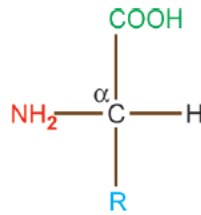


## Amino acid

### Introduction

**Amino acids:** Amino acids are the building blocks of proteins. Proteins of all species, from bacteria to humans, are made up from the same set of 20 standard amino acids. A typical amino acid has a primary amino group, a carboxyl group, a hydrogen atom and a side-chain (R group) attached to a central  $\alpha$ -carbon atom ( $C\alpha$ ). Proline is the exception to the rule in that it has a secondary amino group.

أحماض الأمينية: الأحماض الأمينية هي اللبنة الأساسية للبروتينات. تتكون البروتينات من جميع الأنواع، من البكتيريا إلى البشر، من نفس المجموعة من ٢٠ من الأحماض الأمينية القياسية. يحتوي الحمض الأميني النموذجي على مجموعة أمينية أساسية، ومجموعة كربوكسيل، وذرة هيدروجين وسلسلة جانبية (مجموعة R) مرتبطة بذرة ألفا-كربون مركزية ( $C\alpha$ ). البرولين هو الاستثناء من القاعدة في أنه يحتوي على مجموعة أمينية ثانوية.



**Proteins:** are linear chains of amino acids that are linked together by covalent, **peptide bonds**. Each protein has specific and unique sequence of amino acids that defines both its three-dimensional structure and its biologic function.

البروتينات: هي سلاسل خطية من الأحماض الأمينية المرتبطة ببعضها البعض بواسطة روابط تساهمية ببتيدية. كل بروتين له تسلسل محدد وفريد من الأحماض الأمينية التي تحدد كلا من هيكله ثلاثي الأبعاد ووظائفه البيولوجية.

**The standard 20 amino acid:** There are approximately 300 amino acids present in various animal, plant and microbial systems, but only 20 amino acids are involved in the formation of proteins. All the 20 amino acids found in proteins (Table 1, in the end of the lecture) have a carboxyl group (-COOH) and an amino acid group (-NH<sub>2</sub>) bound to the same carbon atom called the  $\alpha$ -

carbon. Amino acids differ from each other in their side chains or R-groups, attached to the  $\alpha$ -carbon. The 20 amino acids of proteins are often referred to as **the standard or primary** or normal amino acids.

الأحماض الأمينية القياسية العشرون: يوجد ما يقرب من ٣٠٠ حمض أميني في أنظمة حيوانية ونباتية وميكروبية مختلفة ، ولكن هناك ٢٠ حمض أميني فقط مسؤولون عن تكوين البروتينات. تحتوي جميع الأحماض الأمينية العشرين الموجودة في البروتينات (الجدول ١ ، في نهاية المحاضرة) على مجموعة كربوكسيل (-COOH) ومجموعة من الأحماض الأمينية (-NH<sub>2</sub>) مرتبطة بذرة كربون واحدة تسمى  $\alpha$ -carbon. الأحماض الأمينية تختلف عن بعضها البعض في سلاسلها الجانبية أو مجموعات R ، تعلق على  $\alpha$ - الكربون. وغالبا ما يشار إلى الأحماض الأمينية البالغ عددها ٢٠ من الأحماض الأمينية باعتبارها الأحماض الأمينية القياسية أو الأولية أو العادية

### Classification of amino acid

#### تصنيف الاحماض الامينية

#### ✓ Classification Based on Chemical Nature of the Amino Acid in Solution

According to this type of classification, amino acids are classified as follows:

- i. Neutral amino acids
- ii. Acidic amino acids
- iii. Basic amino acids.

