

# عوامل داخلی و خارجی مؤثر به رشد میکروبی در مواد غذایی

- از آنجایی که اغلب مواد غذایی مورد استفاده انسان، دارای منشاء گیاهی یا جانوری است لذا بررسی ویژگی‌های بافت‌های گیاهی و جانوری و تأثیر این عوامل بر فعالیت میکروارگانیسم‌ها ضروری می‌باشد
- کلیه منابع گیاهی و جانوری که به مصرف تغذیه می‌رسند دارای مکانیسم‌های دفاعی علیه تهاجم میکروارگانیسم‌ها می‌باشند. برخی از آنها تنها در محصولات تازه دیده می‌شود،
- ولی انسان قادر است با شناخت و استفاده از این سیستم‌های طبیعی فرآورده‌های غذایی را به صورت مطلوب‌تری نگهداری نموده و فساد میکروبی آنها را به تعویق اندازد.

## بطور کلی عوامل موثر در رشد و نمو میکروب‌ها دو دسته‌اند

- عوامل داخلی و عوامل خارجی (Extrinsic & Intrinsic)
- **عوامل داخلی** عبارتند از: pH, میزان رطوبت ( $a_w$ ), پتانسیل اکسیداسیون و احیاء, مواد مغذی موجود در محیط, حضور مواد ضد میکروبی در غذا, ساختمان فیزیولوژی ماده غذایی.
- **عوامل خارجی** شامل خصوصیات محیط نگهداری و انباری مواد غذایی است این خصوصیات هم مواد غذایی و هم میکروارگانیسم‌ها موجود در آن را تحت تأثیر قرار میدهند مهمترین این عامل عبارتند از: درجه حرارت انبار, رطوبت نسبی محیط, حضور گاز‌های مختلف و غلظت آنها در اتمسفر انبار و حضور و فعالیت دیگر میکروارگانیسم‌ها

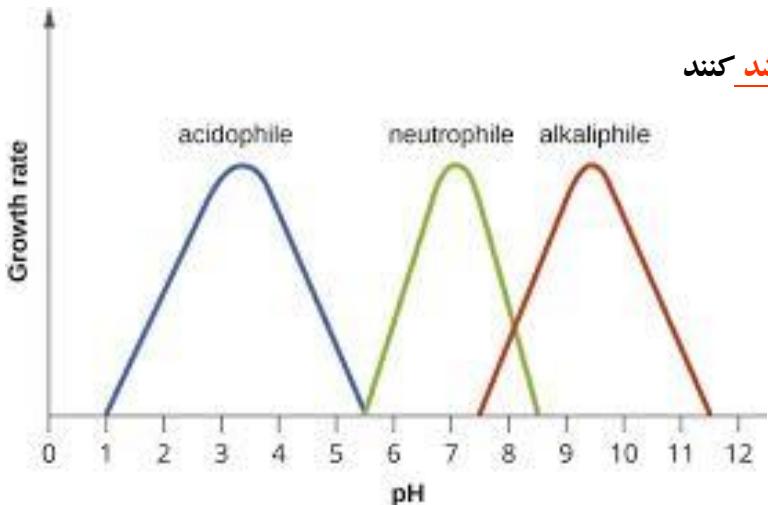
# INTRINSIC PARAMETERS

- pH
- Moisture content
- Oxidation-reduction potential (Eh)
- Nutrient content
- Antimicrobial constituents
- Biological structures

# pH

- حداکثر رشد میکروب‌ها در pH حدود ۷ ( با این وجود هر میکروارگانیسمی دارای حداقل، حداکثر و اپتیم درجه pH برای رشد خود هستند).
- بطور کلی باکتری‌ها نسبت به قارچ‌ها و مخمرها حساسیت بیشتری در مقابل تغییرات pH از خود نشان می‌دهند
- این خصوصیت در باکتری‌های یاتوژن نمود بیشتری دارد و رشد اکثر آنها در pH زیر ۴.۵ متوقف می‌شود.
- اکثر باکتری‌ها pH‌های خنثی را می‌پسندند اگرچه بعضی از آنها از قبیل استوباكترها و لاکتیک اسید باکتری‌ها pH‌های اسیدی - ۵ تا ۶، و برخی مانند باکتری‌های پرووتولتیک در pH بالا (مانند سفیده تخمرغ) می‌توانند بخوبی رشد کنند.

# مقایسه میکروارگانیسم ها از نظر pH



به طور کلی، کپک ها و مخمرها در مقایسه با باکتری ها می توانند در pH های پایین تری رشد کنند.

باکتری های گرم منفی نسبت به باکتری های گرم مثبت به pH پایین حساس تر هستند.

محدوده pH رشد برای کپک ها ۱,۵ تا ۹,۰ است.

برای مخمرها ۲,۰ تا ۸,۵:

برای باکتری های گرم مثبت ۴,۰ تا ۸,۵ و

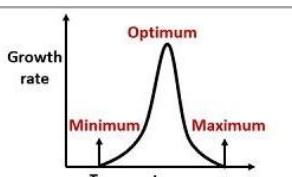
برای باکتری های گرم منفی ۴,۰ تا ۹,۰.

بر اساس محدوده pH، میکروارگانیسم ها را می توان به صورت زیر دسته بندی کرد:

1. **Neutrophiles** grow best at a pH range of 5 to 8. - Enterobacteriaceae

2. **Acidophiles** grow best at a pH below 5.5. – Lactic Acid Bacteria, Acetic Acid Bacteria

3. **Alkaliphiles** grow best at a pH above 8.5. - *Vibrio cholera*, *Alkaligenes sp*, *Agrobacterium*



Microorganisms	pH required for microbial growth		
	Minimum	Optimum	Maximum
<b>Bacteria</b>			
<i>Bacillus subtilis</i>	4.0	5.4 – 6.3	9.4 – 10
<i>Clostridium botulinum</i>	4.8 – 5.0	6.0 – 8.0	8.5 – 8.8
<i>Clostridium perfringens</i>	5.0 – 5.5	6.0 – 7.6	8.5
<i>Escherichia coli</i>	4.3 – 4.4	6.0 – 8.0	9.0 – 10
<i>Lactobacillus</i> (most)	3.0 – 4.4	5.5 – 6.0	7.2 – 8.0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5.6	6.6 – 7.0	8.0 – 9.0
<i>Salmonella Typhi</i>	4.0 – 4.5	6.5 – 7.2	8.0 – 9.0
<i>Staphylococcus aureus</i>	4.0 – 4.7	6.0 – 7.0	9.5 – 9.8
<b>Yeasts</b>			
<i>Hansenula</i>	–	4.5 – 5.5	–
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	2.0 – 2.4	4.0 – 5.0	–
<i>Saccharomyces rouxii</i>	1.5	3.5 – 5.5	8.5 – 10.5
<b>Molds</b>			
<i>Aspergillus niger</i>	1.2	3.0 – 6.0	–
<i>Aspergillus oryzae</i>	1.6 – 1.8	–	9.0 – 9.3
<i>Mucor</i>	–	3.0 – 6.1	9.2
<i>Penicillium</i>	1.9	4.5 – 6.7	9.3
<i>Rhizopus nigricans</i>	–	4.5 – 6.0	–

