

아미노산과 펩타이드

3

강의 내용

1. 아미노산의 구조
2. 아미노산의 입체 이성체
3. 아미노산의 분류
4. 아미노산의 유도체
5. 산-염기로 작용하는 아미노산
6. 펩타이드 결합이란?
7. 생리활성이 있는 펩타이드

단백질이란?

- 생체물질 중에서 가장 중요하다는 의미인 proteos (Greek, first)에서 유래
- 아미노산이 peptide bond 로 결합
- 자연계에는 20여종의 아미노산 존재
- 아미노산의 결합순서(sequence)에 따라 다양한 단백질이 합성된다

1. 아미노산의 구조

- 아미노기 (amino group): NH_2
- 카르복시기 (carboxyl group) : COOH
- 곁사슬 (side chain): R
- 알파탄소 (α -탄소)

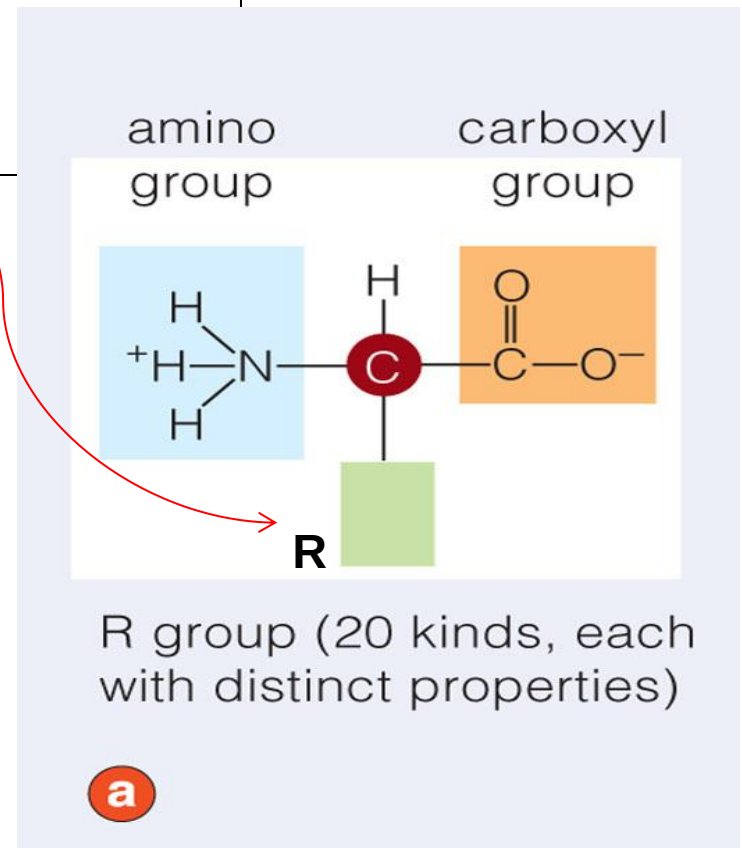
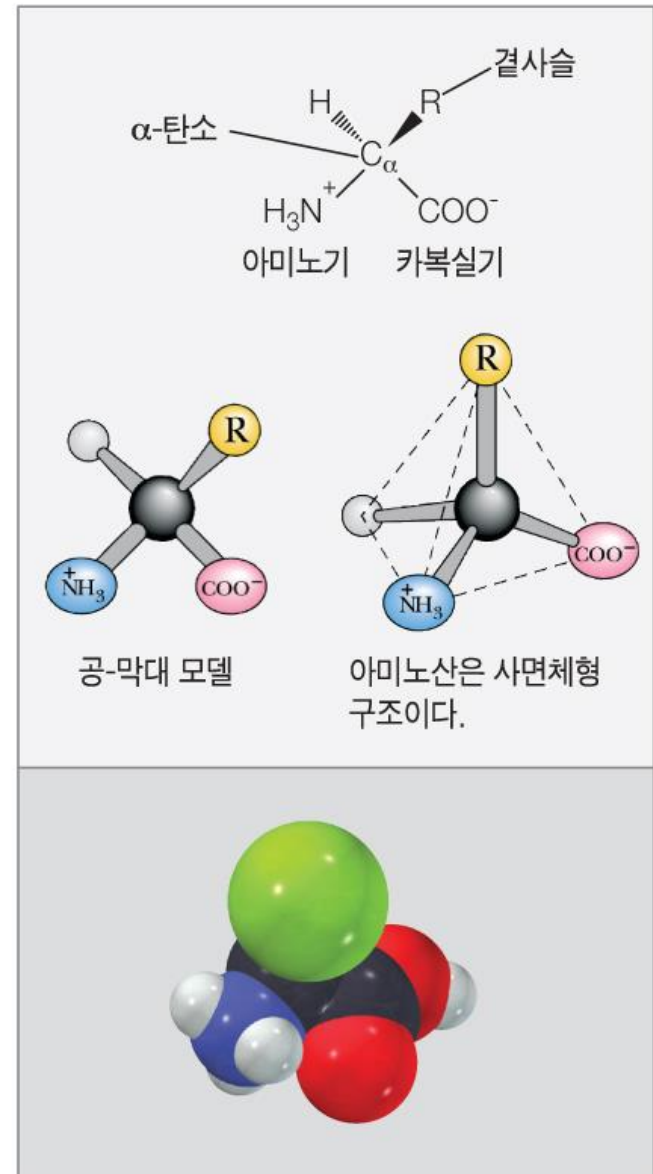


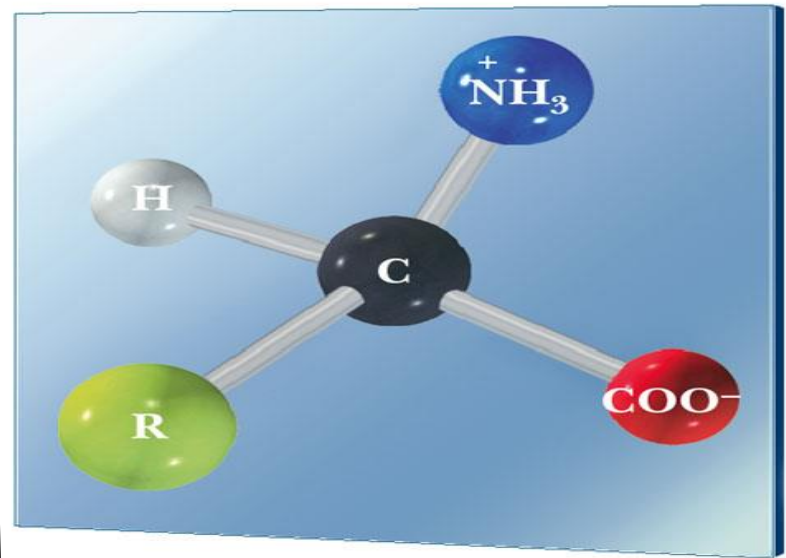
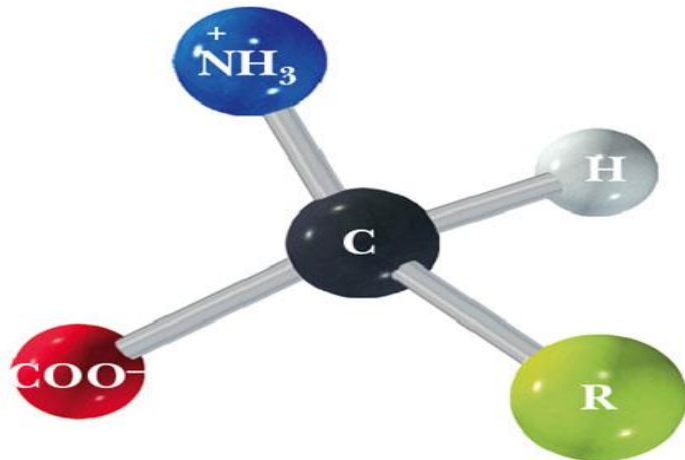
그림 3.1 아미노산의 일반적인 구조식. pH 7에서 가장 많이 존재하는 이온형을 나타냄.



2. 아미노산의 입체 이성체

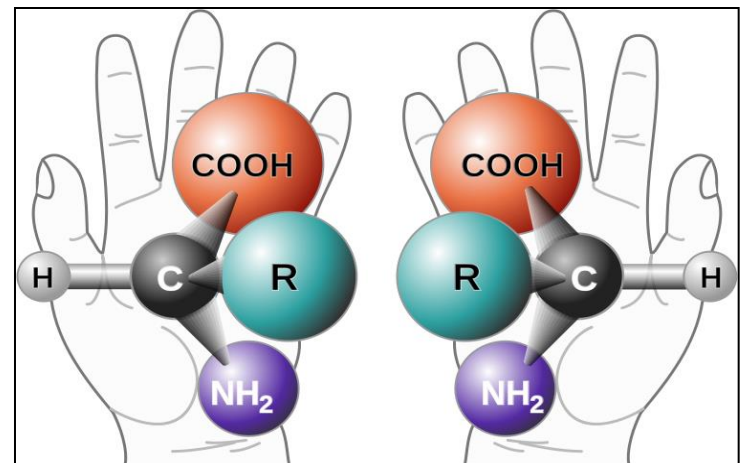
- Chiral 분자이다: 거울이미지
- 거울이미지가 겹쳐질 수 없는 화합물

(b)

