Chapter 9. 식품 미생물의 출처와 식품의 부패

강의 요점	○ 대장균 검사법 (정성실험과정) : broth법, BGLB 배지법, Deoxycholate 유당한천 배지법 ○ 식품의 미생물에 의한 부패 ○ 부패생산물(당질, 지질, 단백질) : ○ 부패판정 기준 및 방법 :
Key word	1) 대장균의 특성 : - Gram 음성, 무아포성 간균, 호기성 또는 통성혐기성 - 젖당을 분해하여 산과 가스 발생 2) Lactose broth 법(대장균 검사법) - 대장균 군의 정성시험 : 3단계로 구분 (추정시험, 확정 시험, 완전시험) 3) 정량시험 : 대장균수를 측정(최학수법) 4) 대장균의 감별시험법(IMViC 검사) : - *E. coli* 와 *Enterobacter aerogens* 구분 5) 지표미생물(indicator organisms) 6) 식품의 미생물 기준 : 지표미생물 7) 미생물이 생산하는 대사산물 : 주요 식품들의 대표적 부패 미생물 ○ 곡류 및 곡류제품 ○ 과실류 : *Penicillium* - 대부분의 과실에서 중요한 부패 미생물(곰팡이) - 감귤류 과실에 연부병(soft rot) 유발 - 낙엽성 과실에 푸른곰팡이 병(blue mold rot) ○ 연부병(soft rot) : 당근, 양배추, 다른 채소에서 발생 - 곰팡이 : *Rhizppus, Aspergillus, Alternaria* - 세균 : *Erwinia carotovora* ○ 토마토 쥬스 통조림 변패 : - *Bacillus coagulans*의해 무가스 산패(flat sour)형의 변패 유발 ○ 탄수화물 식품군 ○ 동물성 식품 - 육류, 염지육, 어패류 - 낙농제품(우유, 버터, 치즈), 달걀 - 통조림 식품의 부패 8) 부패의 판정 방법 - 관능검사, 세균검사, 화학적 검사법

◎ **미생물에 의한 식품의 유해현상의 두 가지 형태**

- 미생물의 **증식 또는 대사산물**에 의하여 야기되는 부패현상
- 병원미생물의 증식(**감염**) 또는 대사산물(**독소**)의 생성을 통하여 (식)중독으로 사람에게 여러 가지 질병을 유발, 특정미생물의 성장

◎ **부패현상 : 악취, 산 생성, 산패, 가스 생성, 또는 변·착색 등**

1. 식품 미생물의 출처

* 토양, 물, 공기, 식물, 사료, 동물, 사람, 하수, 가공장치, 식품재료, 포장재료 등

<표> 미생물의 생육출처에 따른 주요 균주비교

토 양 (soil)	
주요세균	*Pseudomonas, Achromobactor, Flavobacterium, Alcaligens, proteus, Escherichia, Aerobacter, Micrococcus, Streptococcus, Lactobacillus, Arthrobacter, Clostridium, Streptomyces*
곰팡이	***Penicillium, Aspergillus**, Mucor, Rhizopus*
효 모	*Pichia, Hansenula*
물 (water)	
주요세균	*Pseudomonas, Flavobacterium, Acinetobacter, Alcaligens, Aerobacter, Moraxella, Micrococcus, Streptococcus, Lactobacillus, Klebsiella, Aeromonas, Corynebacterium, Escherichia,*
공 기 (air)	
곰팡이	***Penicillium, Aspergillus**, Cladosporium, Fusarium, Mucor, Tricodema*
세 균	*Bacillus, Micrococcus, Streptococcus, Staphylococcus, Proteus, Flavobacterium, Lactobacillus, Pedicoccus*
사 람	
주요세균	*Staphylococcus, Corynebacterium, Propionibacterium, Bacillus Micrococcus, Acaligens, Pseudomonas, Enterobacter, Klebsiella, Proteus, **Escherichia***

