듭니다. 진동과 소음도 사라질 겁니다. 초전도체를 사용한 자기부상열차는 미래의 편안하고 효율적인 교통수단이 될 것으로 예상됩니다. 액체 질소가 미래 기술을 실현하는 데 중요한 '키(key)'를 쥐고 있는 셈입니다.

김보준(경기 시온고 1)
김세윤(경남 율하중 2)
김주아(충북 형석고 1)
박수빈(서울 선곡초 3)
서자인(서울정덕초 6)
이예화(서울 길음중 1)
조예진(경기 용인신촌초 6)

Q

25

만약 세상에 산과 염기가 없다면 어떤 일이 생길까요?

A

이덕환 교수가 답하다

인간의 몸, 자연과 지구의 필수 요소인 산과 염기가 사라진다면 무슨 일이 일어날까요. 단순하게 생각하면 오렌지, 레몬, 김치, 식초 등 음식에서 새콤한 맛은 더 즐길 수 없습니다. 염기성을 띠는 비누, 샴푸 등의 미끈거림도 더 느끼지 못할 겁니다. 나아가 지구상의 생명체가 모두 사라져버릴 수도 있습니다. 우리 몸에서 일어나는 생리작용이 모두 뒤죽박죽이 돼버리기 때문이죠. 생각만 해도 끔찍한 일입니다. 산과 염기가 없는 세상은 화학적으로 의미가 없는 메마른 곳이 될 것입니다.

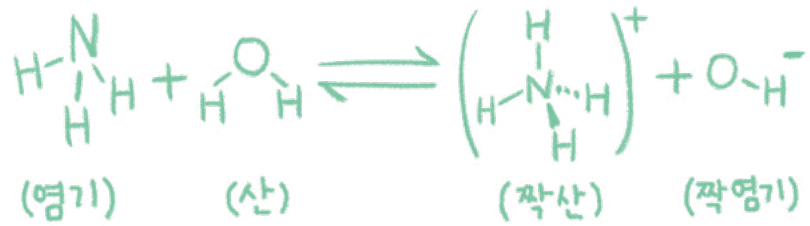
산과 염기에 대한 새로운 정의

이처럼 강력한 힘을 가진 산과 염기의 정체는 무엇일까요. 본래 '산(acid)'은 신맛을 내는 물질, '염기(base)'는 쓴맛을 내며 소금과 같은 염을 만드는 물질로 정의했습니다. 그런데 현대 화학에서는 산과 염기를 좀 더 다양하게 정의합니다. 스웨덴의 화학자 스반테 아레니우스는 물에 녹이면 수소 이온(H^+)이 나오는 염산(HCl), 질산(HNO_3), 황산(H_2SO_4), 아세트산(CH_3COOH)과 같은 물질을 산, 수산화 소듐(NaOH)이나 수산화 포타슘(KOH)처럼 수산화 이온(OH^-)이 나오는 물질을 염기라 불렀습니다.

수소 원자에서 전자가 떨어져 나가고 양성자만으로 만들어진 수소 이온은 물속에서 다른 물 분자와 강하게 뭉쳐진 상태로 존재합니다. 이런 덩어리를 하이드로늄 이온(H_3O^+)이라고 합니다. 그런데 산으로 분류되는 아세트산을 암모니아(NH_3) 용액에 넣으면 수소 이온 대신 암모늄 이온(NH_4^+)이 나옵니다. 그래서 덴마크의 화학자 요하네스 브뢴스테드와 영국의 화학자 토머스 로우리는 산이 내놓은 수소 이온을 받아들이는 물질을 염기로 정의했습니다. 그렇다면 위에 얻어진 암모늄 이온은 반대로 수소 이온을 내놓을 수 있기에 이를 짝산이라고 부릅니다. 수용액에서만 적용되는 아레니우스의 이론을 물이 아닌 용매나 기체 상태에도 적용할 수 있도록 확장한 것입니다.

미국의 화학자 길버트 루이스는 수소 이온 대신 전자쌍을 이용해서 산과 염기를 정의했습니다. 중화반응에 필요한 전자쌍을 받아들이는 물질을 산, 전자쌍을 제공해주는 물질을 염기라고 정의했습니다. 중화반응은 화학반응 중에서 가장 빠르게 일어나는 반응입니다.

산과 염기가 정확하게 1대 1로 만나면 염과 물이 만들어지는 중화반응이 일어납니다. 염산과 수산화 소듐은 모두 독성이 강한 물질인데요. 이 둘이 물속에서 만나 반응하면 놀랍게도 강력한 독성이 흔적도 없이 사라집니다. 황당하게도 우리가 반드시 먹어야 하는 소금이 녹아있는 짠물이 만들어집니다. 한편 물 분자도 하이드로늄 이온과 수산화 이온으로 분리



된 상태로 존재할 때가 있습니다.