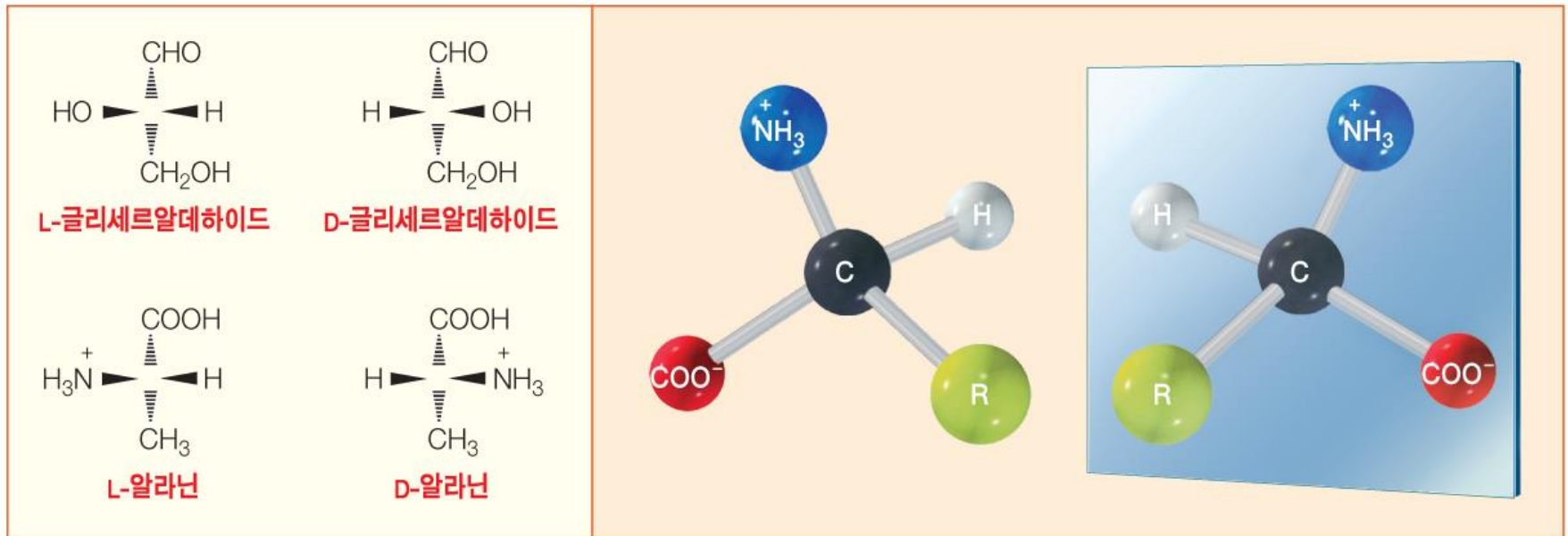


Chirality (손대칭성)

- **부제탄소**가 있는 화합물에서 생긴다.
- 아미노산은 Glycine을 제외한 모든 아미노산이 chirality를 지닌다.
- **입체 이성체**가 생긴다. (D, 혹은 L- 이성체)
- D, L개념은 화합물이 편광을 오른쪽 쪽 혹은 왼쪽으로 회전시키는 능력에서 유래한다.



D-아미노산과 L-아미노산



자연계에는 L-아미노산이 주로 존재한다.

3. 아미노산의 분류 (R기의 구조에 따른)

1. R기가 극성인가 ? 비극성인가?

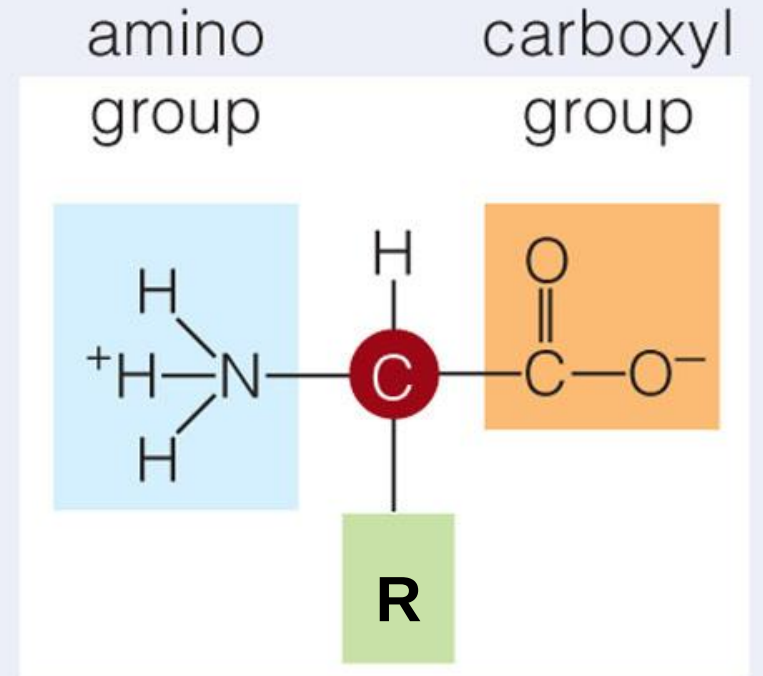
- 극성 아미노산, 비극성 아미노산

1. R기의 산, 염기 작용기 존재 여부에 따라

- 산성 아미노산, 염기성 아미노산

3. 아미노산의 분류

- 1) 비극성 아미노산
- 2) 극성 아미노산
 - 산성 아미노산
 - 염기성 아미노산



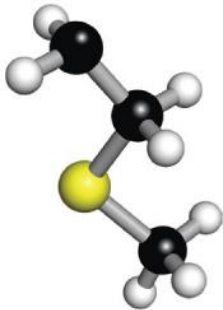
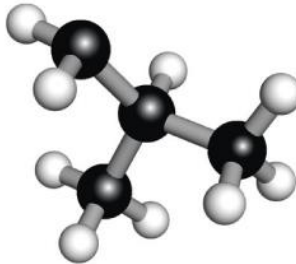
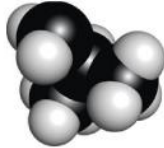
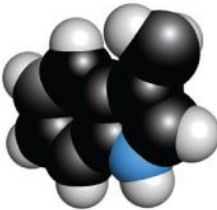
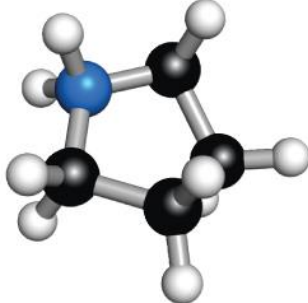
R group (20 kinds, each with distinct properties)



1) 비극성 아미노산

단백질 내에서 보편적으로 발견되는 20가지 아미노산들의 구조

A 비극성(소수성)

	공-막대 모델	일반 구조식	공간-채움 모델	공-막대 모델	일반 구조식	공간-채움 모델
1		$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{S} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $			$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \end{array} $	
		메티오닌(Met, M)			류신(Leu, L)	
2		$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{C}_6\text{H}_5 \quad \text{NH} \end{array} $			$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{H} \\ \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\ \quad / \\ \text{CH}_2 \end{array} $	
		트립토판(Trp, W)			프롤린(Pro, P)	

1) 비극성 아미노산

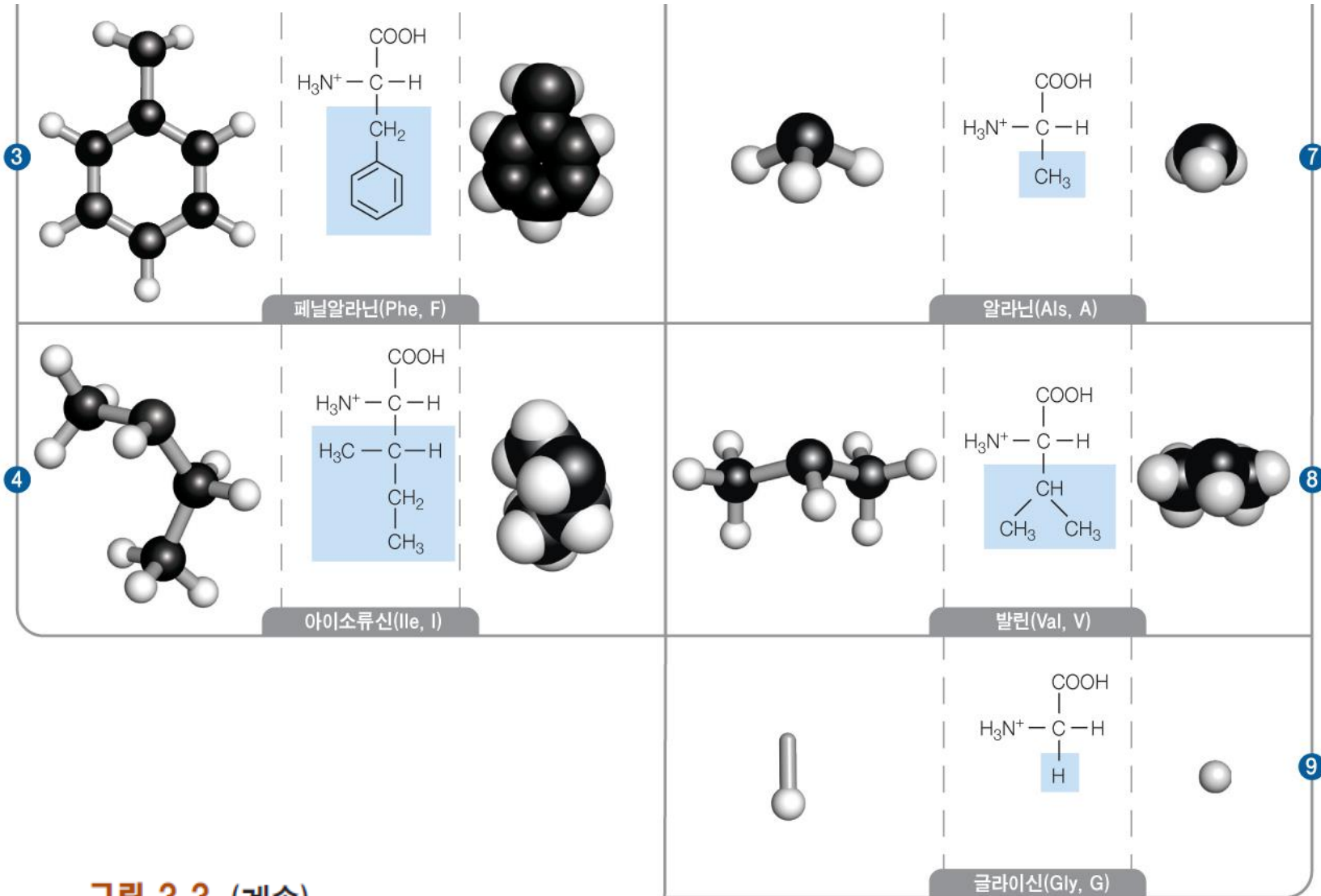
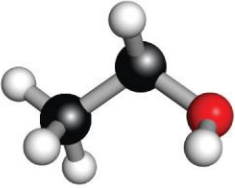
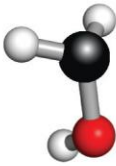
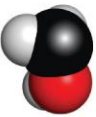
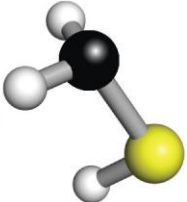
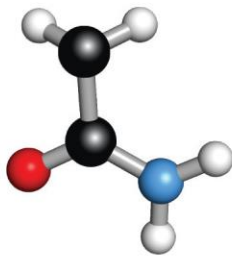
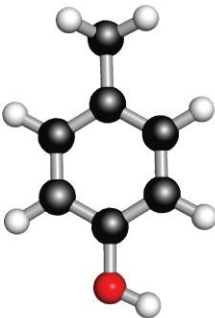
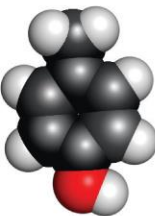
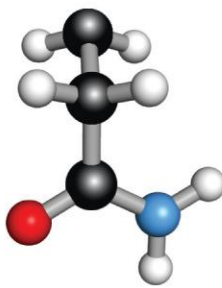
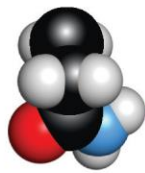


