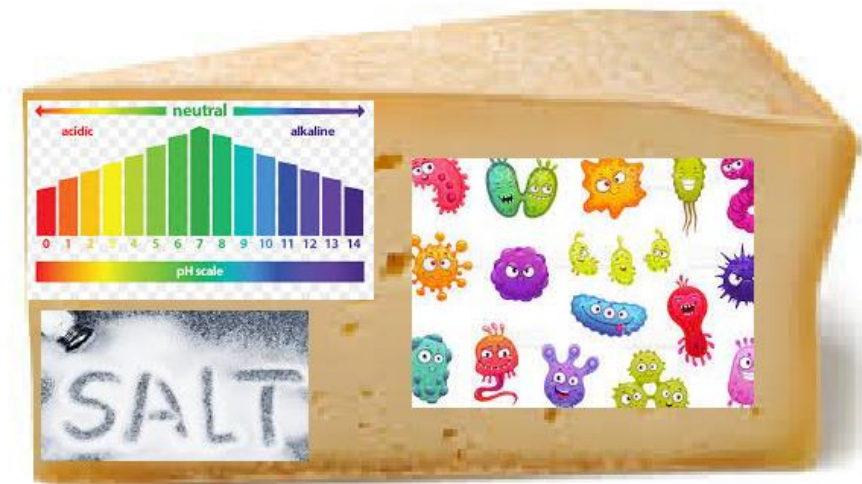


Faktori koji utiču na rast mikroorganizama u hrani

Doc. dr Tijana Ledina

Podela faktora koji utiču na mikroorganizme u hrani

- **INTRINZIČ FAKTORI** – faktori koji se odnose na samu hranu:
 - nutrijenti – katabolizam laktoze i proteolitička aktivnost
 - pH i puferski kapacitet
 - redoks potencijal
 - aktivnost vode – a_w
 - antimikrobni sastojci
 - mehaničke barijere koje sprečavaju mikroorganizme da prođu u namirnicu
- **EKSTRINZIČ FAKTORI** – faktori koji se odnose na spoljašnju sredinu u kojoj se hrana nalazi:
 - temperatura
 - relativna vlažnost
 - atmosfera (pakovanje)
- **IMPLICIT FAKTORI** – faktori koji se odnose na osobine samih mikroorganizama:
 - inicijalni broj
 - razvojne faze i ritam reprodukcije
 - međusobni odnosi - interakcije



Aktivnost vode

- predstavlja odnos između ravnotežnog pritiska vodene pare u namirnici (p) i pritiska zasićene pare (p_s) pri istoj temperaturi:

$$a_w = p/p_s$$

$$(a_w = \text{relativna vlažnost vazduha}(\%)/100)$$

*vrednost se izražava brojevima od 0 (apsolutno suva materija) do 1 (destilovana voda)

- Aktivnost vode pokazuje u kojoj meri je voda strukturno ili hemijski vezana u namirnicama, odnosno u kojoj meri je dostupna mikroorganizmima
- Aktivnost vode **NIJE ISTO** što i sadržaj vode: pojedine namirnice mogu imati isti sadržaj vode ali različite vrednosti aktivnosti vode, jer samo ona voda koja je slobodna (nije vezana za molekule namirnice dostupna je mikroorganizmima)



Aktivnost vode

- Voda je neophodna mikroorganizmima: nutrijenti koje mikroorganizmi koriste, moraju da budu rastvoreni u vodi, kako bi prošli kroz membranu; neophodna je za hemijske reakcije i transport materija kroz ćelijsku membranu
- **Snižavanjem aktivnosti vode** može da se onemogući rast mikroorganizama, a **merenjem aktivnosti vode** u namirnicama moguće je predvideti koji mikroorganizmi mogu biti potencijalni uzročnik kvara ili infekcije odnosno trovanja