2. 식품의 미생물 기준과 미생물 검사법

1) 식품의 미생물 기준

식 품 류	세 균 수	대장균 군
시유, 강화우유	4만/ml 이하(평판법)	10/ml 이하
가당연유, 탈지분유, 가당분유, 조제분유, 유장분말	4만/g 이하(평판법)	음성
크림	4만/ml이하(평판법)	10/ml 이하
멸균시유, 무당연유	음성	음성
발효유	10^7/ml 이상(유산균 또는 효모 수)	음성
농후발효유	10^7/ml 이상(유산균수)	음성
버터	20/1g 이상(효모 또는 곰팡이)	음성
크림분말	4만/1g 이하(평판법)	음성
이유식, 마요네즈, 케첩	음성	음성
통조림류	음성	음성
얼음	100이하/g	음성
식육제품 : 햄, 소시지, 베이컨, 기타	음성	음성
어육연제품 : 생선햄, 생선소시지, 생선묵	음성	음성
청량음료수, 분말청량음료수	100/ml 이하, 3,000/1g이하	음성
아이스크림류: 유지방 8% 이상	100,000/용해수 ml	10/ml 이하
젖산균 음료	10^6/ml이상(유산균 수)	음성
수출품 : 굴 기타패류	100,000/1g 이하	MPN이 100g에 230을 초과하지 아니할 것

2) 미생물 검사법

■ 시료조제 방법 : 시료채취 → 시료원액조제 → 시료원액 희석

■ 오염지표세균수의 측정 :

- 총 균수 → 생균수, 일반세균수 : **표준평판균수측정법**

◎ **세균 검사용 배지(g/L) :**

- **표준한천배지(균수 측정용)** : Standard method agar (Plate Count Agar) Tryptone (5.0g), Yeast extract (2.5g), Dextrose (1.0g)
- **유당배지(Lactose broth)** : peptone(5.0g), Beef extract(3.0g), Lactose(5.0g)
- **BGLB 배지** : peptone(10g), lactose(10g), 우담즙말(20g), Brillant green(0.1%)
- **Endo 한천배지** : K_2HPO_4(3.5g), Peptone(10g), Lactose(10g), Sodium sulfite (2.5g), Basic Fuchin(0.5g)

◎ **대장균의 특성 :**

- Gram 음성, 무아포성 간균, 호기성 또는 통성혐기성
- 젖당을 분해하여 산과 가스 발생

◎ **대장균 군의 검사법 (정성실험) :**

- Lactose broth법, BGLB 배지법, Deoxycholate 유당한천 배지법

① **Lactose broth 법 (젖당 부이온법)**

- 영양소가 부족한 시료 중의 대장균 군 정성실험에 이용
- **청량음료수, 얼음, 생식용굴 등**

② **BGLB (brillant green lactose bile) 배지법**

- BGLB 발효관, 35±1℃, 48±3 시간 → 가스발생 관찰
- 가스발생하면 : EMB 배지, Endo 배지평판에 도말하고 분리·배양
- 증식이 쉬운 **세균의 정성실험** : 식육제품, 어육제품

③ **데옥시콜레이트 젖당한천배지법(desoxylcholate lactose agar)**

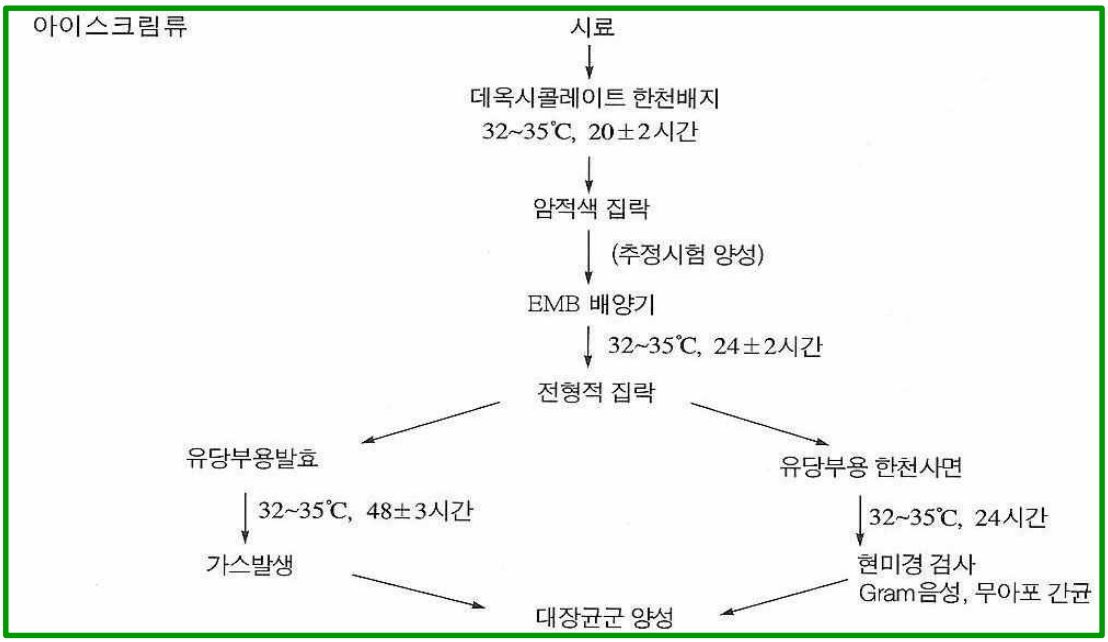
- 아이스크림류, 발효유, 젖산균음료, 버터, 치즈 등에 사용
- 생식용 냉동신선어류, **가열하지 않고 먹는 냉동식품** 등