그림 3.3 (계속)

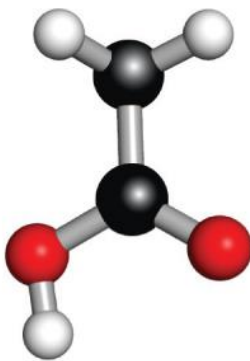
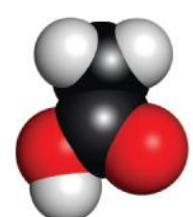
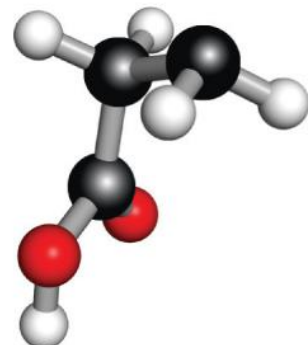
2) 극성 아미노산

B 극성, 전하를 띠지 않음

공-막대 모델	일반 구조식	공간-채움 모델	공-막대 모델	일반 구조식	공간-채움 모델
10 	$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $			$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{OH} \end{array} $	13 
트레오닌(Thr, T)			세린(Ser, S)		
11 	$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{SH} \end{array} $			$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C} = \text{O} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array} $	14 
시스테인(Cys, C)			아스파라진(Asn, N)		
12 	$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{OH} \end{array} $			$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C} = \text{O} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array} $	15 
타이로신(Tyr, Y)			글루타민(Gln, Q)		

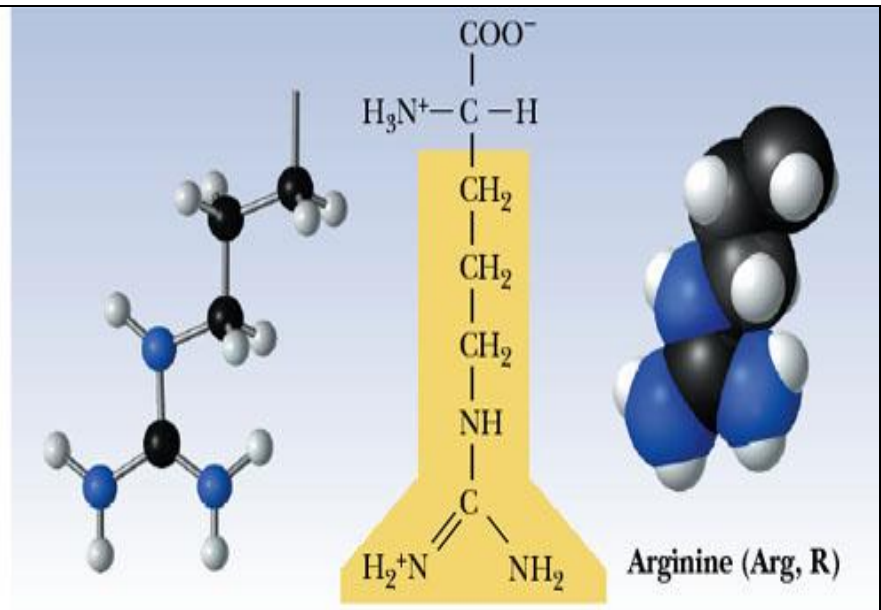
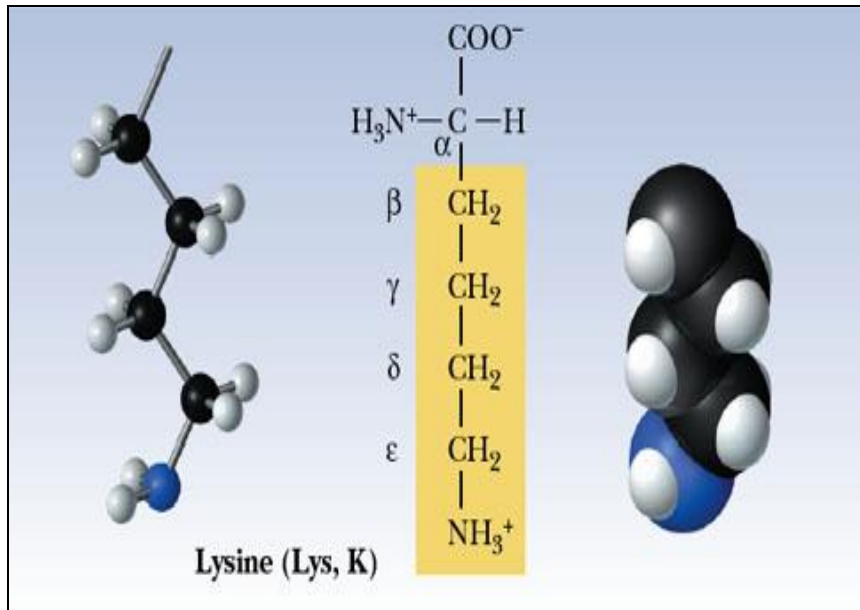
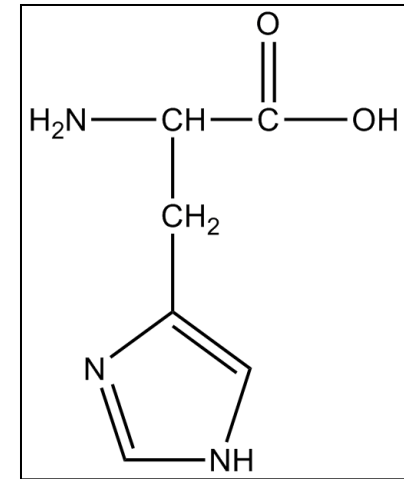
2) 극성 아미노산 - 산성 아미노산

ⓒ 산성

공-막대 모델	일반 구조식	공간-채움 모델	공-막대 모델	일반 구조식	공간-채움 모델
16 	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$			$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$	17 
	아스파르트산(Asp, D)			글루탐산(Glu, E)	

2) 극성 아미노산 - 염기성 아미노산

히스티딘



3. 아미노산의 분류

가. 비극성 아미노산 :

Leu, Pro, Ala, Val, Ile, Met, Trp, Phe, Gly

나. 극성 아미노산: Ser. Thr. Asn, Gln, Cys, Tyr

다. 산성 아미노산: Asp, Glu

라. 염기성 아미노산 : Lys, Arg, His

(산성, 염기성 AA는 모두 극성이다)

마. 방향성 아미노산 : Phe, Tyr, Trp

바. 함유 아미노산: Cys, Met

아미노산의 이름과 약어

표 3.1 일반적 아미노산의 이름과 약어

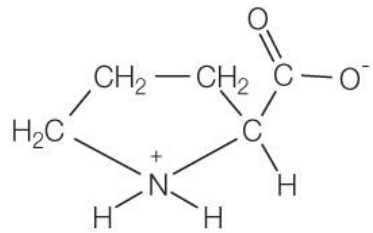
아미노산	세 글자 약어	한 글자 약어	아미노산	세 글자 약어	한 글자 약어
알라닌	Ala	A	류신	Leu	L
아르지닌	Arg	R	라이신	Lys	K
아스파라진	Asn	N	메티오닌	Met	M
아스파르트산	Asp	D	페닐알라닌	Phe	F
시스테인	Cys	C	프롤린	Pro	P
글루탐산	Glu	E	세린	Ser	S
글루타민	Gln	Q	트레오닌	Thr	T
글라이신	Gly	G	트립토판	Trp	W
히스티딘	His	H	타이로신	Tyr	Y
아이소류신	Ile	I	발린	Val	V

참고: 한 글자 약어는 가능하면 아미노산 이름과 동일한 글자로 시작한다. 이름이 동일한 글자로 시작되는 아미노산이 여러 개 있으면, aRginine(아르지닌), asparDic(아스파르트산), Fenylalanine(페닐알라닌), tWyptophan(트립토판)과 같이 발음상 나타나는 글자(때로는 익살스런 글자)가 사용된다. 두 가지 이상의 아미노산이 동일한 글자로 시작되는 경우에는, 가장 작은 아미노산이 그 글자 약어를 가진다.