Aktivnost vode

Opseg vrednosti aw	Vrsta namirnica
0,95-1,00	Meso, meso živine, riba, mleko, jaja, jetra, kobasice, pojedini sirevi
0,90-0,95	Pojedini proizvodi od mesa (konzervisani soljenjem ili salamurenjem), pojedini tvrdi sirevi
0,85-0,90	Pojedini tvrdi sirevi
0,80-0,85	Kondenzovano zaslađeno mleko, parmezan
0,75-0,80	Usoljena riba
0,60-0,65	Med
<0,60	Mleko u prahu, jaja u prahu

Gram-negativne bakterije > gram-pozitivne bakterije > kvasci > plesni

Minimalne aktivnosti vode neophodne za rast pojedinih grupa mikroorganizma

Grupa mikroorganizama	Minimalna aw vrednost
Većina bakterija	0,88-0,91
Većina kvasaca	0,87-0,94
Većina plesni	0,70-0,80
Halofilne bakterije	0,75
Kserotolerantne plesni	0,71
Osmofilni kvasci	0,60-0,78
Kserofilne plesni	0,60-0,70

Aktivnost vode – patogeni mikroorganizmi

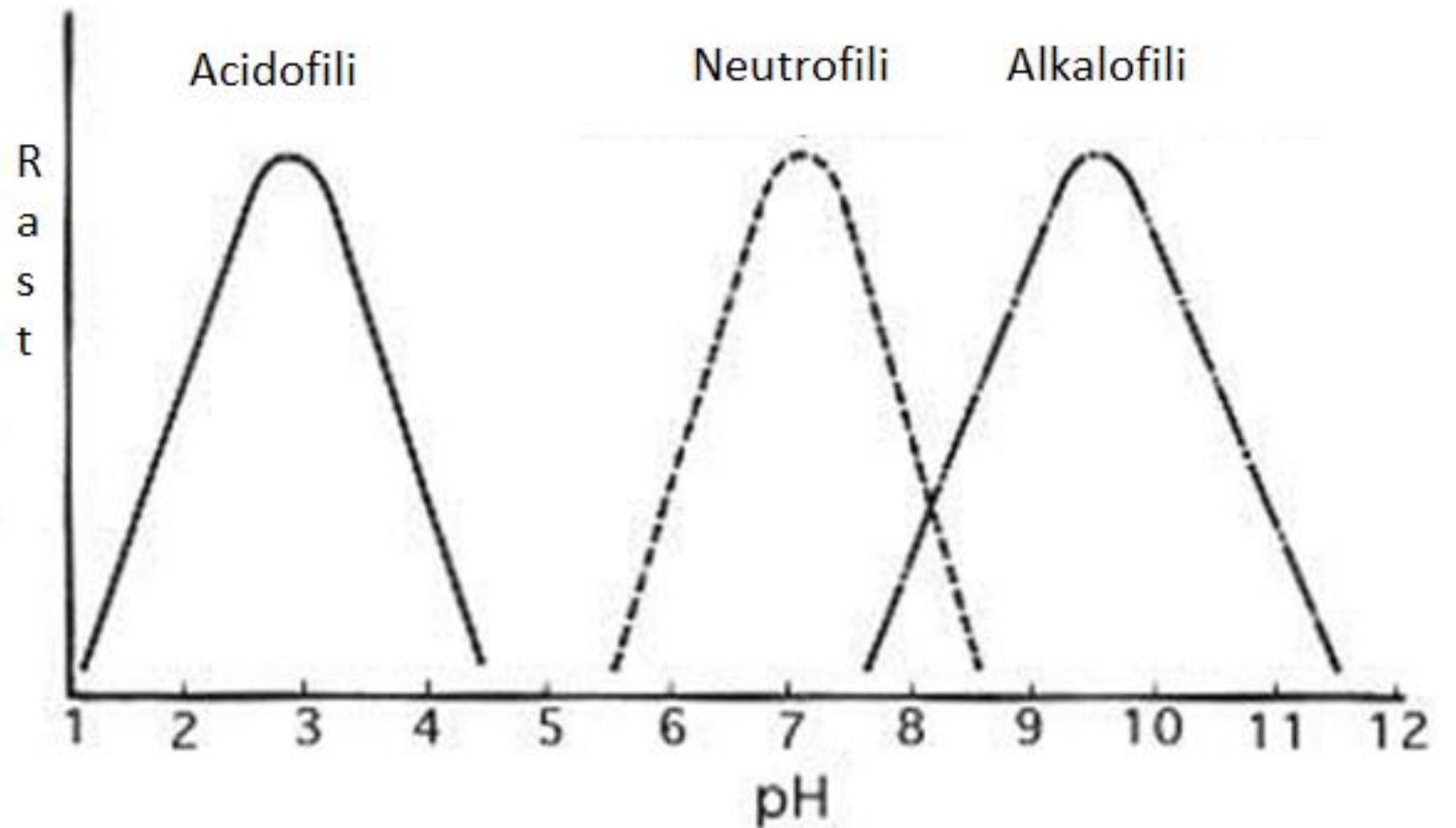
Table 3-2. Approximate a_w values for growth of selected pathogens in food.			
Organism	Minimum	Optimum	Maximum
<i>Campylobacter spp.</i>	0.98	0.99	
<i>Clostridium botulinum</i> type E*	0.97		
<i>Shigella spp.</i>	0.97		
<i>Yersinia enterocolitica</i>	0.97		
<i>Vibrio vulnificus</i>	0.96	0.98	0.99
Enterohemorrhagic <i>Escherichia coli</i>	0.95	0.99	
<i>Salmonella spp.</i>	0.94	0.99	>0.99
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0.94	0.98	0.99
<i>Bacillus cereus</i>	0.93		
<i>Clostridium botulinum</i> types A & B**	0.93		
<i>Clostridium perfringens</i>	0.943	0.95-0.96	0.97
<i>Listeria monocytogenes</i>	0.92		
<i>Staphylococcus aureus</i> growth	0.83	0.98	0.99
<i>Staphylococcus aureus</i> toxin	0.88	0.98	0.99

