

УДК 628.1.033

Осмотически связанная вода

Д-р техн. наук Мурашев С.В. s.murashev@mail.ru

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО
Институт холода и биотехнологий
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Взаимодействие воды и нелетучего растворенного вещества уменьшает подвижность молекул воды, вследствие чего затрудняется выход молекул воды за пределы раствора. Именно связывание молекул воды растворенным веществом приводит к возникновению осмотически связанной воды. Это вода, связанная в гидратные оболочки ионов или гидрофильными низкомолекулярными соединениями.
Ключевые слова: вода, гидратные оболочки, осмос.

Osmotically associated water

D. Sc. Murashev S.V.

Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics.
Institute of Refrigeration and Biotechnology
191002, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

The cooperation between water and dissolved not volatile matter decrease water molecule mobility, whereupon water molecule leaving is obstructed. It is the binding of water molecules, which brings to the appearance of osmotically associated water. It is the water which encased in hydrated envelope or hydrophilic low-molecular compound.
Key wards: water, hydrated envelope, osmose.

На поверхности раздела жидкость – пар в результате не скомпенсированного межмолекулярного взаимодействия возникает равнодействующая сила направленная внутрь жидкости. В жидкости существуют молекулы с кинетической энергией и скоростью движения достаточно большой, чтобы преодолевать силы межмолекулярного притяжения. Молекулы с большой скоростью движения, находящиеся на поверхности

жидкости, преодолевая силы межмолекулярного притяжения и двигаясь в направлении от поверхности жидкости, способны переходить в парообразное состояние, так что жидкость при этом охлаждается [1].

Испарение происходит самопроизвольно даже, несмотря на эндотермичность этого процесса, так как энтропия системы в этом случае возрастает. Растворение в жидкости веществ не способных испаряться, препятствует испарению молекул жидкости, вследствие чего повышается температура кипения раствора. Введение в жидкость растворенного вещества снижает также температуру отвердевания. Эти изменения, происходящие в растворе в сравнении с чистой жидкостью, являются следствием растворения в жидкости нелетучих веществ.

Растворение веществ в жидкости происходит в результате одновременного протекания двух процессов: разрушения структуры растворяемого вещества и сольватации (гидратации, если растворителем является вода) частиц растворяемого вещества растворителем. Гидратация молекул или ионов всегда представляет собой экзотермический процесс в силу образования связей, в то время как разрушение структуры происходит с затратой энергии.

Первостепенное значение для разрушения структуры растворяемого вещества и образования раствора имеют силы притяжения между молекулами воды и частицами растворяемого вещества. На это указывает, в частности, наличие изотонического коэффициента (i) в выражениях для коллигативных свойств растворов. Для веществ слабо взаимодействующих с растворителем и поэтому находящихся в растворе в виде ассоциатов $i < 1$, а для водных растворов сильных электролитов хорошо диссоциирующих в воде $i > 1$. Растворимые в воде вещества, но при этом не диссоциирующие и не образующие ассоциатов имеют $i = 1$.

При диссоциации электролитов происходит образование гидратных оболочек вокруг частиц растворенного вещества, вследствие сильного притяжения дипольных молекул воды ионами электролита. В результате притяжения между диполями воды и ионами силы притяжения между самими противоположно заряженными ионами в растворе ослабевают настолько, что энергии тепловых колебаний оказывается достаточно для отделения ионов друг от друга [2]. В разрушении структуры большое значение приобретает ослабление сил притяжения между ионами, которое зависит от диэлектрической проницаемости растворителя. Для воды как ассоциированной жидкости диэлектрическая проницаемость в обычных условиях имеет очень большую величину ($\epsilon = 81$).

Действие сил притяжения между диполями воды и частицами растворяемого вещества связывает в гидратные оболочки часть воды, содержащейся в растворе.

Вследствие этого уменьшается подвижность молекул воды в растворе. Вода, связанная в гидратные оболочки, имеет большее время «оседлой» жизни, и соответственно меньшую подвижность. Уменьшение подвижности – главная причина препятствующая испарению, т.е. выходу молекул воды за пределы раствора после растворения в ней нелетучего вещества.

Наряду с этой главной существуют и другие причины препятствующие выходу молекул жидкости за пределы раствора при растворении в ней нелетучих веществ – это уменьшение поверхности испарения и уменьшение концентрации растворителя в растворе.

Таким образом, вследствие растворения нелетучих веществ, препятствующих выходу молекул воды за пределы раствора, понижается давление насыщенного пара над поверхностью раствора и в соответствии с фазовой диаграммой воды (в координатах РТ) наблюдаются эффекты сопровождающие образование растворов, в частности происходит понижение температуры замерзания растворов.

Благодаря гидратации ионизированных и полярных групп одна молекула белка может связать 850...1000 молекул воды. Седиментация молекул гидрофильного коллоида может быть осуществлена только удалением с его частиц удерживаемых им молекул воды. Это может быть достигнуто созданием в растворе значительных концентраций сильного электролита, ионы которого в ходе своей гидратации отнимают воду коллоида и тем самым вызывают его коагуляцию [2].