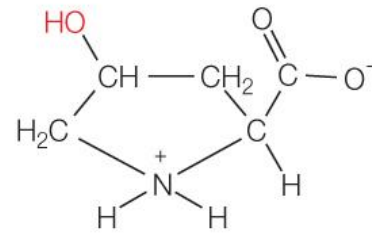
4. 아미노산의 유도체

- Hydroxyproline) 콜라겐 구성 아미노산
- Hydroxylysine)
- 티록신 갑상선호르몬
- 세로토닌 신경전달물질
- 에피네프린 (Adrenalin) 호르몬
- nor-epinephrine
- Dopamine

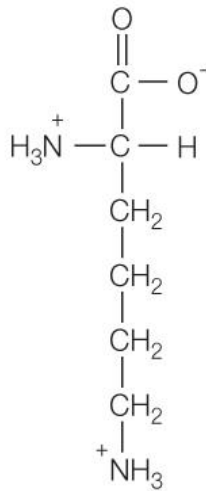
1) Hydroxyproline



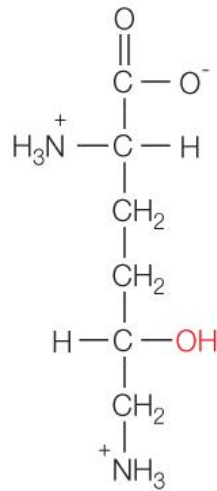
프롤린



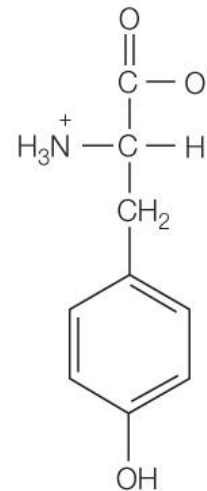
하이드록시프롤린



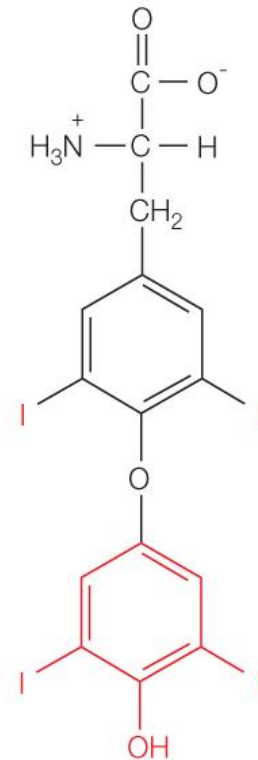
라이신



하이드록시라이신

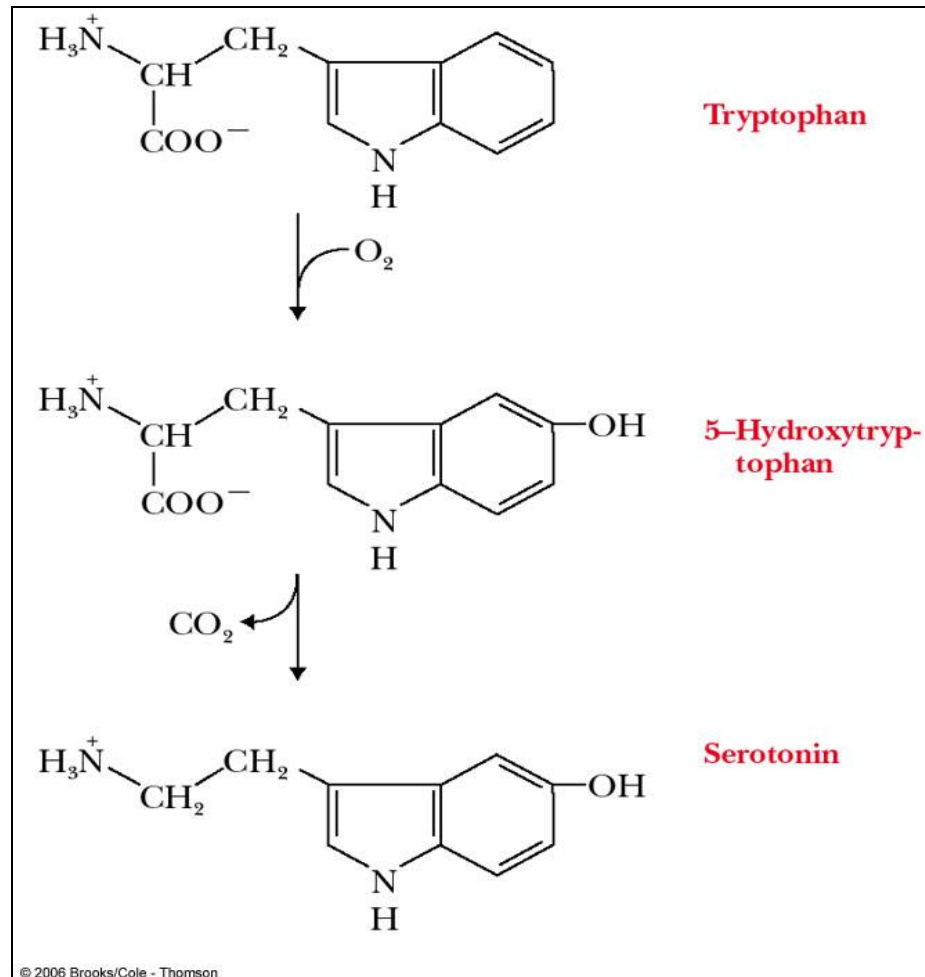


타이로신

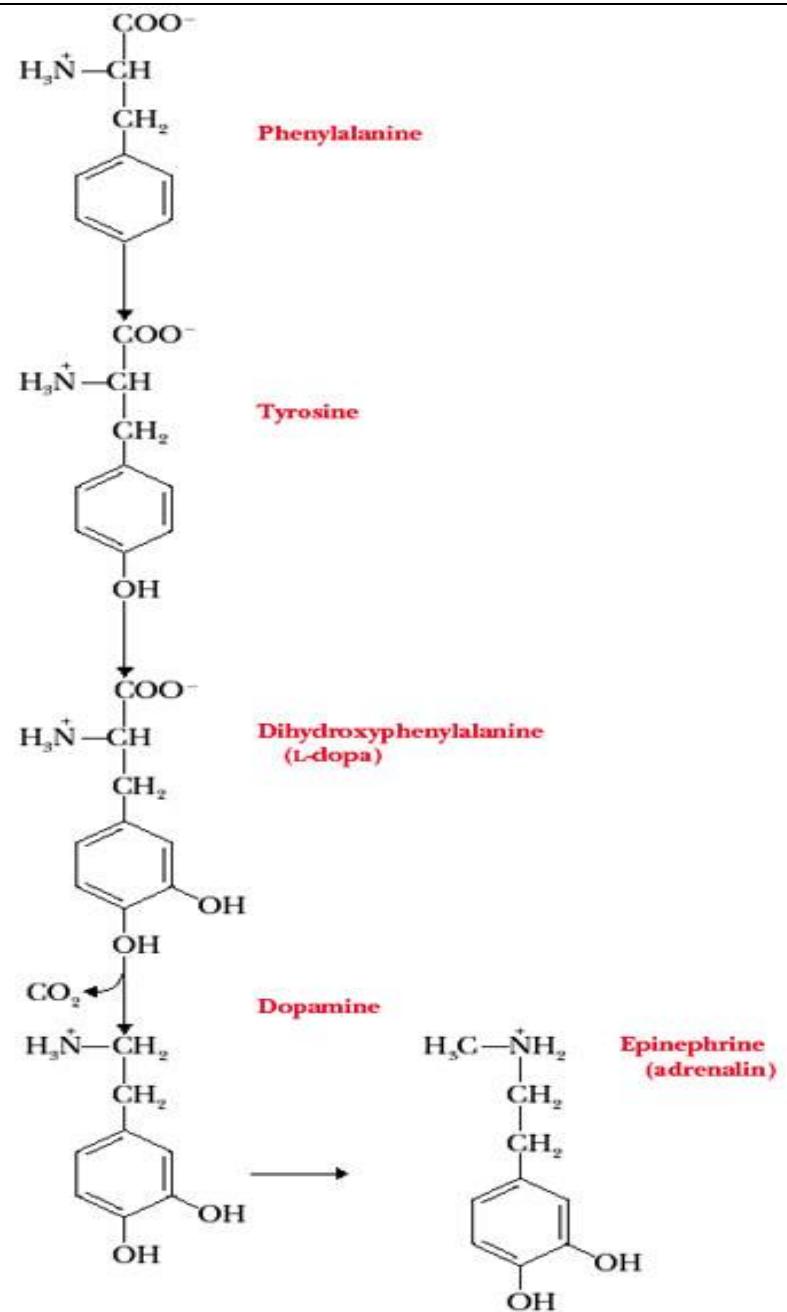


타이록신

2) 세로토닌 (Serotonin)



3)에피네프린 (아드레날린)



5. 산-염기로서의 아미노산

- Acid-base (산-염기)성질을 지닌다
- 완충능을 지닌다

5. 아미노산은 약산 혹은 약염기이다.

- 용액에서 수소이온이나 전자를 발생하는 화합물
- $\text{COOH} \rightarrow \text{COO}^- + \text{H}^+$
(산) (염기)
- $\text{NH}_3^+ \rightarrow \text{NH}_2 + \text{H}^+$
(산) (염기)

용액의 pH에 따라 산 혹은 염기의 형태로 존재한다

생체 내에서 아미노산의 존재 형태

- 존재하는 용액의 pH에 따라 형태가 변화한다.
- 특정한 pH에서 아미노산의 존재형태는 Henderson-Hasselbach 방정식으로 결정한다.
$$\text{pH} = \text{pKa} + \log [\text{공역염기}]/[\text{공역산}]$$
- 아미노산 작용기의 pKa값을 확인한다.
(아미노기와 카르복시기)
- 산과 염기의 비율을 결정한다.

(예) pH 7에서 alanine의 존재 형태는?

