

# Chapter 13. 발효식품

## 1. 장류

- 장류는 두류 및 곡물을 비교적 높은 소금농도에서 분해·발효시킨 전통적인 **조미식품으로 간장, 된장, 청국장, 고추장** 등이 있다
- 장류는 중요한 **아미노산을 공급하는, 기능성 조미식품**이다

### 1) 간장(Soy sauce)

- 콩 또는 콩과 밀에 protease 활성균주를 다량 번식시킨 후 **소금물 속에서 단백질을 분해시켜 숙성**한 액상의 조미식품
- 단백질분해방법에 따라 : 양조간장(재래, 개량간장)과 산 분해 간장으로 분류

#### ① 재래간장의 제조 및 관련 미생물

- ◎ **간장제조** : 원료 콩 → 증숙 → **마쇄 및 성형** → **띄우기** → **메주** → **담금(메주 + 소금물)** → **숙성** → **가르기** → **된장(고체)**  
↓  
**액체** → **달이기** → **간장**

#### ◎ **메주에 증식하는 미생물**

- 곰팡이 : *Mucor*속, *Rhizopus* 속, *Aspergillus* 속, *Scopulariopsis*
- 세균 : *Bacillus* 속(메주내부에 증식)

#### ② 개량간장의 제조 및 관련 미생물

- ◎ **간장제조** : 원료처리 → **코지제조** → **담금(코지 + 소금물)** → **숙성** → **압착** → **살균** → **간장** [박]
- 원료 : 탈지대두(지방제거), 밀( $\alpha$ 화도, 60-65%)
- 코지제조 : Protease 활성이 강한 균주를 원료(밀 : 탈지대두 = 45 : 55)에 접종 배양 → protease와 amylase 생산
- **종국곰팡이** : *Aspergillus sojae*, *Aspergillus oryzae*
- 소금농도(18-20%), 16% 이하 부패위험
- 발효 및 숙성 : 기간(6-12개월), 온도(1개월, 10-15°C 그 후 25-30°C유지),

#### ◎ **간장숙성 과정 중의 미생물**

- *Micrococcus* : 내염성이 없어 간장 덧 초기에 도태
- *Bacillus* : 소금과 젖산균에 의하여 도태
- *Pedococcus halophilus* : 온도의 상승에 따라 급격히 증식, **내염성균** 젖산생성 (pH 6.7 → 5.5 → 4.7(4.8) 하강)
- 내염성효모(*Zygosaccharomyces rouxii*) : NaCl 농도(25%)에서 증식 *Candida* 속 증식

- ◎ *p*-hydroxybenzoic acid, butylester(보존제) :  
- 간장표면에 백색피막을 형성하는 유해효모들의 증식억제

## 2) 된장(Soybean paste)

- ① 재래식 된장 - 재래식 메주를 사용하여 만든 된장
  - 막된장 : 간장을 빼고 남은 메주덩이를 이용하여 만든 된장
  - 토장 : 재래식메주 + 소금(15-18%) + 물을 혼합
- ② 개량식 된장 - 메주대신에 **코오지 (콩코오지, 쌀코오지)를 사용하는 방법**
  - 콩 코오지 제조 : 콩을 삶아 *Aspergillus sojae*, *Aspergillus oryzae*의 종국을 0.5% 가하여 띄우는 방법
  - 제조온도 : 30~35℃(흰색곰팡이) → 25~33℃(황록색) → 건조(개량메주)
  - 담금 및 숙성 → 마쇄 → 살균(100℃, 20min) → 포장

## 3) 청국장

- 콩을 물에 담가 삶아서 **납두균** (*Bacillus natto*, 학명은 *Bacillus subtilis*)을 접종하여 40 ~ 50℃에서 18-20시간 띄운다.
- 볏짚에 *Bacillus subtilis* 균이 많이 존재한다.

## 2. 침채류

- 채소에 소금을 가하여 발효 및 숙성시킨 것으로, 김치류(한국), 피클(미국), 사워크라우트(독일) 등이 여기에 속한다.

### 1) 김치(Kimchi)

- 채소류(무, 배추 등) + 양념 + 소금 → **젖산발효(숙성)**
- 김치숙성 : 온도와 소금농도에 의존한다.
- 저온 숙성시킨 것이 맛이 좋다(5 ~ 10℃, 숙성, 1 ~ 3℃ 저장)
- 배추김치 제조과정 : 배추 절이기 → 소 만들기 → 담금 → 숙성
  - **소 만들기 재료** - 무, 파, 생강, 마늘, 고춧가루, 젓갈
  - 부재료
- 숙성 : 5-7℃ 저온숙성(2-3주), 저온저장(1-3℃)
- ① **김치발효 중 미생물 상의 변화**
  - : 발효온도에 따라 미생물상의 변한다.
  - 담금직 후 : *Pseudomonas* 속(그람음성 호기성균)세균이 많음
  - 소금 + 혐기적조건 : 호기성균주 급격히 감소
  - *Leuconostoc* 속 신속히 증식 : 초기의 최우세 미생물

