

فصل دوم: آب

اهمیت آب:

- تنها ماده ای که در طبیعت به هر سه حالت فیزیکی (جامد، مایع، گاز) به فراوانی یافت می شود.
- ۵۰ - ۹۰٪ وزن حیوان، گیاه و مواد غذایی را به خود اختصاص می دهد.
- تثبیت دمای بدن
- شرکت در فرایند هیدرولیز به عنوان واکنشگر
- تسهیل رفتار دینامیکی ماکرومولکول ها شامل خواص کاتالیزوری آنزیم ها
- تسهیل انتقال گازهای تنفسی
- حلال ترکیبات قندی، نمک ها، اسید های آلی و
- عامل مؤثر در رشد میکروارگانیسم ها
- نقش در ایجاد بافت، مزه ، ظاهر و هزینه

میزان آب موجود در برخی مواد غذایی

Table 0.1. Moisture content of some foods

Food	Moisture content (weight-%)	Food	Moisture content (weight-%)
Meat	65–75	Cereal flour	12–14
Milk	87	Coffee beans, roasted	5
Fruits, vegetables	70–90	Milk powder	4
Bread	35	Edible oil	0
Honey	20		
Butter, margarine	16–18		

ساختمان آب

- متشکل از دو اتم هیدروژن (بار مثبت) و یک اتم اکسیژن (بار منفی)
- قرار گرفتن اتم ها با زاویه ۱۰۵ درجه ← مولکول قطبی
- نیروی جاذبه بین مولکول های آب از نوع "پیوند هیدروژنی" است.

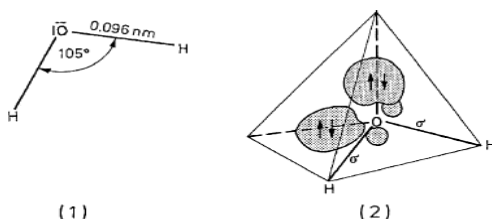
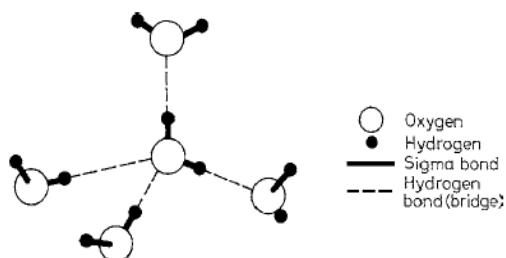


Fig. 0.1. Water. (1) Molecular geometry, (2) orbital model

- مولکول آب یک مولکول چهار وجهی است
 هر اکسیژن با دو مولکول آب
 هر هیدروژن با یک مولکول آب

- هر ۵ مولکول آب با یکدیگر تجمع می یابند ← ساختمان باز



فعالیت آب (Water activity)

- آب : یکی از مهمترین عوامل شرکت کننده در فساد شیمیایی و میکروبی
- میزان آب (water content): معیار سنجش فساد پذیری؟
- آب در دسترس (water availability) ← شاخص ماندگاری مواد غذایی
- میزان آب در دسترس ↑ فساد پذیری ↑ عمر نگهداری ↓
- بیان کمی آب در دسترس ← فعالیت آب (Water activity)
- فعالیت آب که نمادی از میزان شدت اتصال آب با اجزای غیر آبی ماده غذایی است را به اختصار با **aw** نمایش می دهند.

a_w اولین بار توسط Mossel (1949) معرفی شد و در سال 1952 فردی به نام Scott مبانی ترمودینامیکی a_w را مطرح کرد.

a_w : عبارتست از نسبت فشار بخار آب در ماده غذایی به فشار بخار اشباع شده آب در همان درجه حرارت

$$a_w = P/P_0 = ERH/100 \quad (0.3)$$

P = partial vapor pressure of food moisture at temperature T

P_0 = saturation vapor pressure of pure water at T

ERH = equilibrium relative humidity at T .