ICMSF 1996.

* *proteolytic; * non-proteolytic

pH vrednost

- **Minimalna pH** vrednost za rast večine bakterija je 4,5; a kvasaca i plesni 1,5-3,5
- **Optimalna pH** vrednost za rast večine bakterija je 6,5-7,5; a 4,5-6,8 za kvasce i plesni
- **Maksimalna pH** vrednost za rast večine bakterija je 9, za kvasce 8,0-8,9, a plesni 8,0-11,0



	Vrsta namirnice	Opseg pH
Proizvodi od mleka	Maslac	6,1-6,4
	Mlačénica	4,5
	Mleko	6,3-6,5
	Pavaka	6,5
	Sir čedar	5,9
	Jogurt	3,8-4,2
Proizvodi od mesa	Usitnjeno meso (junetina)	5,1-6,2
	Šunka	5,9-6,1
	Teletina	6,0
	Piletina	6,2-6,4
Riba i proizvodi ribarstva (rakovi i školjke)	Riba	6,6-6,8
	Školjke	6,5
	Meso krabe	7,0
	Ostrige	4,8-6,3
	Tuna	5,2-6,1
	Kozice	6,8-7,0
	Losos	6,1-6,3
	Bela riba	5,5

Table 3-5. Approximate pH values permitting the growth of selected pathogens in food.

Microorganism	Minimum	Optimum	Maximum
<i>Clostridium perfringens</i>	5.5 - 5.8	7.2	8.0 - 9.0
<i>Vibrio vulnificus</i>	5.0	7.8	10.2
<i>Bacillus cereus</i>	4.9	6.0 - 7.0	8.8
<i>Campylobacter</i> spp.	4.9	6.5 - 7.5	9.0
<i>Shigella</i> spp.	4.9		9.3
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	4.8	7.8 - 8.6	11.0
<i>Clostridium botulinum</i> toxin	4.6		8.5
<i>Clostridium botulinum</i> growth	4.6		8.5
<i>Staphylococcus aureus</i> growth	4.0	6.0 - 7.0	10.0
<i>Staphylococcus aureus</i> toxin	4.5	7.0 - 8.0	9.6
Enterohemorrhagic <i>Escherichia coli</i>	4.4	6.0 - 7.0	9.0
<i>Listeria monocytogenes</i>	4.39	7.0	9.4
<i>Salmonella</i> spp.	4.2 ¹	7.0 - 7.5	9.5
<i>Yersinia enterocolitica</i>	4.2	7.2	9.6

Sources: Table 5.3 in ICMSF 1980, p 101.