Итак, отметим, что растворение в воде происходит вследствие действия сил притяжения между частицами растворяемого вещества и растворителем и связывания последнего в сольватные (гидратные) оболочки, что является причиной уменьшения подвижности молекул растворителя в растворе по сравнению с чистой жидкостью.

В растворе вода находится в двух состояниях. Одна часть воды связана, а другая находится в свободном состоянии и заполняет пространство между гидратированными коллоидами или ионами, окруженными гидратными оболочками. В растворах электролитов по мере увеличения концентрации растворенного вещества свободной воды не связанной в гидратные оболочки становится меньше и при концентрации превышающей 1,5...2 моль/л вторичные гидратные оболочки вокруг ионов начинают перекрываться [3].

Большая часть воды в плодах и овощах содержится в свободной форме, и лишь незначительное количество, не превышающее 5 %, находится в связанном состоянии. По этой причине легко высушить плоды до 10...12 % влажности, а дальнейшее удаление воды сопряжено с возрастающими затратами энергии [4]. По этой же причине большая часть воды в клетках замерзает при температурах до – 5 °С. Небольшое медленное

замораживание, вызывающее отток воды из клеток и замерзание ее в межклетниках, указывает на подвижность воды, легко перемещающейся в зависимости от условий в клетки или из них. Кроме того, свободная вода является метаболически активной частью пула воды [5], и только благодаря ее существованию возможно протекание обменных процессов в клетках.

Если два раствора с различной концентрацией привести в соприкосновение через мембрану проницаемую только для молекул воды, то начнется выравнивание концентраций двух растворов. Движущей силой осмоса является различие в соотношении связанной с растворенным веществом воды и свободной воды, т.е. различие химического потенциала воды в двух растворах, разделенных мембраной. Никаких новых сил, за исключением сил взаимодействия воды с растворенным веществом в двух растворах после установления контакта между ними через мембрану не возникает. Все свойства контактирующих растворов, как и прежде, определяются взаимодействием воды с растворенными в ней веществами. Поскольку осмос относится к коллигативным свойствам растворов, т.е. зависящим только от концентрации частиц растворенного вещества, то выравнивание соотношения свободной и связанной воды в двух растворах достигается при равенстве их концентраций.

Как уже было показано на примере испарения, растворение в жидкости нелетучего вещества уменьшает подвижность молекул воды и препятствует их выходу за пределы раствора в сравнении с чистой водой. И причина этого заключается в уменьшении подвижности молекул воды в результате связывания их частицами растворенного вещества. При контакте двух растворов с разной концентрацией, разделенных полупроницаемой мембраной, возникает динамическое состояние движения молекул воды между двумя растворами. Однако выход молекул воды из раствора с меньшей концентрацией в раствор с большей концентрацией происходит более интенсивно, чем в обратном направлении вследствие большей подвижности молекул воды в растворе с меньшей концентрацией. С достижением равновесия между двумя растворами их концентрации выравниваются, и движение молекул воды через мембрану в противоположных направлениях также уравнивается вследствие выравнивания возможностей выхода молекул воды за пределы двух растворов.

Особенность живой биологической ткани заключается в том, что осмотическое равновесие клеток с межклетниками не устанавливается. Благодаря этому возникает тургор. В клетках выше концентрация веществ, способных связывать воду. При более высокой концентрации веществ, связывающих воду в гидратные оболочки, увеличивается доля связанной воды, поэтому в клетках уменьшается подвижность

молекул воды в сравнении с межклетниками, что препятствует перемещению и выходу воды из клеток в межклетники.

Таким образом, для образования растворов и проявления ими своих свойств первостепенное значение имеет взаимодействие воды и частиц растворяемого вещества, в ходе которого происходит гидратация. У заряженных частиц и групп возникают гидратные оболочки. В соответствии с классификацией (по П.А. Ребиндеру) вода сольватных оболочек относится к химически связанной воде.

Не случайно, поэтому, что под осмотически связанной водой понимают воду, связанную с ионами [3, 6], т.е. воду образующую гидратные оболочки вокруг заряженных частиц за счет электростатического притяжения, а также воду, связанную с хорошо растворимыми низкомолекулярными соединениями [6]. При этом какие-либо другие формы осмотического связывания воды в растворах отсутствуют.

Поэтому, например, утверждение о том, что существует «физико-химическая связь влаги, которая удерживается путем адсорбции под действием осмотических сил» является вымыслом. Во-первых, потому что физико-химически связанная вода возникает (по П.А. Ребиндеру) при адсорбции благодаря молекулярным силам Ван-дер-Ваальса и водородным связям, а во-вторых, потому что некие осмотические силы, под действием которых происходит адсорбция науке вообще неизвестны.

Список литературы:

1. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. – М.: Наука, 1977. – 943 с.
2. Некрасов Б.В. Основы общей химии. Т.1. – М.: Химия, 1974. – 656 с.
3. Полевой В.В. Физиология растений. – М.: Высш. шк., 1989. – 464 с.
4. Метлицкий Л.В. Основы биохимии плодов и овощей. – М.: Экономика, 1976. – 349 с.
5. Белоус А.М., Грищенко В.И. Криобиология. – Киев: Наукова думка, 1994. – 430 с.
6. Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А.. Физиология растений. – М.: Высш. шк., 2005. – 736 с.