

Школьные задачи / Химия / X-2

В растворе, содержащем смесь трёх аминокислот А, В и С вырастили культуру бактерий. В продуктах их жизнедеятельности выявлено наличие трипептида А-В-С с молекулярной массой 259, трипептида А-А-С с молекулярной массой 203 и дипептида В-С, молекулярная масса которого составляет 202. Зная, что помимо аминогруппы и карбоксильной группы молекулы А, В и С содержат углеводородный остаток без циклов и кратных связей, установить брутто-формулы этих аминокислот.

Решение

Из условия задачи следует, что если не брать в расчёт функциональные группы, основу молекулы аминокислоты составляет алкильный остаток. Алканы имеют общую формулу C_nH_{2n+2} . При формальном замещении в них одного атома водорода на NH_2 -группу получающийся амин может быть представлен формулой вида $C_nH_{2n+1}(NH_2)$. Если в нём заменить ещё один атом водорода карбоксильной группой, то получается, что аминокислоты А, В и С можно описать общей формулой $C_nH_{2n}(NH_2)COOH$, где n – число атомов углерода в «алкильном скелете» молекулы.

Из этого следует, что молекулярная масса аминокислоты равна

$$M = 12 \cdot n + 1 \cdot 2n + (14 + 1 \cdot 2) + (12 + 16 \cdot 2 + 1) = 14n + 61$$

Обозначим буквами a , b , c количество атомов углерода «алкильного скелета» в молекулах аминокислот А, В, С соответственно, тогда

$$M(A) = 14a + 61$$

$$M(B) = 14b + 61$$

$$M(C) = 14c + 61$$

Поскольку при образовании пептидной связи происходит отщепление воды, то у трипептида А-В-С молекулярная масса может быть выражена так:

$$M(A-B-C) = (14a + 61) + (14b + 61) + (14c + 61) - 2 \cdot 18 = 14a + 14b + 14c + 147 = 259$$

(у воды молекулярная масса 18, в трипептиде две пептидные связи и соответственно отщепляются две молекулы H_2O). Аналогично для А-А-С и В-С можно записать:

$$M(A-A-C) = 2 \cdot (14a + 61) + (14c + 61) - 2 \cdot 18 = 28a + 14c + 147 = 203$$

$$M(B-C) = (14b + 61) + (14c + 61) - 18 = 14b + 14c + 104 = 202$$

Отсюда получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} 14a + 14b + 14c + 147 = 259 \\ 28a + 14c + 147 = 203 \\ 14b + 14c + 104 = 202 \end{cases}$$

или (после упрощения)

$$\begin{cases} a + b + c = 8 \\ 2a + c = 4 \\ b + c = 7 \end{cases}$$

Для её решения из второго уравнения выразим сначала c :

$$c = 4 - 2a$$

Из третьего уравнения выразим b :

$$b = 7 - c = 7 - (4 - 2a) = 7 - 4 + 2a = 3 + 2a$$

Полученные равенства подставим в первое уравнение и отыщем a :

$$a + b + c = 8 \Leftrightarrow a + 3 + 2a + 4 - 2a = 8 \Leftrightarrow a + 7 = 8 \Leftrightarrow a = 1$$

Таким образом

$$b = 3 + 2 \cdot 1 = 5$$

$$c = 4 - 2 \cdot 1 = 2$$

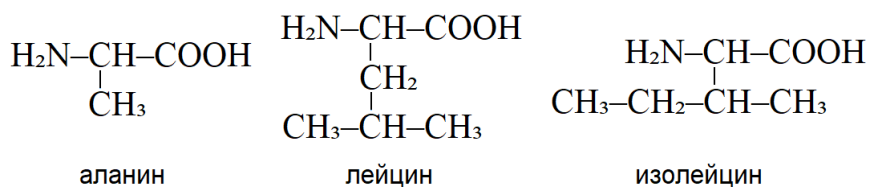
Отсюда следует, что брутто-формулы аминокислот А, В и С будут соответственно такими: $\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{COOH}$ (или $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2\text{N}$), $\text{C}_5\text{H}_{10}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ ($\text{C}_6\text{H}_{13}\text{O}_2\text{N}$) и $\text{C}_2\text{H}_4(\text{NH}_2)\text{COOH}$ ($\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$).

О т в е т

“А” – $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2\text{N}$, “В” – $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{O}_2\text{N}$, “С” – $\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$.

Комментарий

Легко видеть, что аминокислота А – это глицин $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$. Поскольку дипептид и трипептид произведены бактериями, то из этого следует, что аминокислоты В и С (как и глицин) относятся к категории «волшебных»: “В” может быть лейцином или изолейцином, а “С” – аланином:



© Широков Александр, 29.11.2020