¹pH minimum as low as 3.8 has been reported when acidulants other than acetic acid or equivalent are used.

Redoks potencijal - Eh

- Redoks potencijal (Eh) predstavlja meru koja pokazuje stepen oksidacije odnosno redukcije u namirnicama
- Eh predstavlja tendenciju supstrata da prima elektrone (redukcija) odnosno da otpušta elektrone (oksidacija)
- **Redukujuće sredstvo** otpušta elektrone, a **oksidaciono prima** elektrone
- Kiseonik je jako oksidaciono sredstvo, a prisustvo kiseonika će promeniti Eh ka pozitivnim vrednostima – sredina sa pozitivnim Eh vrednostima je **aerobna** dominiraju oksidacioni procesi)
- Sredina sa negativnim Eh vrednostima je **anaerobna** (dominiraju redukcioni procesi)
- **VREDNOSTI Eh ODREĐUJU DA LI ĆE U HRANI DA RASTU AEROBNI ILI ANAEROBNI MIKROORGANIZMI**

Redoks potencijal zavisi od

- pH
 - Hemijskog sastava namirnice
 - Prisustva i međusobnog odnosa reduktivnih (SH-grupe proteina, sumporvodonič, askorbinska kiselina, šećeri) i oksidativnih materija (nitrati i nitriti)
 - Parcijalnog pritiska kiseonika
 - Aktivnosti mikroorganizama
-
- Dodatak nitrata ili nitrita - povećava se Eh
 - Askorbinska kiselina - smanjuje se Eh
 - Zagrevanje mesa - smanjuje se Eh (oslobađanje H₂S)
 - Razmnožavanje mikroorganizama - smanjuje se Eh (troši se kiseonik)

Podela mikroorganizama prema Eh vrednostima (afinitetu za kiseonik)

- **Obligatni AEROBI** - rastu samo pri POZITIVNIM Eh vrednostima (prouzrokovali površinskog kvara namirnica Pseudomonadaceae, kvasci, plesni)
- **Obligatni ANAEROBI** - rastu samo pri NEGATIVNIM Eh vrednostima (*Clostridium*)
- **Fakultativni anaerobi** - rastu i pri pozitivnim i negativnim vrednostima Eh (Enterobacteriaceae, Staphylococcaceae)
- **Mikroaerofili** - rastu u uslovima smanjenog sadržaja O₂ i povećanog sadržaja CO₂ (*Lactobacillus*)

Podela mikroorganizama prema Eh vrednostima i redoks potencijal u namirnicama

Namirnica	Prisustvo vazduha (kiseonika)	Eh (mV)
Mleko	+	+300 do +340
Čedar sir	+	+300 do -100
Holandski sirevi	+	-20 do -310
Ementaler sir	+	-50 do -200
Jaje	+	+500
Jetra (džigerica) usitnjena	-	-200
Sirovo meso u komadu	-	-60 do -150
Usitnjeno meso, sirovo	+	+225
Usitnjeno meso, skuvano	+	+300
Konzerve od mesa	-	-20 do -150

Mikroorganizmi	Eh vrednost (mV)	Primer
Aerobni	+500 do +300	Plesni (<i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i>), bakterije (<i>Pseudomonas</i> , <i>Flavobacterium</i>)
Fakultativno anaerobni	+300 do -100	Mnogi mikroorganizmi kvara i patogeni mikroorganizmi (<i>Salmonella</i> , <i>E. coli</i>)
Anaerobni	+100 do -250	<i>Clostridium botulinum</i>

