



1. 서론

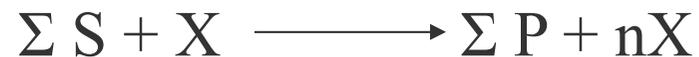
— 생장이란?

복제와 세포 크기 변화의 결과

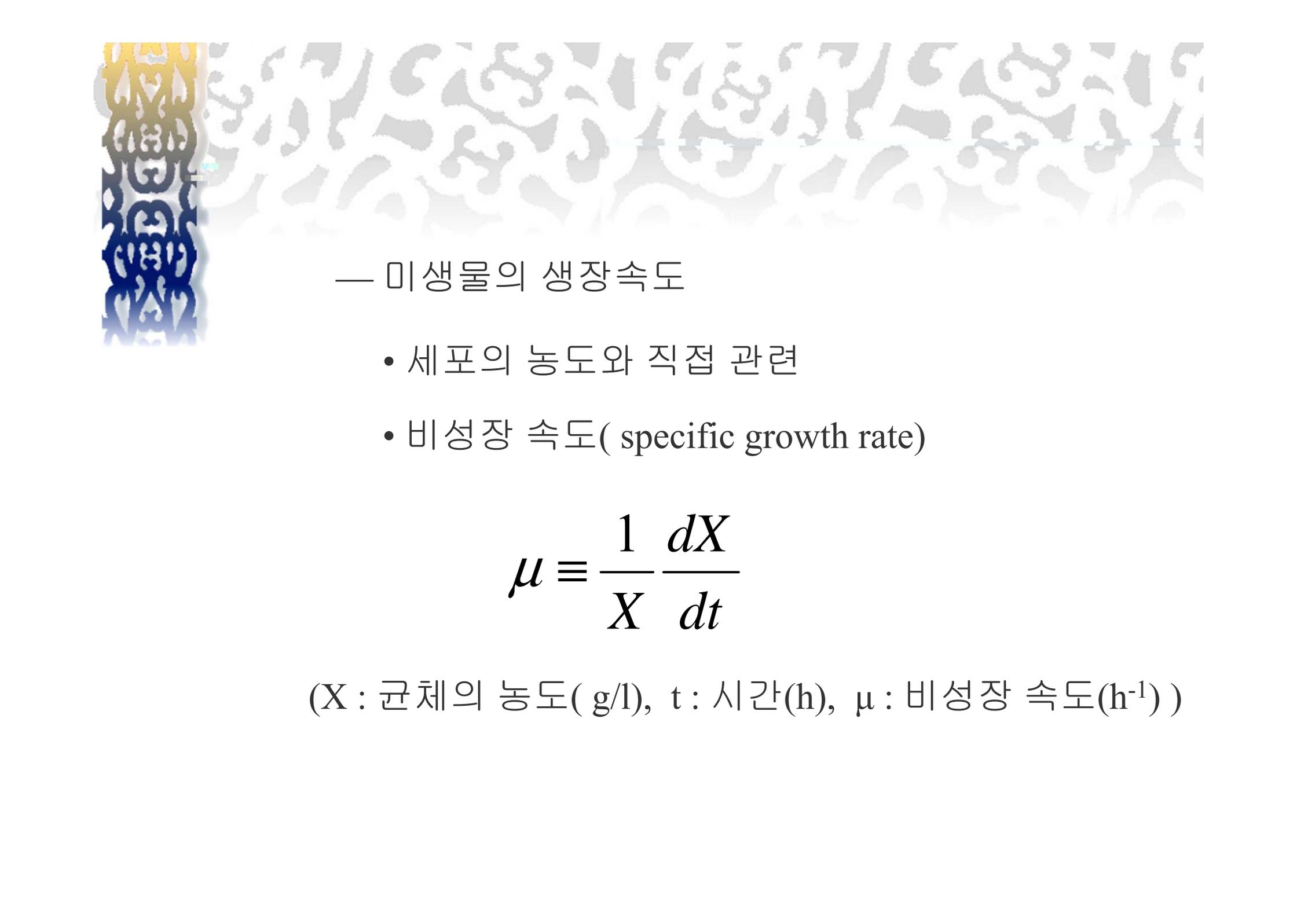
— 미생물의 생장.