التصنيف يعتمد على الطبيعة الكيميائية للحمض الأميني في المحلول وفقا لهذا النوع من التصنيف ، أولا. أحماض أمينية محايدة ثانيا. الأحماض الأمينية :تصنف الأحماض الأمينية على النحو التالي الحمضية ثالثا. الأحماض الأمينية القاعدية

#### i. Neutral amino acids

The amino acids which are neutral in solution and are monoamino-monocarboxylic acids (i.e. having one amino group and one carboxylic group), e.g. Glycine Serine Phenylalanine Alanine Threonine Tyrosine, Valine, Cysteine, Tryptophan, Leucine ,Methionine, Asparagine, Isoleucine, Proline and Glutamine

الأحماض الأمينية المحايدة في المحلول وأحماض أحادية مونوكاربوكسيلية (أي أن لديها مجموعة أمينية واحدة ومجموعة كربوكسيلية واحدة) ، على سبيل المثال. جليسين سيرين فينيل ألانين ألانين ثريونين

تيروزين ، فالين ، سيستين ، تريبتوفان ، ليوسين ، ميثيونين ، أسباراجين ، إيسولوسين ، بروتين و  
غلوتامين

### ii- Acidic amino acid

These are acidic in solution and are monoamino dicarboxylic acids, e.g. •  
Aspartic acid • Glutamic acid.

هي حمضية في المحلول وهي أحادية الامين ثنائية الحمض الكربوكسيلي، على سبيل المثال • حمض  
الأسبارتيك • حمض الغلوتاميك

### iii- Basic amino acid

These are basic in solution and are di-amino-monocarboxylic acids, e.g. •  
Lysine • Arginine • Histidine.

هي قاعديه في المحاليل وتكون ثنائية الامين أحادية الكربوكسيل، مثال اللايسين والارجنين والهستادين

## ✓ Classification Based on Chemical Structure of Side Chain of the Amino Acid

التصنيف القائم على الهيكل الكيميائي  
للسلسلة الجانبية للحمض الأميني

According to this type of classification, amino acids are classified as:

1. Aliphatic amino acids
2. Hydroxy amino acids
3. Sulfur containing amino acids
4. Dicarboxylic acid and their amides
5. Diamino acids
6. Aromatic amino acids
7. Imino acids or heterocyclic amino acids.

الأحماض الأمينية 1. وفقا لهذا النوع من التصنيف ، تصنف الأحماض الأمينية على النحو التالي  
 الأحماض ثمانية 4. أحماض هيدروكسي<sub>3</sub> - أحماض أمينية تحتوي على الكبريت 2. الأليفاتية  
 الأحماض أمينية غير 7. الأحماض الأمينية العطرية 6. أحماض ثنائية الأمين 5. الكربوكسيل وأميداتهم  
 متجانسة

### *Aliphatic amino acids*

Amino acids having aliphatic side chain, e.g. • Glycine • Alanine • Valine •  
 Leucine • Isoleucine.

أحماض أمينية لها سلسلة جانبية أليفاتية ، على سبيل المثال ، • جليكاين • ألانين • فالين • ليوسين •  
 إيسولوسين

### *Hydroxy amino acids*

Amino acids having hydroxy group in the side chain, e.g. • Threonine • Serine •  
 Tyrosine.

أحماض أمينية لها مجموعة هيدروكسي في السلسلة الجانبية ، على سبيل المثال • ثريونين • سيرين •  
 تايروسين

### *Sulfur containing amino acids*

Amino acids having sulfur in the side chain, e.g. • Cysteine • Methionine.  
 الأحماض الأمينية التي تحتوي على الكبريت في السلسلة الجانبية ، على سبيل المثال ، • السيستئين •  
 الميثيونين

### *Dicarboxylic acid and their amides*

Amino acids having carboxylic group in their side chain, e.g. • Glutamic acid •  
 Glutamin. ،

الأحماض الأمينية التي تحتوي على مجموعة كربوكسية في السلسلة الجانبية ، على سبيل المثال ، •  
 حمض الغلوتاميك • الجلوتامين

### *Diamino acids*

Amino acids having amino group (-NH<sub>2</sub>) in the side chain, e.g. • Lysine •  
 Arginine • Histidine.

أحماض أمينية تحوي على مجموعته أمين في السلسلة الجانبية مثلاً لايسين، أرجنين والهستادين

### *Aromatic amino acids*

Amino acids containing aromatic ring in the side chain, e.g. • Phenylalanine • Tyrosine • Tryptophan.