Podela mikroorganizama prema opsegu temperature

1. **PSIHROFILI – „COLD LOVING“** (Optimalno: 15°C, ne rastu iznad 25°C)
2. **PSIHROTROFI** (Bez obzira na optimalnu, rastu pri $T < 7^{\circ}\text{C}$. Optimalno: 25°C, ne rastu $> 40^{\circ}\text{C}$)
3. **MEZOFILI** (Optimalno: 37°C, opseg: 25-40°C)
4. **TERMOFILI** (Optimalno: 50-60°C, ne rastu $< 45^{\circ}\text{C}$)
5. **EKSTREMNI TERMOFILI** (Optimalno: $> 80^{\circ}\text{C}$)

Figure 2.4 Relative growth rates of bacteria at different temperatures. (Source: M. P. Doyle, L. R. Beuchat, and T. J. Montville [ed.], *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers*, 2nd ed. [ASM Press, Washington, D.C., 2001].)

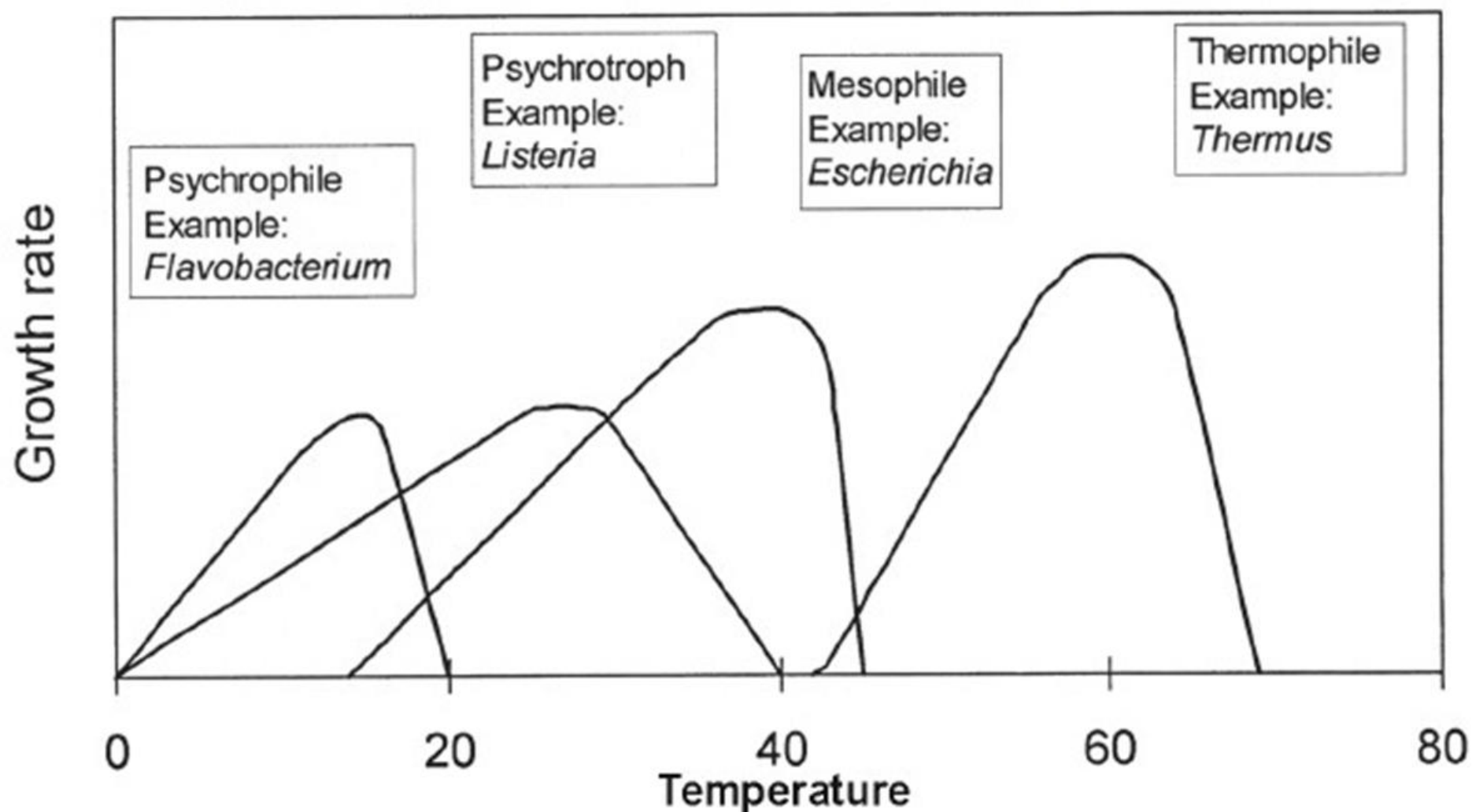


Table 3-10. Approximate minimum, maximum and optimum temperature values in °C (°F) permitting growth of selected pathogens relevant to food.

Organism	Minimum	Optimum	Maximum
<i>Bacillus cereus</i>	5 (41)	28 – 40 (82 – 104)	55 (131)
<i>Campylobacter</i> spp.	32 (90)	42 – 45 (108 – 113)	45 (113)