배지의 영양소 \longrightarrow 생화합물 합성

Substrates + cells \longrightarrow extracellularproduct + more cells



- 영양소를 이용한 결과 시간이 지남에 따라 미생물 자체의 질량이 늘어남.
- 자가촉매 (autocatalytic) 반응의 좋은 예



— 미생물의 성장속도

- 세포의 농도와 직접 관련
- 비성장 속도(specific growth rate)

$$\mu \equiv \frac{1}{X} \frac{dX}{dt}$$

(X : 균체의 농도(g/l), t : 시간(h), μ : 비성장 속도(h^{-1}))



2. 회분식 성장(Batch Growth)

- 초기에 한번 배지를 채운 후 더 이상의 영양물질의 공급이나 제거가 없는 반응기에서 세포를 배양하는 것

1. 세포 농도의 정량

- 미생물 성장에 포함된 반응과정 및 양론적인 관계의 결정에 필수적.
- 세포의 수밀도 결정과 세포의 질량 농도 결정.

1) 세포의 수밀도 결정

- Petroff-Hausser 슬라이드 또는 Hemocytometer 사용
- 판 계수법 (plate counts)
- 입자 계수기 이용

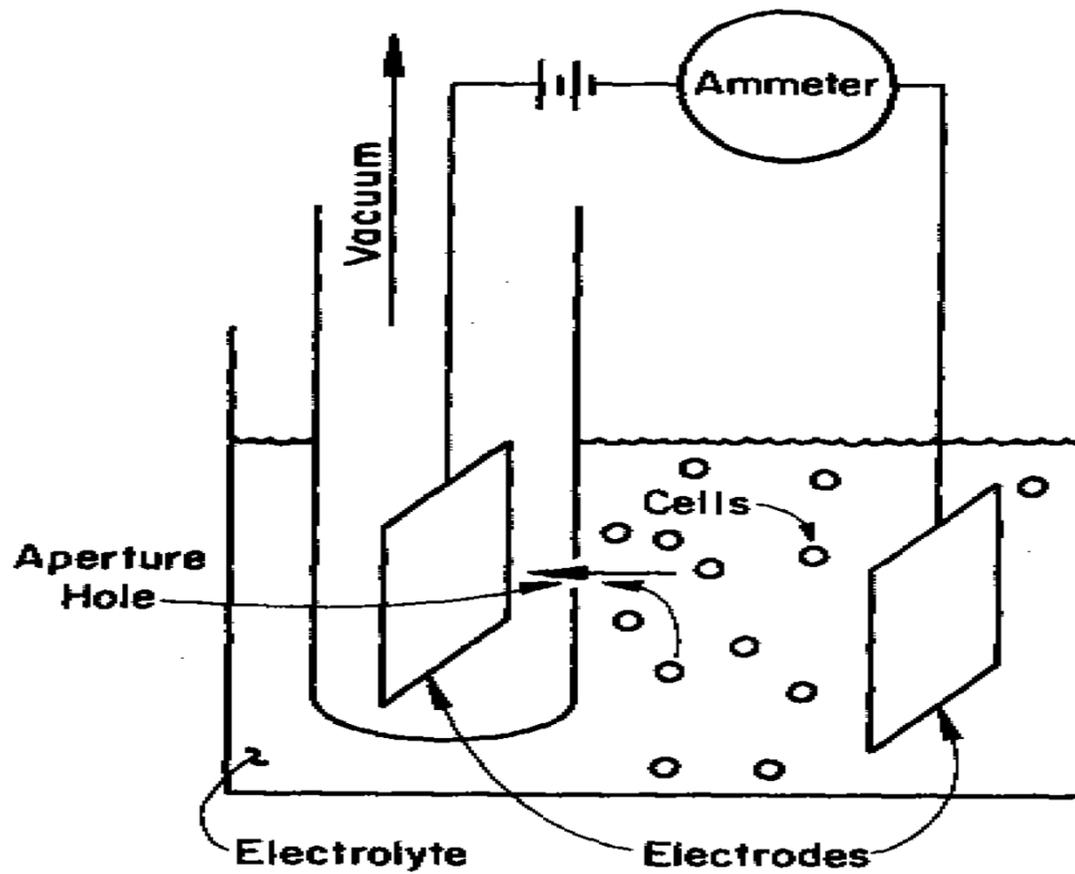


Fig. 1 입자 계수기



2) 세포의 질량 농도 결정

직접법

- 건조 중량 측정법
- 충전 세포 부피 측정
- 분광계 (spectrometer)