الأحماض الأمينية التي تحتوي على حلقة عطرية في السلسلة الجانبية ، على سبيل المثال فينيل الانين ،تايروسين، تريبتوفان.

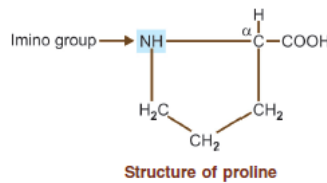
### *Imino acids or heterocyclic amino acids*

• One of the 20 amino acids, *proline* is an *imino(-NH)* acid not an amino (-NH<sub>2</sub>) acid as are other 19.

أحد الـ ٢٠ حمض أميني (البرولين) يسمى أمينو اسيد يحوي على (-NH) بدلاً من (-NH<sub>2</sub>) كباقي الـ ١٩ حمض أميني

The side chains of proline and its amino group form a ring structure and thus proline differs from other amino acids, in that it contains an imino group, rather than an amino group.

لها بنية حلقة وبالتالي يختلف البرولين عن الأحماض أمين- تشكل السلاسل الجانبية للبرولين ومجموعة الأمينية الأخرى ، حيث أنها تحتوي على مجموعة إيمينو ، بدلاً من مجموعة أمينية



### ✓ Nutritional Classification of Amino Acids

التصنيف الغذائي للأحماض الأمينية

On the basis of nutritional requirement, amino acids are classified into two groups:

i. Essential or indispensable amino acids

### ii. Nonessential or dispensable amino acids.

على أساس الاحتياجات الغذائية ، تصنف الأحماض الأمينية إلى مجموعتين ١. أحماض أمينية أساسية أو لا غنى عنها ثانياً. أحماض أمينية غير ضرورية أو قابلة للاستغناء

#### i-Essential amino acids

Essential amino acids cannot be synthesized by the body and must, therefore, be essentially supplied through the diet. Ten amino acids, essential for humans include: • Phenylalanine • Methionine • Valine • Histidine • Threonine • Arginine • Tryptophan • Lysine • Isoleucine • Leucine. الأحماض الأمينية الأساسية لا يمكن تركيبها من قبل الجسم ، وبالتالي ، يجب توفيرها بشكل أساسي من خلال النظام الغذائي. تتضمن عشرة أحماض أمينية ضرورية للبشر: • فينيل ألانين • ميثيونين • فالين • هيسثدين • ثريونين • أرجينين • تريبتوفان • ليسين • أيسولوسين • ليسين

#### ii- Nonessential amino acids

Nonessential amino acids can be synthesized in human body and are not required in diet, e.g. • Glycine • Alanine • Proline • Tyrosine • Serine • Cysteine • Glutamic acid • Aspartic acid • Glutamine • Asparagine. يمكن تصنيع الأحماض الأمينية غير الضرورية في جسم الإنسان وغير مطلوبة في النظام الغذائي ، على سبيل المثال. • جليكاين • ألانين • برولين • تايروسين • سيرين • سيستين • حمض جلوتاميك • حمض أسبارجين • أسبارتيك • جلوتامين • أسبارجين

#### ✓ Metabolic Classification of Amino Acids

التصنيف الأيضي للأحماض الأمينية

On the basis of their catabolic end products, the twenty standard amino acids are divided in three groups

i. Glucogenic amino acids: Those which can be converted into glucose. Fourteen out of the twenty standard amino acids are glucogenic amino acids.

ii. Ketogenic amino acids: Those which can be converted to ketone bodies. Two amino acids leucine and lysine are exclusively ketogenic.

iii. Both glucogenic and ketogenic: Those which can be converted to both glucose and ketone bodies. Four amino acids isoleucine, phenylalanine, tryptophan and tyrosine are glucogenic and

ketogenic.