표 3.2 일반 아미노산의 pK_a 값

산	α -COOH	α -NH ₃ ⁺	RH 또는 RH ⁺
Gly	2.34	9.60	
Ala	2.34	9.69	
Val	2.32	9.62	
Leu	2.36	9.68	
Ile	2.36	9.68	
Ser	2.21	9.15	
Thr	2.63	10.43	
Met	2.28	9.21	
Phe	1.83	9.13	
Trp	2.38	9.39	
Asn	2.02	8.80	
Gln	2.17	9.13	
Pro	1.99	10.6	
Asp	2.09	9.82	3.86*
Glu	2.19	9.67	4.25*
His	1.82	9.17	6.0*
Cys	1.71	10.78	8.33*
Tyr	2.20	9.11	10.07
Lys	2.18	8.95	10.53
Arg	2.17	9.04	12.48

* 이 아미노산들의 경우에는, R기의 이온화가 α -NH₃⁺ 이온화보다 먼저 일어난다.

pH 7에서 Alanine의 존재 형태 결정하기

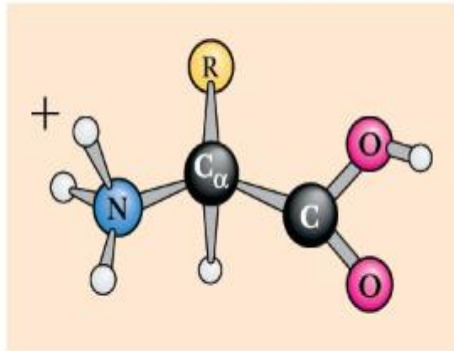
- COOH의 pKa 2.34
- $\text{pH} = \text{pKa} + \log [\text{공역염기}]/[\text{공역산}]$ 에 대입
 $7 = 2.34 + \log [\text{COO}^-]/[\text{COOH}]$
 $4.64 = \log [\text{COO}^-]/[\text{COOH}]$
 $[\text{COO}^-]/[\text{COOH}] = 10^{4.64} = 43,600$
그러므로 pH 7의 용액에서는 COO⁻ 이 우세

pH 7에서 Alanine의 존재형태 결정하기

- NH_3^+ 의 pKa 9.69
- $\text{pH} = \text{pKa} + \log [\text{공역염기}]/[\text{공역산}]$ 에 대입
 $7 = 9.69 + \log [\text{NH}_2]/[\text{NH}_3^+]$
 $-2.69 = \log [\text{NH}_2]/[\text{NH}_3^+]$
 $[\text{NH}_2]/[\text{NH}_3^+] = 10^{-2.69} = 1 / 490$
그러므로 pH 7의 용액에서는 NH_3^+ 이 우세

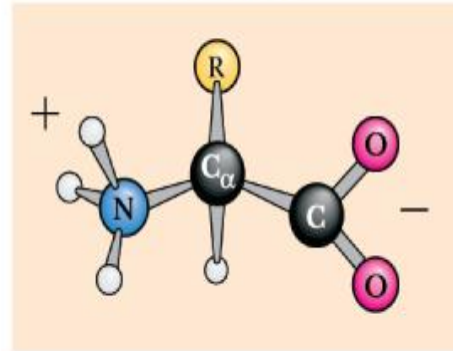
그림 3.5 아미노산의 이온화.

+1 알짜 전하



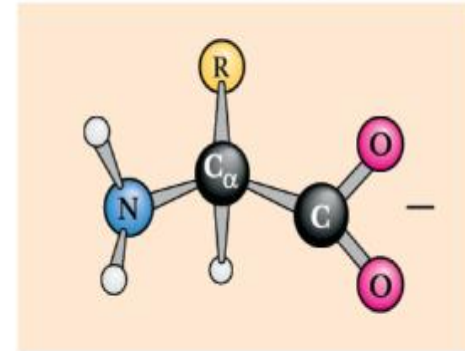
양이온형

0 알짜 전하



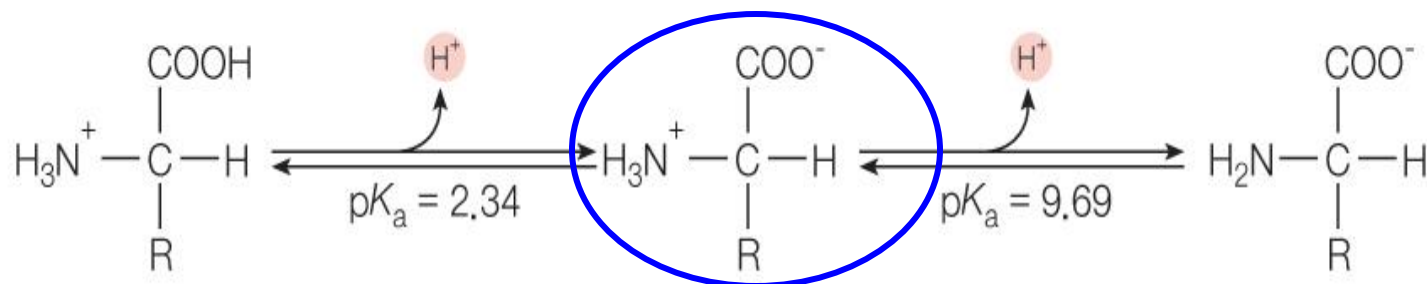
중성

-1 알짜 전하



음이온형

등전 상태의 쌍극성이온

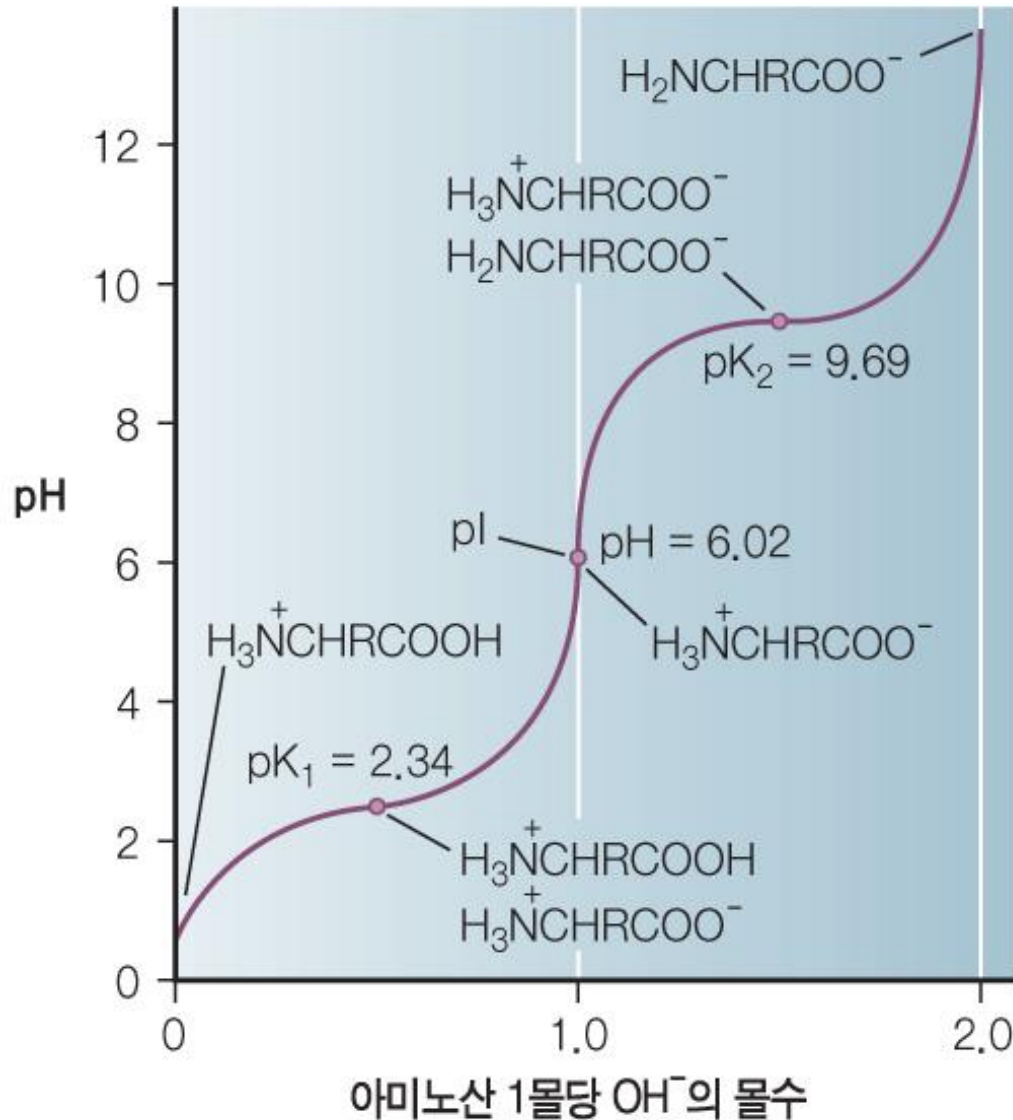


- A** 아미노산의 이온형. 겉사슬의 이온화는 고려하지 않고 나타냈다. 양이온형은 낮은 pH에서 나타나는 형태이며, 양이온형을 염기로 적정하면 쌍극성이온이 되고 결국에는 음이온 형태가 된다.

등전점이란? (pI: Isoelectric point)

- 등전 pH: 전기적 중성인 pH
- **Net charge (알짜전하)**가 0 이 되는 pH
알짜전하: 양전하와 음전하 값을 더하기했을 때의 전하
- 등전 pH에서 아미노산은 전기장에서 움직이지 않는다.
- 전기영동에서 이 성질을 이용한다
- $pI = pK_{a1} + pK_{a2} / 2$

그림 3.6 알라닌의 적정곡선.



$$\text{pI} = \frac{\text{pK}_{a1} + \text{pK}_{a2}}{2}$$

$$\begin{aligned} \text{pI} &= \frac{2.34 + 9.69}{2} \\ &= 6.02 \end{aligned}$$

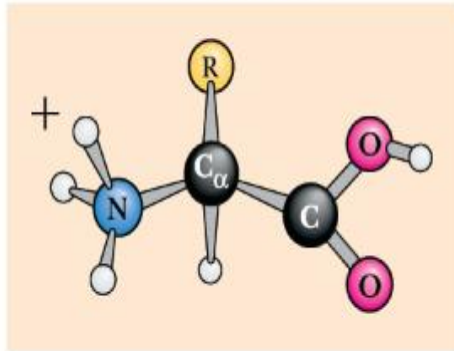
실전응용

pH 1에서 알라닌의 존재형태는
어떠하며 알짜전하는 얼마인가?

pH 11에서 알라닌의 존재형태는
어떠하며 알짜전하는 얼마인가?

