

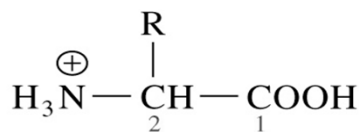
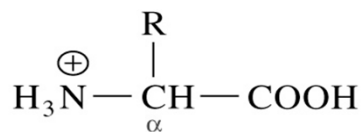
پروتیین ها Proteins:

- Transport : hemoglobin in blood
- Storage: ferritin in liver
- Immune response: antibodies
- Receptors: sense stimuli, e.g. in neurons
- Channels: control cell contents
- Structure: collagen in skin
- Enzymes: catalyze biochemical reactions
- Cell functions: multi-protein machines

1

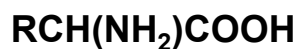
Amino Acids اسیدهای آمینه

- متصل به کربن آلفا
- آلفا-اسید آمینه محتوی :
 - عامل کربوکسیل
 - عامل آمینی
 - اتم هیدروژن
 - یک زنجیره کناری (R)

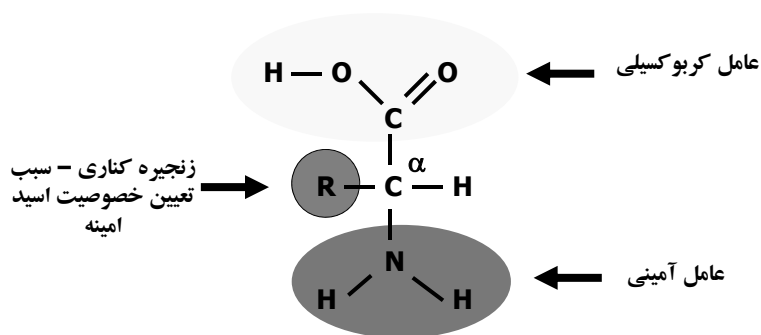


2

اسیدهای آمینه

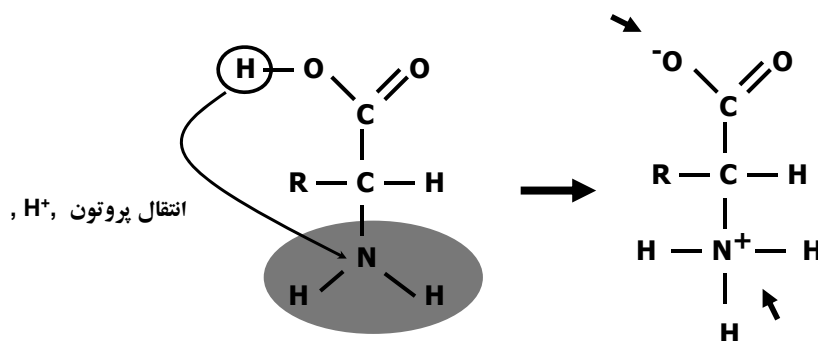


فرمول مولکولی کلی



3

زمانیکه یک پروتون از عامل کربوکسیلی به سمت عامل آمینی حرکت کند کل مولکول به صورت یک دو قطبی (dipolar ions) یا جفت یون (zwitter ion) خواهد بود



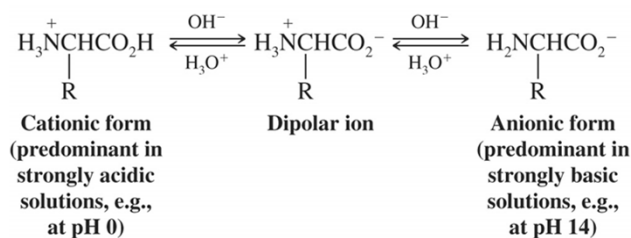
با حل شدن اسید آمینه در آب zwitter ion تشکیل می شود.
در pH فیزیولوژیکی، اسید آمینه به فرم zwitter ions خواهد بود

4

■ Amino Acids as Dipolar Ions

■ در یک محلول حالت تعادلی بین فرم های دوقطبی، کاتیونی و آنیونی اسید آمینه وجود دارد

■ فرم غالب بستگی pH محلول دارد



■ در pH پایین اسید آمینه به فرم کاتیونی

■ در pH بالا اسید آمینه به فرم آنیونی

■ در pH میانی که نقطه ایزوالکتریک ($pI = \text{isoelectric point}$) نامیده می شود غلظت یون دوقطبی حداکثر و غلظت های فرم کاتیونی و آنیونی مساوی است

5

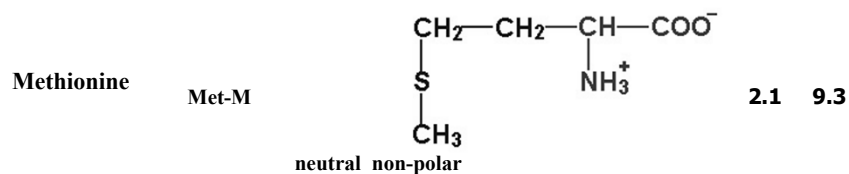
Amino Acids with Aliphatic R-Groups

Glycine	Gly - G	neutral non-polar	$\text{H}-\text{CH}-\text{COO}^-$ NH_3^+	2.4	9.8
Alanine	Ala - A	neutral non-polar	$\text{CH}_3-\text{CH}-\text{COO}^-$ NH_3^+	2.4	9.9
Valine	Val - V	neutral non-polar	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COO}^-$ H_3C NH_3^+	2.2	9.7
Leucine	Leu - L	neutral non-polar	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^-$ H_3C NH_3^+	2.3	9.7
Isoleucine	Ile - I	neutral non-polar	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{COO}^-$ H_3C NH_3^+	2.3	9.8

6

Amino Acids with Aliphatic R-Groups cont.

Amino Acids with Sulfur-Containing R-Groups



Proline	Pro - P	neutral non-polar		2.0	10.6
----------------	----------------	-------------------	---	------------	-------------

7

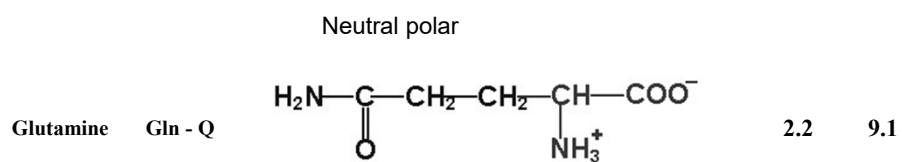
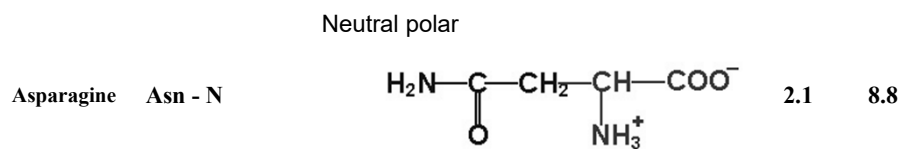
Amino Acids with Polar (uncharged) R-Groups

Amino Acids with Hydroxyl R-Groups

Serine	Ser - S	neutral polar	$ \begin{array}{c} \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array} $	2.2	9.2	~13
Threonine	Thr - T	neutral polar	$ \begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \quad \\ \text{HO} \quad \text{NH}_3^+ \end{array} $	2.1	9.1	~13
Amino Acids with Sulfur-Containing R-Groups						
Cysteine	Cys - C	Neutral polar	$ \begin{array}{c} \text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array} $	1.9	10.8	8.3

8

Amino Acids with Polar (uncharged) R-Groups



9

Acidic Amino Acids

Acidic polar

Aspartic Acid	Asp - D	$^-\text{OOC}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\underset{ }{\text{CH}}}-\text{COO}^-$	2.0	9.9	3.9
Glutamic Acid	Glu - E	$^-\text{OOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\underset{ }{\text{CH}}}-\text{COO}^-$	2.1	9.5	4.1

10

Basic Amino Acids			Basic polar		
Arginine	Arg - R	$\begin{array}{c} \text{HN}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{C}=\text{NH}_2^+ \qquad \text{NH}_3^+ \\ \\ \text{H}_2\text{N} \end{array}$	1.8	9.0	12.5
Lysine	Lys - K	$\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}-\text{COO}^-$ NH_3^+	2.2	9.2	10.8
Histidine	His - H	$\begin{array}{c} \text{HN} \quad \text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{N} \quad \text{N} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ NH_3^+	1.8	9.2	6.0
11					

Aromatic Amino Acids and Proline					
Phenylalanine	Phe - F	$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$ Neutral non-polar	2.2	9.2	
Tyrosine	Tyr - Y	$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$ Neutral -polar	2.2	9.1	10.1
Tryptophan	Trp-W	$\begin{array}{c} \text{Indole ring}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$ Neutral- slightly polar	2.4	9.4	
12					

Amino acid abbreviations

TABLE 3.2 Abbreviations for amino acids

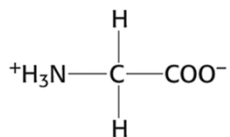
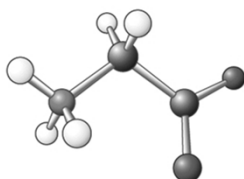
Amino acid	Three-letter abbreviation	One-letter abbreviation	Amino acid	Three-letter abbreviation	One-letter abbreviation
Alanine	Ala	A	Methionine	Met	M
Arginine	Arg	R	Phenylalanine	Phe	F
Asparagine	Asn	N	Proline	Pro	P
Aspartic Acid	Asp	D	Serine	Ser	S
Cysteine	Cys	C	Threonine	Thr	T
Glutamine	Gln	Q	Tryptophan	Trp	W
Glutamic Acid	Glu	E	Tyrosine	Tyr	Y
Glycine	Gly	G	Valine	Val	V
Histidine	His	H	Asparagine or aspartic acid	Asx	B
Isoleucine	Ile	I	Glutamine or glutamic acid	Glx	Z
Leucine	Leu	L			
Lysine	Lys	K			

13

Simplest amino acids

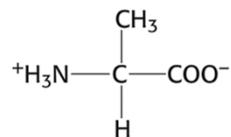
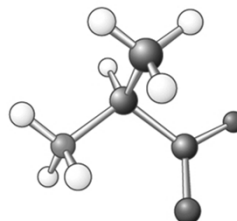
غیر ضروری