- ↓
- *Lactobacillus* 속(최우세 미생물) : 차츰 *Leuconostoc* 감소

↓

  - *Streptococcus* 속과 *Pedicoccus* 속 (발효 중기 이 후 서서히 증식)  
(산성 pH에서 잘 생육, 당에서 에탄올 발효)
  - 효모 :
    - *Saccharomyces servazzii* : 숙성 후기의 김치에 특히 많다
    - *Hansenula, Candida, Pichia* : 발효말기에 김치의 표면에 피막을 형성  
알코올 생산력이 없고 젖산을 소비

## ② 김치발효조건과 미생물

- 발효 중 발효온도와 소금농도가 젖산균의 속 구성에 큰 영향을 준다.
- 발효온도가 낮을수록 *Leuconostoc* 속의 증식이 유리(L. mesentroides)
- 소금농도가 높을수록 *Lactobacillus*속과 *Pedicoccus* 속의 증식이 유리

### ◎ *Lactobacillus* 속의 발효온도에 따른 균주변화

- 저온발효(5 ~ 10℃) : *L. sake, L. barbaricus, L. homohiochii*  
산 생산한계치 0.6 - 0.8% 정도
- 중온발효(20 ~ 30℃) : *L. plantarum, L. brevis*  
산 생산한계치 1.0 - 1.6% (산패균)로 매우 높다.

## ③ 미생물과 김치의 품질

- *Leuconostoc* : (헤테로형 젖산 생산균, 산 생산한계치 0.6 - 0.8%)  
김치 발효에서 가장 중요한 균
- *Lactobacillus plantarum, Pedicoccus*(호모 발효형 젖산균) : starter로 사용  
→ 숙성 시킨 후 즉시 저온으로 유지 → 발효생성 냄새제거 및 가스발생 감소
- *Saccharomyces* 속 : 알코올 발효로 김치의 풍미에 기여, 발효온도가 낮고  
소금 농도가 높을수록 상대적으로 효모증식이 우세  
(동치미와 깍두기에서 효모의 역할이 중요)

## 2) 피클(pickle)

- 정의 : 채소나 과실을 소금물속에서 장기간 젖산균으로 발효시켜 발효성 당  
을 제거한 후 식초, 향신료 등을 가하여 조미한 것
- 종류 : sour pickle, sweet pickle, dill pickle
- 오이피클제조 : 오이 → 세척 → 담그기 → 발효 → 수세 → 제품화
- 발효조건 : pH 4.4-6.1, 온도 24-30℃, salt conc. 5-8%,

## ① 오이피클 발효에 관여하는 미생물

- 젖산균 : *L. plantarum*, *Pedococcus servisiae*, *Lactobacillus brevis*  
주로 산과 salt에 내성이 높은 젖산균 생육
- 유해미생물 : 산막효모 (*Debaryomyces*, *Pichia*) → 피클의 젖산을 소비  
→ 부패균의 증식 환경제공  
발효효모 (*Zygosaccharomyces*) : 부풀음(bloater)을 초래

## ② 자연발효에 의한 피클 제조시의 문제점

- 연부(softness) : **pectinase**에 의한 분해
  - 분해 세균 : *Achromobacter*, *Aeromonas*, *Erwinia*
  - 분해 곰팡이 : *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria*
- 부풀음(bloater) : 효모발효에 의해서 발생한 CO<sub>2</sub>에 의하여 발생

## ③ 조절된 발효법에 의한 오이피클제조

- 오이 염소살균(80 ppm) → 젖산균 starter 접종 → 발효
- 산 첨가 : 초산(대장균 증식억제), 초산염(젖산균이 발효성 당을 이용)
- **젖산균 starter의 접종 : *Lactobacillus plantarum*, *Pedococcus cervisiae***  
24-30°C, 6-8% NaCl 발효 잘 수행

## 3) 사워 크라우트(sauerkraut)

- 신선한 양배추를 젖산 발효시켜 저장하는 방법
- 3-6%의 당 함량을 가지는 양배추를 사용

### ① 발효

- 온도(20-24°C), 산도(1.7%)
- 기간은 온도에 따라 다양하다

### ② 관여하는 미생물

- *Leuconostoc mensesntroides* : 초기발효, 산도 0.7-1.0%가 될 때까지 산생성  
18-21°C에서 잘 생육, 2.5% 식염농도에서 생육이 저해
- *Lactobacillus plantarum* : 발효중기, 산도 1.5-2.0%, 많은 젖산생성

## 3. 발효 유제품

- 동물의 유즙을 **젖산균, 효모** 등으로 발효시켜 제조
- **요구르트, 치즈, 버터, 케퍼, 쿠미스** 등

### 1) 요구르트

#### ① 요구르트의 종류

◎ 발효 후 가미방법에 따른 분류 :

- **plain (natural) 요구르트** : 우유를 발효시킨 시큼한 맛의 정통 요구르트
- **Fruit 요구르트** : 과일을 preserves, puree 또는 잼의 형태로 첨가
- **Flavored 요구르트** : 감미료, 향료, 색소 등을 plain 요구르트에 첨가

② Starter bacteria

- *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*

- starter의 접종량 : 0.5-5%, 최적(2%)
- 두 균의 혼합비율 *S. thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* : 2:1-1:1
- 혼합배양온도(40-45℃), 최적배양온도(41-42℃)

■ 두 균의 공생으로 균의 증식도 빠르고 젖산의 생성도 촉진된다.