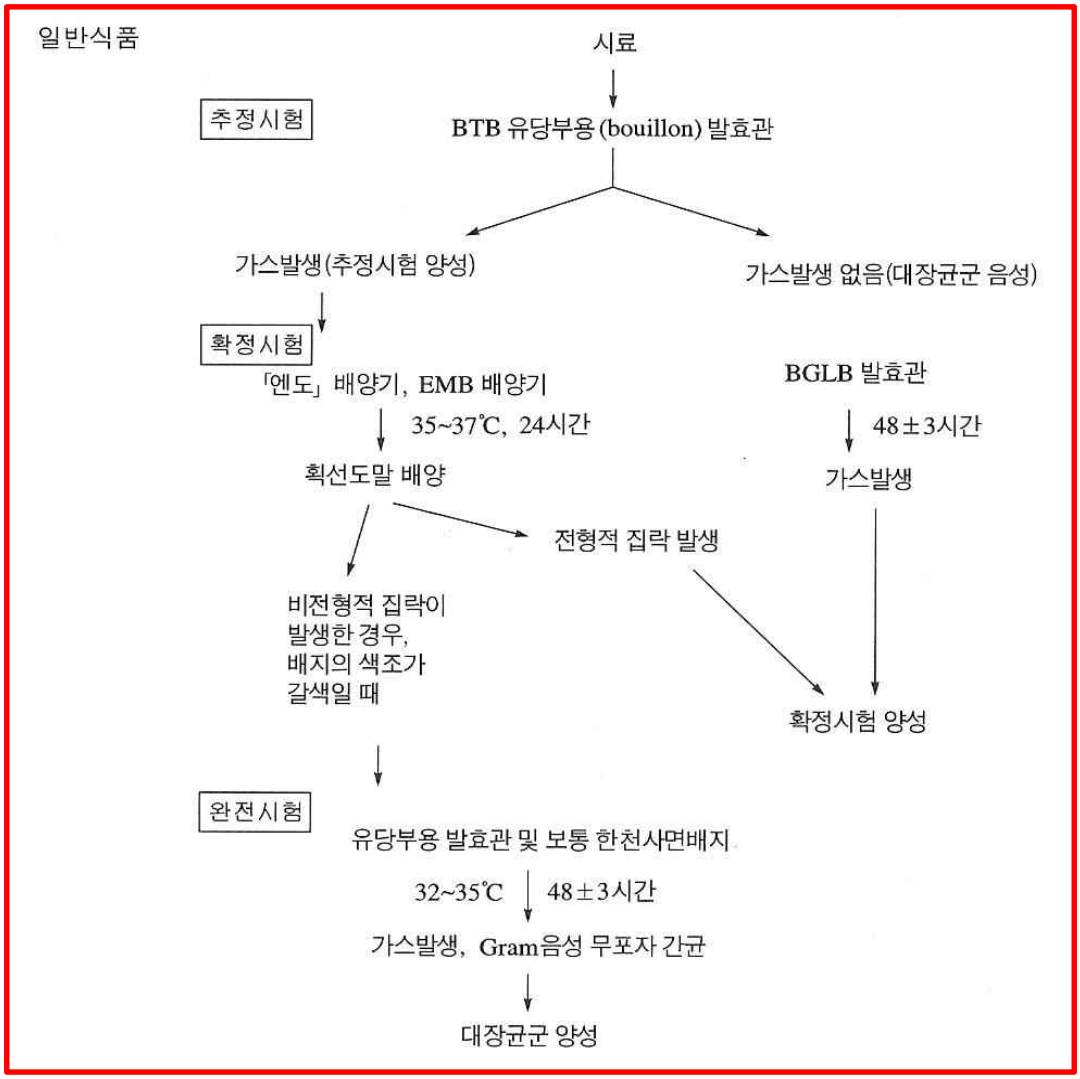
ex) Lactose broth 법

대장균 군의 정성시험 : 추정시험, 확정 시험, 완전시험의 3단계로 구분

* **추정시험** : **검체를 전처리** → **35±1℃, 24±2시간 배양하여 가스발생하면**
  추정시험 양성 ex) 발효관: Durham, Smith
* **확정시험** : 가스발생이 있는 발효관으로부터 BGLB 배지에 이식하여 35± 1℃, 24±2시간 또는 48±3시간 동안 배양했을 때 **가스 생성**을 보인 BGLB 배지로부터 Endo 평판배지에 분리배양 → **전형적인 대장균 집락형성** → 양성
  - **EMB 배지에서 녹색의 금속광택의 집락이 형성**
* **완전시험** : 확정실험에서 비전형적인 집락 및 배지의 색이 갈색인 경우 실시
  - **그람음성염색, 무포자성의 간균임을 확인**

[대장균측정법]





◎ **정량시험 : 대장균수를 측정(최확수법)**

◎ **대장균의 감별시험법(IMViC 검사) : *E. coli* 와 *Enterobacter aerogens* 구분**

검사법	Indole test	Methyl red test	Voges-Proskauer test	Citrate test
E. coli	+	+	−	−
E. aerogens	−	−	+	+

(acetoin 발생검사)

3. 지표미생물(indicator organisms)

- 식품의 품질수명과 병원미생물에 대한 식품의 미생물학적 품질을 반영하기 위해서 사용
- 바람직하지 않은 미생물학적 상태를 결정하는데 사용
- 지표 미생물 : 대장균군(coliforms), *E. coli*, *Enterobacteriaceae*, *Enterococcus*, *Pseudomonas*, *Clostridium*, *Staphylococcus*

1) 대장균 군(coliforms) :

- 젖당을 35℃에서 48시간 이내에 발효시켜 **가스를 형성**하는 모든 호기성 및 통성혐기성 **그람음성 비포자 형성균**을 말한다.
- EMB(eosin methylene blue agar) 배지에서 35-37℃, 24시간 배양하여 **황금빛 녹색의 금속성 광택을 띠는 미생물**
- 대장균군의 존재는 → 분변오염을 의미, 장내병원균들의 존재
- 동결저장 중 일반적으로 생존할 수 없어 지표미생물로서 가치가 거의 없다