فعالیت آب همواره بین 0 و 1 است ← $0 \leq a_w \leq 1$

میزان فعالیت آب در برخی مواد غذایی

فعالیت آب	ماده غذایی
0.99	گوشت تازه
0.91	کیک خامه ای
0.86	مریبا
0.81	اغذیه منجمد
0.74	عسل
0.66	غلات
0.45	ماکارانی
0.2	بیسکویت
0.11	شیر خشک
0.08	چیپس سیب زمینی

میزان آب (water content)

۱. بر اساس وزن مرطوب : Moisture Content (M)

$$M = \frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم آب} + \text{جرم مواد جامد}}$$

۲. بر اساس وزن خشک : Moisture Value (m)

$$m = \frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم مواد جامد}}$$

هم دمای جذب آب (Moisture sorption isotherm)

✓ هم دمای جذب آب عبارتست از منحنی تغییرات m نسبت به a_w در دمای معین.

✓ چنانچه میزان m ماده غذایی بیش از ۵۰٪ باشد، با تغییر رطوبت، a_w تغییر محسوسی نخواهد داشت.

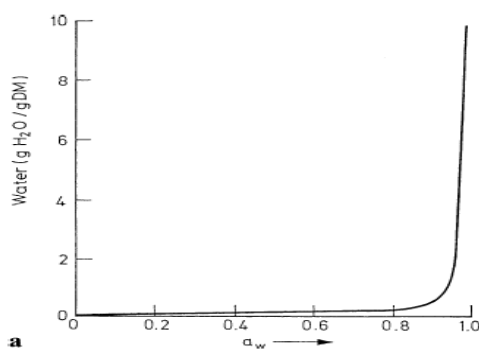
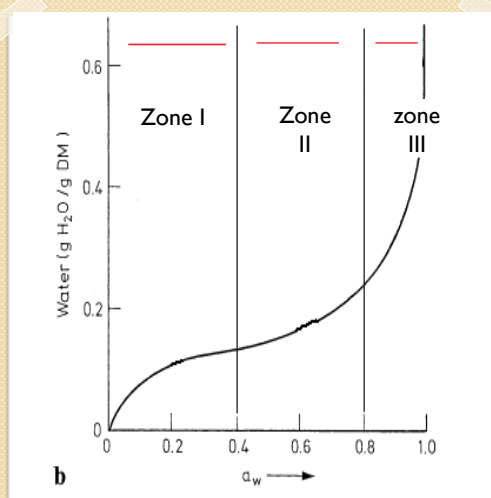


Table 0.5. Moisture content of some food or food ingredients at a water activity of 0.8

	Moisture content (%)		Moisture content (%)
Peas	16	Glycerol	108
Casein	19	Sorbitol	67
Starch		Saccharose	56
(potato)	20	Sodium chloride	332



اگر منحنی هم دمای جذب $m = 0 - 1$ رسم شود، منحنی به صورت S فرم (سیگموتیدی) در خواهد آمد.

$a_w = 0 - 0.2 : I$

$a_w = 0.2 - 0.8 : II$

$a_w > 0.8 : III$

مناطق هم دمای آب

Zone I

- مولکول های آبی که به شدت به سطح جامد چسبیده است.
- در 40- درجه سانتیگراد منجمد نمی شود.
- به عنوان حلال عمل نمی کند و در فرایند خشک کردن از ماده جدا نمی شود
- این آب در دسترس واکنش های شیمیایی و بیوشیمیایی قرار نمی گیرد.

Zone II

- آندسته از مولکول های آبی که حول اجزا جامد قرار می گیرد.
- در 40- درجه سانتیگراد منجمد می شود.
- شروع فرایند انحلال در این لایه است.
- با مولکول های دیگر آب با پیوند هیدروژنی در ارتباط است.

Zone III

- به صورت آب توده ای در ماده غذایی وجود دارد و خلل و فرج مواد جامد را پر می کند.
- قابل انجماد است و در خشک کردن از جامد جدا می شود.
- ویسکوزیته به شدت کاهش می یابد.
- به عنوان حلال عمل می کند.