**Glycine
(Gly, G)**



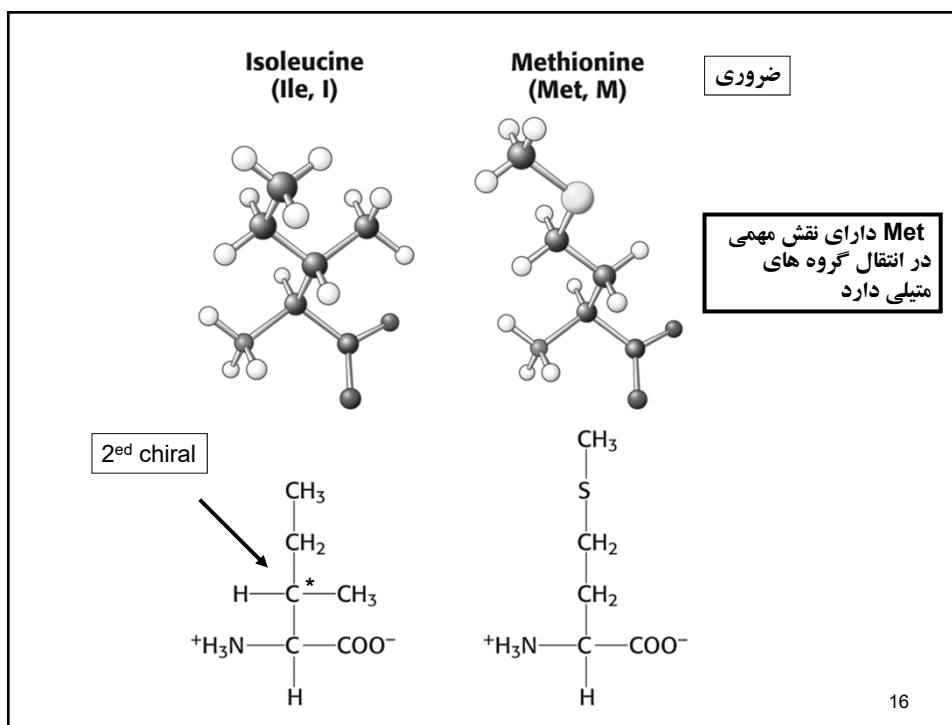
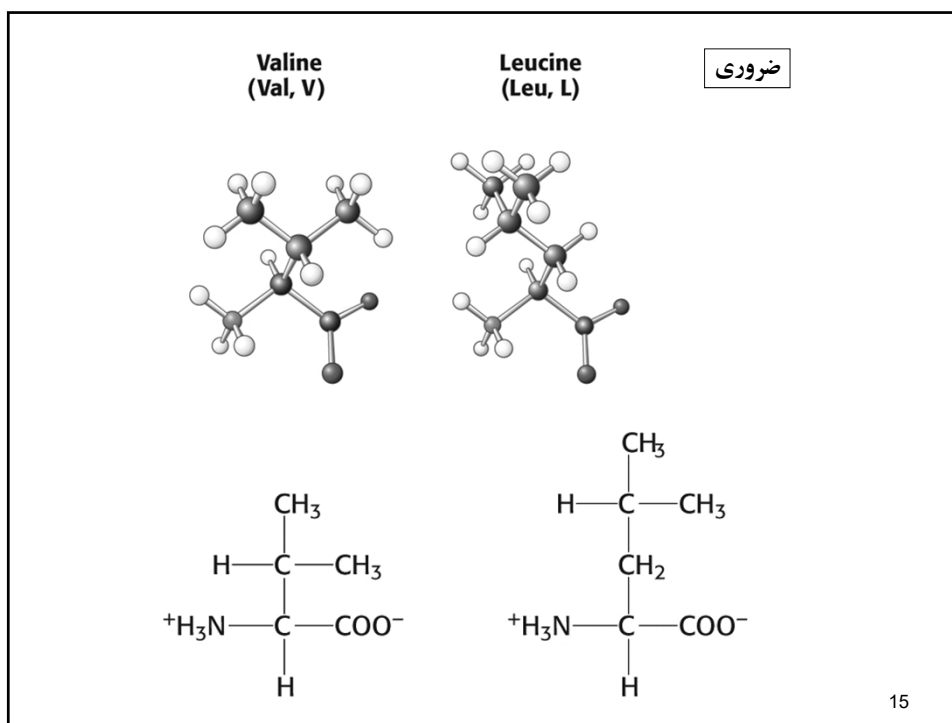
**Glycine
(Gly, G)**

**Alanine
(Ala, A)**



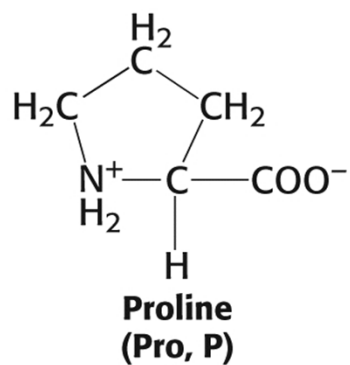
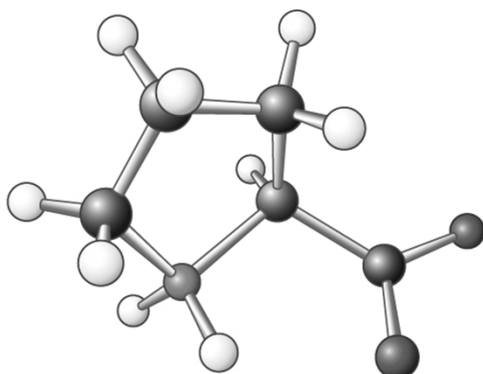
**Alanine
(Ala, A)**

14



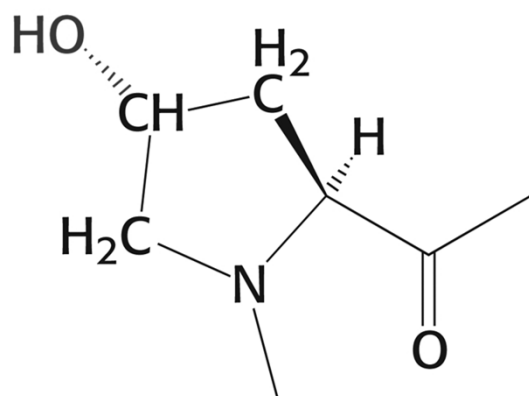
Proline: cyclic structure

غیر ضروری



17

هیدروکسیلايون پرولين در زنجيره پروتئينی

**Hydroxyproline**

سبب پایداری الیاف
کلاژن در استخوان و
بافت همبند
کمبود ویتامین ث سبب
کافی نبودن
ایدروکسیلاسیون پرولین

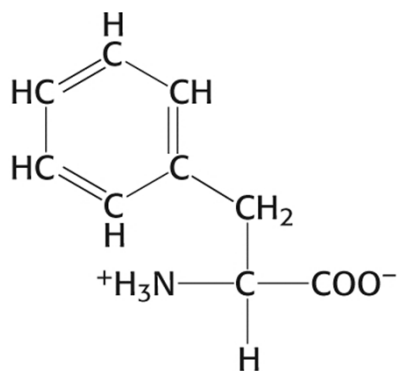
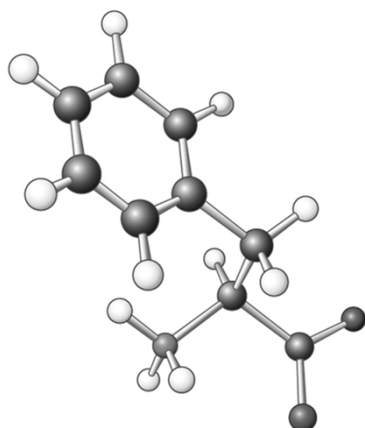
18

زنجیره های کناری آروماتیک

ضروری

حلقه فنیلی هیدروفوب

(Phe, F)



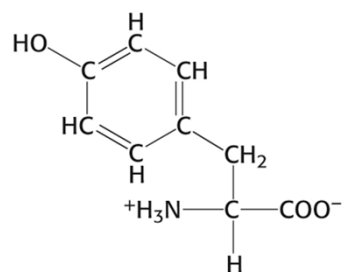
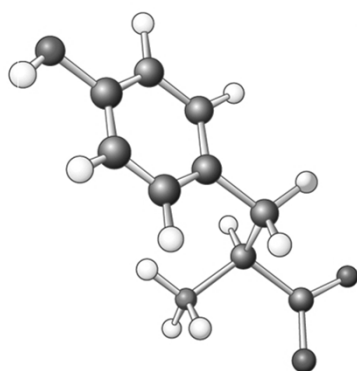
Phenylalanine
(Phe, F)

19

زنجیره های کناری آروماتیک

غیر ضروری

(Tyr, Y)



Tyrosine
(Tyr, Y)

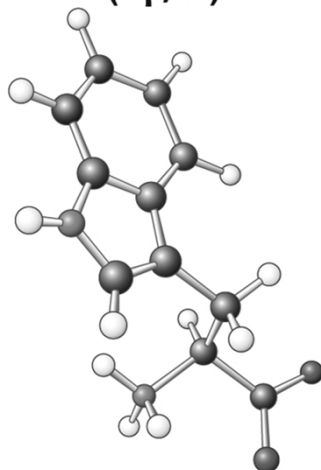
خصوصیات هیدروفوبی و هیدروفیلی
کمتر هیدروفوب به سبب عامل هیدروکسی

20

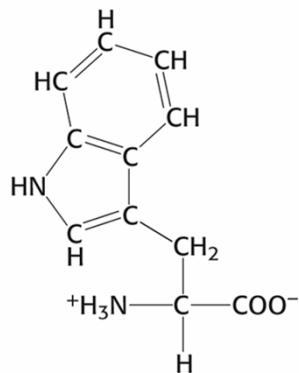
زنجیره های کناری آروماتیک

ضروری

Tryptophan
(Trp, W)



Indole ring-

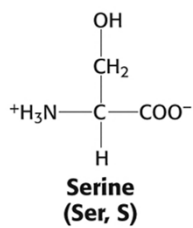
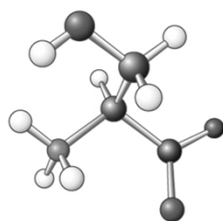


خصوصیات هیدروفوبی و هیدروفیلی
کمتر هیدروفوب به سبب عامل -NH

21

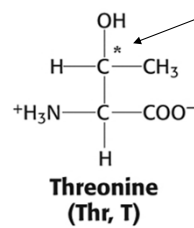
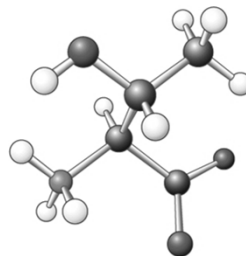
غیر ضروری

Serine
(Ser, S)



ضروری

Threonine
(Thr, T)