간접법

- RNA, DNA, 단백질과 같은 세포내 성분들을 측정
- ATP 농도 측정
- NADH 농도 측정
- 세포의 대사산물 측정

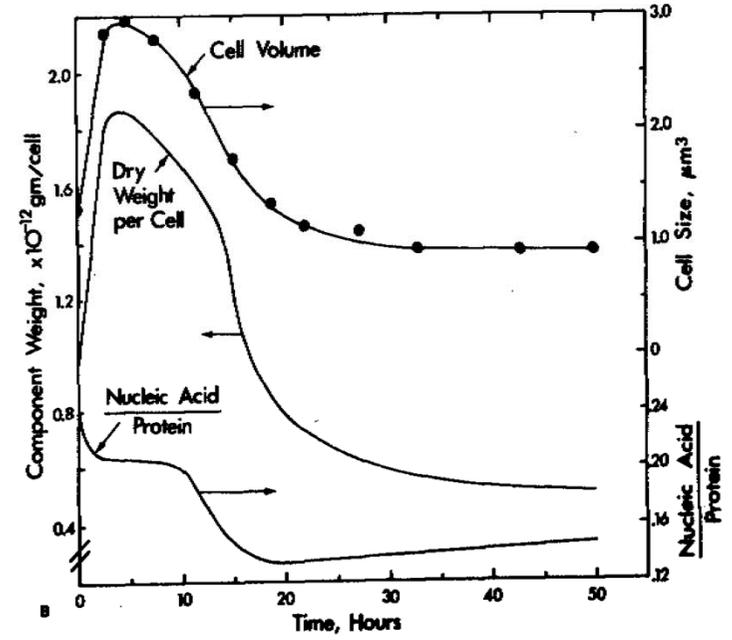
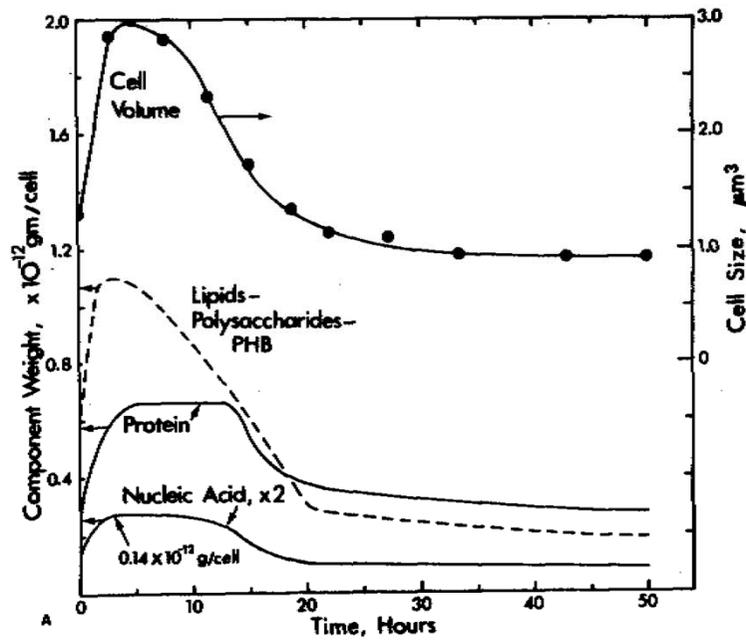
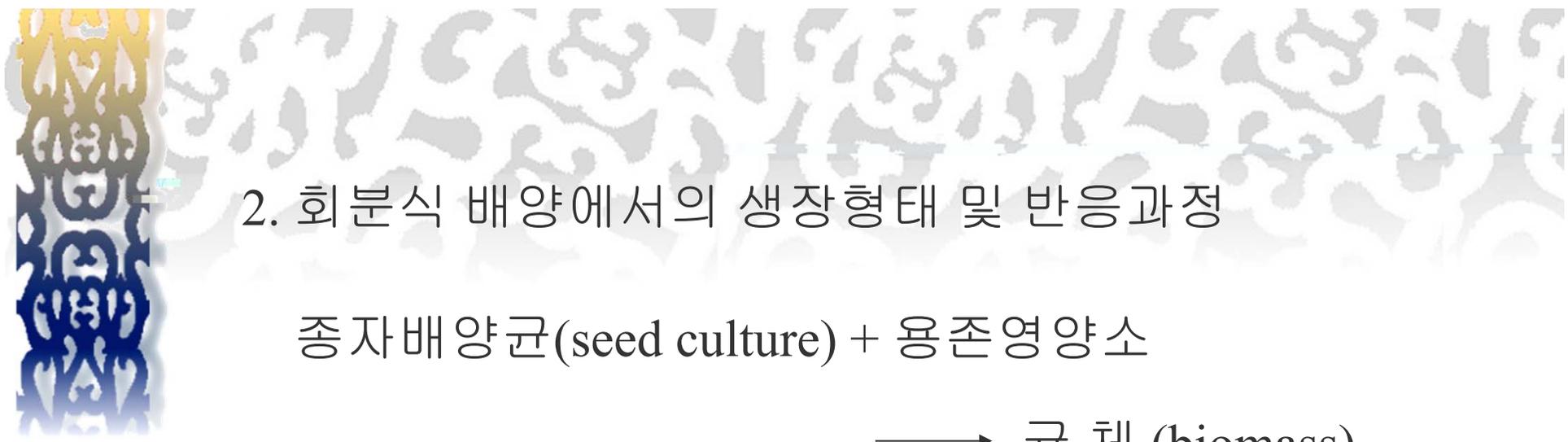


