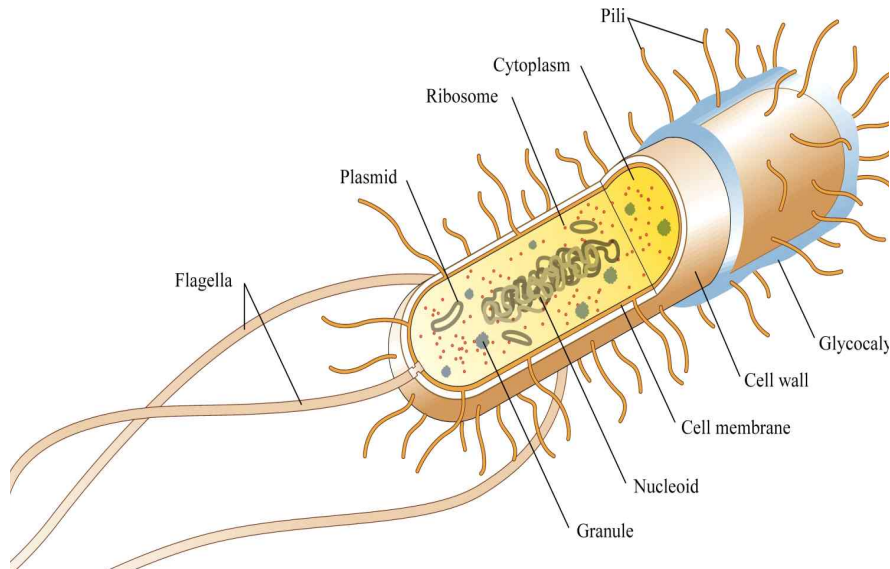


Chapter 3 미생물 분류와 세균 (Bacteria)

2. 세균의 특성

1) 원핵세균의 일반적인 모형



2) 형태

- * 구균(coccus) - 구형, 원통형
- * 간균(rod or bacillus) - 막대형
- * 나선균(spirillum) - 나선상 or 굽은 형

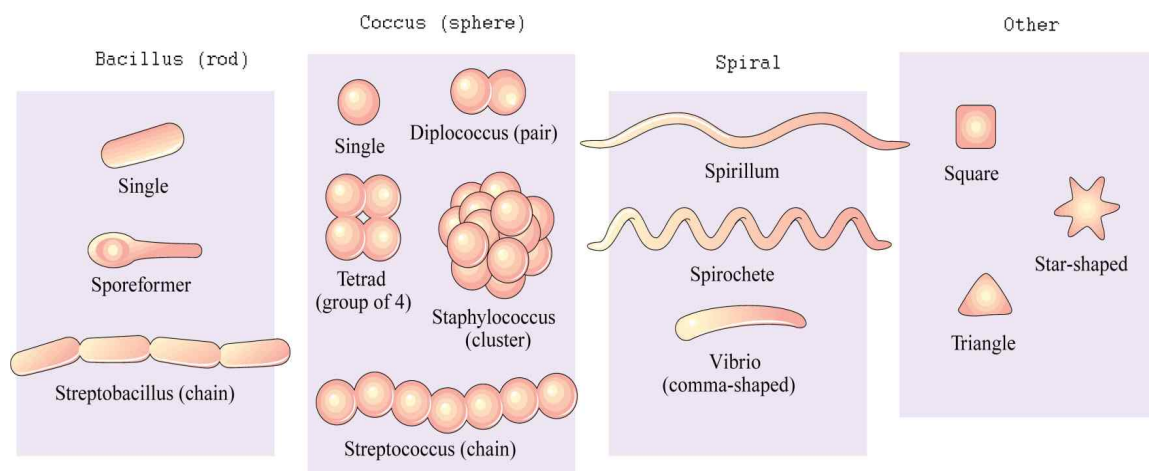


Fig. 세균 구조의 다양성

① 구균

- 단구균(monococcus), 쌍구균(diplococcus)
- 연쇄상구균(streptococcus) : *Streptococcus lactis*

- 4연구균(pedicoccus, tetracoccus) : *Pedicoccus halophilus*, 2방향으로 분열
- 8연구균(sarcina) : *Sarcina flava*, 3방향으로 분열
- 포도상구균(*Staphylococcus*) : *Staphylococcus aureus*

② 간균 : 간균은 다양한 형태로 존재

- 단 간균(short rod) : *Escherichia coli*, *Brevibacterium*
- 장 간균(long rod) : *Lactobacillus bulgaricus*

③ 나선균 - 호균(vibrio) 짧은 쉘모양의 균

☞ 세균은 종류에 따라 각각 일정한 형태를 가지고 있으나 균에 따라 다형(pleomorphism)을 나타내는 것이 있고 때때로 이상 형태로 되는 것이 있다.