<b>Foods</b>	<b>pH</b>	<b>Examples</b>
Highly acidic	<3.7	Berries, Sauer-Kraut
Acidic	3.7-4.6	Tomato, Pineapple
Medium acidic	4.6-5.3	Asparagus, Pumpkins, Beets, Spinach
Low acidic	>5.3	Pear, Corn, Bean, Meat, Fish

# pH

- غذاهای با pH پائین (زیر ۴/۵) معمولاً به راحتی دچار فساد باکتریایی نمی‌شوند و معمولاً به وسیله مخمرها و کپکها فاسد می‌گردند.
- کپک‌ها در رنج وسیعتری از pH (نسبت به اکثر مخمرها و باکتری‌ها) قادر به رشدند.
- اکثر مخمرهای تخمیری غذاهای با pH های پائین (۴-۴/۵ مانند آب میوه‌ها) را دوست دارند.
- مخمرهای تشکیل‌دهنده فیلم بخوبی بر روی غذاهای اسیدی مانند ساورکرات و ترشیجات قادر به رشدند.
- از طرف دیگر مخمرها در مواد با قیمتیت بالا به خوبی رشد نمی‌کنند و باید به این محیط‌ها عادت کنند.

• به دلیل اینکه **pH** محصولات گوشتی و فرآورده‌های دریایی در محدوده **۶/۵** و بالاتر است لذا این محصول بطور کلی دچار فساد ناشی از باکتری‌ها، کپک‌ها و مخمرها می‌شوند.

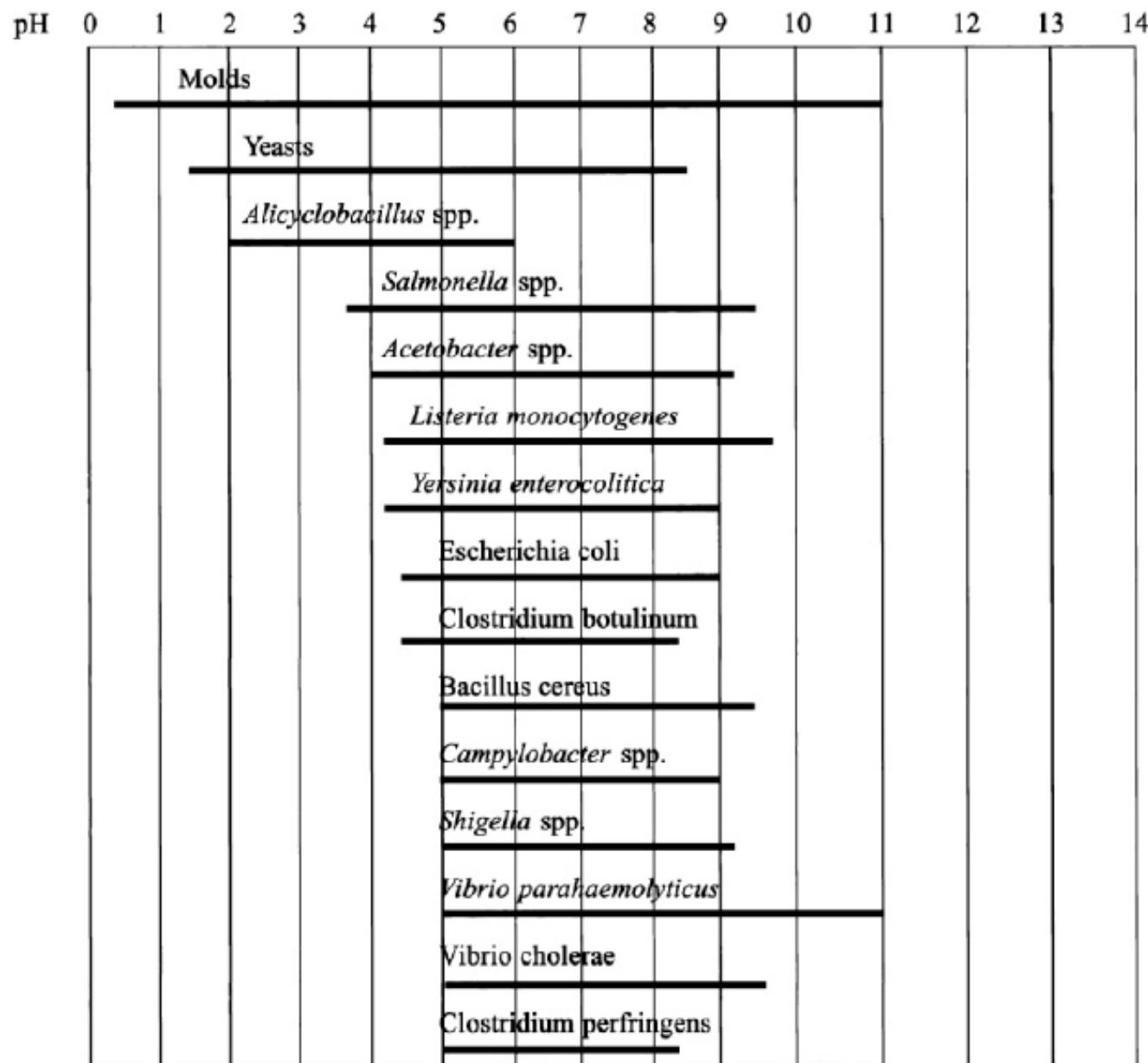
• گوشت به دست آمده از **دام‌های خسته** سریعتر از گوشت حاصل از دام‌های غیر خسته فاسد می‌شود. این پدیده ارتباط مستقیمی با pH نهایی گوشت پس از اتمام مرحله صلابت نعشی دارد.