ex) ***E. coli***, *Enterobacter aergenes, E. cloacae, Klebsiella pneumoniae*

2) 분변성대장균(fecal coliforms) : 44.5℃에서 젖당을 발효시키는 미생물

- *E. coli, Enterobacter, Klebsiella*
- 이균 군의 출현은 위생의 수준을 나타내며, 제품의 직접적인 오염을 나타내지 않는다.

3) E. coli : 지표미생물

- **가장 유명한 분변성 대장균 군에 속한다.**

4) 분변성 *Streptococcus* 및 *Enterococcus* 균

- **잠재적 지표미생물, 주생육처는 장관이다**

5) 식품품질의 지표미생물

- 미생물학적 품질 지표균들은 그 수가 증가하면 품질저하를 유발하는 부패 미생물이다.

표. 식품의 품질과 밀접한 관련이 있는 미생물 (J. M. Jay)

미 생 물	식 품
Acetobacter spp.	Fresh cider
Bacillus spp.	빵 반죽
Byssochlamys spp.	과일통조림
Clostridium spp.	경질치즈
Flatsour spore	야채통조림
Lactic acid bacteria	맥주, 포도주
Lactococcus lactis	원유(냉장)
Leuconostoc mensenterides	설탕(정제공정 중)
Pectinatus cerevisiiphilus	맥주
Pseudomonas putrefaciens	버터
Yeasts	과일주스 농축액
Zygosaccharomyces baillii	마요네즈, 셀러드 드레싱

표. 식품의 품질과 밀접한 관련이 있는 미생물이 생산하는 대사산물들

대 사 산 물	식 품
Cadaverine and putrescine	진공 포장된 소고기
Diacetyl	냉동주수농축액(0.8ppm 이상에서 버터밀크 향)
Ethanol	사과주스, 수산제품(훈제연어:75ppm 이상에서 부패 취)
Histamine	참치통조림
Lactic acid	야채통조림
Trimetylamine(TMA)	생선
Total volatile bases(TVB)	해산물
total volatile -N(TVN)	
Volatile fatty acids	버터, 크림

* TVS(휘발성염기)는 암모니아, 디메칠아민, TMA를 포함
* TVN(휘발성 질소)는 TVB와 수산물의 수증기로 방출되는 기타의 질소화합물 포함

