تن در سال است [۹]

### ۱-۱- ابرجاذب‌های پایه طبیعی

ابرجاذب‌های پایه طبیعی، به دلیل زیست‌سازگاری و زیست‌تخریب‌پذیری و امکان استفاده از منابع ماده و انرژی تجدیدپذیر به جای منابع تجدیدنپذیر و پایان پذیر (نفت، گاز و...) بسیار جذابند. این هیدروژل‌ها به دو گروه تقسیم می‌شوند.

## فصل اول: بررسی منابع

### ۱-۱-۱- ابرجاذبهای پلی ساکاریدی

این گروه بسیار گسترده بوده و کارهای به مراتب بیشتری بر روی آن انجام شده است. علت اصلی آن فراوانی، گستردگی، تنوع، ارزانی و خواص رئولوژیکی بسیار جالب توجه پلی ساکاریدها در محیط آب است در اینجا در مورد ابرجاذبهای پروتئینی بحث می شود.

### ۱-۱-۲- ابرجاذب های پروتئینی

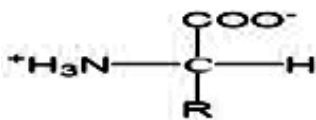
اخیرا چندین مقاله راجع به سنتز ابرجاذبها برپایه پروتئین گزارش شده است. از جمع بندی نتایج این مقالات می توان چنین استنباط کرد که با وجود میزان تورم قابل مقایسه این ابر جاذبها نسبت به ابرجاذبهای سنتزی، حضور ساختارهای پیچ خورده فضایی پروتئین باعث کاهش سرعت تورم میشود [۱۰].

### ۱-۱-۲-۱- پپتیدها و پروتئینها

پروتئینها فراوان ترین درشت مولکولهای زیستی هستند که در تمامی سلولها و قسمتهای سلولی یافت می شوند. پروتئینها دارای تنوع زیادی هستند، هزاران نوع پروتئین مختلف، با اندازه های متفاوت، از پپتیدهای نسبتا کوچک تا بسپارهای بزرگ دارای وزنها ی مولکولی در حد میلیون، ممکن است که در یک سلول یافت شوند. پروتئینها اعمال بسیار متنوع زیستی را انجام داده و مهمترین محصولات نهایی مسیرهای اطلاعاتی هستند. پروتئینها ابزار مولکولی هستند که از طریق آنها اطلاعات ژنتیکی بیان می شود، آنزیمها که کلیه واکنشهای حیاتی را در موجودات زنده کاتالیز می کنند، پروتئین اند. کلید ساختار هزاران پروتئین مختلف، زیر واحدهای تکپاری نسبتا ساده آنهاست. پروتئینها از ۲۰ آمینو اسید یکسان تشکیل شده اند که با توالی مشخص خطی با پیوندهای کووالانسی به هم متصل شده اند. از آنجا که هرکدام از این آمینواسیدها دارای زنجیر جانبی با خصوصیات شیمیایی متفاوت اند، این ۲۰ گروه مولکولی پیش ساز را می توان به عنوان الفبای زبانی دانست که ساختار پروتئینها با آن نوشته می شود. سلولها می توانند با اتصال همین ۲۰ آمینواسید با ترکیبات و توالیهای

## فصل اول: بررسی منابع

بسیار متنوع، پروتئینهایی را تولید نمایند که فعالیتهای متنوعی دارند، پروتئینها بسپارهای حاصل از آبدزایی آمینواسیدها هستند که در آنها هر بنیان آمینواسید توسط یک نوع پیوند کووالان به ریشه مجاور خود متصل شده است. ۲۰ آمینواسید موجود در پروتئینها از نوع  $\alpha$ -آمینواسید هستند. این مولکولها دارای یک گروه کربوکسیل و یک گروه آمینو هستند که به یک (کربن  $\alpha$ ) اتصال دارند و می توان درحالت کلی ساختار آنها را به صورت زیر نشان داد [۱۱].