على أساس المنتجات الهضمية النهائية، يتم تقسيم الأحماض الأمينية القياسية العشرين في ثلاث مجموعات أولاً. الأحماض الأمينية: تلك التي يمكن تحويلها إلى الجلوكوز. أربعة عشر من أصل عشرين الأحماض الأمينية القياسية هي الأحماض الأمينية ثانياً. الأحماض الأمينية الكيتونية: تلك التي يمكن تحويلها إلى أجسام الكيتون. اثنين من الأحماض الأمينية leucine و lysine حصراً مولد الكيتون. ثالثاً. أحماض مولده للكوجين وللأجسام الكيتونية: تلك التي يمكن تحويلها إلى كل من الجلوكوز وأجسام الكيتون. أربعة أحماض أمينية isoleucine ، phenylalanine ، tryptophan و tyrosine هي كليكوجينك و كيتوجينك.

### ✓ Classification Based on Nature or Polarity of Side Chain of Amino Acid

التصنيف المرتكز على طبيعة أو قطبية السلسلة الجانبية من الأحماض الأمينية

According to this type of classification, amino acids are classified into two major classes:

- i. Hydrophilic or polar amino acids
- ii. Hydrophobic or nonpolar amino acids.

وفقاً لهذا النوع من التصنيف ، يتم تصنيف الأحماض الأمينية إلى فئتين رئيسيتين: أولاً. أحماض أمينية أو أحماض أمينية قطبية ثانياً. أحماض أمينية نافره للماء أو غير قطبية.

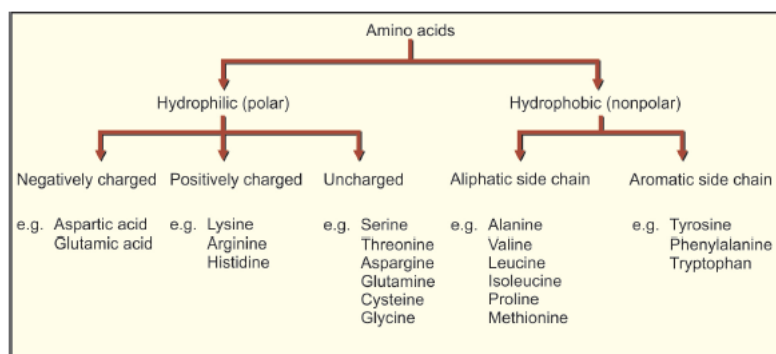


Figure 4.2: Classification of amino acids based on polarity

## Properties of amino acids

خصائص الأحماض الأمينية

### Physical Properties الخواص الفيزيائية

They are colorless, crystalline substances generally soluble in water. هي عديمة اللون ، البلورية ، قابلة للذوبان بصفة عامة في الماء

### Optical Properties الخواص البصرية

All naturally occurring amino acids are optically active except glycine which is optically inactive. At pH 7.0, all amino acids have the same L-configuration and hence L- $\alpha$ -amino acid (Figure 4.4).

جميع الأحماض الأمينية الموجودة بشكل طبيعي نشطة بصريا باستثناء الجليسين غير نشط بصريا. عند درجة الحموضة 7.0 ، فإن جميع الأحماض الأمينية لها نفس التكوين L وبالتالي حمض L- $\alpha$ -amino (الشكل 4.4).

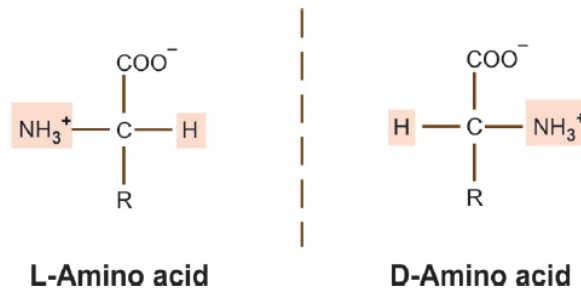


Figure 4.4: D and L forms of amino acids

### Ionization of Amino Acids تأين الأحماض الأمينية

Due to ionizing property of amino acids, amino acids exert:

1. Acid base behavior
2. Amphoteric properties (zwitter ion formation)
3. Buffering activity.

بسبب الخاصية المؤينة للأحماض الأمينية ، تمارس الأحماض الأمينية 1. سلوك حامضي و قاعدي 2. خصائص امفوتيريته تشكيل أيون (zwitter) 3- خاصية البفر

#### 1. Acid/base behavior of amino acids

- The acid base properties of amino acids depend on the amino and carboxyl groups attached to the  $\alpha$ -carbon.