• دامی که قبل از ذبح به اندازه کافی استراحت کرده باشد پس از ذبح از ذخیره گلیکوژنی بیشتری برخوردار است و سپس با تخمیر آن در گلیکولیز و تولید اسید لاکتیک میزان کاهش pH بیشتر و از حدود **۷/۴** به **۵/۸-۵/۶** می‌رسد.

• در ارتباط با ماهیها مشخص شده است گوشت **ماهی Halibut** که pH نهایی آن تقریباً **۵/۶** است بهتر از گوشت ماهی‌ها که pH نهایی آنها حدود **۶/۲** تا **۶/۶** است، قابل نگهداری می‌باشد.

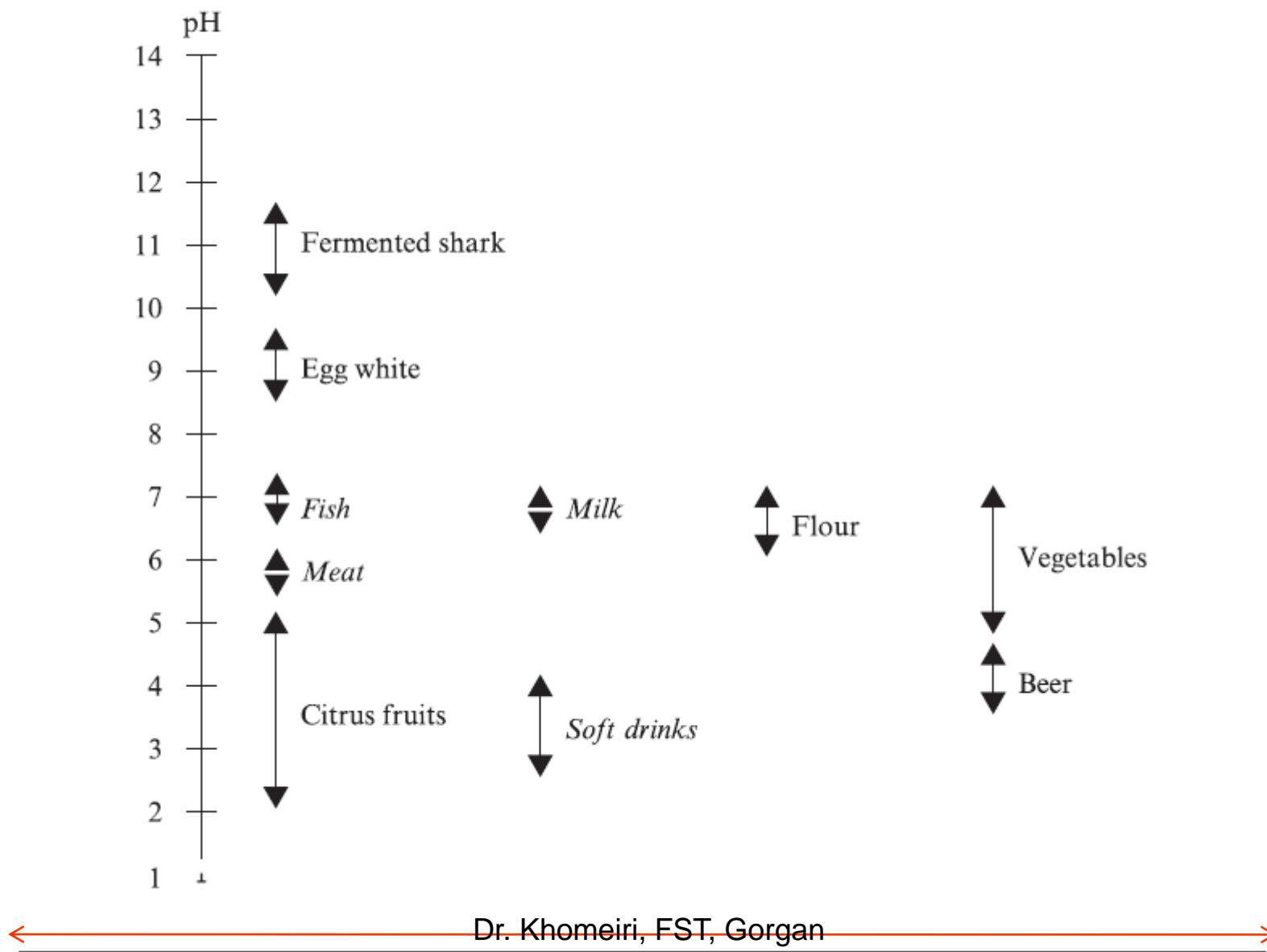
• اکثر سبزیجات pH بالاتری نسبت به **میوه‌ها** دارند لذا دچار فساد **باکتریایی** بیشتری می‌گردند.

• کیفیت محافظتی عالی غذاهای زیر کاملاً وابسته به pH آنهاست. از جمله **میوه‌ها، نوشابه‌های غیر الکلی، شیر‌های تخمیری، ساورکرات و ترشیجات**،



**Figure 3-1** Approximate pH growth ranges for some foodborne organisms. The pH ranges for *L. monocytogenes* and *S. aureus* are similar.  
 Dr. Khomeiri, FST, Gorgan

**Table 3.2** Approximate pH ranges of some common food commodities



- In general, **bacteria** grow fastest in the pH range **6.0–8.0**, **yeasts 4.5– 6.0** and **filamentous fungi 3.5–4.0**.
- plant products classed as vegetables generally have a moderately acid pH and soft-rot producing bacteria such as *Pectobacterium carotovorum* and *pseudomonads* play a significant role in their spoilage.
- In fruits, however, a lower pH prevents bacterial growth and spoilage is dominated by yeasts and moulds.

# بافرها

- بافرها ترکیباتی هستند که در برابر تغییر pH مقاومت می‌کنند این ترکیبات در مواد غذایی مختلف یافت می‌شوند
- باعث می‌شود تا یک تخمیر اسیدی یا قلیایی به مدت طولانی‌تری ادامه داشته و بازده تولید افزایش یابد.
- عصاره‌های گیاهی قدرت بافرکنندگی کمری دارند لذا وقتی در مراحل اولیه تخمیر این مواد باکتری‌های اسید لакتیک رشد می‌کنند سریعاً pH محیط را کاهش داده و محیط برای رشد عواملی چون باکتری‌های پروتئولیتیک و پکتیکولیتیک نامطلوب می‌شود.
- اما غذاهایی مانند شیر و گوشت به علت دارا بودن پروتئین (یک بافر خوب) دارای ظرفیت بافری بالایی است.