2nd chiral center

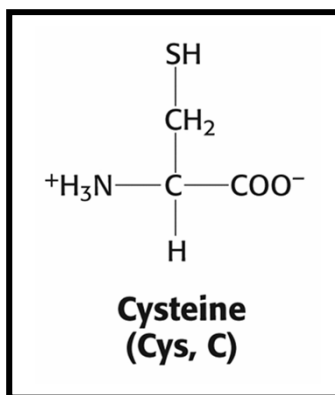
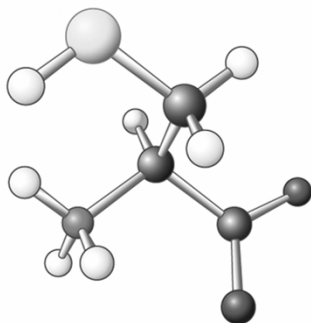
22

اسید آمینه با عامل سولفیدریل یا تیول (-SH)

Cysteine

-SH به مراتب فعالتر از -OH

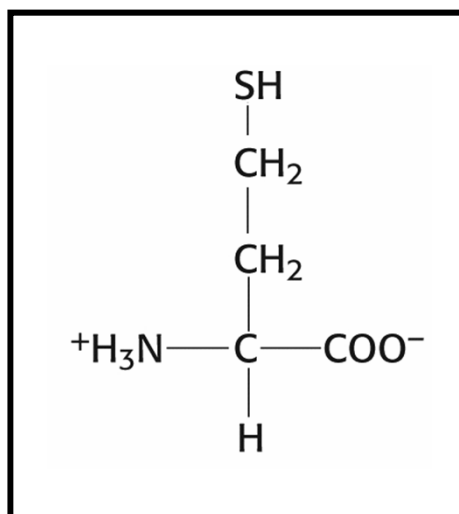
غیر ضروری



23

Homocysteine

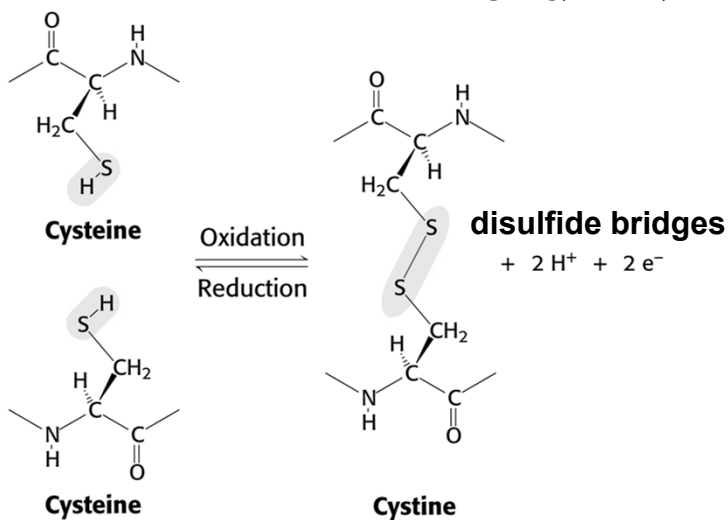
نقشی در ساختن پروتئین ندارد



24

اتصالات عرضی (پل های دی سولفیدی)

جفت های -SH تشکیل دهنده پیوند دی سولفیدی
نقش کلیدی در پایداری پروتیین

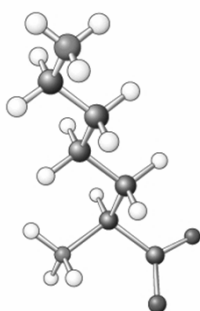


25

Lysine
(Lys, K)

اسیدهای آمینه بازی

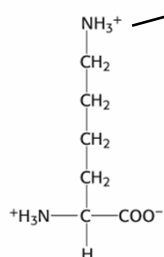
ضروری



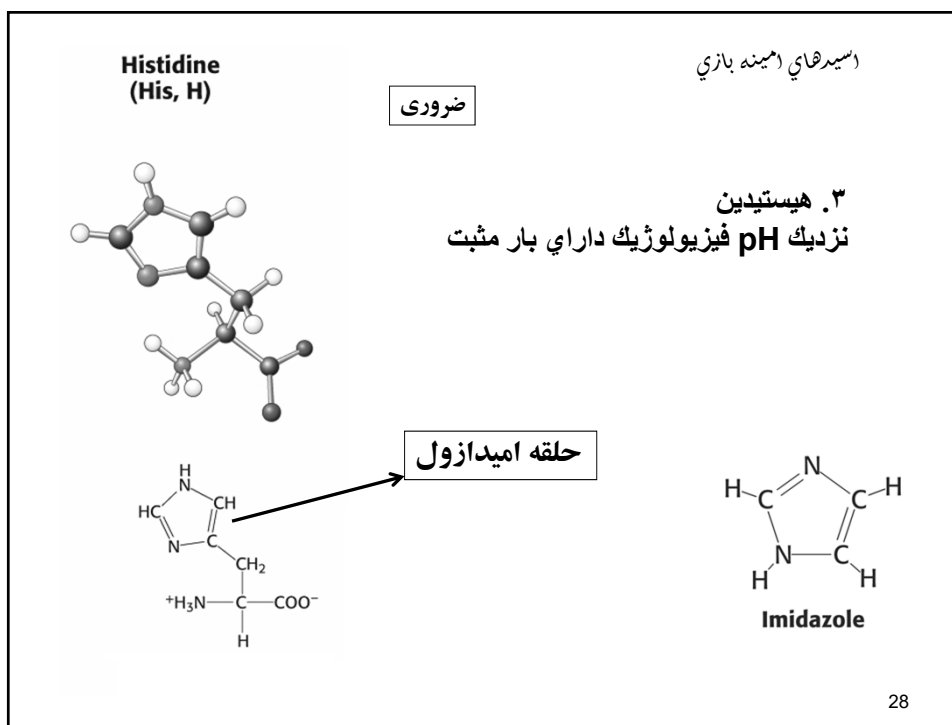
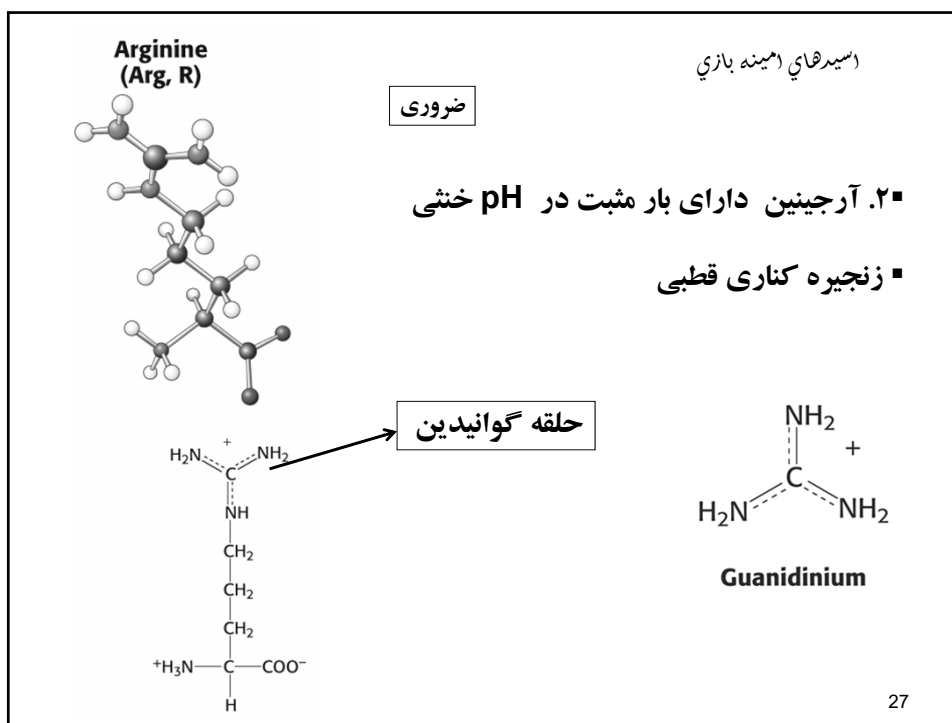
۱. لیزین دارای بار مثبت در pH خنثی

■ زنجیره کناری قطبی

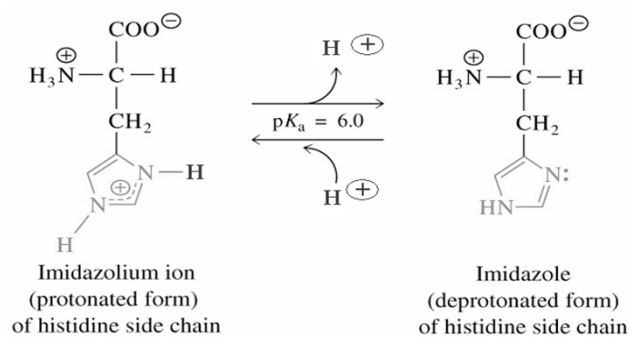
عامل آمین ایپسیلون ($\epsilon\text{-NH}_2$)



26



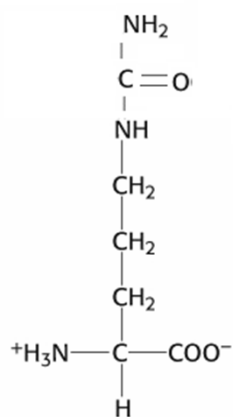
یونیزاسیون هیستیدین پروتون زدایی از حلقه ایمیدازول



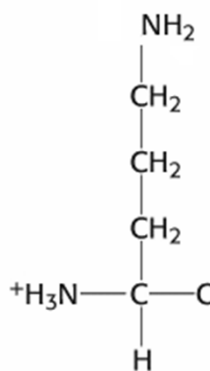
Near physiological pH

29

مشتقات آرچینین: نقشی در سنتز پروتیین ندارند



Sitroline سیترولین



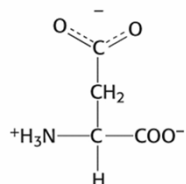
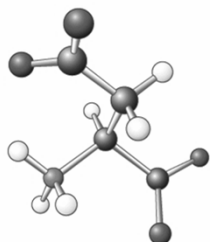
Ornithine اورنیتین

30

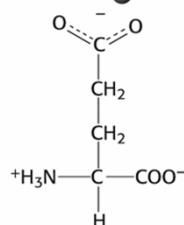
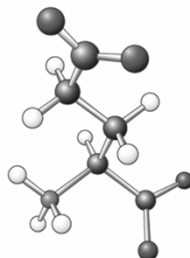
زنجیره کناری با عامل اسیدی

غیر ضروری

Aspartate
(Asp, D)



Glutamate
(Glu, E)