- The carboxyl (-COOH) group of an amino acid can donate proton (H<sup>+</sup>) and behave as an acid, forming a negatively charged anion.
- Amino group (-NH<sub>2</sub>) of an amino acid can accept the proton (H<sup>+</sup>) which behave as a base, forming positively charged cation.

السلوك الحمضي/القاعدي للأحماض الأمينية

- تعتمد خصائص القاعدة الحمضية للأحماض الأمينية على مجموعتي الأمينات والكربوكسيل المرتبطين بكربون الفينيل.
- يمكن لمجموعة الكربوكسيل (-COOH) من الأحماض الأمينية التبرع بالبروتون (H<sup>+</sup>) والتصرف كحمض ، مما يشكل أنيون مشحون سالبًا.
- يمكن لمجموعة الأمينو (-NH<sub>2</sub>) من حمض أميني أن تقبل البروتون (H<sup>+</sup>) الذي يتصرف كقاعدة ، مما يشكل كاتيون مشحون موجبًا

## 2. Amphoteric properties of amino acids and formation of zwitter ion at isoelectric pH

Substances having a two-way property are called *amphoteric* or *ampholytes* (Greek word *ampho* means *both*). As amino acids have both acidic and basic groups, they can donate a proton or accept a proton, hence amino acids are regarded as ampholytes. *Zwitter ion (Dipolar molecule)*

خصائص الامفوتيرييه للأحماض الأمينية وتشكيل أيون zwitter في درجة الحموضة المتعادلة

تسمى المواد التي لها خاصية ذات اتجاهين (امفوتيري) (تعني الكلمة اليونانية ثنائي) بما أن الأحماض الأمينية تحتوي على مجموعات حمضية ومجموعات قاعدية ، فإنها تستطيع التبرع بروتون أو قبول بروتون ، وتعتبر الأحماض الأمينية بمثابة أمفوليت (Zwitter ion). جزيء ثنائي القطب.

## 3. Buffering action of amino acid

- Amino acid can act as weak acid or weak base. In addition, each of the acidic and basic amino acids contains an ionizable group in its side chain. Thus, both free amino acids and some amino acids present in proteins can potentially act as buffers.

يمكن للأحماض الأمينية ان تكون بمثابة حمض ضعيف أو قاعدة ضعيفة. بالإضافة إلى ذلك ، يحتوي كل من الأحماض الأمينية الحمضية وقاعدية على مجموعة قابلة للتأين في السلسلة الجانبية. وهكذا ، يمكن أن يعمل كل من الأحماض الأمينية الحرة وبعض الأحماض الأمينية الموجودة في البروتينات كbuffer.

### Importance of Amino Acids

- **Formation of proteins:** Amino acids are joined to each other by peptide bonds to form proteins and peptides.
- **Formation of glucose:** Glucogenic amino acids are converted to glucose in the body.
- **Enzyme activity:** The thiol (-SH) group of cysteine has an important role in certain enzyme activity.
- **Transport and storage form of ammonia:** Amino acid glutamine plays an important role in transport and storage of amino nitrogen in the form of ammonia.
- **As a buffer:** Both free amino acids and some amino acids present in protein can potentially act as buffer, e.g. histidine can serve as the best buffer at physiological pH.
- **Detoxification reactions:** Glycine, cysteine and methionine are involved in the detoxification of toxic substances.
- **Formation of biologically important compounds:** Specific amino acids can give rise to specific biologically important compounds in the body.