- pH یک فرآورده را می‌توان به راحتی با یک pH متر اندازه‌گیری نمود اما این مقدار به تنها ی برای پیش‌بینی اثرات آن بر روی میکروب‌ها کافی نیست.
- چونکه شناخت نوع اسیدی که سبب کاهش pH یک محیط شده است نیز لازم است بعلت اینکه بعضی از اسیدها خصوصاً اسیدهای آلی قدرت مهارکنندگی بیشتری دارند.
- خواص بازدارندگی برخی از اسیدها مانند استیک، بنزوئیک، سیتریک، لاکتیک، پروپیونیک و سوربیک اسید سبب می‌شود تا از آنها به طور وسیعی به عنوان نگهدارنده در مواد غذایی استفاده می‌شود.

# اثرات اسیدها و pH

- اثرات منفی کاهش pH را حداقل بر سه جنبه از فعالیت سلولی میکروب‌ها می‌توان مشاهده کرد:
  - ۱- اثر بر فعالیت‌های ویژه آنزیمی ۲- انتقال مواد مغذی به داخل سلول‌ها ۳- تغییر اسیدیته داخل سلول (موجب پروتونه شدن یا دپروتونه شدن پروتئینها شده که نهایتاً ساختمانهای دوم و سوم pro. تغییر کرده و بر عملکردشان تاثیر می‌گذارند)
  - غشاء سیتوپلاسمی میکروارگانیسم‌ها، نسبت به یون‌های  $H^+$  و  $OH^-$  تقریباً غیر قابل نفوذ است.
  - لذا با بروز تغییرات وسیع در pH محیط اطراف یاخته، pH درونی ارگانیسم تقریباً ثابت باقی مانده و تغییر چندانی نمی‌کند.

# نحوه اثر اسیدهای آلی

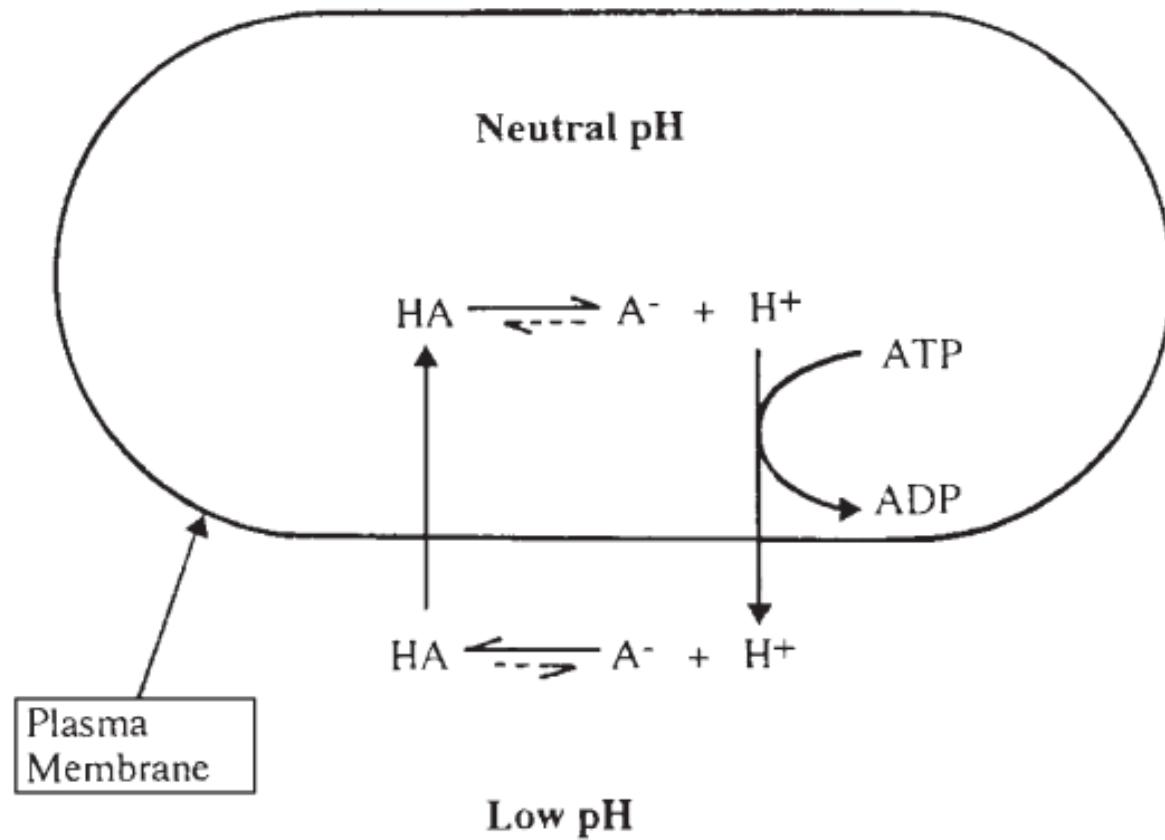


Figure 3.2 *Microbial inhibition by weak organic acids*

# نحوه اثر اسیدهای آلی

- از آنجایی که غشای سیتوپلاسمی فسفولیپیدی و غیر قطبی می‌باشد. بنابراین ترکیبات قاده بار به آسانی از این لایه عبور نموده وارد سلول می‌شوند. در صورتی که یون‌ها و ترکیبات باردار این توانایی را ندارند.
- در pH خنثی و یا قلیایی اسیدهای آلی نمی‌توانند وارد سلول شوند در حالیکه در pH اسیدی، این اسیدها غیر یونیزه هستند که قادرند به راحتی از دیواره مزبور بگذرند.
- از طرفی چون pH داخل سلول خنثی است لذا این اسیدها در شرایط داخلی یونیزه شده و pH داخل را کاهش می‌دهند و باعث اختلال در فرآیندهای حیاتی می‌گردند.
- واکنش بین یون‌های  $H^+$  و آنزیمهای غشاء سیتوپلاسمی از دیگر نتایج ناشی از تغییرات pH در سوبسترا است.

- With the exception of those soft drinks that contain **phosphoric acid**, most foods owe their acidity to the presence of **weak organic acids**.
- These do not dissociate completely into protons and conjugate base in solution but establish an equilibrium:  
اسیدها بطور کامل به پروتون و باز کونژگه تفکیک نمی شوند اما تعادل برقرار می شود.