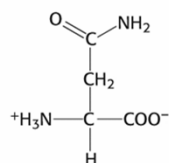
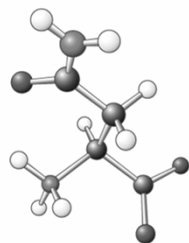


گلو تلمیک اسید نقش مهمی در انتقال گروه آمینی در خون دارد

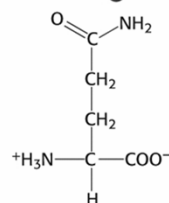
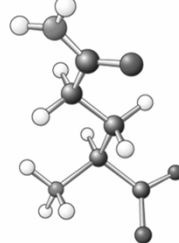
31

Carboxamide زنجیره کناری کربوکس آمیدی

Asparagine
(Asn, N)



Glutamine
(Gln, Q)



غیر ضروری

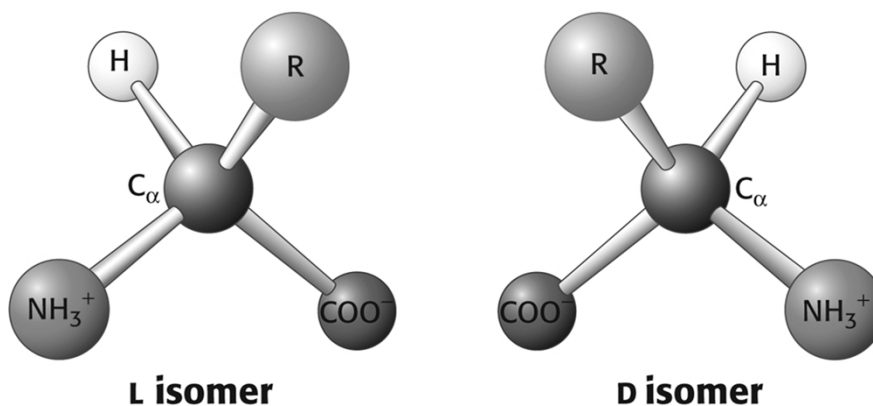
32

ایزومری فضایی اسیدهای آمینه

- از ۲۰ اسید آمینه ۱۹ اسید آمینه دارای اتم کربن - آلفا با مرکز کایرال می باشند (گلایسین فاقد مرکز کایرال)
- ترئونین و ایزولوسین دارای دو مرکز کایرال بوده و لذا دارای ۴ ایزومر فضایی هستند
- تصاویر آینه ای اسیدهای آمینه به صورت ایزومرهای "د و ال" می باشند
- پروتئین ها عمدتاً از اسیدهای آمینه نوع "ال" ساخته می شوند
- تعداد کمی از پروتئین ها از نوع "د" در طبیعت یافت می شود

33

تصاویر آینه ای



34

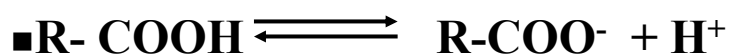
Properties and Conventions Associated with the Standard Amino Acids

		pK _s values				
Amino acid	Abbreviated names		pK ₁ (-COOH)	pK ₂ (-NH ₃ ⁺)	pK _R (R group)	pI
Nonpolar, aliphatic R groups						
Glycine	Gly	G	2.34	9.60		5.97
Alanine	Ala	A	2.34	9.69		6.01
Valine	Val	V	2.32	9.62		5.97
Leucine	Leu	L	2.36	9.60		5.98
Isoleucine	Ile	I	2.36	9.68		6.02
Methionine	Met	M	2.28	9.21		5.74
Aromatic R groups						
Phenylalanine	Phe	F	1.83	9.13		5.48
Tyrosine	Tyr	Y	2.20	9.11	10.07	5.66
Tryptophan	Trp	W	2.38	9.39		5.89
Polar, uncharged R groups						
Serine	Ser	S	2.21	9.15		5.68
Proline	Pro	P	1.99	10.96		6.48
Threonine	Thr	T	2.11	9.62		5.87
Cysteine	Cys	C	1.96	10.28	8.18	5.07
Asparagine	Asn	N	2.02	8.80		5.41
Glutamine	Gln	Q	2.17	9.13		5.65
Positively charged R groups						
Lysine	Lys	K	2.18	8.95	10.53	9.74
Histidine	His	H	1.82	9.17	6.00	7.59
Arginine	Arg	R	2.17	9.04	12.48	10.76
Negatively charged R groups						
Aspartate	Asp	D	1.88	9.60	3.65	2.77
Glutamate	Glu	E	2.19	9.67	4.25	3.22

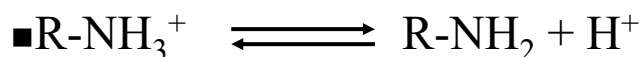
15

خصوصیات اسید های آمینه

■ عامل کربوکسیل به عنوان یک اسید و باز ضعیف



■ عامل آمین به عنوان یک باز و اسید ضعیف



36

pH

ایزوالکتریک pH

■ Isoelectric pH: $[\text{NH}_3^+] = [\text{COO}^-]$

→ $[\text{NH}_3^+] + [\text{COO}^-] = 0$

بدون بار موثر

■ نقطه ایزوالکتریک

$$\text{pI} = \frac{1}{2}(\text{pK}_{\alpha\text{-Carboxyl}} + \text{pK}_{\alpha\text{-amino}})$$

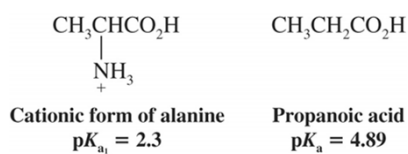
■ برای اسید آمینه با زنجیره جانبی قطبی

$$\text{pI} = \frac{1}{2}(\text{pK}_R + \text{pK}_{\text{nearer } \alpha\text{-group}})$$

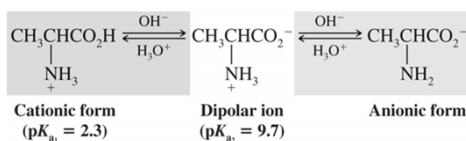
39

در pH پایین آلانین به صورت کاتیون

pKa₁ یونیزاسیون عامل کربوکسیلیک



pKa₂ یونیزاسیون عامل آمین



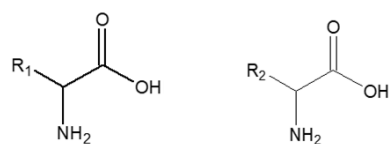
$$\text{pI} = (\text{pKa}_1 + \text{pKa}_2)/2$$

40

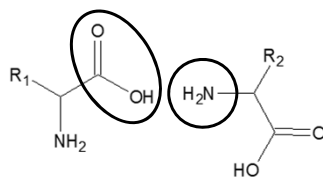
پپتید ها Peptides

41

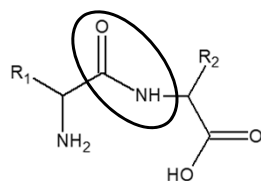
تشکیل پیوند پپتیدی



دو مولکول اسید آمینه



اسید آمینه در موقعیتی قرار می گیرد که عامل کربوکسیل از یکی با عامل آمین از دیگری واکنش می دهد

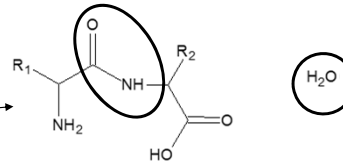


پیوند پپتیدی با از دست دادن یک مولکول آب تشکیل می شود

42

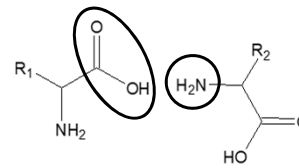
هیدرولیز پیوند پپتیدی

پیوند پپتیدی دو اسید آمینه را در کنار هم نگه می دارد



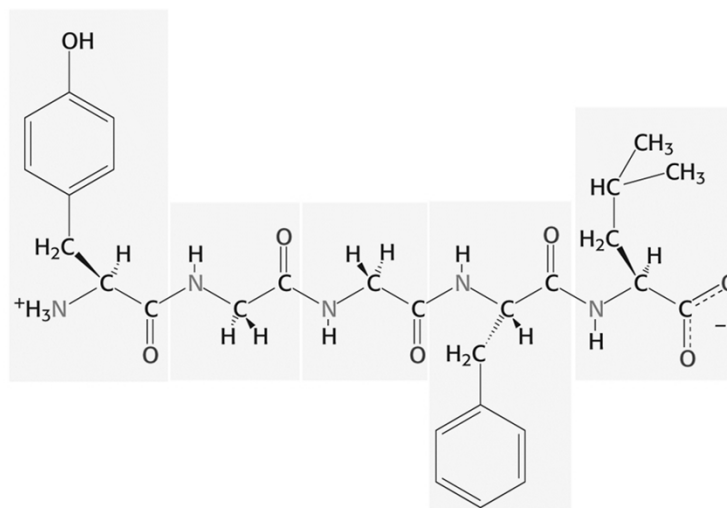
یک مولکول آب با این گروه در واکنش شرکت می کند