شکل ۱-۱ پروتئینهای دارای ساختار  $\alpha$  آمینواسید

اختلاف این آمینواسیدها از نظر نوع زنجیر جانبی یا گروههای R آنها است که از نظر ساختار، اندازه و بار الکتریکی متفاوت بوده و بر روی حلالیت آمینواسیدها در آب اثر می گذارند. براساس ویژگیهای گروههای R، به ویژه قطبیت یا تمایل آنها به واکنش با آب در pH بیولوژیک (حدود ۷)، آمینواسیدها را می توان در ۵ گروه اصلی قرار داد:

- ۱- گروههای R، آلیفاتیک ناقطبی: مثل آلانین (دارای گروه متیل) و والین (دارای گروه ایزوپروپیل).
- ۲- گروههای R آروماتیک: مثل فنیل آلانین (دارای گروه بنزیل) و تیروزین (دارای گروه ۴-هیدروکسی بنزیل).
- ۳- گروههای R بدون بار قطبی: مثل سرین (دارای گروه  $\text{CH}_2\text{OH}$ ) و سیستئین (دارای گروه  $\text{CH}_2\text{SH}$ ).
- ۴- گروههای R دارای بار مثبت (بازی): مثل لیسین (دارای گروههای  $(\text{CH}_2)_3 \text{NH}_3^+$ ).
- ۵- گروههای R دارای بار منفی (اسیدی): اسپارتات (دارای گروه  $\text{CH}_2 \text{COO}^-$ ).

## فصل اول: بررسی منابع

پپتیدهای موجود در سیستمهای زیستی از نظر اندازه متفاوت بوده و ممکن است به صورت انواع کوچک با دو یا سه آمینواسید تا انواع بسیار بزرگ از هزاران آمینواسید دیده شوند. دو آمینواسید می‌توانند به طور کووالان از طریق یک پیوند آمیدی یا پیوند پپتیدی به یکدیگر متصل شده و ایجاد یک دی پپتید را کنند. این پیوند با حذف یک مولکول آب از گروه  $\alpha$ -کربوکسیل یک آمینواسید و  $\alpha$ -آمینوی آمینواسید دیگر ایجاد می‌شود [۱۱].



شکل ۱-۲ تشکیل دی پپتید

سه آمینواسید می‌توانند توسط دو پپتیدی به هم متصل شده و ایجاد یک تری پپتید را کنند. اگر تعداد نسبتاً زیادی از آمینوسیدها به این ترتیب به هم متصل شوند. الیگوپپتید ایجاد می‌شود و اگر تعداد آمینوسیدها از حد خاصی بالاتر رود پلی پپتید ایجاد می‌شود. مولکولهایی که به آنها پلی پپتید گفته می‌شود دارای وزن مولکولی کمتر از ۱۰۰۰۰ هستند پروتئینها پلی پپتیدهایی با وزن مولکولی بالا هستند، با اینکه همه پروتئینها پلی پپتیداند ولی ممکن است حاوی ترکیبات غیرآمینوسیدی نیز مثل هم، مشتقات ویتامینی، چربی و کربوهیدرات باشند از لحاظ تاریخی، این دسته از پروتئینها را پروتئینهای پیچیده گویند و پروتئینهایی که تنها از آمینوسیدها تشکیل شده‌اند را پروتئینهای ساده گویند. پروتئینهای پیچیده، علاوه بر اینکه خواص پروتئینهای ساده را دارند دارای خواص ویژه‌ای نیز هستند که به علت وجود ترکیبات غیرآمینوسیدی در آنهاست [۱۱].

۱-۱-۲-۱-۱- طبقه‌بندی پروتئینها

متاسفانه هیچ سیستم واحد جهانی مناسب، برای طبقه‌بندی پروتئینها وجود ندارد و آنها را براساس، الگوهای مختلفی طبقه‌بندی کرده‌اند. معمولا اصولی که برای طبقه‌بندی پروتئینها به کار می‌روند ویژگیهای برجسته پروتئینها هستند که می‌توان از آن میان به این موارد اشاره کرد: ترکیب اجزا، شکل، حلالیت، وظیفه، خصوصیات فیزیکی، و ساختار سه‌بعدی پروتئینها.

(الف) طبقه بندی براساس ترکیب اجزا

پروتئینها براساس ترکیب اجزا به دو دسته تقسیم می‌شوند: پروتئینهای ساده<sup>۱</sup>، مانند آلبومین سرم خون، در اثر آبکافت فقط آمینواسید به دست می‌دهند. پروتئینهای مزدوج شده<sup>۲</sup>، که بسیار متداولتر از پروتئینهای ساده هستند که در اثر آبکافت علاوه بر آمینواسیدها، ترکیبهای دیگری مانند کربوهیدراتها، چربی‌ها یا، اسیدهای نوکلئیک تولید می‌کنند.