Fig. 2 세포내 성분들의 시간에 따른 변화



2. 회분식 배양에서의 성장형태 및 반응과정

종자배양균(seed culture) + 용존영양소

→ 균체 (biomass)

* 회분식 성장 곡선

지연기 → 대수 또는 지수 생장기 → 감속기

→ 정지기 → 사멸기

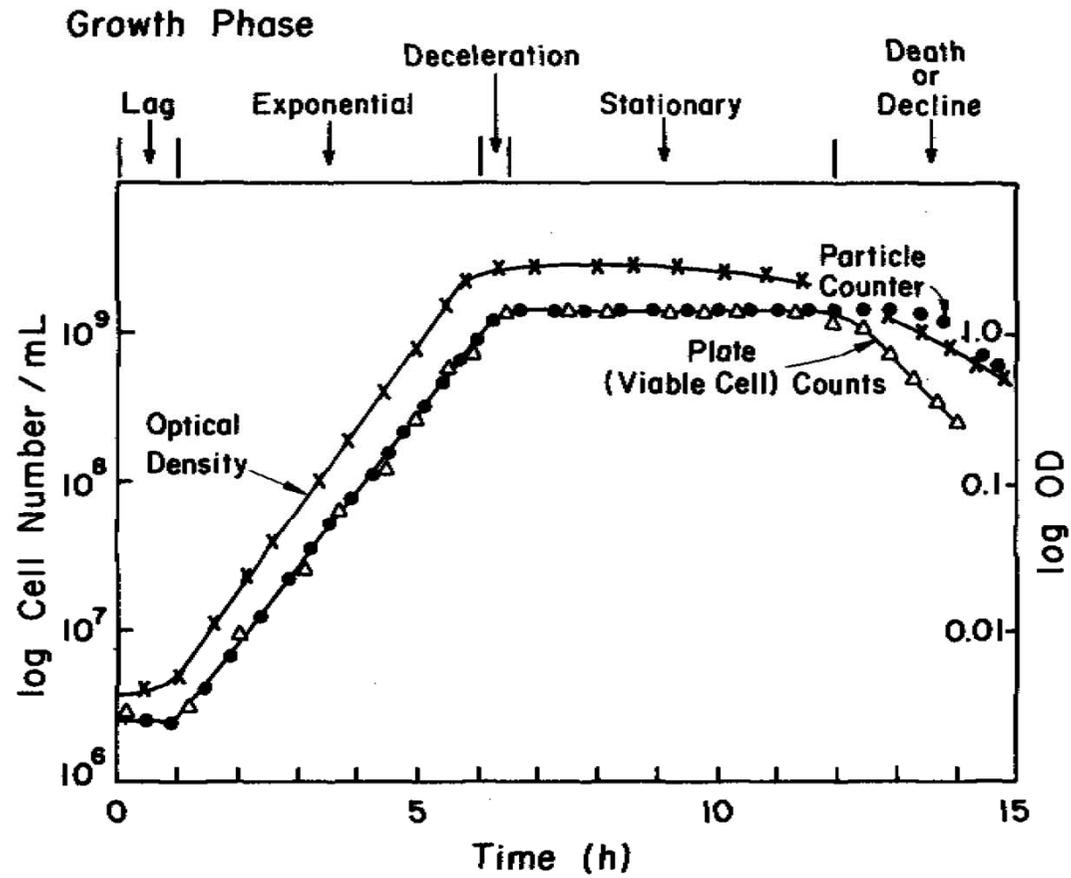


Fig. 3 회분식 생장의 한 주기



지연기

- 접종직후로 세포들이 새로운 환경에 적응하는 기간
- 세포의 수밀도 증가 없고, 세포질량이 약간 증가
- 유사 지연기 존재
 - 접종균의 양이 적은 경우
 - 접종균의 상태가 나쁜 경우
 - 특정 영양소와 생장인자의 농도가 낮은 경우