4. 식품의 부패

1) 부패의 정의 및 개념

* 식품 → 생화학적 변화 → 유익한 생성물로 변화 : 발효
  유해한 생성물로 변화 : 부패

* 부패 : 어떤 식품에서 물질적 전환 또는 그 식품의 이용가치를 제한하는 변화

① **부패의 발생원인** : 외부적 영향, 식품자체가 갖는 물리적, 화학적, 생물학적 및 미생물학적 성질을 통하여 발생

② **발생 원인에 의한 부패의 형태**

- 미생물에 의한 부패
- 화학적(조직효소의 활성, 비효소적 화학변화) 부패
- 물리적(충격이나 냉동에 의한 손상) 부패
- 생물학적(곤충, 해충, 해로운 동물 등) 부패
- 비청결, 먼지 등에 의한 부패형태

③ **미생물에 의한 부패증상**

- 조직, 냄새(향기, 방향), 맛, 점질물 형성 등의 변화로 나타 남
- 외관 : 착색, 변색, 가스주머니형성, 팽윤, 곰팡이 성장 등의 변화

2) 미생물에 의한 부패

* 미생물의 종류 및 균수에 의하여 식품부패가 결정
* 식품의 부패에는 주로 세균이 관여한다.
* 세균의 증식이 불가능한 조건에서는 효모나 곰팡이를 통해 부패

3) 미생물 균수의 중요성

* 미생물학적 검사 → 식품의 균수를 측정 → 미생물학적 품질상태 및 건강상의 안정성 결정
* 여러 가지 배양방법들은 미생물균의 정성적 조성과 그들의 균수를 알려준다.

4) 미생물학적 품질과 건강상의 안정성

: 식품산업의 다양성 및 다변화로 미생물에 노출되는 기회가 증대

* **우수한 미생물학적 품질** :
  - 식품의 부패를 가져올 수 있는 미생물들의 수가 적어야한다
* 식품에서 가장 중요한 것은 **위생학상 무해함**을 얻는 것이다
* 감염된 식품은 **미생물의 전달 매개체**로 작용할 수 있다
* **특정 지표 미생물 검사 (indicators organism) :**
  - 분변지표미생물의 정량적 검사를 통하여 이루어진다
* **감염최소치 (minimal dose infection) :**
  - 해당 식품을 일상적 양만큼 섭취할 때 질병을 유발하게 되는 최소 균수
* **우수한 미생물학적 품질**을 얻기 위해 식품 제조공정에서는 **미생물학적 제어**가 수행되어야 한다.

ex) 위해요소 중점관리 기준 (HACCP, hazard analysis critical control point)

5) 주요 식품의 미생물에 의한 부패

○ 식품에 존재하는 미생물 : 식품재료, 수확, 취급, 가공 중 혼입, 보존처리 및 저장 중 생육균 등이 포함

○ **식품 그룹의 다양성에 따라 특징적인 미생물상을 형성**

○ **신선육, 도살한 육류, 야생동물, 가금류, 생선류 등의 표면에서 발견되는 미생물**
  - **주요 균** : *Pseudomonase-Acinetobacter-Moraxella*
  - **미생물 특성** : 성장을 위해 높은 aw 값을 필요로 하는 **그람음성의 저온성 미생물로서** 단백질이 풍부한 식품에서 전형적인 표면부패를 유발

[1] 곡류 및 곡류제품

* **미생물의 균종 및 균수** :
  - 토양, 비료, 곤충, 설치류, 수확시기의 기후조건 등에 영향을 받음

① 밀과 보리 : 포장 진균류가 주로 발견
  - *Alternaria, Fusarium, Helminthosporium, Cladosporium*

② 동남아시아 쌀 :
  - 세균류 : *Pseudomonas, Enterobacter, Micrococcus, Brevibacterium, Bacillus*
  - 곰팡이 : *Alternaria, Curvularia, Fusarium, Aspergillus, Penicillium, Rhizopus, Helminthosporium*

③ 우리나라 쌀 :

- *Aspergillus glaucus* (*A. repens*가 많이 존재), *A. candidus, A. oryzae, A. versicolor, Penicillum, Rhizopus* 등이 자주 발견
- *Bacillus, Pseudomonas, Brevibacterium*

④ 옥수수 곡립 : *A. flavus*

* 곰팡이들은 13% 이하의 수분을 함유하는 저장중의 곡류에서 서서히 사멸
* 포장 *Penicillium*의 성장을 위해서 0.86의 *aw*를 가져야 한다.
  저장 *Penicillium*의 최저 aw 값은 : 0.81 ~0.83 이다
* 내삼투압성 곰팡이, *A. glaucus* : 0.64 ~ 0.70aw 에서 포자형성
* *Mucorale* 곰팡이의 성장을 위한 aw : 0.93 ~ 1
* *A. restrictus, Sporendonema sebi, A. glaucus* : 0.78 ~0.80aw에서 성장