(ب) طبقه بندی براساس شکل

روش دیگر برای تقسیم‌بندی پروتئینها براساس شکل سه‌بعدی رشته ای<sup>۳</sup> یا کروی<sup>۴</sup> آنها است. پروتئینها رشته‌ای مانند کلاژن و کراتین شامل زنجیرهای پلی‌پپتیدی هستند که به صورت رشته‌هایی در کنار، یکدیگر قرار دارند.

به دلیل سختی و انحلال‌ناپذیری این پروتئینها در آب، در طبیعت به عنوان مواد ساختاری مانند پی‌ها، سم، شاخ و ماهیچه به کار گرفته شده‌اند. پروتئینهای کروی معمولا پیچ خورده‌اند و به صورت مجموعه‌ای فشرده و تقریبا کروی درآمده‌اند. این پروتئینها معمولا در آب انحلال‌پذیر هستند. جدول ۱-۱ نمونه‌هایی از هر دو نوع پروتئین آمده است [۱۲].

- 
- 1- Simple protein
  - 2- Congugated protein
  - 3- Fibrous
  - 4- Globular

جدول ۱-۱ برخی پروتئینهای کروی و رشته‌ای [۱۲]

منبع و کاربرد	نام
پوست حیوانات، پی‌ها، بافت‌های مفصلی	پروتئینهای رشته‌ای (انحلال‌ناپذیر) کلاژن
رگهای خونی، لیگمانها	الاستین‌ها
برای لخته شدن خون لازم است	فیبرینوژن
پوست، پشم، پر، ابریشم، ناخن	کراتینها
در انتقال اکسیژن نقش دارد	پروتئینهای کروی (انحلال‌پذیر) هموگلوبین
در سیستم ایمنی بدن نقش دارد	ایمینوگلوبولینها
هورمون کنترل سوخت و ساز گلوکوز	انسولین

### (ج) طبقه‌بندی براساس حلالیت

این سیستم در سال ۱۹۰۸-۱۹۰۷ توسعه پیدا کرد و هنوز هم در برخی زمینه‌ها (به‌ویژه در زیست شیمی دارویی) مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این نوع تقسیم‌بندی، خط مرزی مشخصی وجود ندارد. مثلاً طبق این روش نمی‌توان تفاوت قابل توجهی را بین آلبومین‌ها و گلوبولینها، تنها با تکیه



## فصل اول: بررسی منابع

بر حلالیتشان در آب یا محلولهای نمکی، قائل شد در جدول ۱-۲ این طبقه بندیها را مشاهده میکنید [۱۳].

جدول ۱-۲ طبقه بندی پروتئینها براساس حلالیت [۱۳]

آلبومینها	در آب و محلولهای نمکی حل می شوند.
گلوبولینها	به مقدار کم در آب حل می شوند ولی در محلولهای نمکی براحتی حل می شوند.
پروتامینها	در اتانول ۸۰-۷۰ درصد حل می شوند ولی در آب و اتانول مطلق حل نمی شوند.
هیستونها	در محلولهای نمکی حل می شوند.

### (د) طبقه بندی براساس وظیفه

پروتئینها را می توان براساس وظایف زیستی که دارند نیز به انواع مختلفی تقسیم کرد. مثلا پروتئینهای ساختاری، پروتئینهای ناقل (حامل)، پروتئینهای کاتالیزکننده و... را نام برد.

### (ه) طبقه بندی براساس ساختار

پروتئینهای اولیه: ساختار نوع اول دارای توالی خطی از آمینواسیدها در زنجیر پلی پپتیدی است. پروتئینهای ثانویه: اگر بین چند رشته پروتئین اولیه، پیوند هیدروژنی تشکیل شود، این رشتهها پیچ می خورند. در اثر این پیچ خوردن، دوشکل جدید ایجاد می شود: یکی صفحات چین خورده که "صفحات بتا" نامیده می شوند و دیگری آرایش مارپیچی که اصطلاحا "مارپیچ آلفا" نام دارد [۱۳].



شکل ۱-۳ مارپیچ آلفا و صفحات بتا

پروتئینهای نوع سوم: از ترکیب مارپیچها و چین خورده‌گیهای قبلی، پروتئینهای کوچک کروی ایجاد می‌شود. ترکیب این نوع تاخوردن با چین خورده‌گیهای قبلی، پروتئینهای دسته چهارم را شکل میدهد.



