

muito comum adicionar sal de cozinha ( $\text{NaCl}$ ) à água a ser utilizada no cozimento de alimentos, assim como, em países frios, a adição desse sal em ruas e estradas cobertas por neve. O que essas práticas têm em comum? Com a adição de sal de cozinha, a água demora mais tempo para entrar em ebulição. Entretanto, esse procedimento faz os alimentos cozinharem mais rapidamente, pois, em razão da presença de sal, a água entra em ebulição a uma temperatura maior do que a água pura, o que acelera o cozimento dos alimentos. Da mesma maneira que o sal altera a temperatura de ebulição da água, ele também provocará alterações na temperatura de congelamento. As interações entre as partículas dissolvidas e as moléculas de água impedem que estas se organizem e formem a estrutura sólida, o que tem como consequência a diminuição da temperatura de congelamento. A variação da temperatura de ebulição e da temperatura de congelamento do solvente não dependem da substância adicionada, mas da concentração de partículas de soluto presente na mistura. As propriedades de uma solução que dependem apenas da concentração de partículas de soluto e que não dependem de sua natureza são denominadas propriedades coligativas.

**Tonoscopia ou tonometria** Quando um líquido é mantido em um sistema fechado, ocorre coexistência entre a fase líquida e a fase de vapor, de modo que a composição de cada fase permanece constante, ou seja, a rapidez da evaporação é igual a rapidez da condensação. A pressão que o vapor exerce sobre a superfície do líquido em equilíbrio com a fase líquida é chamada de pressão de vapor. A pressão de vapor de um líquido depende da substância que o constitui e da temperatura em que ele se encontra. Nas mesmas condições de temperatura, um líquido volátil tem uma pressão de vapor maior do que um líquido menos volátil. Se analisarmos dois recipientes contendo um mesmo líquido puro sob temperaturas diferentes, o que estiver a uma temperatura mais elevada terá maior pressão de vapor. Quando, por exemplo, a sacarose se dissolve na água, as moléculas se dispersam entre as moléculas do solvente. Para que ocorra a dissolução, é preciso que haja uma interação entre o soluto e o solvente. Essa interação se dá por meio de forças intermoleculares. As interações existentes entre as moléculas de água e as de sacarose dificultam a vaporização do solvente. Isso faz que a pressão de vapor de um solvente em uma solução seja menor do que a pressão de vapor do solvente puro. A diminuição da pressão de vapor de um líquido por adição de um soluto não volátil é denominada efeito tonoscópico. O que determina essa diminuição é a concentração de partículas do soluto presentes na solução, e não sua natureza. Assim, soluções de mesmo solvente que apresentam concentração de partículas (moléculas ou íons) iguais, quando submetidas à mesma temperatura, terão pressões de vapor iguais. Por exemplo, uma solução aquosa de sacarose cuja concentração seja  $0,1 \text{ mol/L}$  terá a mesma pressão de vapor que uma solução aquosa de glicose a  $0,1 \text{ mol/L}$ . Uma solução aquosa de cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ )  $0,1 \text{ mol/L}$ , porém, possui o dobro de partículas por unidade de volume, pois o  $\text{NaCl}$  dissolvido se dissocia totalmente. Para uma solução com  $0,1 \text{ mol}$  de  $\text{NaCl}$  dissolvido há  $0,1 \text{ mol}$  de íons sódio e  $0,1 \text{ mol}$  de íons cloreto, logo,  $0,2 \text{ mol}$  de partículas de soluto. Por isso, o abaixamento da pressão de vapor dessa solução é duas vezes maior que o das soluções de sacarose e glicose.

sacarose  $0,1 \text{ mol/L}$  glicose  $0,1 \text{ mol/L}$  cloreto de sódio  $0,1 \text{ mol/L}$  Pressão de vapor em diferentes soluções com concentração  $0,1 \text{ mol/L}$ . Dados experimentais mostraram que a pressão de vapor de uma solução é proporcional à fração em quantidade de matéria (fração em mol) do solvente. Esses dados levaram à formulação da Lei de Raoult, definida da seguinte maneira: Lei de Raoult