 - 접종균의 나이가 많은 경우



지수 생장기

- 세포들이 이미 새로운 환경에 적응한 상태
- 시간에 따라 세포의 질량과 수가 지수적으로 증가
- 균형생장 (balanced growth) 의 시기

- 지수 생장 속도

$$dX / dt = \mu X, \quad X=X_0 \text{ at } t=0$$

$$\ln X/X_0 = \mu t, \quad X=X_0 e^{\mu t}$$

- 미생물의 질량을 2 배로 하는데 걸리는 시간

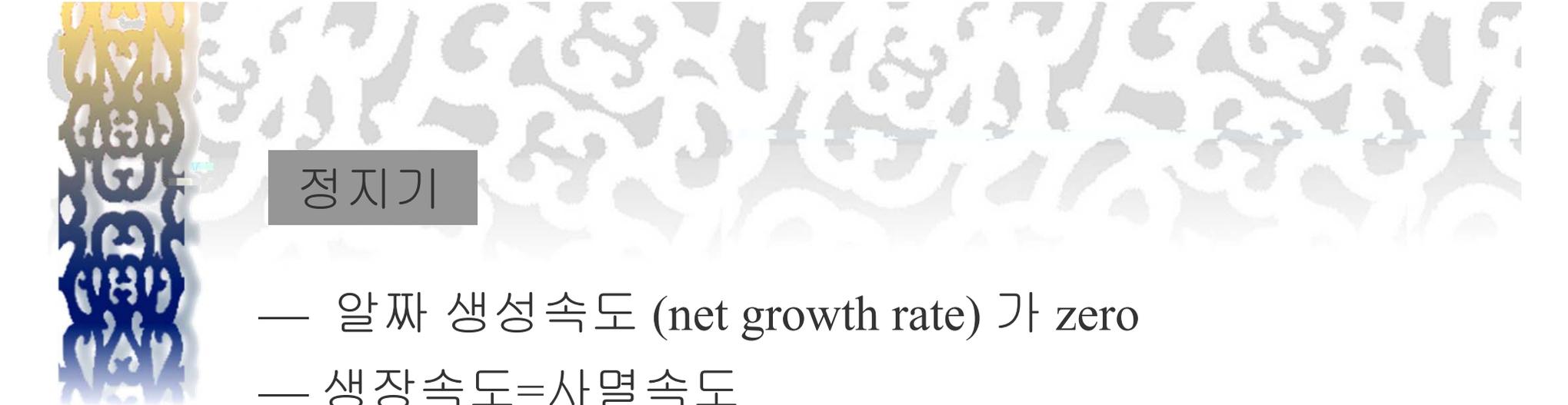
$$X=2X_0 \quad \ln X = \ln 2 + \ln X_0$$