#### أهمية الأحماض الأمينية

- تكوين البروتينات: يتم ضم الأحماض الأمينية لبعضها البعض بواسطة روابط الببتيد لتكوين البروتينات والببتيدات.
- تشكيل الجلوكوز: يتم تحويل الأحماض الأمينية إلى الجلوكوز في الجسم.
- نشاط الإنزيم: إن مجموعة (-SH -thiol) من السيستين لها دور مهم في نشاط إنزيم معين.
- شكل النقل والتخزين للأمونيا: يلعب الجلوتامين الأحماض الأمينية دورًا هامًا في نقل وتخزين النيتروجين الأميني في صورة أمونيا.
- كبر: يمكن أن يعمل كل من الأحماض الأمينية الحرة وبعض الأحماض الأمينية الموجودة في البروتين كبر مؤقت ، على سبيل المثال ، يمكن أن يكون الهيستدين بمثابة أفضل عازلة في درجة الحموضة الفسيولوجية.
- تفاعلات إزالة السموم: يشارك الجليسين والسيستين والميثيونين في إزالة السموم من المواد السامة.
- تكوين مركبات مهمة بيولوجيا: يمكن أن تتسبب الأحماض الأمينية المحددة في ظهور مركبات بيولوجية مهمة في الجسم

Table 4.1: The 20, L- $\alpha$ -amino acids (standard amino acids) found in proteins

Name	Symbol	Structural formula
<b>Aliphatic side chain</b>		
Glycine	Gly (G)	$\text{H}-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$
Alanine	Ala (A)	$\text{CH}_3-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$
Valine	Val (V)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
Leucine	Leu (L)	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\   \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^- \\   \\ \text{H}_3\text{C} \end{array}$
Isoleucine	Ile (I)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^- \end{array}$
<b>Hydroxylic (OH) group containing side chains</b>		
Serine	Ser (S)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^- \\   \\ \text{OH} \end{array}$
Threonine	Thr (T)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^- \end{array}$
Tyrosine	Tyr (Y)	See aromatic group containing side chain amino acids
<b>Sulfur containing side chains</b>		
Cysteine	Cys (C)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^- \\   \\ \text{SH} \end{array}$
Methionine	Met (M)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^- \\   \\ \text{S}-\text{CH}_3 \end{array}$
<b>Side chains containing acidic groups (-COOH) and their amides</b>		
Aspartic acid	Asp (D)	$\text{COO}^- - \text{CH}_2 - \underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}} - \text{COO}^-$
Asparagine	Asn (N)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^- \\    \\ \text{O} \end{array}$
Glutamic acid	Glu (E)	$\text{OOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$
Glutamine	Gln (Q)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^- \\    \\ \text{O} \end{array}$

Table 4:1 (contd...)

Name	Symbol	Structural formula
<b>Basic groups containing side chains</b>		
Arginine	Arg (R)	$  \begin{array}{c}  \text{H} - \text{N} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\    \qquad \qquad \qquad   \\  \text{C} = \text{NH}_2^+ \qquad \qquad \text{NH}_3^+ \\    \\  \text{NH}_2  \end{array}  $
Lysine	Lys (K)	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\    \qquad \qquad \qquad   \\  \text{NH}_3^+ \qquad \qquad \text{NH}_3^+  \end{array}  $
Histidine	His (H)	$  \begin{array}{c}  \text{HN} \text{---} \text{CH} \text{---} \text{N} \\  \diagup \quad \diagdown \\  \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\    \\  \text{NH}_3^+  \end{array}  $
<b>Aromatic group containing side chains</b>		
Histidine	His (H)	See above
Phenylalanine	Phe (F)	$  \begin{array}{c}  \text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\    \\  \text{NH}_3^+  \end{array}  $
Tyrosine	Tyr (Y)	$  \begin{array}{c}  \text{OH} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\    \\  \text{NH}_3^+  \end{array}  $
Tryptophan	Trp (W)	$  \begin{array}{c}  \text{C}_8\text{H}_6\text{N} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\    \\  \text{NH}_3^+  \end{array}  $
<b>Imino acids</b>		
Proline	Pro (P)	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\    \qquad   \\  \text{CH}_2 \quad \text{NH} \\    \\  \text{CH}_2  \end{array}  $