<i>Clostridium botulinum</i> types A & B*	10 – 12 (50 – 54)	30 – 40 (86 – 104)	50 (122)
<i>Clostridium botulinum</i> type E**	3 – 3.3 (37 – 38)	25 – 37 (77 – 99)	45 (113)
<i>Clostridium perfringens</i>	12 (54)	43 – 47 (109 – 117)	50 (122)
Enterotoxigenic <i>Escherichia coli</i>	7 (45)	35 – 40 (95 – 104)	46 (115)
<i>Listeria monocytogenes</i>	0 (32)	30 – 37 (86 – 99)	45 (113)
<i>Salmonella</i> spp.	5 (41)	35 – 37 (95 – 99)	45 – 47 (113 – 117)
<i>Staphylococcus aureus</i> growth	7 (45)	35 – 40 (95 – 104)	48 (118)
toxin	10 (50)	40 – 45 (104 – 113)	46 (115)
<i>Shigella</i> spp.	7 (45)	37 (99)	45 – 47 (113 – 117)
<i>Vibrio cholerae</i>	10 (50)	37 (99)	43 (109)
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	5 (41)	37 (99)	43 (109)
<i>Vibrio vulnificus</i>	8 (46)	37 (99)	43 (109)
<i>Yersinia enterocolitica</i>	-1 (30)	28 – 30 (82 – 86)	42 (108)

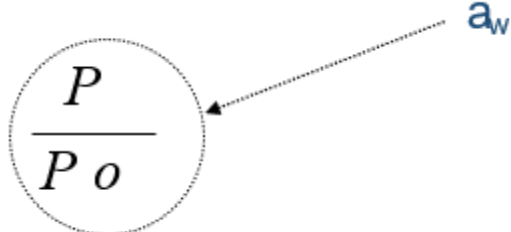
ICMSF 1996; Lund and others 2000; Doyle and others 2001

* proteolytic; ** non-proteolytic

Relativna vlažnost

- Relativna vlažnost je termin kojim opisujemo količinu vodene pare u mešavini vazduha i vode