- The equilibrium constant for this process,  $K_a$ , is given by

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

- This expression can be rearranged

$$\frac{1}{[\text{H}^+]} = \frac{1}{K_a} \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

- If we take logarithms to the base 10 we get:

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

- Equation (3.13) is known as the Henderson–Hasselbalch equation and describes the relationship between the pH of a solution, the strength of the acid present and its degree of dissociation.
- When the pH is equal to an acid's  $pK_a$ , then half of the acid present will be undissociated.

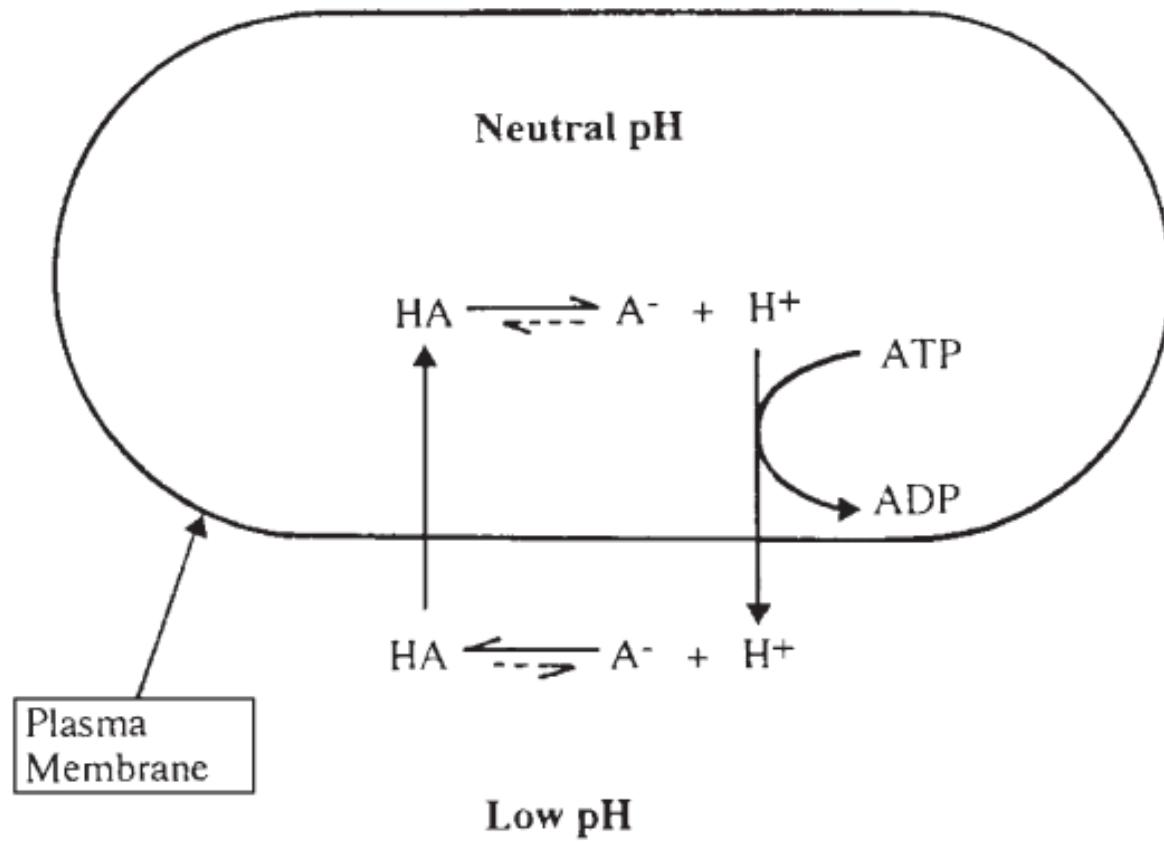
وقتی  $pH$  برابر  $pK_a$  اسید می شود که نیمی از اسیدهای موجود تفکیک نشده باشد.

- If the pH is increased then dissociation of the acid will increase as well,
- so that when  $pH = pK_a + 1$  there will be 10 times as much dissociated acid as undissociated.
- Similarly as the pH is decreased below the  $pK_a$  the proportion of undissociated acid increases.
- Table 3.3 presents a list of some common food-associated acids and their  $pK_a$  values.

- the pH minima of certain lactobacilli have been shown to be dependent on the type of acid used,
- with citric, hydrochloric, phosphoric, and tartaric acids permitting growth at a lower pH value than acetic or lactic acids.

**Table 3.3** *pK<sub>a</sub> values of some common food acids*

<i>Acid</i>	<i>pK<sub>a</sub></i>
Acetic (ethanoic)	4.75
Propionic	4.87
Lactic	3.86
Sorbic	4.75
Citric	3.14, 4.77, 6.39
Benzoic	4.19
Parabens	8.5
Phosphoric	2.12, 7.12, 12.67
Carbonic	6.37, 10.25
Nitrous	3.37
Sulfurous	1.81, 6.91



**Figure 3.2** *Microbial inhibition by weak organic acids*

# روش‌های مقابله در برابر تغییر pH

- pH اکثر قریب به اتفاق میکروارگانیسم‌ها تقریباً خنثی است.
- چنانچه ارگانیسم‌ها در محیط واقع شوند که pH آن پایین‌تر یا بالاتر از محدوده خنثی باشد توانایی آنها به ادامه فعالیت و تکثیر بستگی به این واقعیت خواهد داشت که تا چه اندازه بتوانند pH محیط را در جهت مقدار اپتیم خود تغییر دهند.
- بنابراین وقتی میکروب در محیط اسیدی قرار گرفت:
  - باید از ورود یونهای  $H^+$  به داخل سلول نیز جلوگیری نماید
  - یا همزمان با ورود یک یون  $H^+$  معادل آن از سیتوپلاسم دفع کند زیرا ترکیبات کلیدی سلول نظیر ATP و DNA نیازمند شرایط خنثی هستند.
- اکثر میکروارگانیسم‌ها در چنین شرایطی فعالیت‌های متابولیکی خود را در جهتی تنظیم می‌کنند که سبب افزایش pH محیط گردد و بالعکس فعالیت یاخته‌ها در محیط قلیایی بنحوی است که باعث کاهش pH می‌شود.

