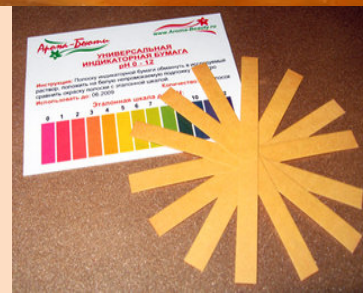


Растворение кости в соляной кислоте

В.Н. Витер



Костная ткань животных и человека состоит из неорганических (минеральных) и органических веществ.

Неорганическая составляющая кости представлена в основном гидроксилapatитом $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ и аморфным фосфатом кальция $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Соотношение между этими компонентами сильно зависит от возраста: в раннем возрасте преобладает аморфный фосфат кальция, но по мере взросления организма преобладающим становится гидроксилapatит.

В эмали зубов кроме гидроксилapatита содержится также карбонатапатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{CO}_3$, хлорapatит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2$ и фторапатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$.

В организме взрослого человека содержится более 1 кг кальция, который почти полностью локализован в костях и зубах, где находится в форме фосфатов. Большая часть кальция в костях постоянно обновляется. Ежедневно кости скелета теряют и вновь получают примерно 700–800 мг кальция.

Большую часть органического вещества кости составляет фибриллярный белок коллаген. Он играет роль своеобразной связки для минеральной составляющей. Кроме коллагена в кости содержатся и другие белки, а также жиры и углеводы.

Неорганические вещества костей легко растворяется в соляной кислоте. Приступим к эксперименту.

В стакан на 100 мл налили соляной кислоты (разбавленной водой 1 : 2) и поместили в нее бедренную кость курицы. Вскоре стало заметно слабое выделение газа, видимо, это высвобождался воздух, который содержался в порах. Раствор стал слегка мутным от органического вещества. Первоначально других изменений не наблюдалось.

На следующий день жидкость окрасилась в коричневый цвет. Гидроксилapatит и аморфный фосфат кальция прореагировали с соляной кислотой, в результате образовались фосфорная кислота и хлорид кальция. От кости осталась только темная желеобразная масса органических веществ.



Растворение кости в соляной кислоте фото В.Н. Витер







Некоторые животные имеют настолько высокую кислотность в желудке, что способны без проблем переваривать проглоченные кости. В качестве примера можно привести птиц-падальщиков. Благодаря высокому содержанию соляной кислоты в желудке грифы могут без проблем питаться погибшими животными, зараженной такими опаснейшими болезнями как ботулизм, классическая чума свиней и сибирская язва.

Есть данные, что в желудке африканского грифа рН составляет 1.0, а для некоторых других хищных птиц рН = 0.7. Не трудно подсчитать, что такую кислотность имеют водные растворы соляной кислоты с концентрацией 0.1-0.2 моль/л (или 0.4-0.7 %). Однако часть кислоты желудочного сока нейтрализуется щелочными компонентами, поэтому содержание HCl в желудочном соке несколько выше, чем для водных растворов соляной кислоты с таким же рН. С другой стороны, желудочный сок, непосредственно выделяемый стенками желудка, имеет существенно более высокую кислотность, чем содержимое желудка (даже натошак). Какая реальная концентрация соляной кислоты в пищеварительном соке, выделяемом клетками слизистой оболочки желудка грифа, можно только догадываться.

Другая птица-падальщик – бородач питается в основном костями, проглатывая их крупными кусками. Значение рН среды в желудке у этой птицы неизвестно, но можно предположить, что содержание соляной кислоты в желудке бородача выше, чем у грифа (соответственно рН ниже).

Для сравнения нормальный рН в желудке человека составляет примерно 1.5-2.5 (такой рН имеет водный раствор HCl с концентрацией 0.003-0.03 моль/л или 0.01-0.1%). Причем рН самого желудочного сока равен около 0.9-1.5. Как показал анализ, концентрация HCl в желудочном соке человека составляет около 0.4-0.6 %.

Пусть читателя не смущает кажущаяся близость значений рН для желудков человека и грифа, ведь шкала рН логарифмическая:

$$\text{pH} = -\log(\text{C}[\text{H}^+])$$

Уменьшение значения рН на одну единицу (например, от рН = 2 до рН = 1) соответствует увеличению концентрации ионов водорода в десять раз (в нашем примере от 0.01 до 0.1 моль/л).



Африканский гриф
(англ. – White-backed Vulture, лат. – *Gyps africanus*)





Бородач или ягнятник
(англ. – Bearded Vulture, лат – *Gypaetus barbatus*)