3) 크기

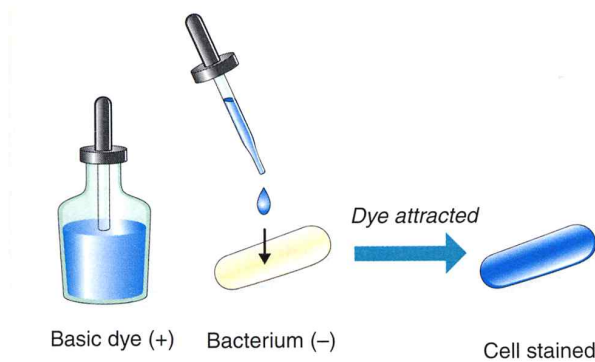
- 구균 : $0.5 \sim 0.2\mu\text{m}$
- 간균 : $0.5 \sim 1 \times 3\mu\text{m}$

*** 세균은 배양조건이나 발육시기에 따라서 크기가 달라진다.**

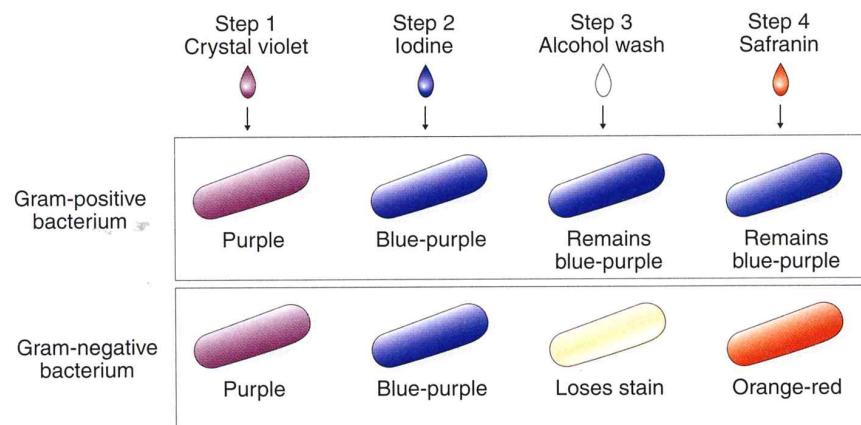
4) 세균의 세포벽 구조

- Gram 양성 cell wall : Peptidoglycan + teichoic acid
- Gram 음성 cell wall : Out membrane (lipopolysaccharide) + peptidoglycan
- Gram 염색
 - Gram 양성균 : Crystal Violet에 의하여 염색되는 것
 - Gram 음성균 : " 염색이 되지 않는 것(탈색)

☞ 그람양성균과 음성균은 세포벽의 화학조성, 항생물질에 대한 감수성 등 많은 차이점이 있음



(a) Simple stain technique



(b) Gram stain technique

Gram 양성균	Gram 음성균
<i>Streptococcus lactis</i>	<i>Escherichia coli</i> (대장균)
<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Salmonella typhi</i> (티프수균)
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (녹농균)
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Vibrio cholerae</i> (콜레라균)
<i>Clostridium tetani</i> (파상풍균)	

5) 세균의 운동성 : 편모

- 세균에는 운동성과 비운동성 세균이 있는데 운동기관으로는 편모(flagellum)를 가지고 있다.
- 편모의 유무, 착생부위 및 수는 세균분류상 중요한 지표가 된다.
- 편모가 착생하는 위치에 따라 : 단극모, 측극모, 양극모, 주모
- 나선균은 대부분 편모를 가지고 있으며 구균은 편모가 있는 것이 드물다.

6) 증식과 포자형성

- ① 세포의 증식 :