معادله BET (Brunauer- Emmett- Teller)

- مرز بین zone I و zone II را لایه ای از آب تشکیل می دهد که به آن آب تک لایه BET گویند.
- آب تک لایه BET ، نشان دهنده مقدار رطوبتی است که ماده غذایی در پایدارترین شکل خود است.
- آب تک لایه BET ، آبی است که به صورت بخشی از ساختمان مولکول های غیر آبی (کربوهیدرات ، پروتئین) در آمده است و یا مجاور گروه های قطبی و یونی قرار دارد.
- برای تعیین میزان آب تک لایه در مواد غذایی و ارتباط فعالیت آب و میزان آب در غذا از رابطه زیر استفاده می شود:

$$\frac{aw}{m(1-aw)} = \frac{1}{XC} + \frac{C-1}{XC} + aw$$

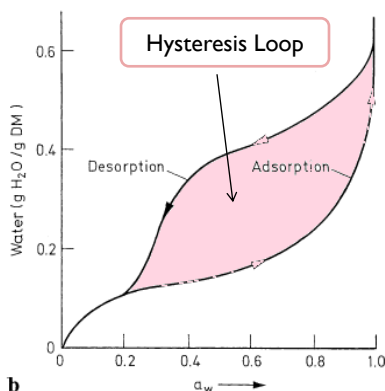
m: رطوبت بر اساس وزن خشک
C: یک عدد ثابت
X: میزان آب تک لایه بر اساس وزن خشک

مقادیر آب تک لایه BET برخی مواد غذایی

ماده غذایی	مقدار آب تک لایه BET (گرم آب / گرم ماده غذایی)
نشاسته	۰/۱۱
ژلاتین	۰/۱۱
ساکاروز	۰/۰۰۴
سیب زمینی	۰/۰۶
شیر خشک	۰/۰۳
گوشت خشک شده	۰/۰۴

پدیده هیسترسیس (Hysteresis)

- بررسی ها نشان می دهد که هنگامی که یک ماده غذایی تا یک میزان a_w خاص خشک می شود، در مقایسه با زمانی که این ماده خشک دوباره در معرض جذب آب مجدد تا همان a_w اولیه قرار گیرد، منحنی هم دمای جذب یکسانی نشان نمی دهند و منحنی جذب و از دست دادن آب بر هم منطبق نیستند. به این پدیده "هیسترسیس" گویند.



در یک a_w ثابت، میزان m در مواد غذایی تولید شده از طریق دفع بیشتر از مواد غذایی تولیدی توسط پدیده جذب است.

aw و پایداری مواد غذایی:

- ❖ پایداریترین شکل ماده غذایی: لایه BET
- ❖ رشد میکروبی در محدوده BET صفر و واکنش های آنزیمی و قهوه ای شدن غیر آنزیمی در حداقل است.

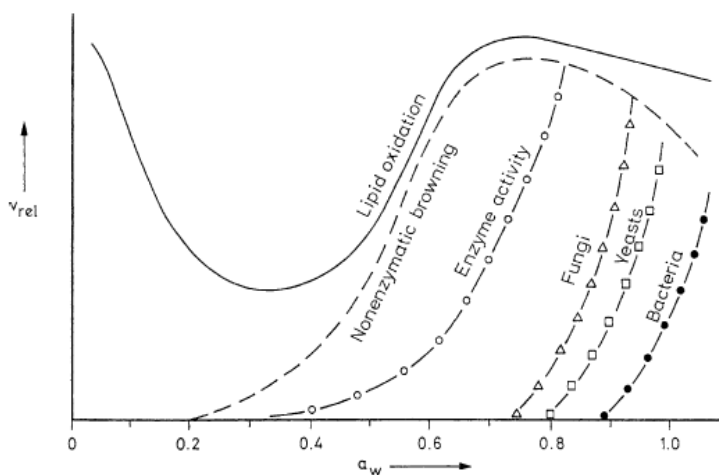
میکروارگانیسم ها: $a_w = 0.8 - 1$

فعالیت های آنزیمی: $a_w = 0.3 - 0.8$

واکنش قهوه ای شدن میلارد: $a_w = 0.4 - 0.8$

اکسیداسیون لیپیدی: $a_w < 0.4$ و $a_w > 0.4$

حداکثر فعالیت



رابطه بین میزان aw و پایداری مواد غذایی