شکل ۱-۴ صفحات تاخورده

پروتئینهای دسته چهارم: برای افزایش کارایی پروتئینها، گاهی پروتئینهای نوع سوم در کنار هم قرار می‌گیرند و آرایش فضایی پیچیده‌ای ایجاد می‌کنند. یک مثال معروف از این نوع پروتئینها، مولکول هموگلوبین است [۱۳].



شکل ۱-۵ ساختار هموگلوبین

۱-۱-۲-۱-۲- پیوندهای مسئول حفظ ساختار پروتئین

پیوندهایی که باعث پایدار شدن ساختار پروتئین می شوند، عبارت‌اند از:

پیوندهای قوی شامل: پیوندهای پپتیدی و دی‌سولفیدی.

پیوندهای ضعیف شامل: پیوندهای هیدروژنی، برهمکنش‌های آبگریزی، و برهمکنش‌های الکترو استاتیک موجود بین گروه‌های باردار [۱۳].

۱-۱-۲-۱-۳- صورتبندیهای منظم زنجیرهای پلی‌پپتیدها

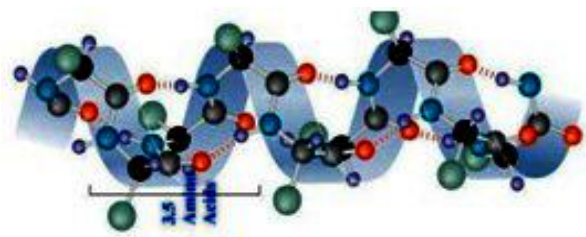
(الف) مارپیچ آلفا<sup>۱</sup>

چنانچه اسکلت یک پلی‌پپتیدی حول هر اتم کربن آلفا به‌طور یکسانی بچرخد، یک ساختار پیچ خورده تشکیل می‌شود. ویژگی‌های اصلی مارپیچ آلفا عبارت است از:

- ۱- پیوندهای هیدروژنی که بین اتم هیدروژن متصل به نیتروژن و اکسیژن گروه کربونیل ایجاد میشود باعث پایدار شدن ساختار مارپیچ آلفا می‌شود.
- ۲- تمام پیوندهای پپتیدی در ایجاد پیوند هیدروژنی شرکت می‌کنند که این باعث ایجاد حداکثر پایداری در ساختار مارپیچ می‌شود.
- ۳- چون همه اکسیژن‌های گروه کربونیل و نیتروژن‌ها در ایجاد پیوند هیدروژنی شرکت می‌کنند لذا ماهیت آبدوستی ساختار مارپیچ به شدت کاهش می‌یابد.
- ۴- ساختار مارپیچ آلفا فوری و به‌طور خودبخودی تشکیل می‌شود زیرا دارای پایین‌ترین سطح انرژی و پایدارترین صورتبندی برای زنجیرهای پلی‌پپتیدی است.

## فصل اول: بررسی منابع

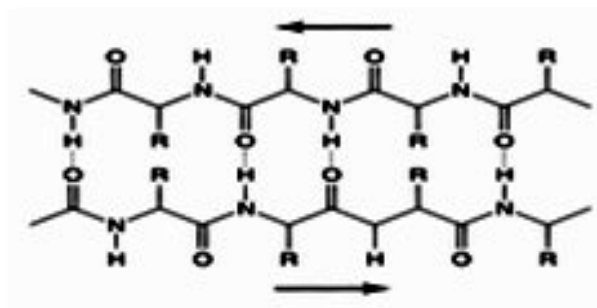
۵- وقتی L- آمینواسیدها در ساخت پلی پپتیدها بکار می‌روند، ساختار مارپیچ راست گرد<sup>۱</sup>، که پروتئینها دارای چنین ساختاری هستند، به‌طور قابل توجهی پایدارتر از ساختار مارپیچ چپگرد<sup>۲</sup> است [۱۳].



شکل ۱-۶ مارپیچ آلفا پروتئینها

### (ب) صفحات بتا<sup>۳</sup>

دومین شکل فضایی منظم که در اکثر پروتئینها وجود دارد، ورقه چین خورده بتا است. کربنهای آلفا و گروه های R متصل به آنها نسبت به صفحه زنجیره اصلی پلی پپتید، کمی بالاتر و کمی پایین تر قرار می‌گیرند. زنجیره‌های پلی پپتیدی که در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند، از طریق برقراری پیوند هیدروژنی پایدار می‌شود [۱۳].



شکل ۱-۷ ساختار پلی پپتید

- 1- Right-handed helix
- 2- Left-handed helix
- 3-  $\beta$ -Pleated sheet