- 세포막부위에서 격벽(septum)이 형성되고 binary fission에 의하여 분열

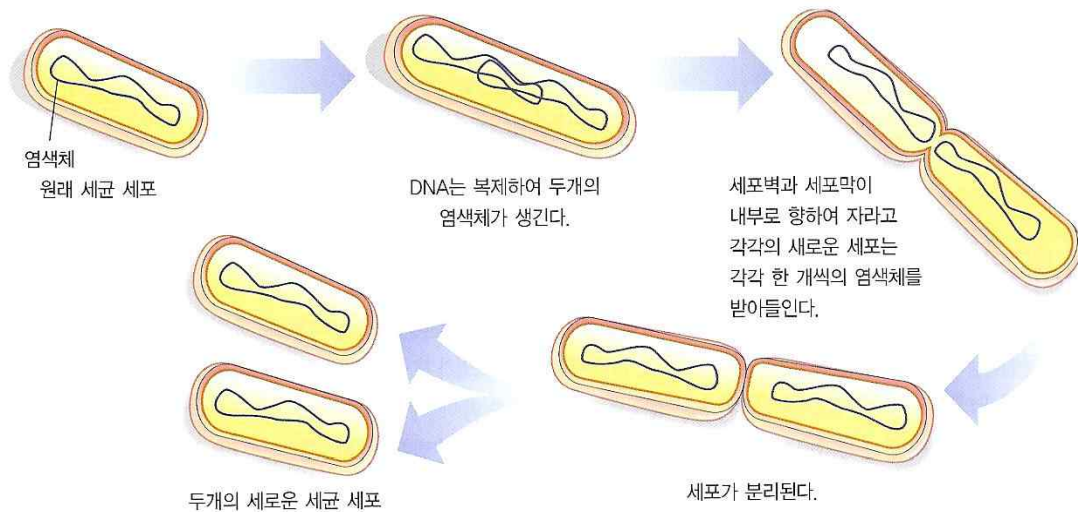


Fig. 이분법에 의한 세균의 분열

② Colony(집락)

- 한 개의 세균을 한천 평판배지에 배양하면 육안으로 볼 수 있는 세균의 집단을 형성하는데 모양은 세균에 따라서 다름

* 균속(zoogloea) : 점질물질에 둘러싸인 세포집단

③ 포자형성

- 포자형성 유무는 세균 분류상 대단히 중요한 특징이다
- 대부분 그람 양성, 운동성의 간균 포자형성

ex) 포자형성 균 : *Bacillus* 속(호기성), *Clostridium* 속(혐기성)