FORMULA $RH = 100 \times \frac{P}{P_o}$

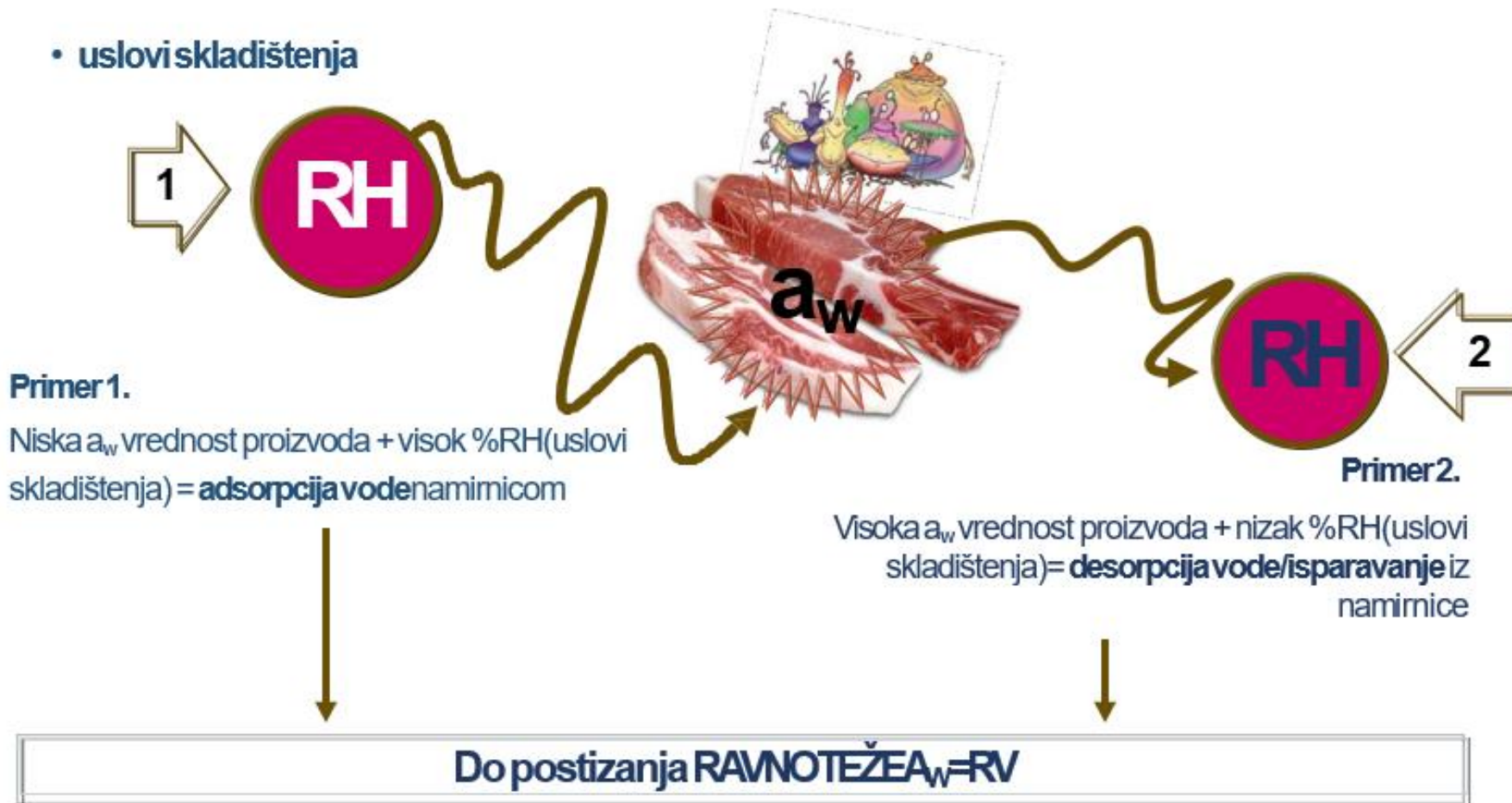


The diagram shows the formula $RH = 100 \times \frac{P}{P_o}$. The fraction $\frac{P}{P_o}$ is enclosed in a dotted circle. A dotted arrow points from the symbol a_w to the right side of the fraction.

- Relativna vlažnost je mera kojom se ukazuje na količinu vodene pare u vazduhu (pri određenoj temperaturi) [P] u odnosu na maksimalnu količinu vodene pare koju vazduh može da primi pri toj temperaturi [Po] i izražava se u procentima.

Relativna vlažnost

- uslovi skladištenja



Relativna vlažnost

- TAČKA ROSE je ona temperatura pri kojoj vazduh prilikom hlađenja postaje zasićen i u tom trenutku počinje izdvajanje magle ili rose na površinama (namirnica!!!)

Tačkarose zavisi od tri vrednosti:

T vazduha

RH

T proizvoda

Stimuliše razvoj mikroorganizama

BAKTERIJE KVARA

Zahtevaju visoku a_w

Pseudomonas

Acinetobacter

Moraxella

Mogu se razmnožavati i pri nižim vrednostima a_w

bacili, kvasci, plesni