PP em que  $x$  é a fração em quantidade de matéria (fração em mol) do solvente. Não escreva no

livro. **Ebulioscopia e crioscopia** Conforme visto, a adição de um soluto não volátil diminui a pressão de vapor do solvente. Como, para um líquido entrar em ebulição, sua pressão de vapor deve se igualar à pressão atmosférica, a temperatura de ebulição da solução será maior que a temperatura de ebulição do solvente puro. Massas cozinham mais rapidamente com a adição de sal à água. Por que os alimentos cozinham mais rápido quando se adiciona sal à água? O tempo de cozimento de um alimento depende da temperatura em que ele é preparado. Assim, ao nível do mar, a temperatura de ebulição da água é 100 °C. Se você adicionar sal à água, ela entrará em ebulição a uma temperatura acima de 100 °C, diminuindo o tempo de cozimento do alimento. Quanto mais concentrada for a solução, maior será o aumento da temperatura de ebulição da água, ou seja, maior será o efeito ebulioscópico. Esse fenômeno é explicado pela interação entre as partículas do soluto e do solvente que resulta em maior dificuldade para vencer tais interações quer maior energia para que as moléculas do solvente escapem do líquido). O aumento da temperatura de ebulição de uma solução em relação ao solvente puro pode ser calculado pela expressão:  $\Delta T_b = K_b \cdot m \cdot i$  em que:  $\Delta T_b$  variação da temperatura de ebulição;  $K_b$  constante ebulioscópica (específica para cada solvente),  $C$  molalidade, fator de Van't Hoff. O fator de Van't Hoff ( $i$ ) considera o número de partículas originadas pela dissolução do soluto no solvente. Esse fator é calculado pela seguinte expressão matemática:  $i = 1 + (q-1)$ , em que  $q$  corresponde ao grau de ionização do soluto no solvente, e  $i$  corresponde ao número total de partículas originadas de uma molécula ou de um agregado iônico. Exemplos: O fator de Van't Hoff para uma solução de sacarose é 1, pois cada molécula de sacarose origina uma única partícula dissolvida, que é a própria molécula. Nesse caso, o grau de ionização é zero, pois esse açúcar não se ioniza em água.  $i = 1 + 0(1-1) = 1$  Já o NaCl, que apresenta grau de dissociação praticamente igual a 1, se dissocia totalmente em água, e cada agregado NaCl origina dois íons (um Na e um Cl), portanto, o fator de Van't Hoff é igual a 2.  $i = 1 + 1(2-1) = 2$  fator de Van't Hoff para o sulfato de alumínio  $[Al_2(SO_4)_3]$ , cujo grau de ionização é 0,85, ou seja, 85%, e origina 5 íons por agregado (dois  $Al^{3+}$  e três  $SO_4^{2-}$ ).  $i = 1 + 0,85(5-1) = 4,4$  Diminuindo-se a temperatura de um líquido, a energia cinética de suas moléculas também diminui, o que possibilita a formação de uma estrutura mais organizada, o sólido, ou seja, assim que a água ou qualquer outra substância se solidifica. No caso da água pura, ao nível do mar. A temperatura de congelamento da água é menor quando ela contém soluto dissolvido. A diminuição da temperatura de congelamento do solvente por adição de soluto não volátil denomina-se efeito crioscópico. Esse abaixamento da temperatura pode ser calculado pela expressão:  $\Delta T_c = K_c \cdot m \cdot i$  em que  $\Delta T_c$  variação da temperatura de congelamento;  $K_c$  constante crioscópica (específica para cada solvente),  $C$  molalidade; fator de Van't Hoff. Radiador de veículos automotivos é utilizada No uma mistura de etilenoglicol e água, conhecida popularmente por aditivo de radiador. Com a adição desta mistura à água é possível diminuir a temperatura de congelamento. Esse recurso permite que o sistema de arrefecimento dos veículos (o radiador) funcione mesmo quando os automóveis rodam em regiões muito frias, onde a temperatura ambiente é menor do que a de fusão da água, ou seja, menor que 0 °C.