◎ 곰팡이의 성장에 미치는 인자 : 온도, 산소, 수분활성도, pH

[2] 과실류

* 성장기 과실 : 많은 수의 미생물 오염, 다양한 균종의 곰팡이 오염
* 숙성과정 중의 과실 : 균의 침입에 대한 감수성이 증가
* 수확된 과실 : 다양한 미생물을 함유

① 과실 → 낮은 pH → 내산성 균(*Lactobacillus, Leuconostoc*)
내산성 효모, 곰팡이

② *Penicillium* : 대부분의 과실에서 중요한 부패 미생물(곰팡이)

ex) ***P. digitatum, P. italicum*** : **감귤류 과실에 연부병(soft rot) 유발**
P. expansum : **낙엽성 과실에 푸른곰팡이 병(blue mold rot)**
***Alternaria*, 일부곰팡이 : 사과, 감귤류, 바나나, 파인애플 → 흑부병**

◎ 기타 과실 손상 병

- 회성병(brown rot), 탄저병(anthracnose), 회색곰팡이 병(gray mold rot)

◎ 과실 부패균

- **딸기류 부패균 : *Botrytis cinerea, Mucor mucedo***
- **통조림식품 부패유발균 (내열성포자형성균) : *Byssochlamys fulva, B. nivea***
- **과실즙 부패균 : *Lactobacillus***
- **텍스트란 생성균 : *Leuconostoc mesenteroides***

[3] 채소류

* 채소류는 토양의 다양한 미생물에 의하여 지배된다
* 채소류의 pH는 중성부근 : 곰팡이와 세균들이 부패 유발
* 토마토 : 낮은 pH를 가지므로 과실의 경우와 유사
* **고구마 : 흑부병으로 손상**

① 분홍부병(pink rot) : 샐러리 식물의 기저에서 발생
- 원인균 : *Sclerotinia sclerotiorum*

② 연부병(soft rot) : 당근, 양배추, 다른 채소에서 발생
- 곰팡이 : *Rhizppus, Aspergillus, Alternaria*
- **세균 : *Erwinia carotovora***

③ 토마토 쥬스 통조림 변패 :
- ***Bacillus coagulans*의해 무가스 산패(flat sour)형의 변패 유발**

[4] 기타 탄수화물 식품 군

* 수분활성도가 낮은 식품(곡류, 꿀, 비스킷, 캔디)

↓

높은 상대 습도에 저장, 대사에 의한 수분 생성으로 → 세균에 의한 부패 유발

* 진균류 : 습기찬 곡류의 변패를 유발하는 주 요인
* 변패 : 변색, 발아력감소, 중량의 감소, 곰팡이 독소의 생성, 온도상승, 영양가 손실
* 원당, 당밀, 꿀, 시럽 및 캔디 : 내삼투압성 효모, 내건성 진균류에 의해 부패 (osmophilic) (Xerophilic)

ex) *Zygosaccharomyces rouxii, Saccharomyces baili, S. bisporus*

[5] 동물성 식품

* 동물성 식품 : 냉동 또는 냉장(0 ~ 4℃)에 보관
* 저온성 미생물이 우세 → 부패의 주 원인균(*Pseudomonas, P. putrefaciens*)

① 육류의 부패형태
- 세균들이 고기의 자른 면 위에 성장하여 **이취와 점질물 생성**
- 세균의 성장에 너무 낮은 수분활성도에서는 유리한 **진균류가 성장**
- 혐기성, 통성혐기성 미생물에 의한 **뼈의 부패 및 근육심부의 부패**
- **myoglobin의 변화로 생기는 변색**

* 저온에서의 육류 **부패 원인균 : *Pseudomonas***로 표면에서 발생
* 부패육의 표면 미생물 : *Aermonas, Acaligenes, Acinetobacter, Moraxella, Flavobacteria, Enterobacter, Microbacterium, Proteus, Streptococcus*
* **육류의 부패 형태 - 이취, 이미, 점질물생성, 변·착색, H_2S, NH_3, indole, 아민류**
* *aw* 0.96 또는 그 이하에서 미생물의 성장은 저해