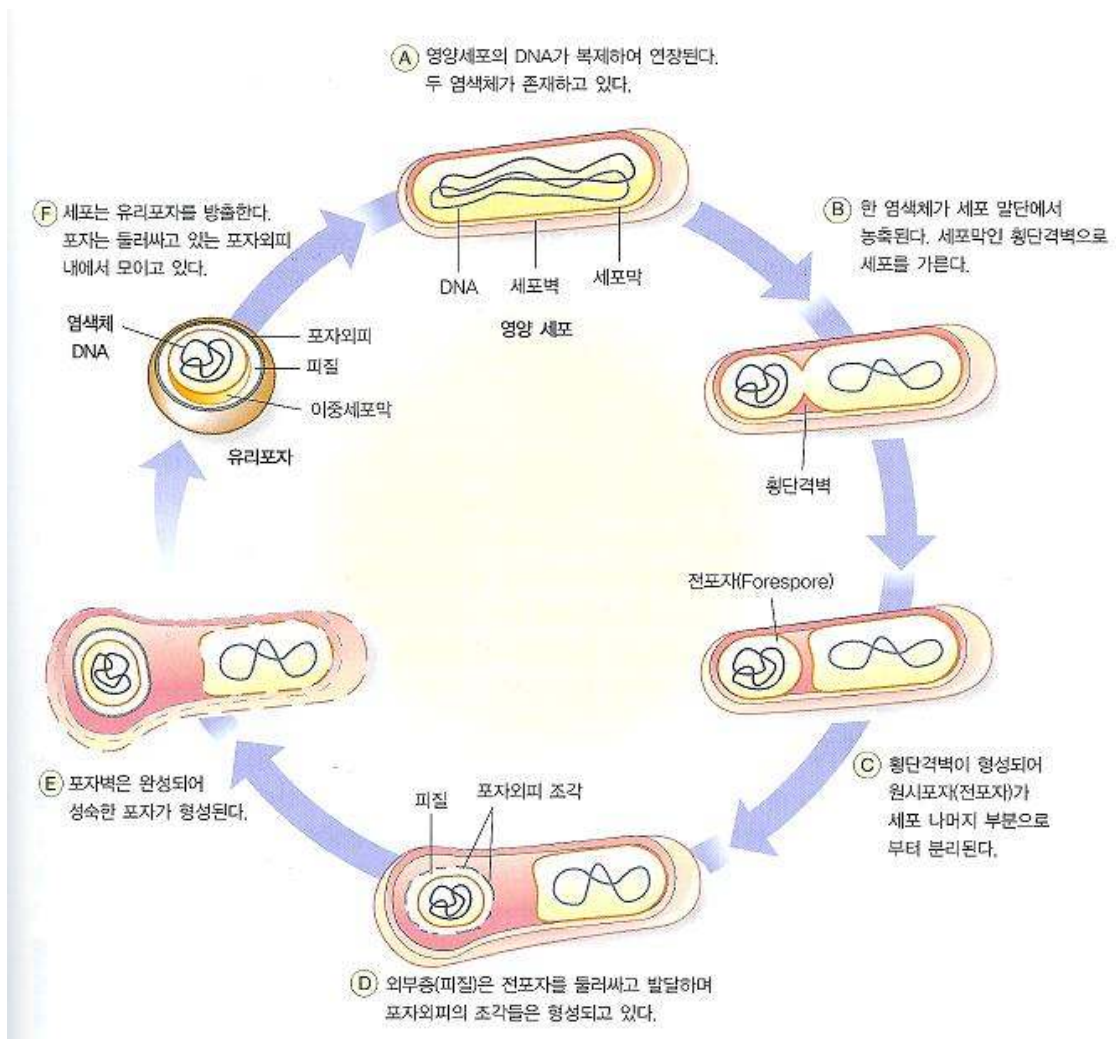
◎ 포자낭(sporangium) - 포자가 형성된 세포

◎ 영양세포(vegetative cell) - 분열 번식하여 대사작용을 하는 일반적인 세포

◎ 포자형태

- *Bacillus* 형 : 포자를 형성할 때 세포의 형태가 변하지 않는 형
- *Clostridium* 형 : 세포의 중앙이 팽창
- *Pectridium* 형 : 끝이 팽창하는 형

◎ 세균의 포자형성과정



3. 세균의 분류

- * 세균은 현재 **인위적 분류법**에 의한 세균이 분류되어 있다
- * 세균의 분류에는 **세포의 형태, 생리 및 생화학적 특성, 에너지 획득방법, 분자생물학적 분류, 생화학적 분류** 등도 함께 이용되고 있음
- * **종(genus)**은 DNA 교잡에 의하여 구별하는 것이 원칙이다.
- ※ Bergey's Manual of Systematic Bacteriology
- ※ 세균의 형태나 생리적 특성을 중심으로 분류(33 section)

1) 세균의 분류 기준 : 생리적 특성

- | | |
|-------------------------|-------------------|
| ① 균의 형태 | ② 포자의 유무, 형태 및 위치 |
| ③ Gram 염색성 | ④ 산소 요구성 |
| ⑤ 편모 및 섬모의 유무, 형태, 수 위치 | ⑥ 혐박의 유무, 형태 및 위치 |
| ⑦ catalase 활성 | ⑧ 탄소원 및 질소원의 자화성 |
| ⑨ 당의 발효성 | ⑩ 색소의 생성 |

- ⑪ 호염성 또는 내염성 등의 항삼투압성
- ⑫ 영양요구성 등의 형태적, 생리적, 및 생태적 성질에 따르게 된다.

2) 분자생물학적 분류방법

DNA

- DNA 염기서열비교
- G+C 함량, DNA 혼성화(Hybridization)

Ribosomal RNA

- 16S rRNA 염기서열비교

효소 및 단백질

- 같은 기능을 갖는 단백질의 아미노산 순서비교
- 형태학적, 생리학적, 대사적, 생태학적 특성비교

세포특성

4. 식품에 중요한 세균

* 식품가공에 이용되는 균, 식품 저장 중 부패 유발 균, 식품위생 관련 균

1) Gram 음성 호기성 간균 및 구균류

- ① *Pseudomonas* : 극성 편모에 의한 운동성이 있는 단간균이다
 - 토양, 민물, 바닷물, 등의 자연에 널리 분포
 - 저온에서 생육하고 열이나 건조에 약하다. (43℃ 이상에서 거의 사멸)
 - 지방족, 방향족 화합물 등을 포함하는 다양한 종류의 유기화합물을 분해, 이용하고 항생물질이나 살균제의 종류도 분해하는 것이 있다.
 - 냉장된 생선이나 육류 등의 동물성식품 부패의 중요한 원인균이다.