دو اسید آمینه بوجود می آید

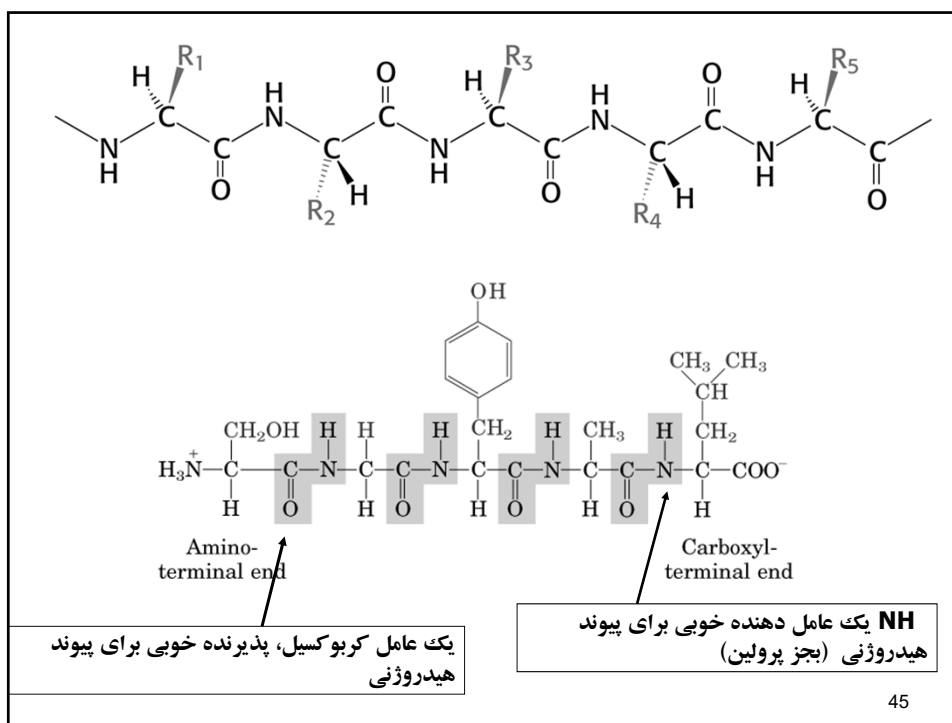


43

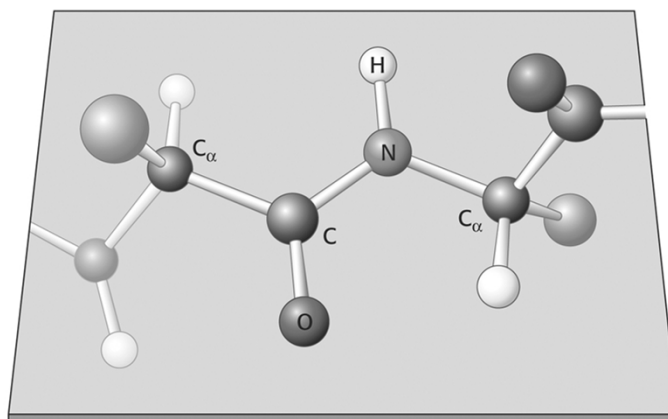
زنجیری پلی پپتیدی



Tyr Gly Gly Phe Leu
Amino terminal residue Carboxyl terminal residue 44

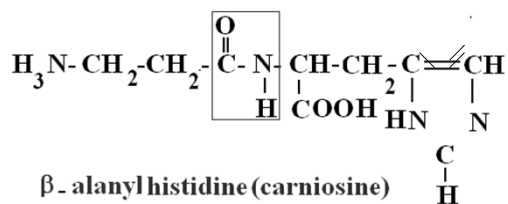
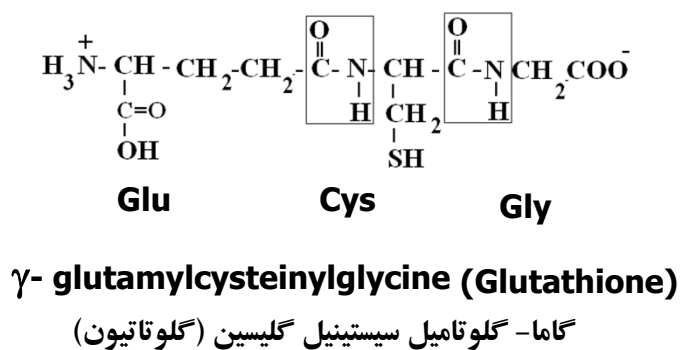
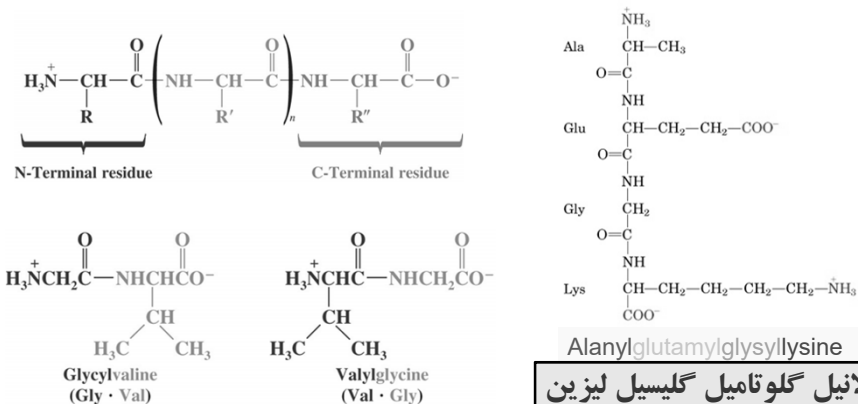


پیوند های پتیدی مسطح هستند



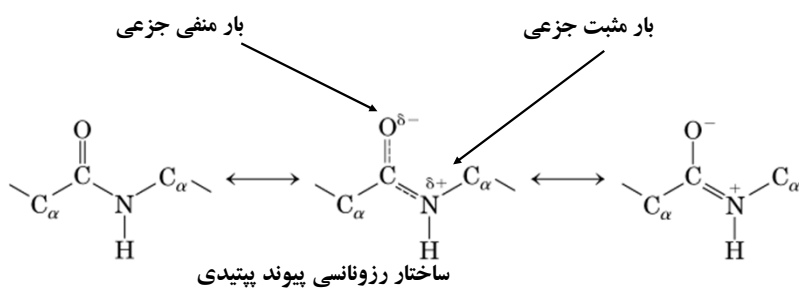
شش اتم (C_a, C, O, N, H, C_a) در یک صفحه، در یک جفت اسید آمینه

- پلی پپتید ها از سر N ترمینال به سمت راست نوشته می شوند
- کلمات سه حرفی یا یک حرفی که پشت سر هم می آیند برای نشان دادن توالی اسید آمینه استفاده می شوند



پیوند پپتیدی : خصوصیت پیوند دو گانه

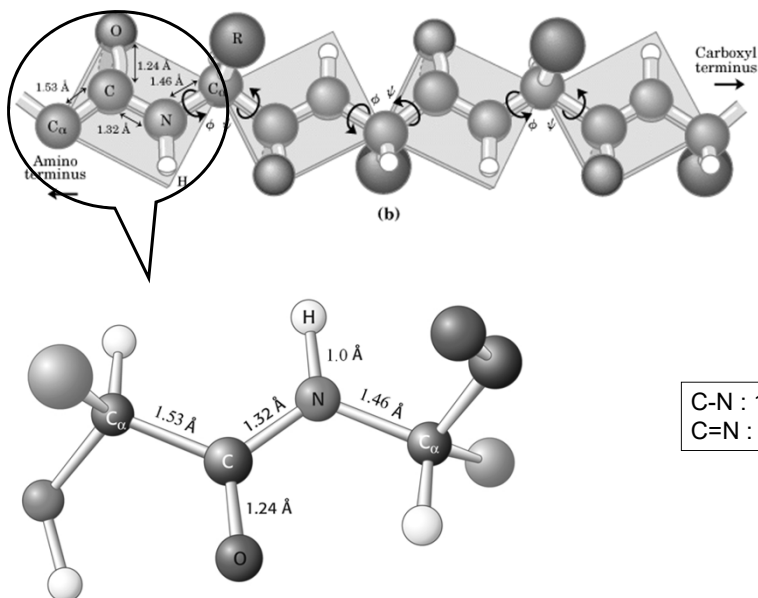
ممانعت از چرخش اطراف پیوند پپتیدی



دو حالت (cis & trans) امکان پذیر است : فقط ترانس استفاده می شود

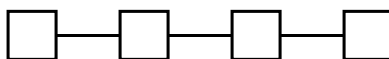
49

طول پیوند در پپتید



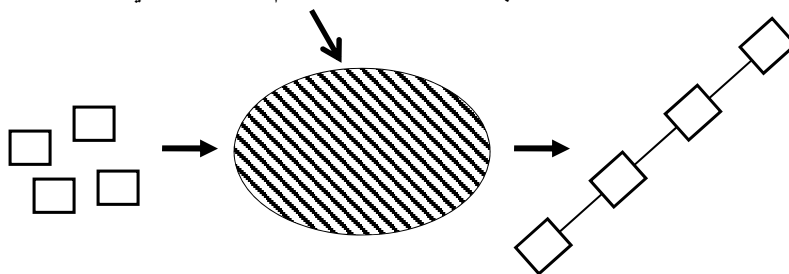
50

پروتئین ها پلی مری از اسید های آمینه



• ۲۰ نوع اسید آمینه مختلف: ترکیبات مختلف

• پروتئین ها در ریبوزوم ها ساخته می شوند



51

✓ چهار نوع پیوند بین زنجیره های کناری وجود دارد:

پیوند هیدروژنی

پل های نمکی

پیوند دی سولفید

اتصالات غیر قطبی هیدروفوب

■ پیوند دی سولفید: با اکسیداسیون عامل های

سولفیدریل سیستمین ایجاد می شود

■ زنجیره های پروتئینی مختلف توسط پیوند دی سولفید

در کنار هم قرار می گیرند

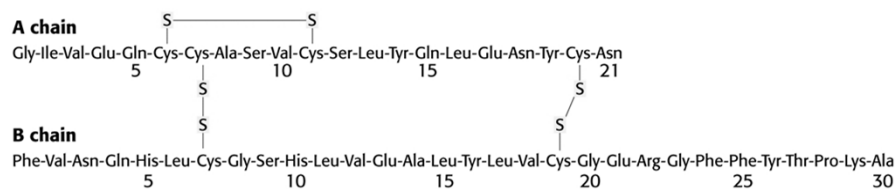
■ در طول یک زنجیره نیز ممکن است بواسطه این پیوند

کووالانسی، حلقه ایجاد شود



52

Bovine insulin: AA sequence

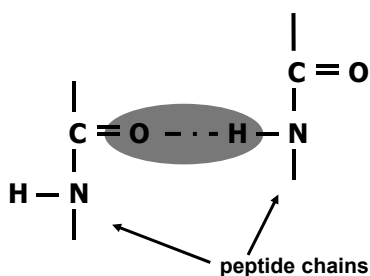


53

Cont..

- پیوند هیدروژنی بین " زنجیره کناری "
- حالت های عمده شامل اتصال بین دو الکل؛ یک الکل و یک اسید؛ دو اسید؛ یا یک الکل و یک آمین یا آمید

- مثال هایی از اتصالات هیدروژنی



- دو الکل : Ser, Thr, Tyr
- الکل و اسید: Asp, Tyr
- دو اسید: Asp, Glu
- الکل و اسید: Ser, Lys
- الکل و آمید : Der, Asn

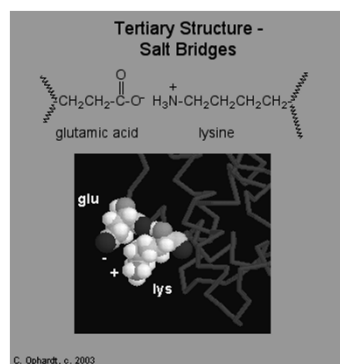
54

Cont..