# روش‌های مقابله در برابر تغییر pH

- لذا آنزیم‌هایی نظیر آمینو اسید دکربوکسیلاز و آمینو اسید دامیناز وجود دارد که عامل تعديل خود به خودی pH محیط یاخته در محدوده خنثی می‌باشد. آنزیم‌های مذکور توانایی رشد و تکثیر در محیط اسیدی را به سلول می‌بخشند.
- اپتیم فعالیت آمینو اسید دکربوکسیلاز pH حدود ۴ است و در pH، ۵.۵ فعالیت آن متوقف می‌شود.
- در عمل زمانی که اسید‌های آمینه دکربوکسیله می‌شوند به دلیل ایجاد آمین در محیط pH افزایش می‌یابد.
- بالعکس وقتی که محیط میکروارگانیسم دارای شرایط قلیایی است آنزیم‌هایی از گروه دامیناز، فعال شده آمین را از اسید‌های آمینه جدا می‌کند و بدین ترتیب باعث ایجاد شرایط اسیدی و کاهش pH در محیط می‌شوند. این آنزیم‌ها در pH حدود ۸ بیشترین کارآیی را دارند.

# روش‌های مقابله در برابر تغییر pH

- باکتری‌هایی نظیر *Clostridium acetobutylicum* از طریق تبدیل اسید بوتیریک به بوتانول موجب افزایش pH محیط کشت می‌شوند.
- همچنین باکتری‌هایی مانند انتروباکتر ائروجنس برای افزایش pH، اسید پیرویک را به استوئین تبدیل می‌کند.
- علاوه بر این مر富豪زی برخی از میکروارگانیسم‌ها نیز ممکن است تحت تأثیر pH تغییر کند
- برای مثال درازای هیف پنیسیلیوم کرایزوژنوم *Pencillium chrysogenum* در محیط با pH حدود ۶ کاهش می‌یابد و نیز در حدود pH ۶.۷ در محیط‌های مایع، به جای تشکیل هیف آزاد، چپک تمايل بیشتری به ایجاد Pellet (کلی کروی شکل که در نتیجه رشد قارچ‌ها در محیط کشت مایع به وجود می‌آید) دارد.

<i>Product</i>	<i>pH</i>	<i>Product</i>	<i>pH</i>
<b>Vegetables</b>			<b>Fruits</b>
Asparagus (buds and stalks)	5.7–6.1	Apples	2.9–3.3
Beans (string and Lima)	4.6–6.5	Apple cider	3.6–3.8]
Beets (sugar)	4.2–4.4	Apple juice	3.3–4.1
Broccoli	6.5	Bananas	4.5–4.7
Brussels sprouts	6.3	Figs	4.6
Cabbage (green)	5.4–6.0	Grapefruit (juice)	3.0
Carrots	4.9–5.2; 6.0	Grapes	3.4–4.5
Cauliflower	5.6	Limes	1.8–2.0
Celery	5.7–6.0	Melons (honeydew)	6.3–6.7
Corn (sweet)	7.3	Oranges (juice)	3.6–4.3
Cucumbers	3.8	Plums	2.8–4.6
Eggplant	4.5	Watermelons	5.2–5.6
Lettuce	6.0		
Olives	3.6–3.8		
Onions (red)	5.3–5.8		
Parsley	5.7–6.0		
Parsnip	5.3		
Potatoes (tubers and sweet)	5.3–5.6		
Pumpkin	4.8–5.2		
Rhubarb	3.1–3.4		
Rutabaga	6.3		
Spinach	5.5–6.0		
Squash	5.0–5.4		
Tomatoes (whole)	4.2–4.3		
Turnips	5.2–5.5		

**Table 3–3 Approximate pH Values of Dairy, Meat, Poultry, and Fish Products**

<i>Product</i>	<i>pH</i>	<i>Product</i>	<i>pH</i>
<b>Dairy products</b>		<b>Fish and shellfish</b>	
Butter	6.1–6.4	Fish (most species)*	6.6–6.8
Buttermilk	4.5	Clams	6.5
Milk	6.3–6.5	Crabs	7.0
Cream	6.5	Oysters	4.8–6.3
Cheese (American mild and cheddar)	4.9; 5.9	Tuna fish	5.2–6.1
		Shrimp	6.8–7.0
		Salmon	6.1–6.3
		White fish	5.5
<b>Meat and poultry</b>			
Beef (ground)	5.1–6.2		
Ham	5.9–6.1		
Veal	6.0		
Chicken	6.2–6.4		

\*Just after death.

# اثر توام سایر پارامترهای محیطی

- سایر پارامترهای محیطی می‌توانند با pH دارای اثر متقابل باشد به عنوان نمونه با افزایش دما اثر اسیدی سوبسترا افزایش می‌یابد (مانند شیر فاسد و حرارت دادن آن).
- غاظت نمک هرگاه از حد مطلوب خود تجاوز کند دامنه pH قابل تحمل میکروارگانیسم‌ها کاهش می‌یابد.
- تغییرات pH سبب افزایش حساسیت سلول‌ها نسبت به بسیاری از عوامل سمی می‌شود.
- چون pH مناسب برای رشد میکروارگانیسم‌ها در یک دامنه بیان می‌شود بدیهی است این دامنه دارای نقاط می‌نیم و ماگزیم است ثابت شده است که قرار گرفتن سلول در هر کدام از این نقاط جهت رشد، سبب طولانی شدن دوره کمون آن می‌گردد.
- افزایش دوره کمون به معنی توقف بیشتر سلول در محیط است هر چه ظرفیت بافری بیشتر این توقف بیشتر می‌شود. زیرا سلول مدت زمان زیادی نیاز دارد تا pH محیط را به مطلوب خود نزدیک گزند.

## بیشتر بدانیم

- pH Definition and Origin
- pH is an abbreviation for "power of hydrogen" where "p" is short for the German word for power, **potenz** and H is the element symbol for hydrogen. The H is capitalized because it is standard to capitalize element symbols.