똑같은 물 분자 중에서 하나는 하이드로늄 이온을 내놓은 산이 되고, 다른 하나는 수산화 이온을 내놓는 염기가 됩니다. 반대로 하이드로늄 이온과 수산화 이온이 만나서 결합하면 중화반응이 일어나 물이 생성되죠. 이를 물의 '자기 이온화 반응'이라고 부릅니다.

섭씨 25℃인 순수한 물 1L에는 언제나 수소 이온과 수산화 이온의 양이 각각 10^{-7}M(몰농도·1L당 몰 수)로 일정하게 유지됩니다. 그래서 물속에 들어 있는 수소 이온과 수산화 이온의 농도를 몰 농도로 나타낸 뒤, 그 값을 곱하면 언제나 10^{-14}M입니다. 입자 수가 일정하게 유지되는 물의 평형은 산과 염기를 넣어도 깨지지 않습니다. 산을 넣어서 하이드로늄 이온의 농도가 커지면, 상대적으로 수산화 이온의 농도는 줄어듭니다.

산성과 염기성, 수소이온농도(pH)로 구분

물속에 수소 이온이 녹아있는 양은 수소이온농도(pH)로 표시합니다. 수소 이온의 농도를 수학적 방법으로 계산해 나타낸 것이 pH입니다. pH는 1~14 사이의 값을 가지며, 산과 염기 모두 넣지 않은 중성 용액의 pH는 7입니다. 이 수치가 7보다 작으면 산성 용액, 7보다 크면 염기성 용액을 뜻합니다. 수용액의 pH는 유리 전극이 달린 'pH 측정기'나 여러 지시약을 이용해서 만든 'pH 종이'로 확인할 수 있습니다.

우리 몸에서 일어나는 생리작용은 이런 pH에 매우 민감하게 반응합니

다. 혈액과 세포액의 pH는 언제나 약 7.4가 유지돼야 합니다. 그래서 병원에서 환자에게 링거액을 놓을 경우, 환자의 나이, 성별, 인종에 상관없이 링거액의 pH는 모두 7.4입니다. 혈액에는 이산화 탄소가 물에 녹아서 만들어지는 탄산수소 이온(HCO_3^-)과 탄산(H_2CO_3)이 들어있는데, 이들이 pH가 항상 일정한 값을 유지할 수 있도록 도와줍니다.

pH가 0.1이라도 변하면 우리 몸에는 이상이 생깁니다. 높은 산에 올라갈 때 나타나는 고산병이 대표적입니다. 산소가 부족한 고지대에 가면 산소 부족으로 호흡이 가빠지면서 혈액에 녹아있던 이산화 탄소가 다량 빠져나갑니다. 그 결과 혈중 pH가 증가해 고산병 증상이 나타나는 것이죠.

pH는 식물의 색도 결정짓습니다. 가령 수국의 푸른색이나 붉은색, 장미꽃의 붉은색은 모두 안토시아닌(anthocyanin)의 색깔인데, 안토시아닌은 용매의 산도에 따라 색깔이 달라집니다. 산성 용액에서는 붉은색, 중성 용액에서는 보라색, 염기성 용액에서는 푸른색입니다. 크기가 세상에서 가장 작은 원소인 수소 이온이 거대한 분자의 색깔을 바꿔놓는 화학의 신비입니다.

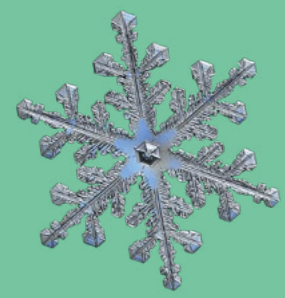
한편 염기는 알칼리라고 부르기도 합니다. 그러나 암모니아처럼 단순히 염기가 많이 들어있는 화합물을 '알칼리성'이라고 하는 것은 적절하지 않습니다. 보통 스포츠음료를 '알칼리 음료'라고 부르는 이유는 음료의 pH가 7보다 커서가 아니라, 음료에 알칼리 금속의 이온이 들어 있기 때문입니다. 사실 스포츠음료는 산성을 띠는 달콤한 소금물입니다.

식품을 산성과 알칼리성으로 구분하기도 합니다. 그런데 이는 스위스의 한 의사가 식품을 완전히 태운 뒤, 남은 재로 만든 엉터리 구분법입니다. 실제로 우리가 섭취하는 식품은 몸속에서 완전히 연소하지 않기 때문이죠. 그러니 식품을 알칼리성이라는 하는 말에 현혹되지 마시길 바랍니다.

노완섭(서울 불암중 1)
이선재(경기 정평중 2)
조예진(경기 용인신촌초 6)

Chapter 3. 공장·지구에서

Q

26

눈은 어떻게 결정을 이루나요?