■ پل‌های نمکی نتیجه خنثی شدن اسید و آمین در زنجیره‌های کناری است

■ ارتباط نهایی بین عامل آمین با بار منفی مثبت و عامل اسیدی با بار منفی یک ارتباط یونی خواهد بود

پیوند های یونی



55

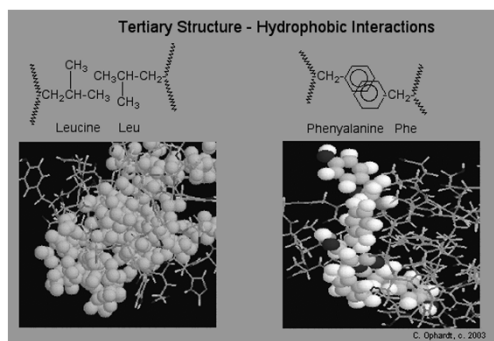
Cont..

■ ارتباط هیدروفوب زنجیره‌های کناری غیر قطبی سبب پایداری ساختمان سوم پروتیین خواهد شد.

■ گروه‌های غیر قطبی آب و سایر گروه‌های قطبی را دفع کرده و در نتیجه گروه‌های غیرقطبی را جذب می‌کنند

■ گروه‌های موجود در Ala, Val, Leu, and Ile از این طریق همدیگر را جذب می‌کنند

■ حلقه‌های آروماتیک Phe و Tyr روی هم انباشته می‌شوند



56

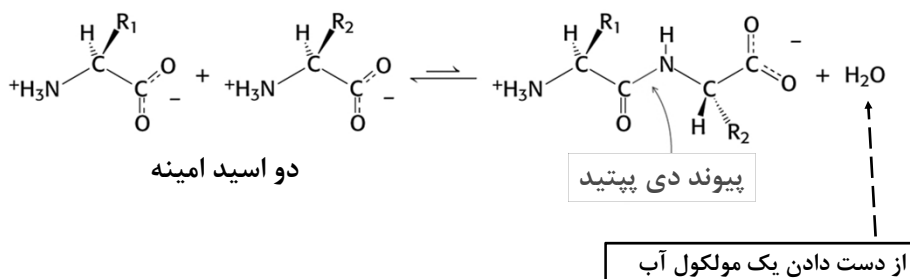
ساختمان پروتئین ها Proteins structure

- Primary structure ساختمان اول : ترتیب و توالی معین اسید های آمینه در زنجیره پلی پپتیدی
- Secondary structure ساختمان دوم :
 - Platted sheet صفحات چین دار
 - α - helix مارپیچ آلفا
- Tertiary structure ساختمان سوم: ساختار سه بعدی زنجیره پلی پپتیدی؛ پایداری ساختمان توسط پیوند های هیدروفوب، پیوندهای هیدروژنی و دی سولفیدی
- Quaternary structure ساختمان چهارم : ساختاری که بواسطه ارتباط بین دو یا چند رشته پروتئینی ایجاد می شود

57

ساختمان اول: پیوند پپتیدی بین اسید های آمینه

- بین عامل کربوکسیل از یک اسید آمینه و عامل آلفا-آمین از اسید آمینه
- ترتیب و توالی اسید های آمینه در یک زنجیره پپتیدی
- ساختمان اول مسوول فعالیت بیولوژیکی پروتئین



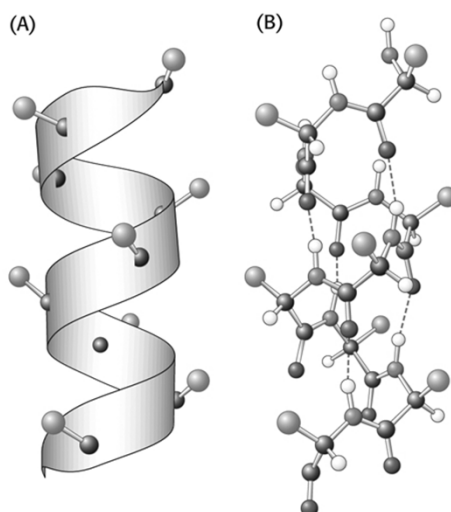
تعادل به سمت هیدرولیز است از اینرو سنتز پیوند پپتیدی نیازمند انرژی است

۵۸

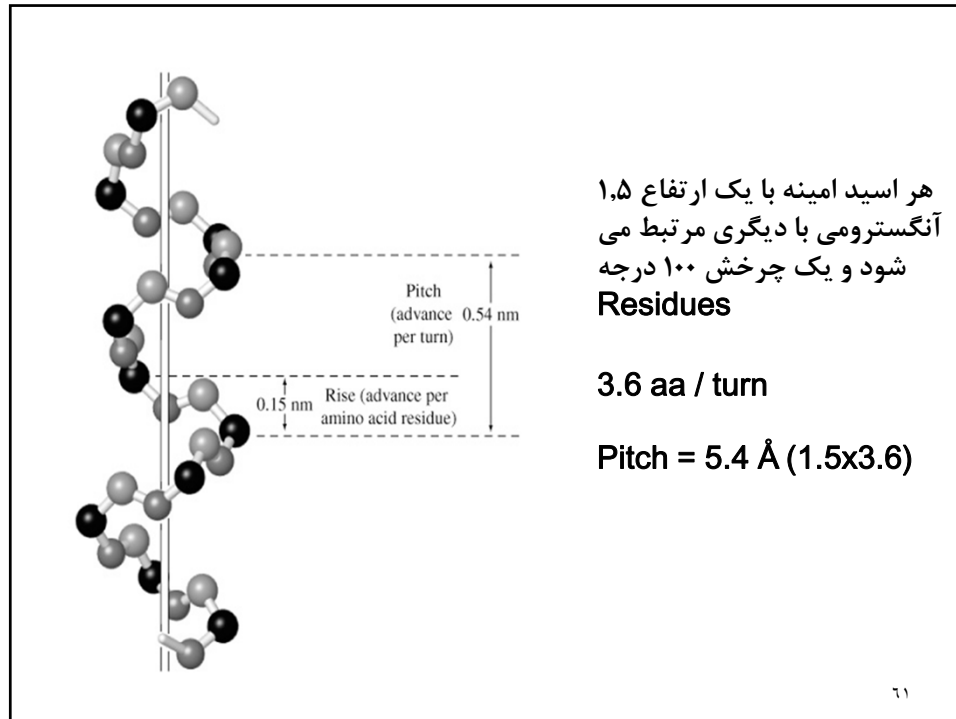
- در مارپیچ آلفا، زنجیره پلی پپتیدی نظیر یک فنر به فرم مارپیچ در می آید
- اسکلت اصلی پپتید بخش میانی مارپیچ را تشکیل می دهد در حالیکه زنجیره های کناری به سمت خارج گسترش می یابند
- پایداری مارپیچ توسط پیوند های هیدروژنی بین **N-H** از یک اسید آمینه و **C=O** از چهار اسید آمینه دورتر برقرار می شود
- یک پیچ از مارپیچ محتوی ۳,۶ اسید آمینه است
- مارپیچ می تواند راست گرد یا چپ گرد باشد نظیر برجستگی های روی یک پیچ معمولی
- مارپیچ های طبیعی در پروتئین ها عمدتاً به صورت راست گرد می باشند
- همه پروتئین ها دارای ساختار مارپیچی نیستند

59

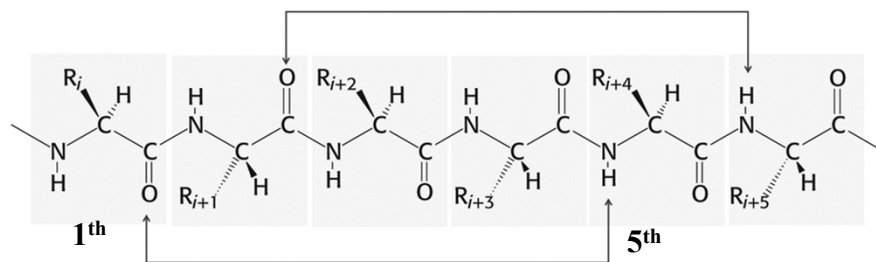
ساختار دوم : alpha helix



۶۰



پاداری مارپیچ آلفا توسط پیوند های هیدروژنی



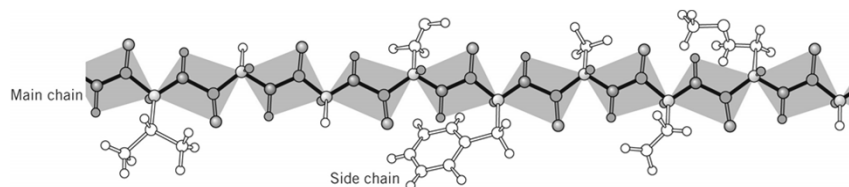
ساختمان دوم: صفحات چین دار

- یک رشته بتا زنجیره ای محتوی ۵-۱۰ اسید آمینه با اسکلت پپتیدی و غالباً به طور کامل گسترده
- صفحه بتا معمولاً چین دار است؛ صفحه چین دار محتوی رشته های بتا است که توسط پیوند هیدروژنی به هم متصلند
- زنجیره های موازی (همه انتهای N در یک طرف)
- زنجیره های غیر موازی (انتهای N و C به صورت متناوب)