# رطوبت

- میکروارگانیسم‌ها برای رشد به آب نیاز دارند و بدون آن قادر به رشد و تکثیر نیستند. اما مقدار آب مورد نیاز میکروارگانیسم‌های مختلف متفاوت است.
- بهترین بیان برای تعریف این مقدار آب مورد نیاز اصطلاح فعالیت آبی یا **Water activity** با  $a_w$  نشان می‌دهند.
- در تعریف نسبت فشار بخار آب در ماده غذایی و در دمای معین به فشار بخار آب خالص در همان دمای دارا گویند.

$$a_w = \frac{P}{P_o}$$

$$a_w = \frac{P}{P_o}$$

Dr. Khomeiri, FST, Gorgan

# رطوبت

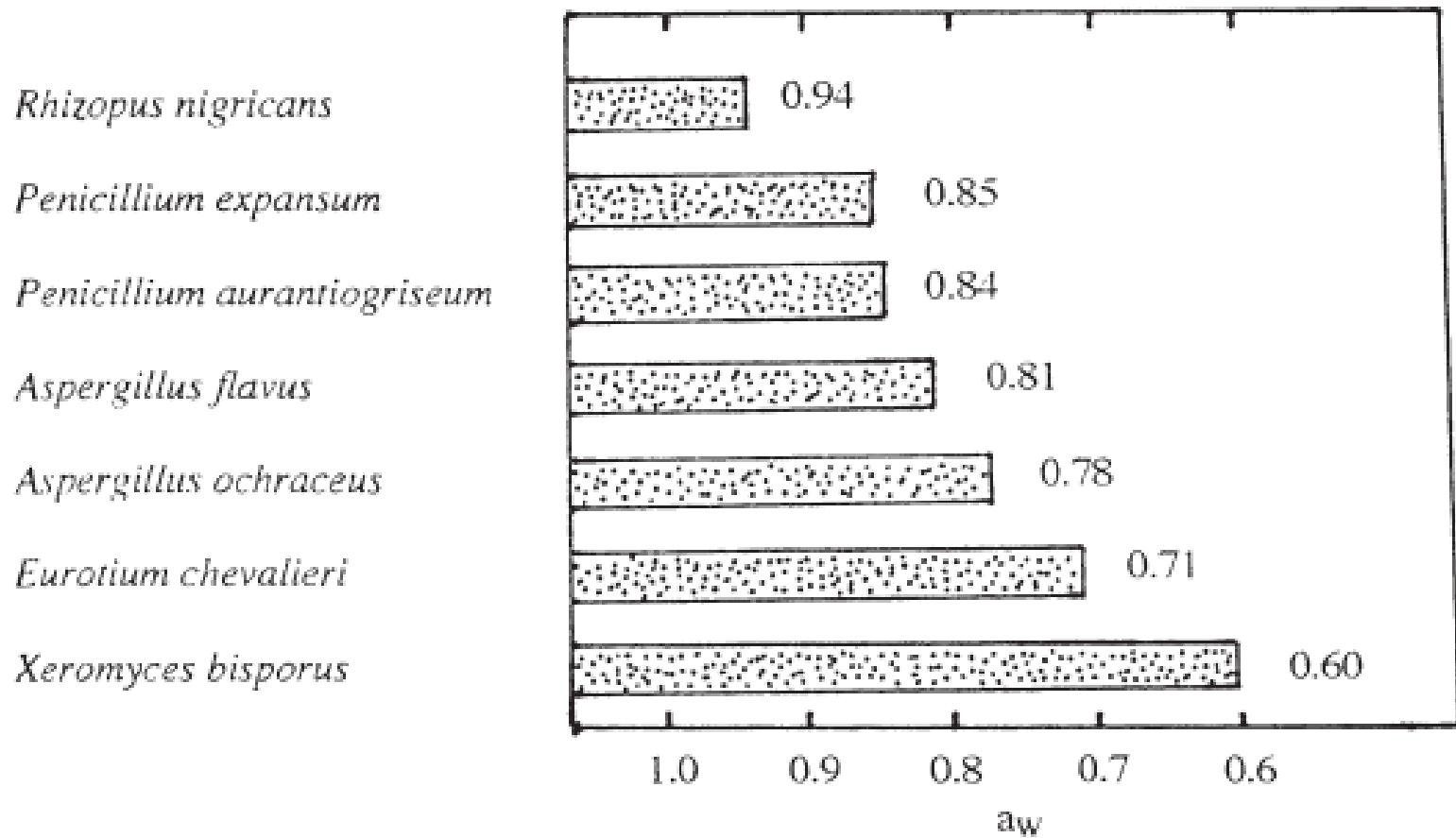
- بین فعالیت آب و رطوبت نسبی (RH) یک فرآورده ارتباط نزدیکی وجود دارد.
- $RH = 100 \times a_w$
- آب خالص ۱ است برای یک محلول امولار برابر ۰.۹۸۲۳ و محلول (w/v) ۲۲٪ نمک طعام ۰.۸۶ و محلول اشباع آن ۰.۷۵ است. میزان  $a_w$  اکثر مواد غذایی خام و تازه حدود ۰.۹۹ است.

# آب ممکن است به چند روش از دسترس خارج شود

- ۱- **جب آب وسیله یون‌ها و مواد محلول**، پناهراین با افزایش غلظت مواد حل شونده مانند نمک و شکر در اثر خشک کردن مقدار آب قابل دسترسی کاهش می‌یابد، علاوه بر این در صورت بیشتر شدن غلظت خارج سلول نسبت به داخل، آب در اثر اسمز از سلول خارج می‌شود.
- ۲- **کلوئیدهای هیدروفیل (gels)**. بطوری که ۳ تا ۴ درصد آگار در محیط سبب می‌شود تا آب قابل استفاده میکروب‌ها بسیار کاهش یابد.
- ۳- **آب کریستالیزاسیون و هیدراتاسیون** معمولاً از دسترس میکروب‌ها دور می‌ماند. وقتی آب به صورت یخ کریستاله می‌شود  $a_w$  بخش غیر کریستاله کاهش می‌یابد (فشار بخار یخ به فشار بخار آب).
- ۴- آب خالص در صفر درجه سانتی‌گراد ۱، در ۵-۹۵۳ و در ۱۰-۹۰۷ و همینطور با کاهش دما کاهش می‌یابد. در مواد غذایی نیز با افزایش انجماد غلظت مواد در بخش منجمد نشده افزایش یافته و باعث کاهش  $a_w$  می‌شود.

**Table 3.10** *Minimum water activities at which active growth can occur*

<i>Group of micro-organism</i>	<i>Minimum <math>a_w</math></i>
Most Gram-negative bacteria	0.97
Most Gram-positive bacteria	0.90
Most yeasts	0.88
Most filamentous fungi	0.80
Halophilic bacteria	0.75
Xerophilic fungi	0.61



**Figure 3.7 Range of  $a_w$  values allowing growth of a number of species of micro-organisms**

• باکتری‌ها در مقایسه با کپک‌ها برای انجام فعالیت‌های حیاتی خود به  $a_w$  بیشتری نیاز دارند و نیز احتیاجات آبی  $G+$ ‌ها بیشتر  $G+$  است. اکثر باکتری‌های مولد فساد در  $a_w < 0.91$  قادر به رشد نمی‌باشند ولی کپک‌ها حتی در ۰.۸ نیز می‌توانند رشد کنند.