◎ 주요 육류 부패균
- 진균류 : *Thramnidium chaetocladioides, T. elegans, Cladosporium herbarum, Sporotrichum carnis*
- 흑색반점 유발균 : *C. herbarum, C. cladosporioides, Penicillium hirsutum, Aereobasidium pullulans*

- 백색반점 유발균 : *Chrysosporium pannorum, C. auremonium*
- 털 모양의 집락형성균 : *T. elegans, Mucor racemosus*
- **진공포장 감염균** : *Lactobacillus, Leuconostoc, Brochothrix, Enterobacter, Hafnia, Alteromonas*
- **가금류의 도살직후 발견되는 주요 미생물** : *Pseudomonas, Aeromonas, Moraxella, Acaligenes, Flavobacterium, Micrococcus*

② **염지육 : 외형적으로 육색과 향미가 변화**

* **신선육 → 식염, 아질산염, 질산염처리 → 염지육**
* 염지육의 aw : 0.88 ~ 0.95
  신선육의 aw : 0.98 ~ 1.0
* 베이컨 부패균 : *Micrococcus*, 효모, *Vibrio, Acinetobacter, Acaligenes, Arthrobacter, corynebacerium*
* 햄 : *Micrococcus, Microbacterium*, 젖산균, 효모
* 런천미트(lucheon meat) : *Bacillus, Micrococcus*
* 발효소시지(Mettwurst, Cervelat, Thuringer) : 젖산균에 의해 발효

※ 자연적인 발효에 의한 품질저하 또는 부패를 방지하기 위하여 : Start culture
→ bacterial starter culture, mold and yeast starter culture

③ **어패류**

* 부패형태 : 생선의 종류와 형태, 초기 미생물군, 어획지역, 어획방법, 가공방법, 저장방법에 좌우된다.
* 주요 부패 세균 : *Acinetobacter, Micrococcus, Proteus, Pseudomonas, Vibrio*
* 0℃에서 저장어류의 부패균 : *Pseudomonas*
* **어류의 산패** : 휘발성 염기류, 아민류, 유기산류, H_2S, 메르캅탄, SO_2 등이 부패취를 구성
* **생선류의 진공포장에 존재하는균 : *Lactobacillus, Microbacteria***

④ **낙농제품**

◎ **우유**

- 냉장된 우유에 발견되는 균 : *Pseudomonas, Acinetobacter, Acaligenes, Flavobacteria, Enterobacteriaceae*과
- 우유의 부패 유발균 : 내열성 저온균이 관여(heat-stable protease)
- *Pseudomonas* : 고미와 산패 유발
- **우유의 부패형태** : 이취, 지방산패, **가스 생성**, 산 생성, 단백질 응고, 점성의 조직감, 착색 등

◎ **치즈 :**

- *Pseudomonas fragi, Alteromonas putrefaciens* 등 :
  cottage 치즈 표면에 점성의 커드 형성
- ***Flavobacterium* : 표면착색**
- ***Rhodotorula* : 분홍빛 반점, 점질물 형성**
- *Torulopsis* : 노란색의 점질물
- *Geotrichum* : 황색의 표면 착색물
- 적색의 착색 : *Propionibacterium, Bacillus, Micrococcus*

*** 반경질 치즈의 가스 변패 :**

- 초기는 대장균에 의해서 유발, 후기는 *Clostridium tyrobutyricum*

◎ **버터 :**

- **버터의 부패 형태 :** 지방산의 자동산화, 미생물 효소에 의한 지방분해, 산패
- 버터와 마아가린에서 지방산 유리 관련균 : *Cladosporium, Candida, Pseudomonas, Micrococcus, Penicillium, Geotrichum*
- 올리브유, 코코넛유, 버터지방 등의 가수분해균 :
  Micrococcus, Pseudomonas, Serratia, Staphylococcus
- 마요네즈 부패균 : *Saccharomyces baillii*

⑤ **달걀**

* 곰팡이 : *Penicillium, Aspergillus, Cladosporium, Rhizopus, Mucor*
* 세균 : *Pseudomonas, Micrococcus, Bacillus, Proteus, Acaligenes, Flavobacterium, Citrobacter, Escherichia, Enterbacter*
* 효모 : *Rhodotorula*

⑥ **통조림 식품**

* 세균에 의한 통조림 식품의 변패 :
- 불완전 가공, 저장온도의 상승, 용기의 틈새 등에 의해 변패

◎ **통조림 식품부패를 유발하는 내열성 포자형성 균 :**

- **불완전가공 통조림 식품에 발견**
- ***Bacillus, Clostridium, Desulfotomaculum***

* *Bacillus stearothermophilus* : **비산성식품의 무가스 산패(flat sour)유발**
통성 혐기성이며, 70℃에서 생육

* ***B. coagulans* : 토마토 통조림에 무가스 산패(flat sour) 유발**
B. Stearothermophilus 보다 열에는 약하지만 산에는 더 잘 견딘다.