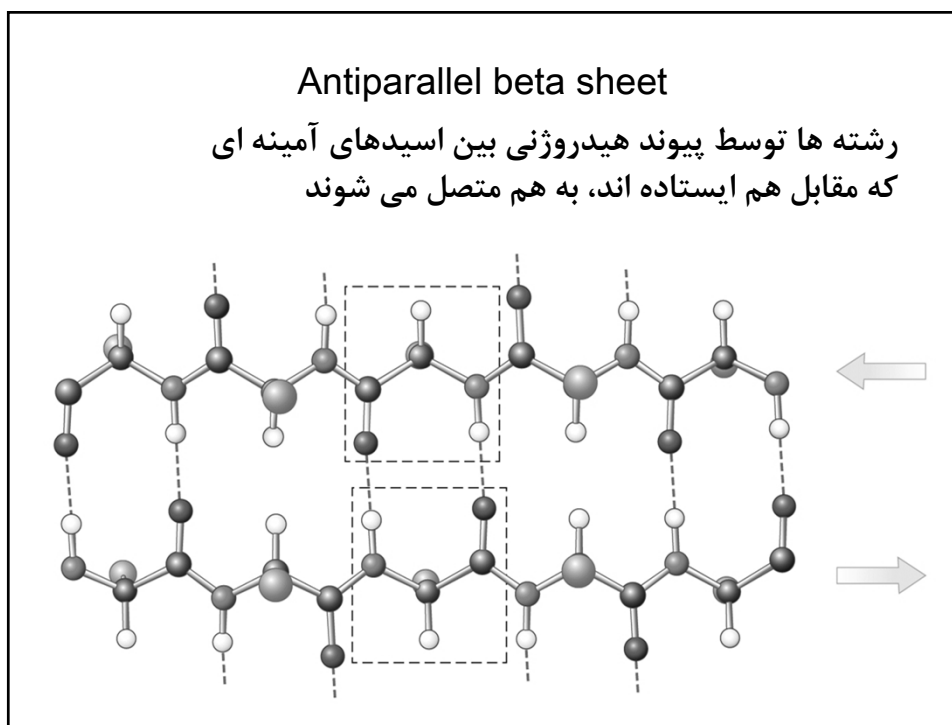
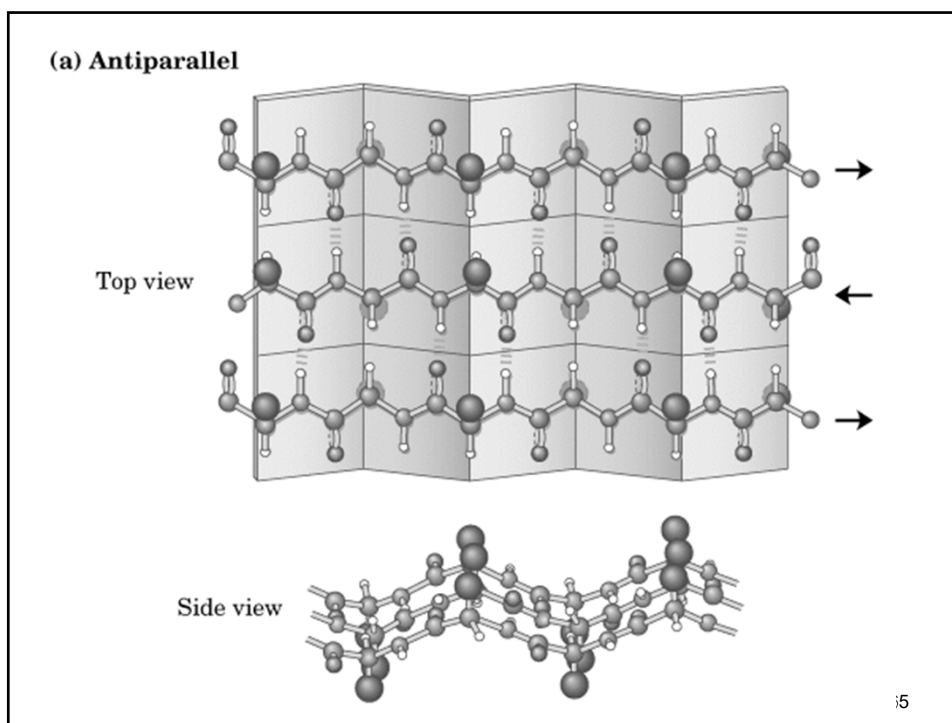
۶۳

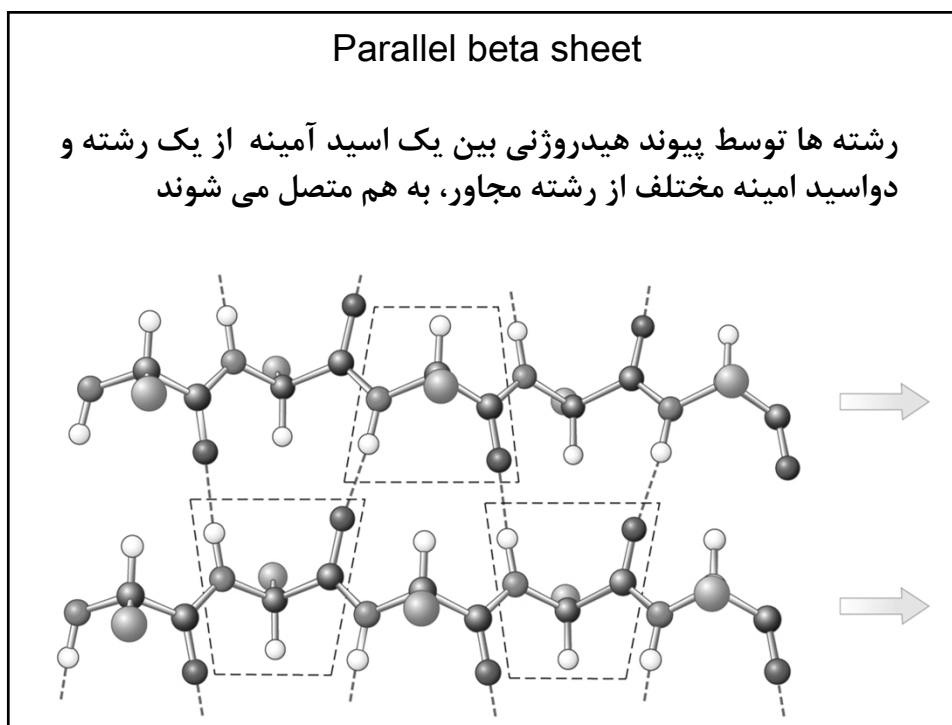
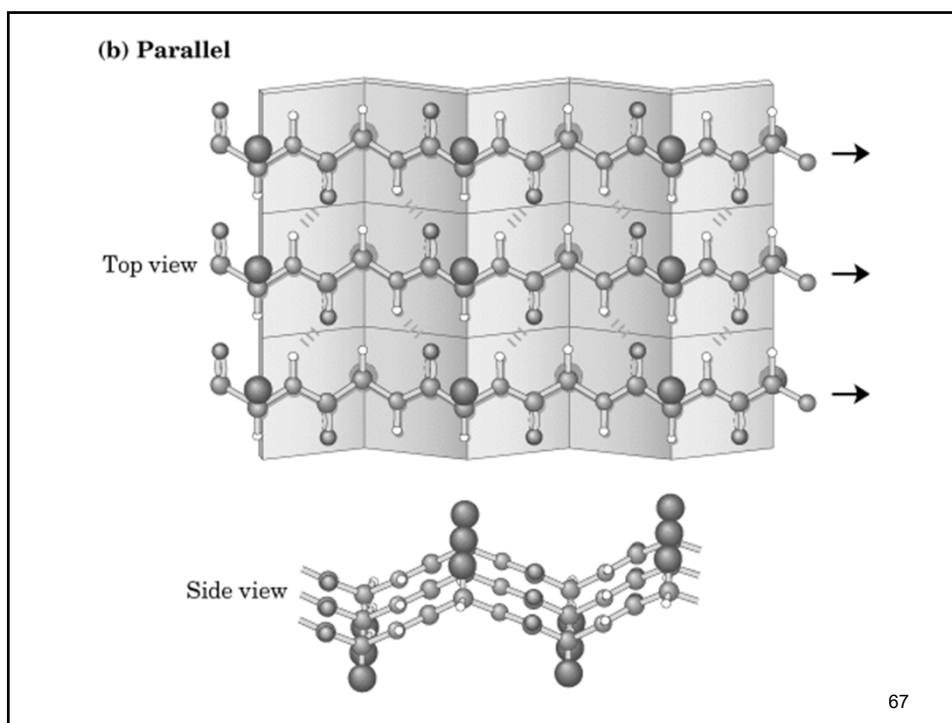
■ در صفحه چین دار:

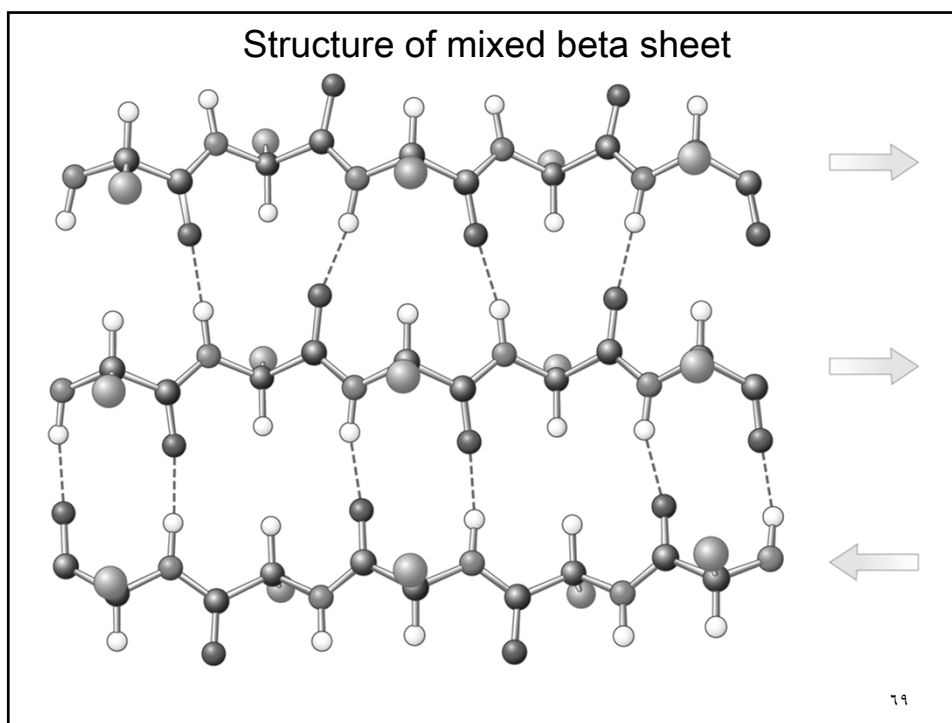
یک زنجیره پلی پپتیدی در شکل گسترده با گروه هایی که بطور متناوب از یک سو به سوی دیگر قرار گرفته اند



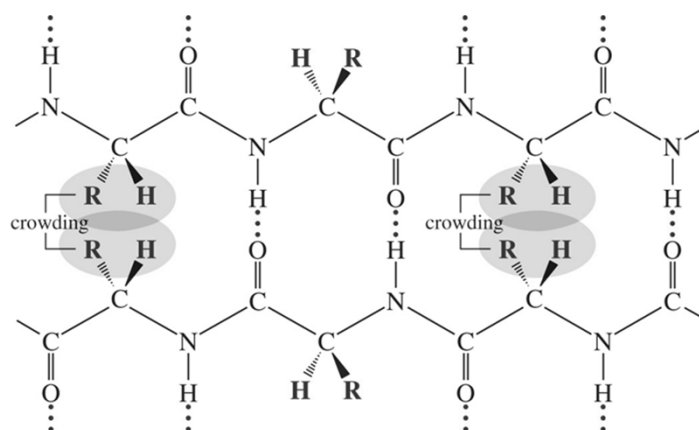
64







اندکی چرخش پیوند بین عامل های آمیدی ضروری است تا از ممانعت فضایی بین زنجیره های کناری پپتید جلوگیری شود، این امر منجر به ساختار چین دار می شود