$$t_d = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0.693}{\mu}$$



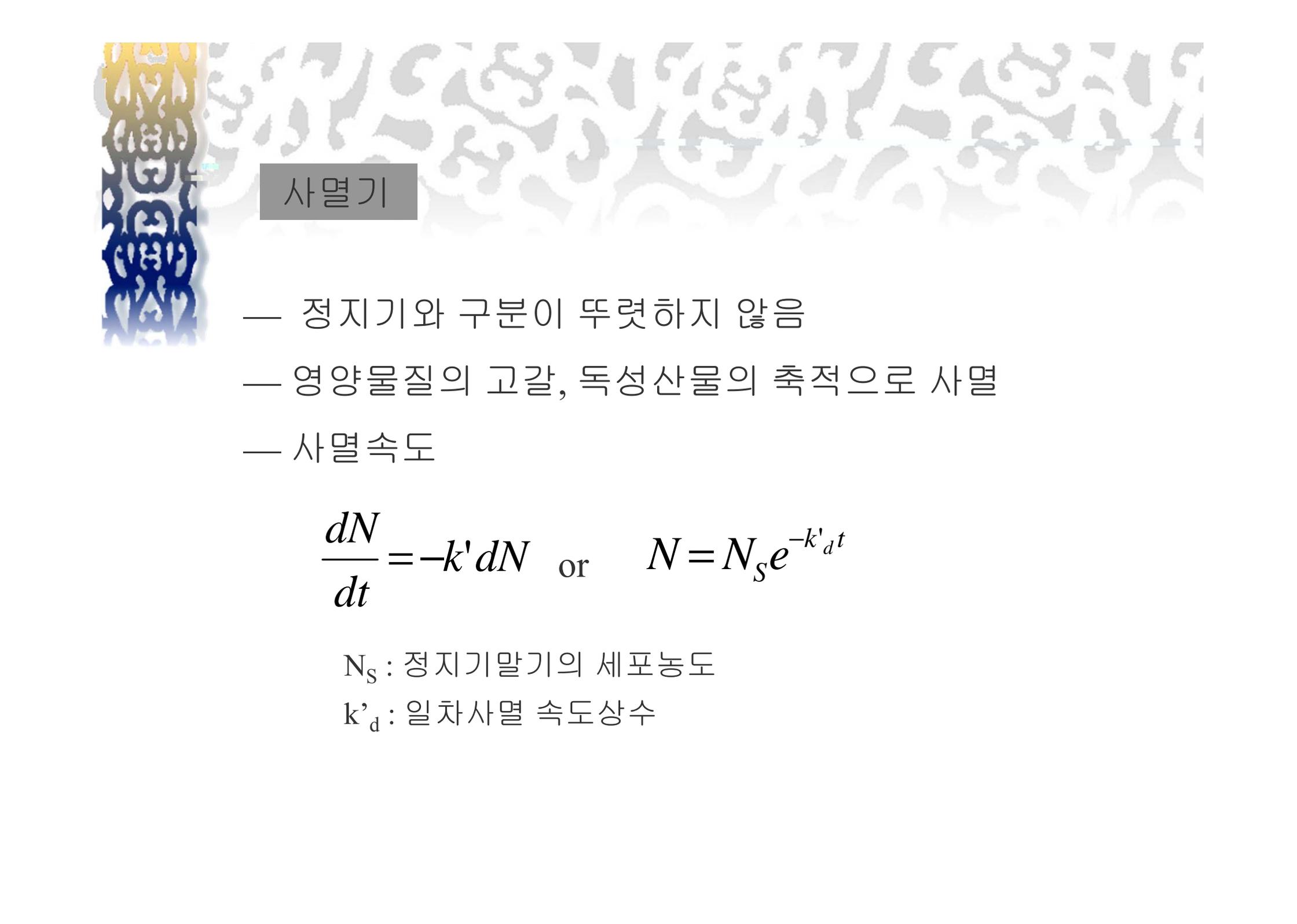
감속 생장기

- 대수기 다음에 오는 것으로 생장이 늦추어지는 시기
- 한 개 또는 그 이상의 필수영양소의 고갈
- 생장으로 부터 야기된 유독한 부산물의 축적
- 세포가 살아남기 위해 구조변화를 일으킴