- 종류에 따라서 청록색, 갈색, 황색등의 색소를 내며 형광성 색소를 생성
- 이들 세균은 저항성이 저하된 숙주만이 감염되는 기회병원균이다

ex) *P. fluorescens*(형광균) : 녹색

P. aeruginosa(녹농균) : 상처의 화농부에 번식하여 녹색 내지 청색을 나타내며 식품을 부패

◎ 냉장된 생선이나 육류 등의 동물성 식품 부패의 주요 원인균 :

- *Pseudomonas, Moraxella, Acinetobacter*

② *Xanthomonas* 속 - 식물병원균으로 황색색소를 생성

- Xanthan gum을 생산 식품산업에 이용

③ *Azotobacter* 속

- 공기중의 질소를 고정하여 생육하는 토양미생물
- ④ *Rhizobium* 속, *Bradyrhizobium* 속
 - 콩과식물에 공생하여 질소를 고정하는 균(뿌리혹 균)
 - *R. leguminosarum* (완두콩의 뿌리혹균), *R. trifolii*(알팔파 뿌리혹 균)
- ⑤ *Halobacterium* 속
 - 고도 호염균으로 NaCl 농도 20-25%에서 잘 생육
 - 세포벽에 적색 carotenoid 의 함량이 높다.
- ⑥ *Acetobacter* 속
 - Ethanol를 산화하여 초산을 생산하는 균
- ⑦ *Glucobacter* 속
 - 초산생성 균으로 대사경로에 TCA회로가 없다.
 - *G. oxydans* 는 D-sorbitol을 산화하여 비타민C 제조의 중간원료인 D-sorboside 제조에 이용
- ⑧ *Acinetobacter* 속
 - 지질 분해력이 강하며, 저온에서 생육
 - *Moraxella*와 비슷하게 냉장생선이나 육류를 부패시킨다.
- ⑨ *Alcaligenes* 속
 - 낙농식품과 달걀류와 같은 단백질 식품의 부패에 관여
- ⑩ *Brucella* 속 : 가축병원성 세균, brucellosis의 원인 세균, 기생
- ⑪ *Flavobacterium* 속
 - 발효능과 운동성이 없으며, 한천배지에서 노란색이나 붉은 색을 띤다.
 - 육류, 우유, 달걀 등의 낙농제품의 표면의 변색 및 부패의 원인균

2) Gram 음성 통성 혐기성 간균류

Escherichia, Salmonella, Shigella : 장내세균

Enterobacter, Serratia, Proteus : 토양이나 수중 미생물

Erwinia : 식물병원균

* Bacteriocin (단백질성 독소)을 생성

① *Escherichia* 속(대장균)

- 사람이나 온혈동물의 장관에 서식하면서 변 중으로 배설된다.
- 식품위생상의 지표미생물이다
- lactose와 당을 발효하여 각종 유기산(젖산, 초산, 개미산 등)을 생성
- 크기(0.5 ~ 1.0 x 1.0 ~ 3.0μ) 최적온도 (36 ~ 37 °C)

- Methyl red 시험에 양성반응

② *Enterobacter* 속

- 2, 3 butanediol을 생성, methyl red 시험에 음성
- 장관내에서 발견되며, 흙, 물, 곡류나 식물에 널리 분포

③ *Citrobacter* 속 - 구연산을 탄소원으로 이용

④ *Shigella* 속

- 비운동성으로 사람이나 다른 영장류의 장내가 서식체다.
- 식품을 통하여 전염되는 세균성 이질을 포함하여 각종 시겔라증의 원인

⑤ *Salmonella* 속 (병원성)

- *S. typhi*(장티푸스균), *S. typhimurium*, *S. enteritidis*(식중독균)

⑥ *Serratia* 속 - 붉은 색소를 생산하며 균체가 붉은 색이다

ex) *Serratia marcescens*

⑦ *Klebsiella* 속

- 식품부패 및 폐렴 유발, 헤팍에 싸여 있다.

⑧ *Erwinia* 속

- 식물병원균이며 야채류(오이, 당근, 채소)의 부패균이다.

ex) 흑반병(necrosis), 연부병(soft rots), 시들병(wilts)

⑨ *Proteus* 속

- 운동성이 강하며, 어린이 설사와 관계가 있다.
- 달걀이나 육류 등의 단백질 식품 부패균으로 H₂S를 생산

⑩ *Yersinia* 속

- *Y. pestis*(페스트균), *Y. enterocolitica*(돼지고기, 우유 식중독의 원인 균)

⑪ *Vibrio* 속

- 주로 물속에서 생존, Na 이온에 의하여 성장이 촉진

ex) *V. cholerae* (콜레라균), *V. parahaemolyticus*(장염 vibrio)

⑫ *Photobacterium* 속 - 바닷물에 살며 빛을 낸다.