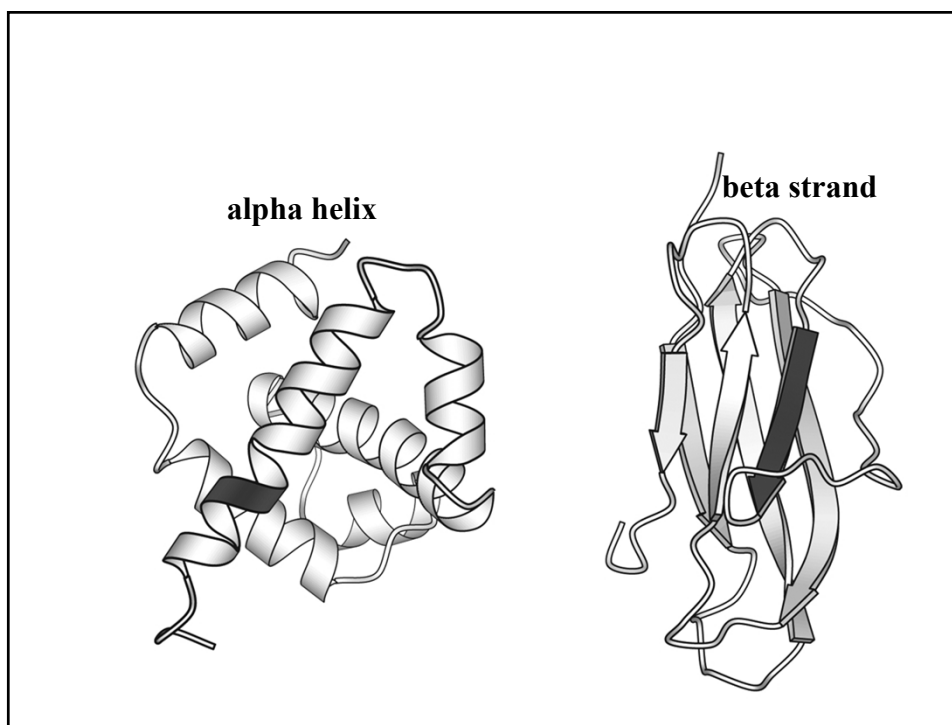


ساختار فرضی صفحه مسطح

70

- ساختمان دوم ابریشم مثالی از صفحات چین دار است:
- در این ساختار ، زنجیره های پروتئینی منفرد پهلوی به پهلوی با زنجیره پروتئینی دیگر که در موقعیت متضاد قرار دارد در یک ردیف واقع می شوند
- زنجیره های پروتئینی توسط پیوند های هیدروژنی بین مولکولی کنار همدیگر قرار می گیرند که در واقع پیوند هیدروژنی بین عامل های آمیدی از دو زنجیره مجزا است
- این پیوند های هیدروژنی بین مولکولی صفحات چین دار متفاوت از پیوند های هیدروژنی داخل مولکولی مارپیچ آلفا است
- ساختمان اول ابریشم محتوی :
- ۷۵ تا ۸۰ درصد آلانین و گلیسین
- ۱۰ تا ۱۵ درصد سرین
- ۱۰ درصد اسید های آمینه حجیم (tyr, arg, val, asp, glu.)

71



ساختمان سوم پروتیین

- ساختمان سوم یک پروتیین شکل سه بعدی است که به واسطه چین خوردگی زنجیره های پلی پپتیدی آن ایجاد می شود
- ساختمان سوم شکل خاص فضایی نهایی است که یک پروتیین دارد
- این شکل نهایی توسط انواع پیوند های ممکن بین زنجیره های کناری (R) اسید های آمینه بوجود می آید
- این پیوند های بین زنجیره های کناری اسید های آمینه ممکن است سبب چینها، خمیدگی ها و تشکیل حلقه در زنجیره اصلی شود
- پایداری ساختار سوم پروتیین ها توسط پیوند های هیدروژنی، نیروهای واندروالسی، پیوند های یونی و دی سولفیدی برقرار می شود

73

ساختمان سوم : میوگلوبین (myoglobin)

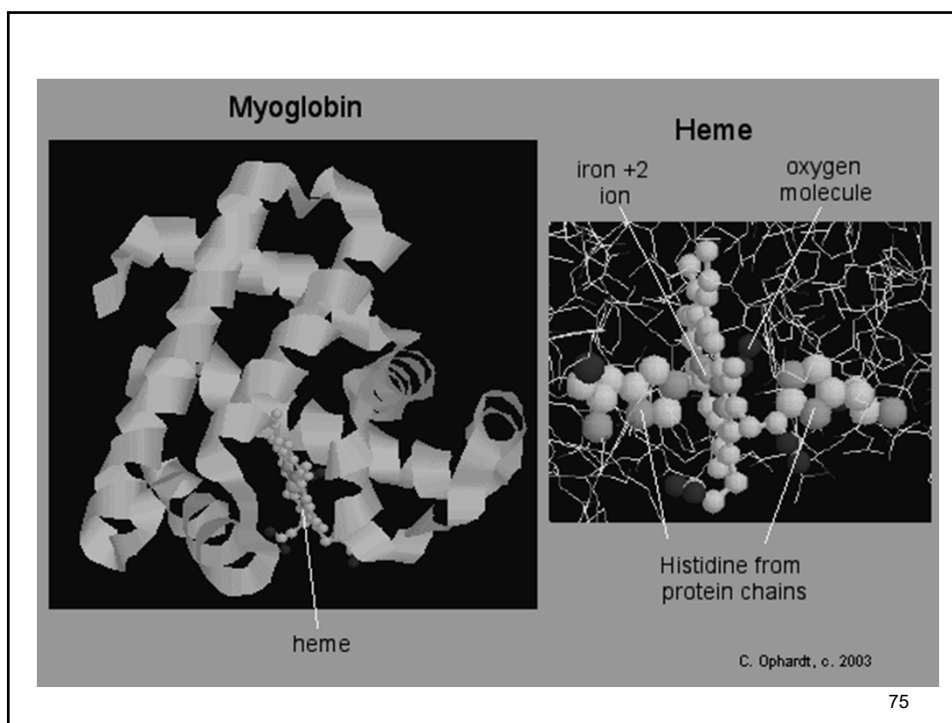
محتوی یک زنجیره پروتیینی با ۱۵۳ اسید آمینه و یک عامل هم (Heme group)



اساساً "مارپیچ آلفا"
= ۸ مارپیچ

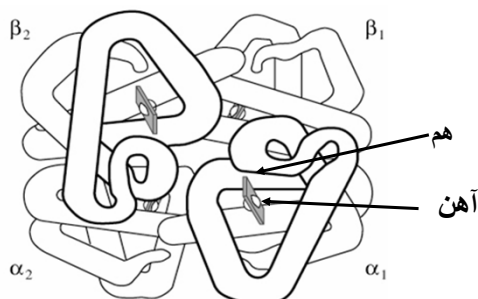
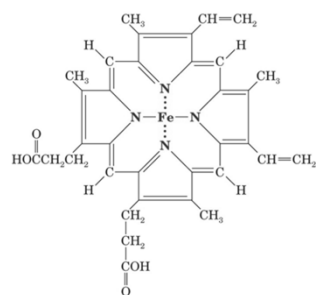
هم شامل پروتوپرفیرین
(Protoporphyrin IX)
و اتم آهن

۷۴



ساختمان چهارم

- اشاره به طرز قرار گرفتن زیر واحدهای یک پروتیین دارای چندین زیر واحد در کنار هم
- زیر واحدها توسط پیوند های ضعیف غیر کووالانسی (هیدروفوب، الکترواستاتیک) در کنار هم قرار می گیرند



76

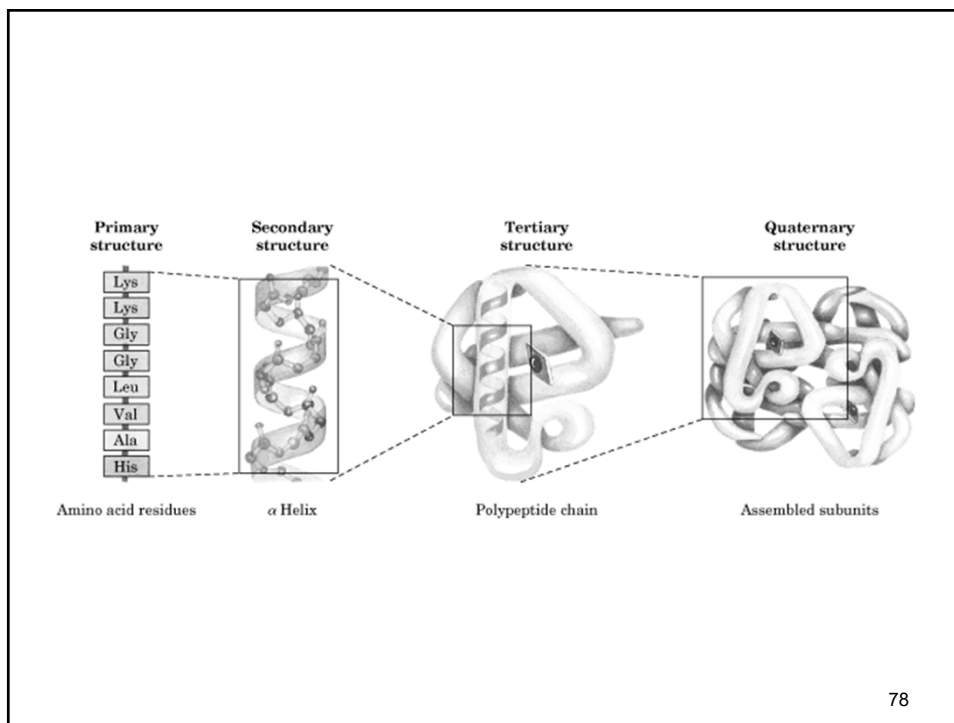
■ ساختمان چهارم پروتیین شامل دسته ای از چندین پپتید منفرد یا زنجیره های پروتیینی است که یک شکل نهایی خاص پیدا می کنند



همو گلوبین شامل چهار زنجیره پروتیینی و چهار عامل هم که مولکول اکسیژن را از ششها به بافتها منتقل می کنند. هر مولکول هموگلوبین حداکثر ۴ اتم اکسیژن را حمل می کند

همو گلوبین انسان محتوی دو زیر واحد آلفا (قرمز) و دوزیر واحد بتا (زرد) است

۷۷



78

End of protein structure

79