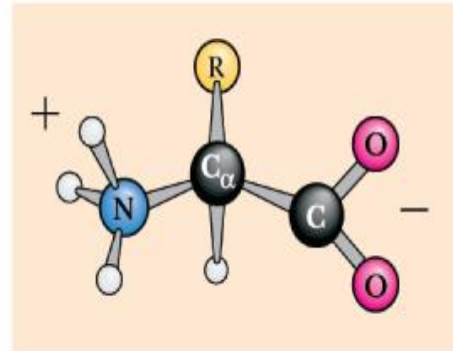
그림 3.5 아미노산의 이온화.

+1 알짜 전하



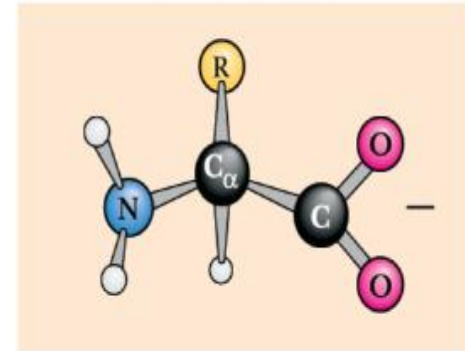
양이온형

0 알짜 전하



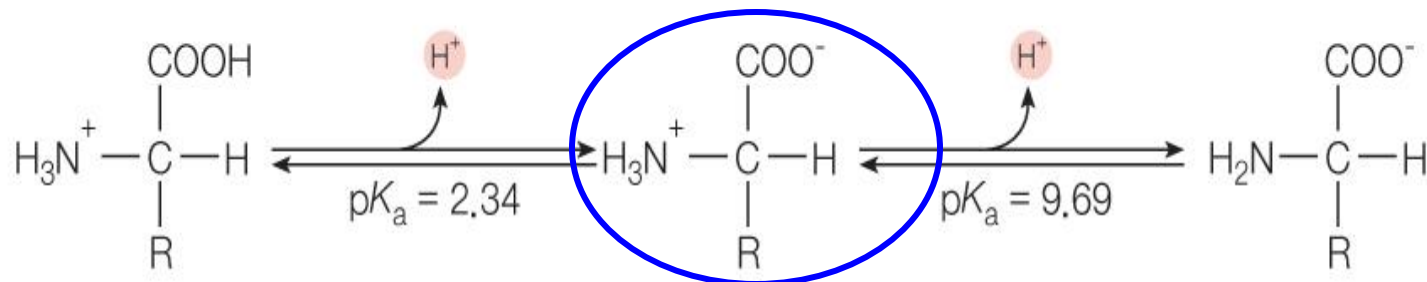
중성

-1 알짜 전하



음이온형

등전 상태의 쌍극성이온



- A** 아미노산의 이온형. 겉사슬의 이온화는 고려하지 않고 나타냈다. 양이온형은 낮은 pH에서 나타나는 형태이며, 양이온형을 염기로 적정하면 쌍극성이온이 되고 결국에는 음이온 형태가 된다.

6. 펩타이드 (Peptides) 결합이란?

- 아미노산과 아미노산이 펩타이드결합 (Peptide bond)으로 연결되어있다.
- 카르복시기와 아미노기 사이에서 결합이 일어난다.

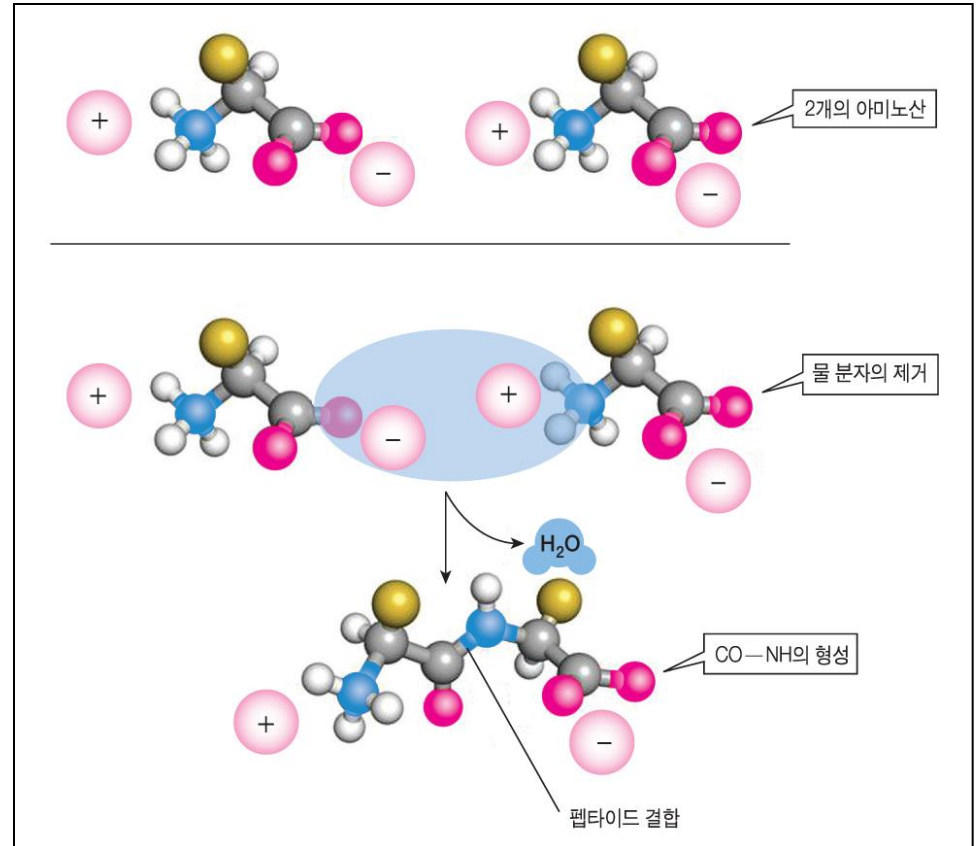
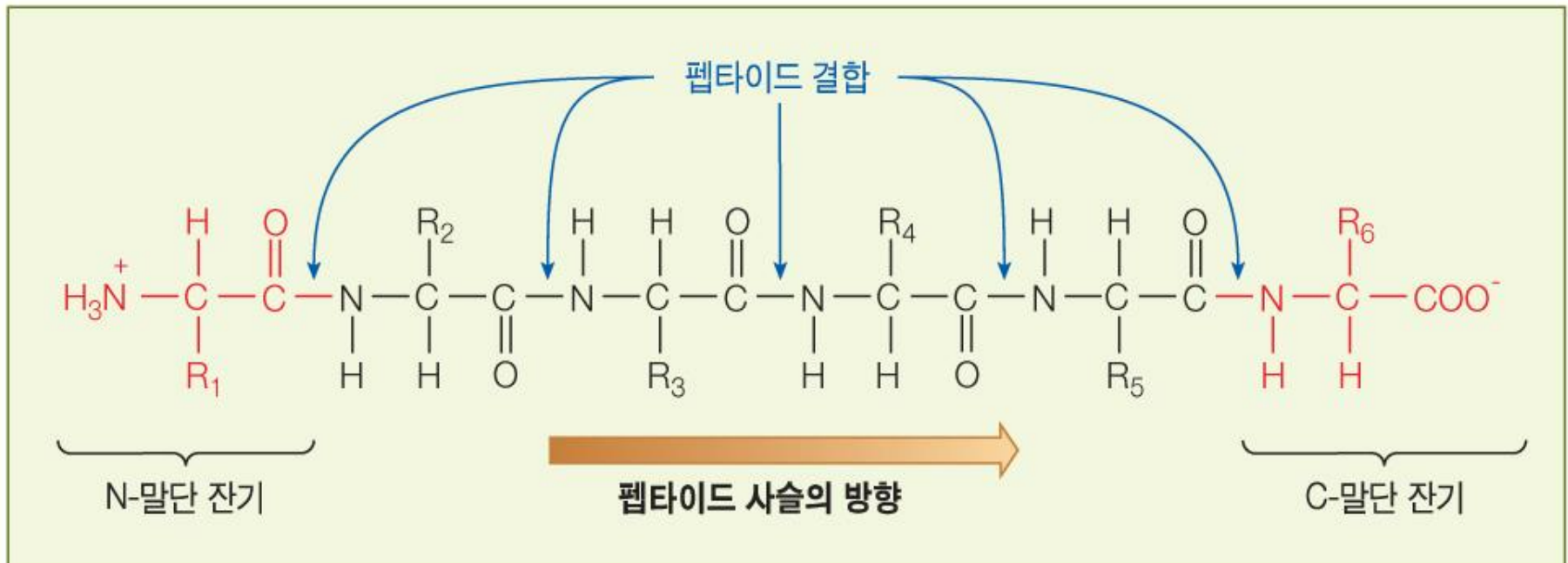
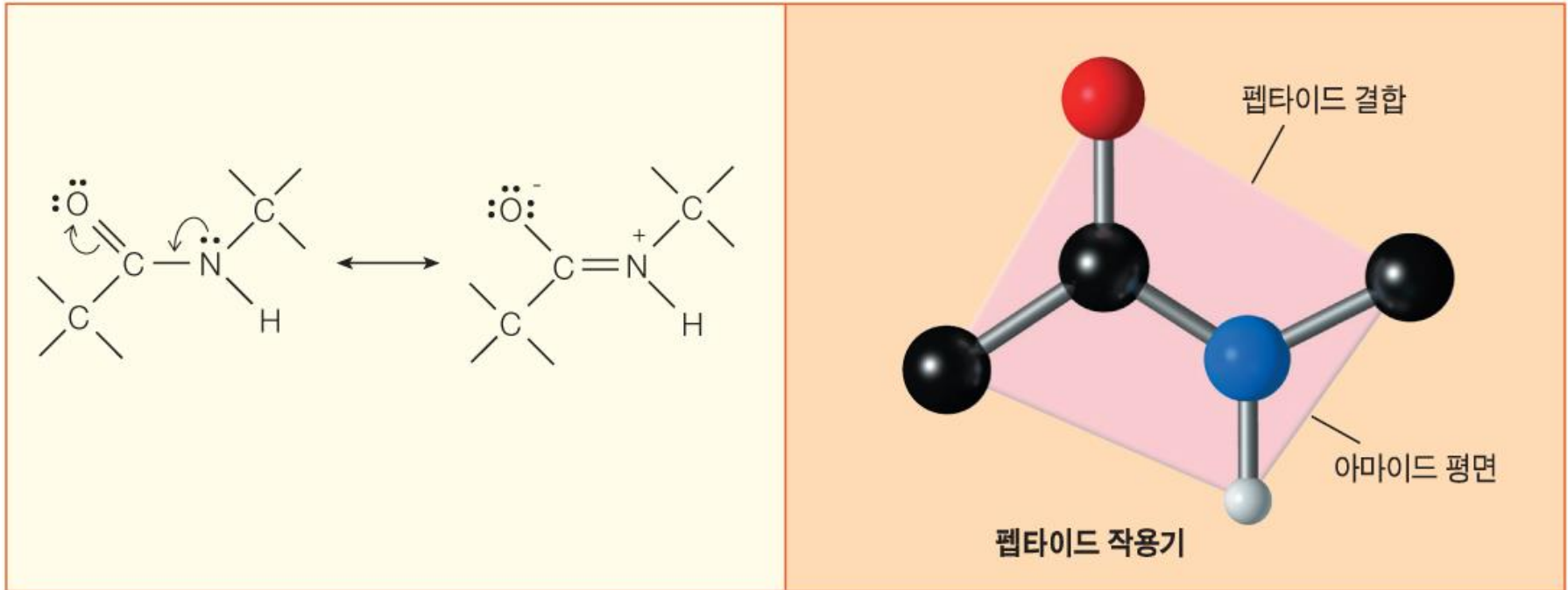