⑬ *Zymomonas* 속 - 포도당을 분해하여 alcohol을 생산 (ED pathway)

3) Gram양성 구균류

① *Micrococcus* 속

- 호기성이며 발효력이 없다 (*Staphylococcus*와의 차이점)
- 우유, 고기를 비롯한 각종 식품의 부패의 원인이 된다.
- 색소형성(분홍이나 노란색)하며, 특성이 다양하다

② ***Staphylococcus* 속(포도상 구균)**

- 통성 혐기성으로 비강을 비롯한 포유동물의 피부에 산다.
- ***S. aureus* (황색 포도상 구균) 우리나라에서 가장 중요한 식중독 원인 균**
- enterotoxin(장관독)을 생성하는 화농균

③ ***Streptococcus* 속**

- 통성 혐기성으로 염주형으로 자란다.
- 동물의 피부나 점막에 기생하며 염증을 일으키는 균도 있다.

ex) *S. thermophilus* : 치즈제조에 사용

S. pyogenes : 성홍열, 인두염의 원인균 (용혈균)

*** 요구르트 제조균 : *Lactobacillus delbrueckii*, *L. bulgaricus***

④ ***Enterococcus* 속**

- *E. faecalis*는 젖산 생성균으로 배설물에 의한 식품오염이나 공장의 위생상태의 지표균으로 이용되기도 한다.

⑤ ***Lactococcus* 속 - *L. lactis* 요구르트나 치즈제조에 사용**

⑥ ***Leuconostoc* 속**

- Hetero 젖산발효균으로 상당량의 ethanol과 CO₂를 생산
- **버터나 치즈제조에서 starter로 함께 사용되는 *Latococcus* 균의 생육 촉진**
- **김치의 초기발효를 주도하며(생성된 산으로 다른 균의 생육 억제)**
- 설탕에서 점질물질인 dextran를 생성

⑦ ***Pedicoccus* 속**

- Homo 젖산발효형이며 맥주나 음료의 혼탁과 이취(diacetyl)를 내는 유해균
- 내염성이 강하며 간장의 숙성에도 관여하는 4연구균, 호염성균

4) 내생포자 형성균

① ***Bacillus* 속**

- **그람양성 호기성 간균으로 내열성 포자를 형성하기 때문에 100℃로 가열한 음식의 부패에 주된 원인균**
- Amylase, protease 생산(*B. subtilis*, 청국장제조(*B. natto*))
- 항생제 생산 : *B. brevis*(Gramicidin), *B. subtilis*(bacitracin)
- **병원균 : *B. anthracis*(탄저병)**
- 독성물질 생산 : *B. thuringensis*(생물농약)
- *Bacillus* 속의 균주는 살균시험에 있어서 시험 균주로 이용

② ***Clostridium* 속**

- **Gram 양성의 혐기성 간균이며 내열성 포자를 형성**
- **통조림부패의 원인균**
- ***Clostridium*에 의한 식중독의 원인은 맹독성을 가지는 exotoxin을 생성**
- 전분, 단백질, 섬유소, 핵산 → 분해 → 다양한 물질생산

ex) *C. botulinium* (botulin 독소생성), *C. perfringens* (Welchii식중독)
C. tetani(파상풍균)

③ *Desulfotomaculum* 속

- Gram양성 간균으로 황, sulfite, sulfate 등을 환원하여 H₂S 생성(무기호흡)

④ *Sporolactobacillus* 속 : 미호기성으로 호모젯산 발효형,

5) Gram양성 정형 무포자 간균류

① *Lactobacillus* 속

- Cytochrome system이 결핍되어 있기 때문에 전자수용체로서 산소를 사용할 수 없다.

- 우유제품의 발효나, 젯산발효생산 등에 이용

ex) *L. delbrueckii* subsp. *delbrueckii* : 곡물발효물에서 발견

L. delbrueckii subsp. *bugaricus* : 요구르트제조에 사용

L. acidophilus : 장내세균으로 정장작용

L. bavaricus : 김치의 숙성

② *Listeria* 속

- 리스테리아증 : *L. monocytogens*에 의하여 유발

- 흙이나 동물의 분뇨로 오염된 채소나 우유 등의 식품을 통해서 감염

- 특히 냉장온도에서도 생육가능, phagocytic 세포 내에서도 생육

6) Gram양성 부정형 무포자 간균류

① *Corynebacterium* 속

- Catalase 양성균으로 흙에 널리 분포, 분뇨나 부패한 식물체에서 분리

- *C. diphtheriae*(디프테리아균), *C. glutamicum* (글루타민 생산균)