정지기

- 알짜 생성속도 (net growth rate) 가 zero
- 성장속도=사멸속도
- 대사적으로 활성을 가지며 2차대사물 생산
- 정지기의 현상
 - 총세포의 농도는 일정하지만 산세포수 감소
 - 세포의 용혈현상. 살아있는 세포의 질량감소
 - 은밀성장(Cryptic growth)
 - 2차산물생산
- 내인성대사 (endogenous metabolism)
- 에너지 소모현상 (유지에너지)



사멸기

- 정지기와 구분이 뚜렷하지 않음
- 영양물질의 고갈, 독성산물의 축적으로 사멸
- 사멸속도

$$\frac{dN}{dt} = -k'_d N \quad \text{or} \quad N = N_s e^{-k'_d t}$$

N_s : 정지기말기의 세포농도

k'_d : 일차사멸 속도상수



* 수율

- 다른 한물질의 소모량에 근거하여 정의
- 발효시 생장수율

$$Y_{X/S} \equiv -\frac{\Delta X}{\Delta S}$$

- 회분식 생장에서는 겉보기 생장수율



* 연속배양

— 참수율과 걸보기수율의 구분

$$Y_{X/O_2} \equiv -\frac{\Delta X}{\Delta O_2} \quad Y_{P/S} \equiv -\frac{\Delta P}{\Delta S}$$

— 포도당을 사용하며 호기성 조건하에서 자라는 균

$$Y_{X/S} = 0.4 \sim 0.6 \text{ g/g}$$

$$Y_{X/O_2} = 0.9 \sim 1.4 \text{ g/g}$$

— 혐기성 증식은 효율이 상당히 낮다.

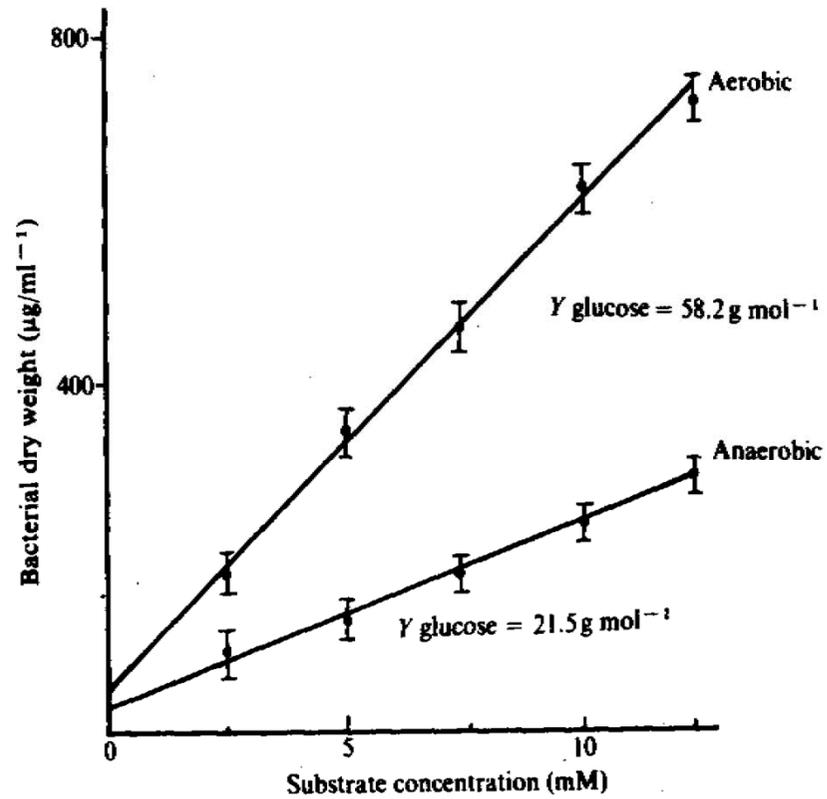


Fig. 5 호기성과 혐기성의 수율차이



* 미생물로부터의 산물 생산의 분류

1. 생장관련 산물은 생장과 동시에 생산
- 비생산속도는 비생장 속도에 비례

$$q_p = \frac{1}{X} \frac{dP}{dt} = y_{P/X} \mu$$

2. 비생장관련 산물의 생성은 생장속도가 0인 정지기 동안 진행
- 비생산속도상수

$$q_p = \beta = \text{constant}$$

3. 혼합 생장관련 산물생성은 원만한 생장또는 정지기에 일어남

$$q_p = \alpha \mu + \beta$$