그림 3.9 펩타이드 사슬의 방향을 나타낸 작은 펩타이드 (N-말단에서 C-말단 방향).



펩타이드의 공명구조



A 펩타이드 작용기의 공명구조.

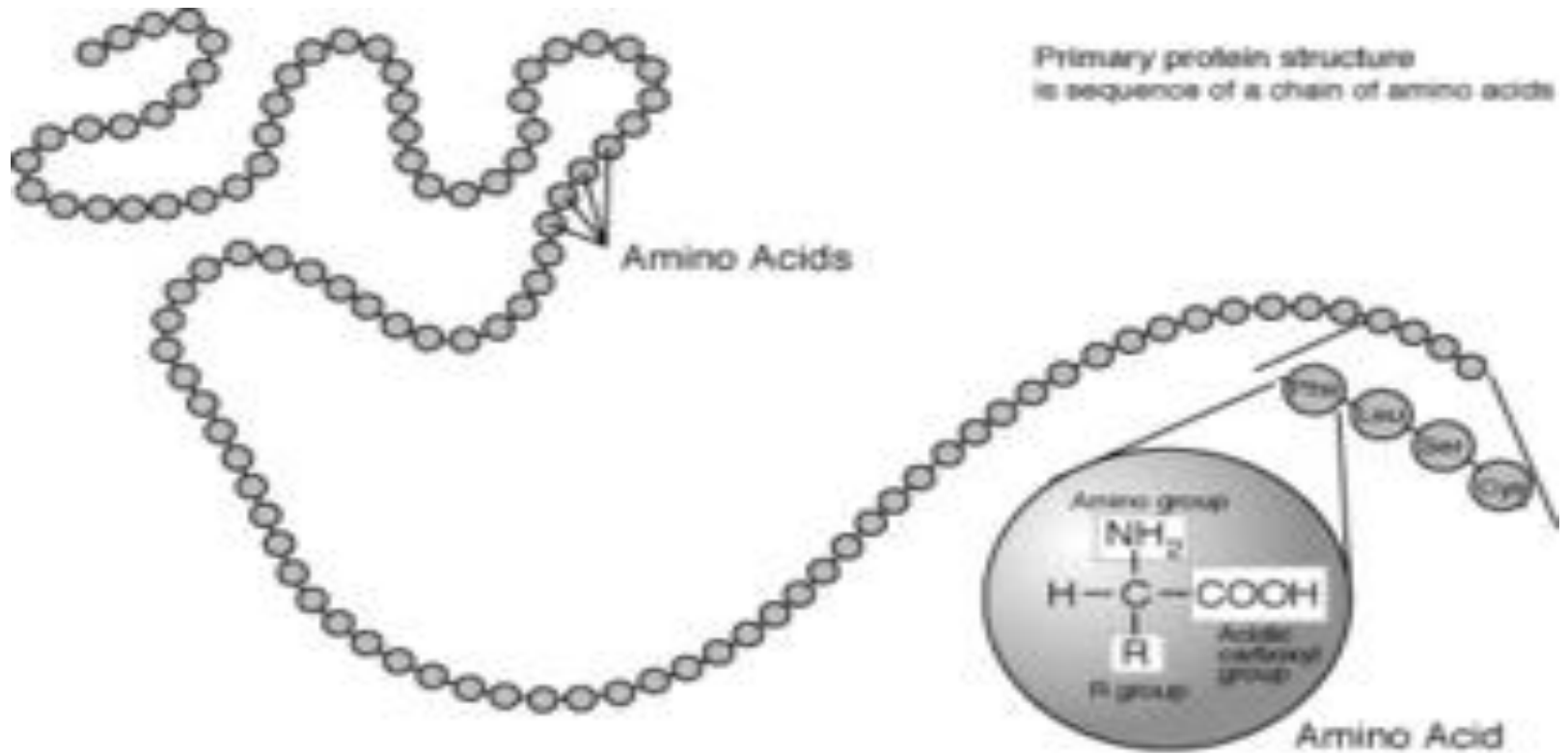
B 평면형 펩타이드 작용기.

그림 3.10 펩타이드 결합은 그 공명구조 때문에 평면형 작용기로 된다. [삽화: 어빙 가이스(Irving Geis). 저작권은 하워드휴즈 의학연구소(Howard Hughes Medical Institute) 소유임. 허가 없이 복사 금지.]

펩타이드의 종류

- Dipeptide
- Tripeptide
- Oligopeptide
- Polypeptide - 단백질

폴리펩타이드 (Polypeptide)



7. 생리활성(기능)을 지닌 펩타이드

- 옥시토신 (oxytocin):
자궁 수축. 유즙분비 촉진 호르몬
- 바소프레신 (Vasopressin):
평활근 수축. 항이뇨효과 호르몬
- 아스파탐 (Aspartame) : 감미료
- 글루타치온 (Glutathione: GSH) : 항산화제