② *Propionibacterium* 속

- 미호기성으로 산소가 소량 존재시 성장이 촉진

- Propionic acid 생산, 비타민 B12 생산

- 스위스의 Emmental cheese에서 처음 발견

③ *Bifidobacterium* 속 - 모유로 자라는 유아의 주된 장내 미생물

- 생리작용 : 설사에 대한 예방, 장내부패균의 증식 억제, 장의운동촉진으로
변비방지, 면역력 증진 효과

ex) *B. infants*, *B. bifidum*

Table 식품과 관련이 깊은 세균

	식 품	관 련 균 주
식품의 부 패	전분식품 당과당질식품 야채, 과일 육류 어류, 해산물 식중독의 원인이 되는 것	<i>Bacillus, Serratia</i> <i>Bacillus, Leuconostoc</i> <i>Erwinia</i> <i>Pseudomonas, Acaligens, Clostridium</i> <i>Pseudomonas, Acaligens (A. chromobacter)</i> <i>Clostridium, Staphylococcus, Salmonella</i> <i>Proteus, Vibrio, Bacillus, Escherichia</i>
발효에 이 용	청국장 요구르트 등의 발효유 치즈 식초 침채류 젓갈류 아미노산발효 핵산발효 젖산발효 효소생산	<i>Bacillus natto</i> <i>Streptococcus, Lactobacillus, Leuconostoc</i> <i>Lactobacillus, Streptococcus</i> <i>Acetobacter</i> <i>Leuconostoc, Pedicoccus, Lactobacillus</i> <i>Staphylococcus, Bacillus, Micrococcus</i> <i>Psedomonas, Moraxella</i> <i>Brevibacterium, Corynebacterium</i> <i>Brevibacterium, Bacillus</i> <i>Lactobacillus</i> <i>Bacillus(amylase, protease)</i>

7) 방선균 및 관련세균

* **군사상으로 성장하여 포자를 형성하는 미생물로서 원핵세포이며 항생물질을 생산하는 종류가 많다.**

① *Streptomyces* 속

- 실 모양의 군사가 방사상으로 신장, **무성포자를 형성하는 호기성균, 곰팡이와 유사, 전형적인 원핵세포를 가진 미생물**
- 세포벽의 구조는 gram 양성균과 유사하고 핵막과 mitochondria가 없으며, ribosome는 70S이다.
- **방선균의 GC 함량은 63 ~ 78%로 세균 중에서 가장 높다**
- 방선균은 토양 중에 널리 분포하고 유기화합물 분해 및 질소고정력이 있다.
- 식품에 번식하면 불쾌한 냄새가 나며, 식품에 흙냄새가 나는 경우가 있음
- **방선균은 항생물질 및 생리활성물질 생산균으로 많이 이용되고 있다.**

ex) *S. griseus* : streptomycin 생산, protease 생산

② *Nocardi*형 방선균 : 왁스, 고무, 석유등의 오염물질 분해

ex) *N. asteroides* : 손, 발 무좀 원인균

8) 고세균 : Archaea [ar'ke-a]

- * 원핵세포로 구성되어 있지만 세포벽은 peptidoglycan 층이 없다
- * 극한 환경하에서 생존하며, 특이한 대사과정을 수행한다.

① 메탄생성 고세균

- 엄격한 메탄이 주요 대사 최종산물이다.
- S^0 는 에너지 생산 없이 H_2S 로 환원된다

② 고대황환원균

- H_2S 가 티오황산염과 황산염에서 형성
- 티오황산염과 수소로 독립영양성장, 종속영양으로 성장할 수 있다

③ 극호염성 고세균

- 성장에 높은 농도의 NaCl 요구

④ 세포벽이 없는 고세균

- 세포벽이 없는 다양한 형태의 세포
- 호열산성과 화학유기영양, 조건부 혐기성

⑤ 초고온성 S^0 -대사균

- 절대적 호열성(적정성장온도 70-110°C)

9) 젖산균

- 당류를 발효하여 젖산(lactic acid)을 생성하는 세균이다.
- **치즈, 버터, 요구르트, 젖산균음료, ensilage, 청주와 간장제조** 등에 이용
- 정장제, dextran의 제조, 비타민과 이미노산의 미생물 정량에 이용

① 생리적 특성

- **그람양성, 비운동성**, 간균 또는 구균으로 당을 발효하여 젖산이나 젖산 이외의 부산물을 생성
- 대부분 **catalase 음성인 미호기성**이며 **산소의 분압이 낮은 환경에서 잘 생육**한다.
- 비타민, 아미노산, 펩타이드 등의 영양을 요구하며 젖산생성 적온은 35~50°C이다.