### Osmose e pressão osmótica

Uma salada temperada com sal num dia apresenta-se murcha no dia seguinte ou até algumas horas depois. Por que isso acontece? Quando ocorre adição de sal, parte da água que se

encontra no interior das células dos vegetais sai delas espontaneamente, devido a diferença de concentração do sal existente entre o meio-externo e o meio interno das células, e o vegetal murcha. Isso acontece porque a membrana das células é semipermeável, ou seja, permite a movimentação de água (solvente) entre os meios intra e extracelular. Observe a figura a seguir para entender melhor como funciona a membrana em cores Fantasia, da passagem de solvente do meio mais diluído para o meio mais concentrado através de uma membrana semipermeável. O recipiente da ilustração acima contém duas soluções separadas por uma membrana semipermeável. Essa membrana permite apenas a passagem de solvente (o papel celofane e a membrana celular são exemplos de membrana semipermeável quando o solvente é água). Na figura, há uma solução mais concentrada no compartimento da direita, e outra menos concentrada no compartimento da esquerda. As partículas de soluto são representadas pelas esferas maiores. A diferença de concentração entre os meios provoca o fenômeno de osmose, que é definido como a passagem de solvente do meio menos concentrado para o mais concentrado através de uma membrana semipermeável. Quanto maior for a diferença de concentração, maior será o fluxo de solvente da solução menos concentrada para a mais concentrada. A osmose é importante no processo de conservação dos alimentos, por exemplo, quando a carne é salgada, a diferença de concentração entre o meio externo e o interior das células promove a saída de água tanto das células da carne quanto das células de microrganismos, que poderiam causar a deterioração da carne. Com a saída de água, as células murcham e morrem. Algo similar ocorre na conservação de frutas em calda. A elevada concentração de açúcar da calda promove a saída de água das células de microrganismos, podendo causar a morte deles e impedindo a degradação de diversas substâncias, o que ajuda a conservar as frutas por mais tempo.

**Pressão osmótica** Chama-se pressão osmótica a pressão que deve ser aplicada para evitar que o solvente atravesse a membrana. Quanto maior for a diferença de concentração entre os dois meios, maior deverá ser a intensidade da pressão aplicada para evitar a passagem de solvente (imagem A). A osmose sexipenniche A figura da esquerda mostra a osmose (passagem de água para o meio onde se encontra a solução salina). Na figura da direita, observa-se que aplicando pressão suficiente no compartimento onde se encontra a solução salina, a membrana. Esquema em cores Assim como qualquer outra propriedade coligativa, a pressão osmótica só depende da concentração de partículas do soluto na solução. A pressão osmótica pode ser calculada pela  $\Delta \pi = i \cdot C \cdot R \cdot T$  em que  $\Delta \pi$  é a pressão osmótica,  $C$  a concentração do soluto em mol/L,  $R$  a constante universal dos gases, e  $T$  a temperatura absoluta. A pressão osmótica no sangue humano é aproximadamente 7,7 atm. Os glóbulos vermelhos de nosso sangue têm aproximadamente a mesma pressão osmótica. Pode-se dizer que as hemácias (glóbulos vermelhos) são isotônicas em relação ao sangue, ou seja, apresentam a mesma pressão osmótica (imagem B).

**Capítulo 2-Propriedades coligativas das soluções** O soro fisiológico (imagem C), que é uma solução aquosa de cloreto de sódio (NaCl), também deve ser isotônico em relação ao sangue. Quando uma membrana semipermeável separa duas soluções de concentrações diferentes, a solução mais concentrada é chamada de hipertônica (tem maior pressão osmótica), e a solução mais diluída é chamada de hipotônica (tem menor pressão osmótica).