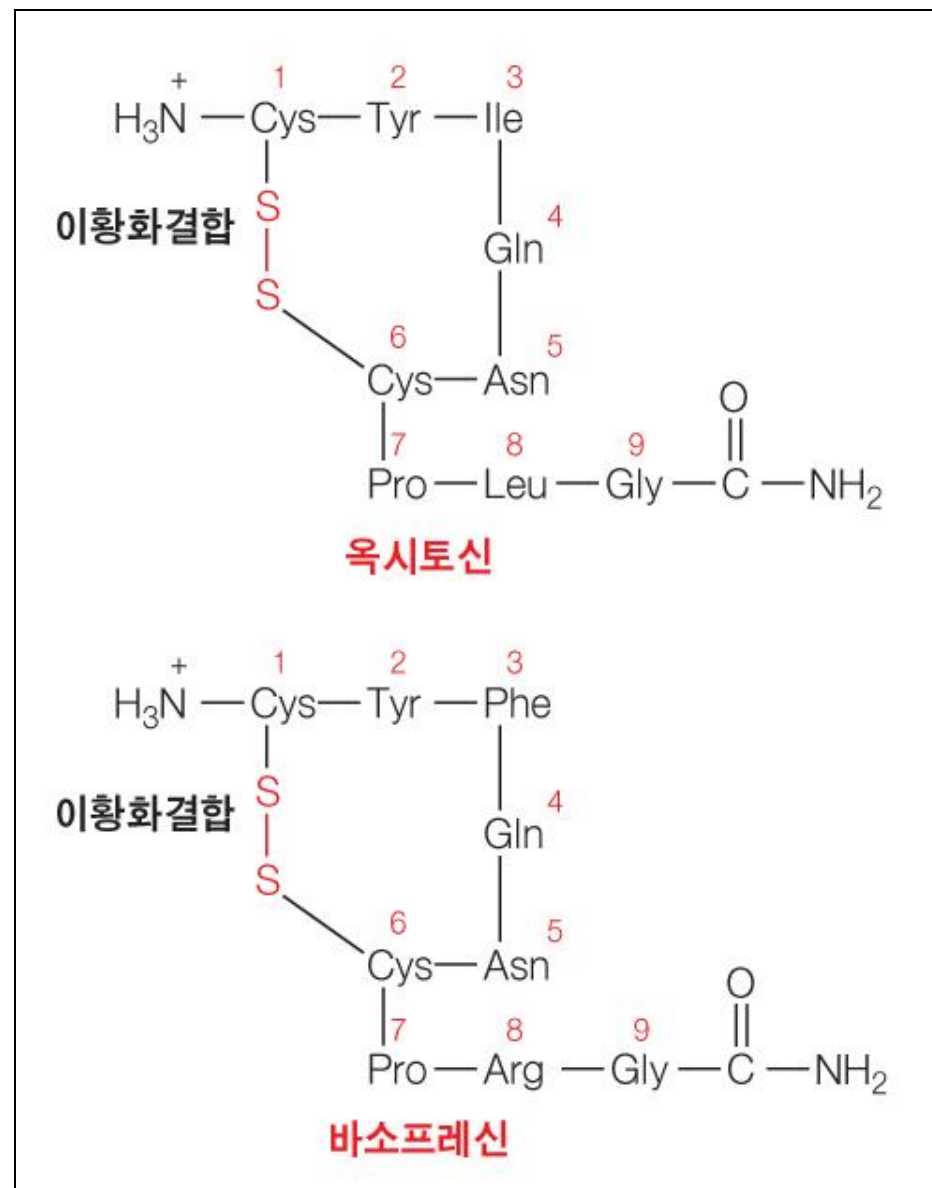
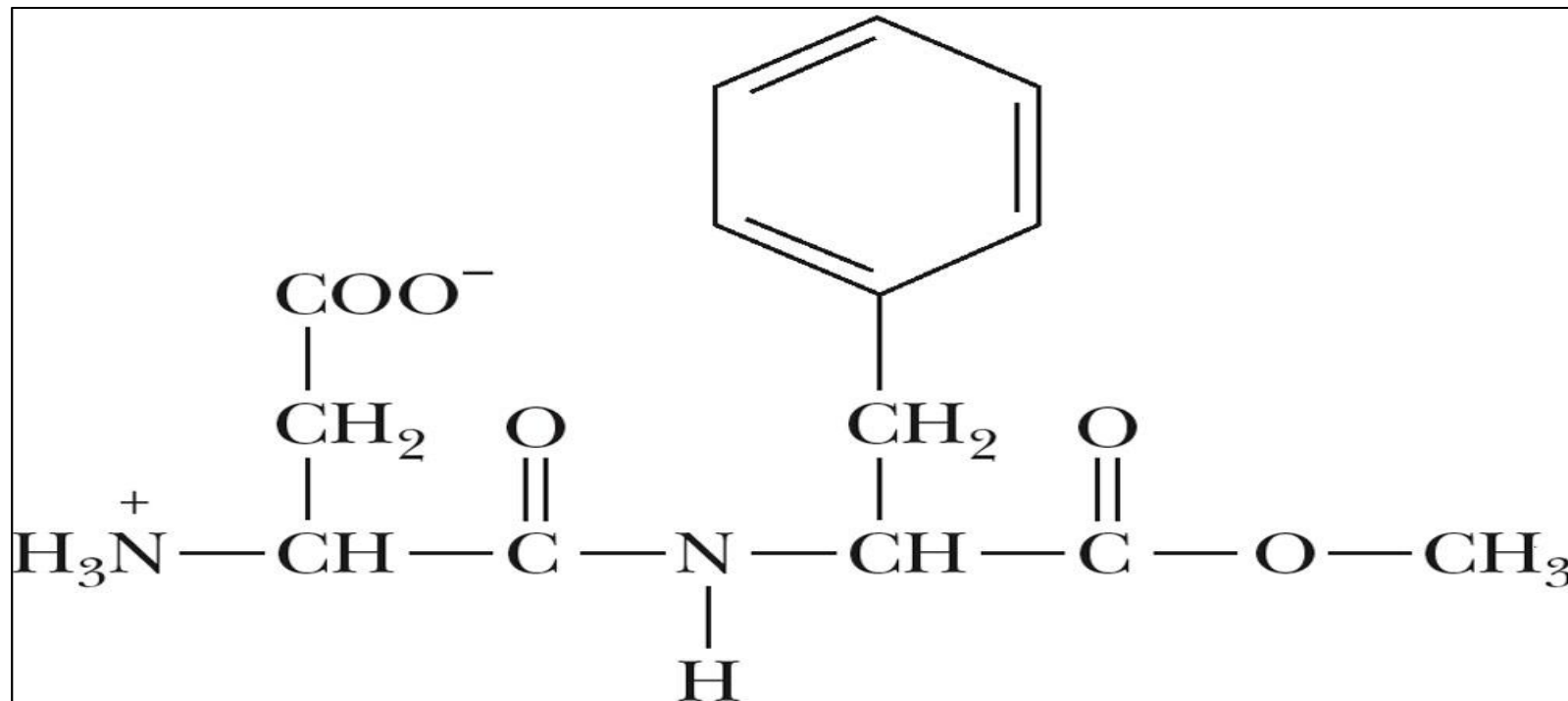


그림 3.11 옥시토신과 바소프레신의 구조.

감미료 아스파탐



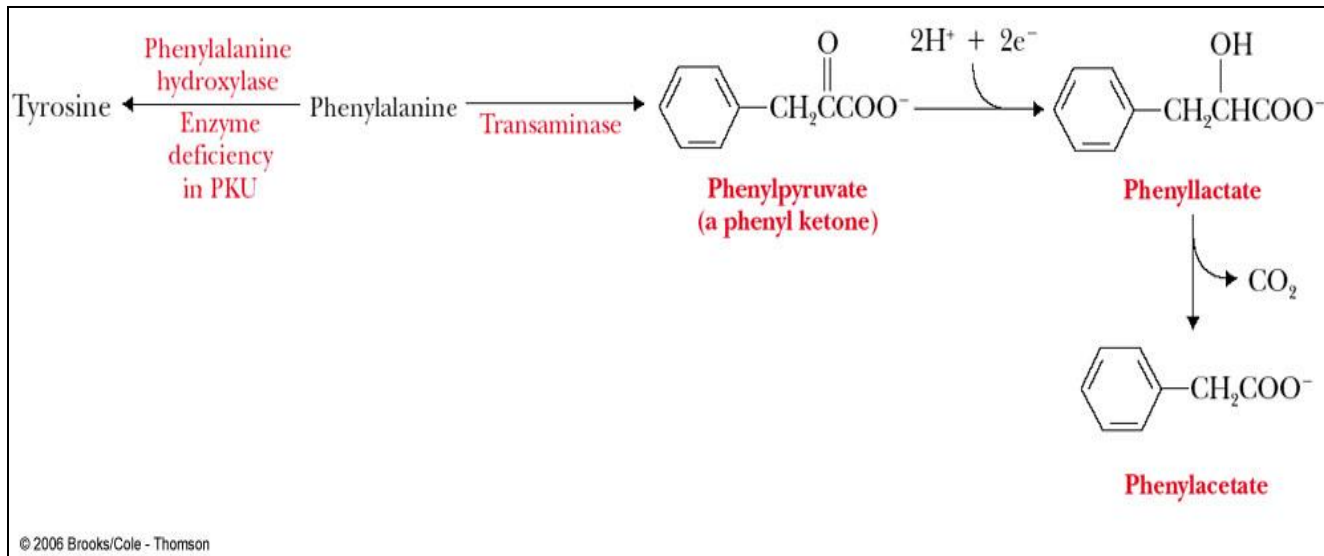
L-Aspartyl-L-phenylalanine (methyl ester)

© 2006 Brooks/Cole - Thomson

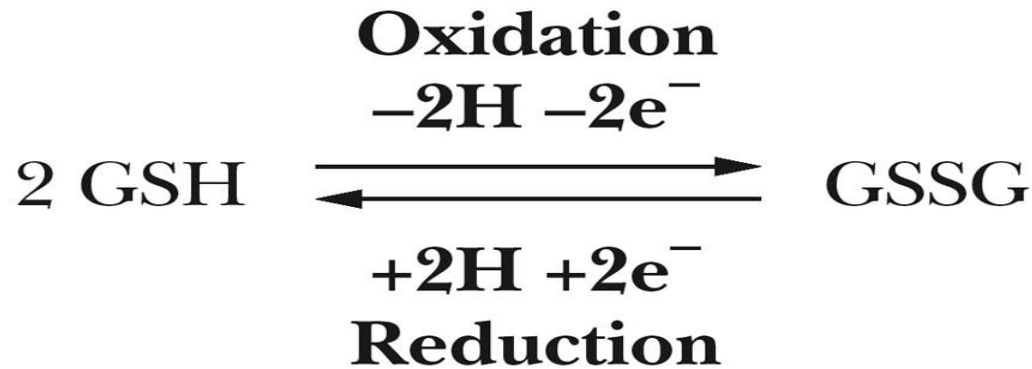
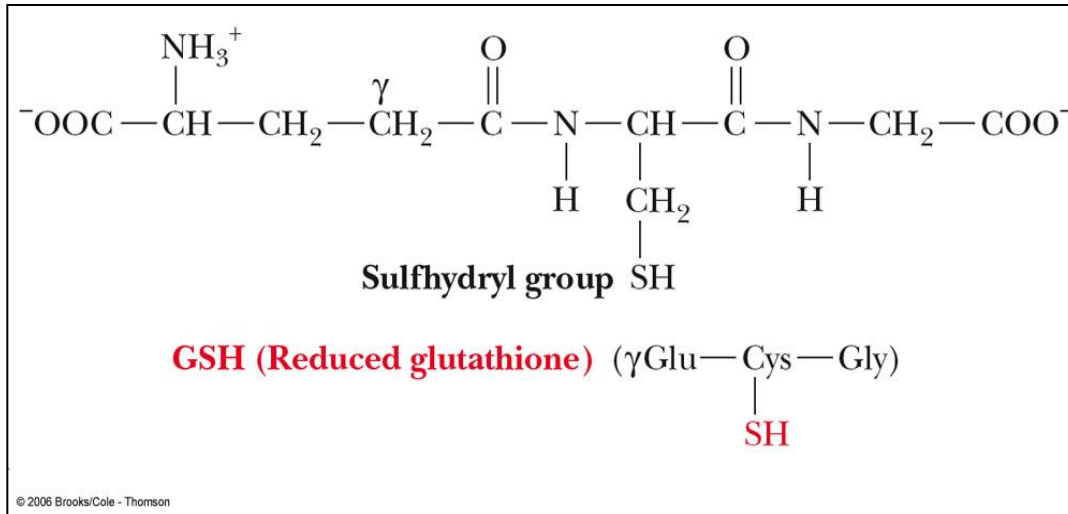
저칼로리 청량음료에 이용
페닐케톤뇨증을 앓고 있는 사람은 피해야 한다

페닐케톤뇨증 (PKU)

- 유전적 결함에 의한 질환
- **Phenylalanine hydroxylase**의 결여에 의한 대사적 장애
- Phenylpyruvate 의 축적으로 지적 장애 유발
- 요법: 페닐알라닌의 섭취 제한



글루타치온: 항산화제



Reaction of 2 GSH to give GSSG