② 젖산균의 종류와 용도

- 젖산제조에 이용되는 균주 :

- *Lactobacillus delbrueckii* : 전분당화액이니 당밀을 원료
그람양성, 간균, catalase 음성, 호모형 젖산균
- *Streptococcus cremoris*, *Sc. latis* : 우유나 유청을 원료

- 젖산균 제제에 이용되는 균주 :

- 저장제 이용균주 : *Sc. faecalis*, *L. bifidus*, *L. acidophilus*

○ 청주 기타 주류 양조에 관여하는 균주 :

- *Leuconostoc mensei*, *L. sake* : 청주 양조시 술밑배양에 젖산균이 관여하여 잡균의 번식을 억제하고 효모의 배양에 적합한 조건을 만들어 주는 젖산균.
포도주와 맥주의 양조에 관여하여 특유한 향미 생성

○ 유제품 제조에 이용되는 균주 :

- *Sc. lactis* : 치즈의 starter
- *L. bulgaricus* : 버터의 starter
- *L. casei* : 치즈의 숙성
- *L. bulgaricus*, *Sc. thermophilus* : 요구르트제조
- *L. delbrueckii* : kefir제조

○ 김치 및 장류에 관여하는 균주 :

- *L. plantarum*, *L. brevis* : 김치의 산미
- *Pedococcus sayae* : 간장의 젖산균

○ Dextran 제조에 이용되는 균주 :

- *Leuconostoc mensei* : sucrose로부터 dextran 생성

○ 미생물 정량에 이용되는 균주 :

- *L. casei* : amino acid 정량
- *L. leichmannii* : 비타민 B₁₂ 정량
- *L. fermenti* 맥주에 있는 비타민 B₁을 정량

○ 식품부패에 관여하는 균주 :

- *L. homohiochi*, *L. heterohiochi* : 저장중인 청주에 백탁을 일으키고 악취가 나게 하는 화락균
- *Pedococcus cerevisiae* : 맥주를 탁하게 하고, pH를 낮추며, 나쁜 냄새의 원인균으로 beer sarcina라고 하는 유해균
- *L. thermophilus* : 생육온도가 50~60℃ 정도로 내열성이 커서 장시간 저온 살균하고도 죽지 않아 우유를 산패시킨다.

표 3-2 식품에 중요한 세균류

분 아	그 램 양 성		그 램 음 성	
	간 균	구 균	간 균	구 균
저 장	<i>Bacillus</i> <i>Brochothrix</i> <i>Clostridium</i> <i>Desulfotomaculum</i>	<i>Micrococcus</i> <i>Staphylococcus</i> <i>Pediococcus</i>	<i>Pseudomonas</i> <i>Acetobacter</i> <i>Alcaligenes</i> <i>Erwinia</i> <i>Flavobacterium</i> <i>Proteus</i>	<i>Moraxella</i>
위 생	<i>Listeria</i>		<i>Brucella</i> <i>Escherichia</i> <i>Salmonella</i> <i>Shigella</i> <i>Vibrio</i> <i>Yersinia</i>	
가 공	<i>Lactobacillus</i> <i>Corynebacterium</i> <i>Propionibacterium</i> <i>Bifidobacterium</i> <i>Brevibacterium</i>	<i>Lactococcus</i> <i>Leuconostoc</i> <i>Streptococcus</i>	<i>Gluconobacter</i> <i>Xanthomonas</i> <i>Zymomonas</i>	

표 3-6 간단한 식품미생물 분류표

구 균	그람양성		호기성	<i>Micrococcus</i>
			통성혐기성	<i>Staphylococcus, Leuconostoc, Streptococcus</i> <i>Pediococcus</i>
	그람음성		호기성	<i>Moraxella, Acinetobacter</i>
간 균	그람양성	내생포자	호기성	<i>Bacillus</i>
			혐기성	<i>Clostridium, Desulfotomaculum</i>
		무포자	호기성	<i>Corynebacterium, Propionibacterium</i>
			통성혐기성	<i>Lactobacillus, Listeria</i>
			혐기성	<i>Bifidobacterium</i>
	그람음성		호기성	<i>Pseudomonas, Xanthomonas, Gluconobacter</i> <i>Acetobacter, Shewanella, Alcaligenes,</i> <i>Brucella, Legionella</i>
			통성혐기성	<i>Escherichia, Enterobacter Salmonella, Shigella</i> <i>Proteus, Erwinia, Yersinia, Vibrio</i>
			혐기성	<i>Bacteroides</i>