

3. 환경조건이 생장 반응과정에 미치는 영향

— 미생물의 생장 및 산물생성 형태는

온도, pH, 용존 산소 농도, 산화 환원 전위 같은
환경 조건에 영향

온도

— 미생물은 최적 생장 온도에 따라 분류

1) 저온성 미생물 (psychrophiles : $T_{opt} < 20^{\circ}\text{C}$)

2) 중온성 미생물 (mesophiles : $T_{opt} = 20 \sim 50^{\circ}\text{C}$)

3) 호열성 미생물 (thermophiles : $T_{opt} > 50^{\circ}\text{C}$)

— 최적 온도보다 높은 범위에서 생장 속도는 감소

온도에 의한 사멸 현상

• 알짜 생장 속도

$$\frac{dX}{dt} = (\mu - k'_d) X$$

— 온도에 따른 μ 와 k'_d 의 변화

$$\mu = A e^{-E_a/RT} \quad k'_d = A' e^{-E_d/RT}$$

E_a = 생장에 대한 활성화 에너지 (10 ~ 20 kcal/mole)

E_d = 온도에 의한 사멸에 대한 활성화 에너지 (60 ~ 80 kcal/mole)

- 온도는 산물의 생성에도 영향을 미침
- 온도는 수율 ($Y_{X/S}$) 에도 영향을 미침
- 온도에 따라 유지 계수 증가 \longrightarrow 수율 저하

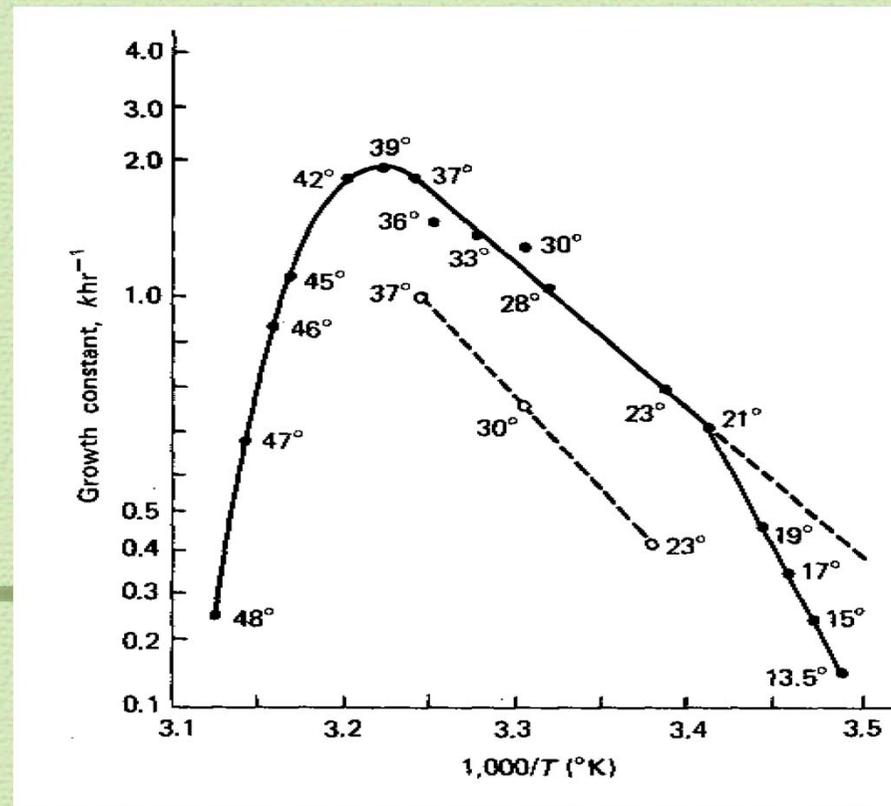


Fig. 7 온도에 따른 성장속도의 전형적인 변화

수소이온 농도

- 효소 활성에 영향을 미침 → 미생물의 성장속도에 영향
- 생장에 필요한 최적 pH \neq 산물생성을 위한 최적 pH
- 미생물의 최적 pH
 - 1) 박테리아 : pH 3 ~ 8
 - 2) 효모 : pH 3 ~ 6
 - 3) 사상균 : pH 3 ~ 6
 - 4) 식물세포 : pH 5 ~ 6
 - 5) 동물세포 : pH 6.5 ~ 7.5

용존산소 (DO)

- 호기성 발효에 있어 중요한 기질
- 산소가 율속 인자일 때 비성장속도는 용존산소 농도에 따라 변화된 포화현상을 보인다.
- 임계산소 농도 이상에서는 생장 속도가 용존산소 농도와 무관
- 용존산소 농도가 임계값 이하일 때 산소가 생장 제한 인자
- 임계산소 농도
 - 박테리아, 효모 : 포화농도의 약 5% ~ 10%
 - 사상곰팡이 : 포화농도의 약 10% ~ 50%