• قارچ‌ها و مخمرها نسبت به باکتری‌ها دارای دامنه وسیعتری از  $a_w$  برای فعالیت می‌باشند

•  $a_w = 0.75$  که برای باکتری‌های هالوفیل گزارش شده است برای قارچ‌ها و مخمرهای خشکی دوست و اسموفیل به ترتیب حدود ۰.۶۲ و ۰.۶۱ نیز گزارش شده است.

*Aspergillus echinulatus* ۰.۶۴

*Zygosaccharomyces rouxii* ۰.۶۲

*Xeromyces bisporus* ۰.۶۱

- Cytoplasm is an aqueous solution and so must have a lower water activity than pure water; thus a micro-organism in an environment of pure water will experience a net flow of water molecules into the cytoplasm. If it cannot control this it will increase in size and burst.
- Bacteria, fungi and algae cope by having a rigid strong wall capable of withstanding the osmotic pressure of the cytoplasm which may be as high as 30 atm (ca. 3 MPa) in a Gram-positive bacterium or as little as 5 atm (ca. 0.5 MPa) in a Gram-negative species.

- بین  $a_w$  و پارامترهای مانند حرارت و مواد مغذی روابط متقابلي وجود دارد که از جمله:
- رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها در هر درجه حرارتی با کاهش  $a_w$  کاهش می‌یابد.
- میکروارگانیسم‌ها در دماي ايتيم دامنه وسيعتری از  $a_w$  را تحمل می‌کند.
- وجود تركيبات مختلف مغذي سبب می‌شود میکروارگانیسم‌ها در دامنه گستردگی از  $a_w$  فعالیت کنند.
- حداقل فعالیت آبی برخی از میکروب‌ها نسبت به نوع تركيبات موجود در محیط تغییر می‌کند به عنوان مثال اگر در محیط  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  باشد حساسیتش بیشتر است از حالتی که وجود دارد و بر این اساس افزایش حساسیت

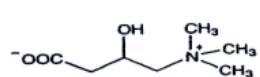


# اثر $a_w$ پائین

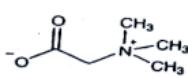
- به طور کلی کاهش  $a_w$  به نحوی که مقدار آن از حد مطلوب برای میکروب‌ها کمتر شود.
- سبب طولانی شدن فاز کمون می‌شود.
- این عامل سبب می‌شود تا از سرعت رشد و اندازه بیکر میکروارگانیسم‌ها کاسته شود.
- بعلاوه کاهش فعالیت آب ( $a_w$ ) باعث کاهش نفوذ آب به درون سلول شده که کاهش فعالیت‌ها متابولیسمی را بهمراه خواهد داشت.
- در هر صورت  $a_w$  تحت تأثیر پارامترهایی مانند دما، pH، Eh و برخی ترکیبات موجود در محیط می‌باشد.
- برای مثال در مطالعه بروی کلستریدیوم پرفرینجنس نشان داده شد اگر از ساکاروز یا کلرورسدیم برای تنظیم  $a_w$  محیط استفاده شود حداقل  $a_w$  لازم جهت رویش اسپور و رشد باکتری حدود ۰.۹۷ است و اگر از گلسریول استفاده شود این مقدار به ۰.۹۳ و کمتر نیز خواهد رسید.
- در تحقیق دیگری مشخص شد هرگاه جهت کنترل  $a_w$  از کلرورسدیم و کلسیم استفاده شود بهتر می‌توان از رویش اسپور با سیلوس‌ها و کلستریدیوم‌ها جلوگیری کرد.

استراتژی مورد استفاده برای حفاظت سلول در مقابل فشارهای اسموتیک **تجمع مواد محلول مناسب در داخل سلول است.**

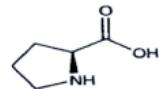
- موادی که به وسیله باکتری‌ها استفاده می‌شود عبارت است از: یون‌های  $K^+$ , گلوتامات، گلوتامین، گلایکوزیل گلیسرول، ۲-آمینوبوتیرات، ساکاروز، آلانین، گلایسین بتائین، کارنیتین، پرولین،



پرولین



گلایسین بتائین



کارنیتین

- گرم منفی‌ها بیشتر تمایل به **جمع کردن پرولین** در داخل سلول دارند که به وسیله مکانیسم‌های **انتقال** صورت می‌کیرد.

- استافیلوکوکوس اروئوس که قادر به تحمل نمک می‌باشد با کاهش  $a_w$  میزان اسیدهای آمینه جاذب آب درون سلولی خود را افزایش می‌دهد و نیز اقدام به **تجمع پرولین (از طریق انتقال)** و **شروع به سنتز گلوتامین** می‌نمایند.

- کاهش  $a_w$  موجب می‌شود برخی از متابولیت‌های خارج سلولی دیگر تولید نشود. برای مثال در *S. aureus* این **پدیده سبب عدم تولید انتروتوكسین نوع B** می‌شوند.

## استراتژی مورد استفاده برای حفاظت سلول در مقابل فشارهای اسموتیک تجمع مواد محلول مناسب در داخل سلول است.

- اثرات کاهش آب و اثر واتراکتیویته بخصوص در موقع نیاز سلول به مواد غذایی بیشتر خود را نشان داده و گاهی سبب قطع کامل فرآیند تغذیه می‌گردد.
- بعلاوه با کاهش  $a_w$  غشاء سلولی حالت تراوایی خود را از دست داده و آب از داخل سلول تا وقتی که به تعادل برسد از آن خارج می‌شود.
- اما در همه میکروارگانیسم‌ها اینگونه نیست زیرا همانطور که گفته شد بسیاری از آنها قادر به مقابله با این شرایط می‌باشند (جمع کردن نمک‌ها، پلی‌الها، اسیدهای آمینه و سایر ترکیبات در سلول).
- The three most common compatible solutes in most bacteria are carnitine, glycine betaine, and proline.
- Carnitine may be synthesized de novo, but the other two are generally not. Proline is synthesized by some Gram-positive bacteria while it is transported by Gram negatives.
- The solubility of glycine betaine in 100 ml of water at 25°C is 160 g; it is 162 g for proline. Glycine betaine employed by more living organisms than the other two osmolytes noted.