* ***Clostridium thermosacharolyticum* : 가스형성 부풀어 오름**

* ***Desulfotomaculum nigricans* : H_2S 생성 부푼 외형**

5. 부패생산물

1) 부패과정의 경시적 변화

◎ 동물조직의 사후 변화

- **자가소화(autolysis)** : 세포 속에 존재하는 효소
- **부패세균 증식** : 부패진행

ex) 대합(조개류)

- Collagen → 자가소화 → **젖산축적** → **pH 저하** : 부패속도 지연
- 대합오염 (Bacillus) → 아미노산 분해 → 암모니아, 트리메틸아민 등의 **휘발성 아민 증가**
- 48시간 경과 후 : 히스타민 다량검출
- 72시간 경과 후 : 티라민(tyramine) 다량검출
- 18-24시간 만에 부패를 식별

2) 부패생산물

* 함 질소화합물 (단백질, 아미노산, 핵산 등) 분해

- 생성물 : 암모니아, H_2S, indole, mercaptane, amine → 악취유발

① 단백질과 아미노산으로부터의 부패생산물

- 암모니아 : 산화적 탈아미노 반응, 비산화적 탈아미노 반응으로 생성
- 아민류 : 아미노산의 탈탄산반응

아 미 노 산	생 성 되 는 아 민
Tryptophan	Tryptamine
Tyrosine	Tyramine(*E. coli* 등)
Valine	Isobutylamine
Leucine	Isoamylamine
Lysine	Cadaverine(*E.coli* 등
Histidine	Histamine (*E.coli, C. perfrigens, Proteus morganii* 등)
Serine	Ethanolamine
Aspartic acid	L-alanine, β-alanine (*E. coli* 등)
Glutamic acid	γ-Aminobutyric acid(*E.coli, C. perfrigens*)
Arginine	Agmatine
Ornithine	Putrescine
Cystine	Cystamine

◎ **유황화합물 :**

- 황함유 아미노산 분해로 생성 : **H_2S, mercaptane**
- 부패형태 : 악취, 흑색으로 변화
- 관련세균 : *E.coli, Proteus morganii*

◎ **Trimethylamine(TMA) – 바다 생선의 부패취의 원인물질**

- 전구물질 : trimethylamine oxide (TMAO), 주로 연골어육에 존재
- **TMA생성 주요미생물** : *Pseudomonas, E. coli, Flavobacterium, Achromobacter, Proteus*

* **Indole** : Trp 분해 → indole (*E. coli* 등)

② **유지함유식품의 부패.**

* Lipid 분해(lipase) → glycerol + Fatty acid

* 지방이 산화되어 **과산화물[독성]생성**

* 저분자물질(aldehyde, alcohol, ketone)이 생성되어 **산패취가 발생**

③ **탄수화물식품의 미생물에 의한 변패**

* 혐기성균(Clostridium)에 의하여 불쾌취 발생

* 부패생성물 : acetone, butanol, isopropanol, acetoin, butyric acid 생성

3) 부패의 판정법

: 관능검사, 세균검사, 화학적 검사법

① **관능검사** : 부패취, 탁도, 생도

② **생균수 검사 :**

- **안정한계 : 10^5/1g 식품**
- 초기부패단계 : 10^8/1g 식품

ex) 액체식품(10^7-10^8/ml), 고체 식품(10^6-10^7/ml)

③ **식육, 어육 : 휘발성 염기질소측정**

- 신선 : 5-10mg%
- 보통 : 15-20mg%
- 부패 : 30-40mg%

*** 단백질 식품의 부패지표 : 암모니아를 측정(30mg%)**

* 상어 신선한 것 : 100mg%의 암모니아 함유

④ **트리메틸아민(TMA)의 측정 : 해산어류**

* 부패초기 : 4-6 mg%

⑤ **pH 및 산의 함량측정**

* 신선육 pH 7, 사후강직 시기 pH 6(젖산 생성), 부패초기 pH 6.2-6.5

*** 산(젖산)함량 : 신선(0.14-0.16%), 부패초기(0.18-0.20%), 부패(0.25%이상)**

⑥ **ATP 분해**

* 동물의 사후 ATP 분해 → 이노신, 이노신산 생산