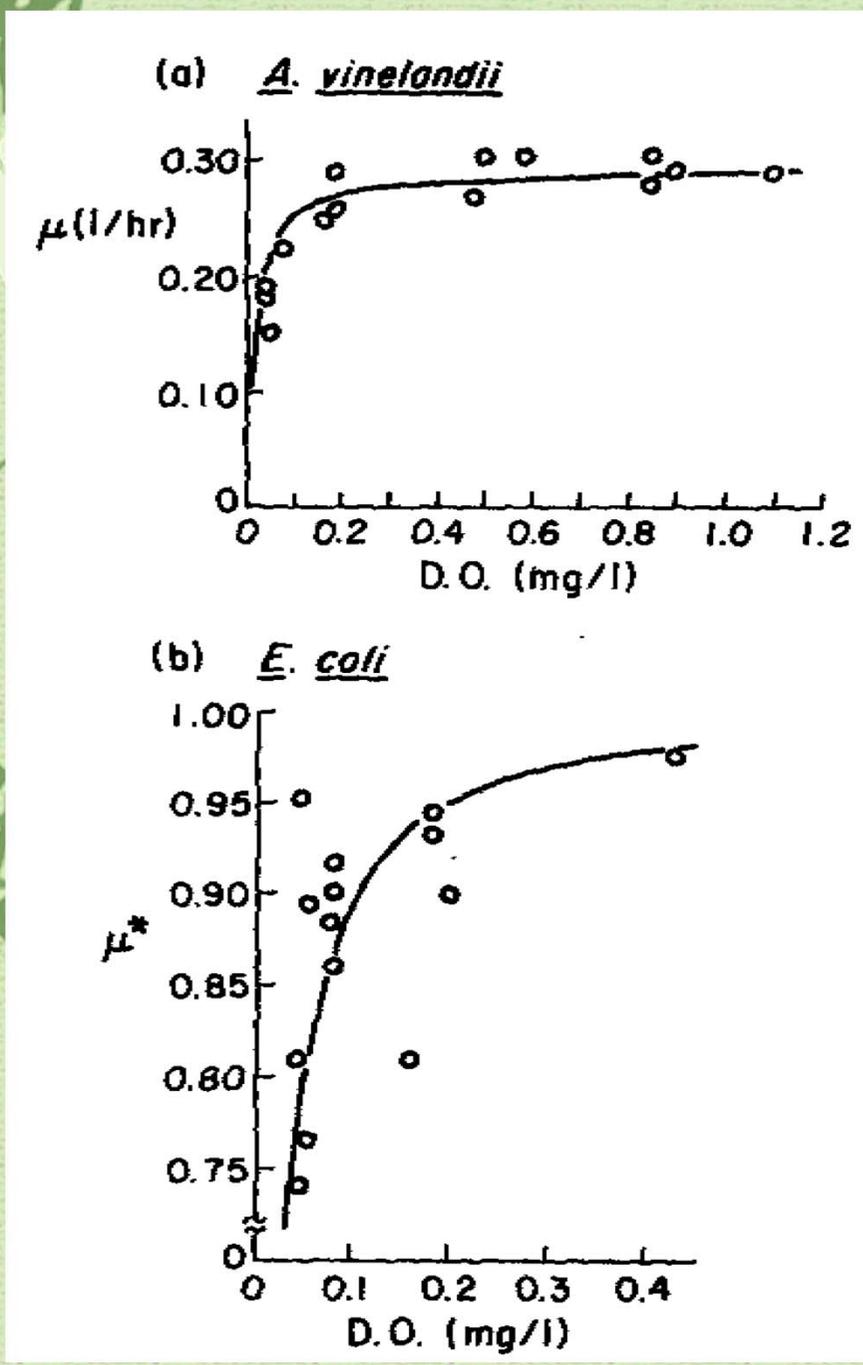


Fig. 9

용존산소 농도에 따른
비성장속도의 변화

- 기상으로부터 액상으로의 산소전달 속도

$$N_{O_2} = k_L a (C^* - C_L) = OTR$$

k_L : 산소전달 계수 (cm/h)

a : 기-액 계면적 (cm²/cm³)

C^* : 포화 DO 농도 (mg/l)

C_L : 배양액 중 실제 산소 농도 (mg/l)

N_{O_2} : 산소 전달 속도 (mg O₂/L·h) = OTR (oxygen transfer rate)

- 산소 섭취 속도 . OUR (oxygen uptake rate)

$$OUR = q_{O_2} X = \frac{\mu X}{Y_{X/O_2}}$$

q_{O_2} : 비 산소 소비 속도 (mg O₂ / g dw 세포 · h)

Y_{O_2} : 산소 수율 계수 (g dw 세포 / g O₂)

X : 세포농도 (g dw 세포 / L)

발효배지의 이온 세기

- 특정 영양소의 세포 내외로의 전달
- 세포 대사 기능
- 산소와 같은 특정 영양소의 용해도에 영향

$$I = \frac{1}{2} \sum C_i Z_i^2$$

C: 이온의 농도, Z_i : 한 이온이 갖는 전하값, I: 이온의 세기

기질의 농도

- 필요 이상의 훨씬 높은 기질의 농도는 세포 기능 저해
- 저해 기질 농도는 세포와 기질의 종류에 따라 다름

4. 미생물 성장에 따른 열 발생

— 에너지의 40% ~ 50% 생체에너지 (ATP) 로 전환

나머지는 열로써 방출

- 기질 연소열 = 대사열 + 세포 물질의 연소열

$$\frac{\Delta H_S}{Y_{X/S}} = \Delta H_C + \frac{1}{Y_H}$$

○ H_S : 기질의 연소열 (kJ / g 기질)

$Y_{X/S}$: 기질 수율 계수 (g 세포 / g 기질)

○ H_C : 세포의 연소열 (kJ / g 세포)

$1/Y_H$: 생성된 세포의 단위 질량당 발생한 대사열 (kJ / g 세포)

$$Y_H = \frac{Y_{X/S}}{\Delta H_S - Y_{X/S} \Delta H_C}$$

- 회분식 발효에서의 총 열 발생 속도

$$Q_{GR} = V_L \mu X \frac{1}{Y_H}$$

V_L : 액 부피 (L)

X : 세포농도 (g / L)

- 호기성 발효시에는 산소가 최종 전자 수용체이므로 대사열 발생을 산소 섭취 속도와 연관시킬 수 있다.

$$Q_{GR} \cong 0.12 Q_{O_2}$$

Q_{GR} : 대사열 발생 (kcal / L·H)

Q_{O_2} : 산소 섭취 속도 (millimoles O_2 / L·H)