- *Streptococcus thermophilus* : formic acid와 pyruvate는 *L. bulgaricus*의 증식과 산 생성을 촉진
- *Lactobacillus bulgaricus* : casein을 분해하여 *S. thermophilus*가 이용할 수 있는 peptide 제공
- 젖산형태 : *S. thermophilus* L(+)형 젖산, *L. bulgaricus* D(-)형 젖산을 생성
- 향미성분 : acetaldehyde, acetoin, diacetyl 등

■ 요구르트에서 D(-)형의 젖산이 L(+) 형의 젖산보다 지나치게 만들 때는 향미가 강하게 느껴져 좋지 못하다.

ex) D(-)형 40-55%, L(+)형 45-60%

- 점질물질 : 최적 증식온도보다 낮은 온도에서 배양할 때 점질물질(다당류)의 생산이 증가된다. (*Sreptococcus thermophilus*, *L. bulgaricus*. )

2) 치즈

우유에 젖산균으로 젖산생성과 동시에 rennet로 우유를 응고시킨 다음 유청을 분리하고 카제인과 유지방의 응고체인 curd를 회수하여 숙성시킨 것

< 표 치즈의 분류 >

종 류	수 분	숙성에 관여하는 미생물
연질치즈	40% 이상	곰팡이(Camembert) 세균(Limburger) 숙성시키지 않은 것(cottage)
반경질치즈	36-40%	곰팡이(Roquefort) 세균(Brick)
경질치즈	25-36%	세균, 가스구멍이 있다(Swiss) 세균, 가스구멍이 없다(Cheddar)
초경질치즈	25% 이하	세균, 가스구멍이 있다(Parmesan)

\* 우유의 살균 : 63℃(30분), 72℃(15초)

① 치즈제조에 관련된 미생물

◎ 곰팡이

- *Penicillium roqueforti* : 푸른곰팡이, 내염성이 강함, 젖산대사. protease, lipase 생산, 아미노산 및 향미성분생산
- *Penicillium camemberti* : 흰곰팡이, protease, lipase 생산, 젖산대사

◎ 젖산균

- 중온성 starter : *Lactococcus lactis*, *L. cremoris*, *L. diacetylactis*, 등  
ex) Cheddar 치즈(영국의 경질치즈), camembert, cottage
- 고온성 starter : *Streptococcus thermophilus*, *L. bulgaricus*, *L. lactis* 등  
ex) emmental, limburger, parmesan 등의 치즈
- *Lactococcus*, *Lactobacillus* : **박테리오신 생산** (식중독균의 생육억제)

◎ *Propionibacterium* 속 세균

- *P. freudenreichii* subsp. *shermanii* 이며 스위스 치즈 눈 생성에 필수적
- 유당, 젖산, 알코올 등을 발효 시켜 propionic acid 생성
- 혐기성으로 성장이 느리고 소금에 대한 내성이 낮다.

◎ 치즈공장에서 파지(phage) 문제 및 대책

- 파지 저항성 균주사용, Rotation system 사용,
- 혼합균주 starter 사용, 파지 저항성 배지 사용 (Ca 결핍배지사용 등)
- 상업적인 냉동 농축 starter 사용, 환경의 위생적 관리

3) 발효크림버터

- 우유에서 분리한 크림(지방 30-35%)을 교동(churning) 하여 유지방만을 회수한 것
- Starter 젖산 균 : *Lactococcus lactis*, *L. diacetylactis*, *L. citrovorum*

4) 케퍼(Kefer)

- 코카시아 산악지대에서 유래된 발효유제품으로 염소, 양 및 소의 젖으로 만  
**들며**, 러시아에서 공업적으로 대량생산하며, **케퍼과립**을 이용하여 유즙을 발효
- 케퍼과립 : 미생물덩어리
- 주요미생물 : *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus kefir*, *Acetobacter aceti*  
*Kluyveromyces marxianus*(유당발효효모)

4. 발효소시지 (fermented sausage)

1) 발효소시지의 기원

- 지중해 연안이 기원지이며 로마시대에 이미 제조
- 공기 건조된 소시지(지중해), 훈연 건조된 소시지(독일), 반 건조형소시지(북미)
- 잘게 썬 고기에 탄수화물, 염지제(curing) 및 향신료를 가하여 casing에 충전한 후 발효 숙성시킨 것

\* **염지제 (curing agent)** : 소금(2.5-3%)과 아질산염 or 질산염 혼합물

2) 발효소시지 제조

- 세절 → 혼합 및 충전 → 발효 → 훈연(smoking) → 건조

### 3) 발효소시지 제조 시 미생물의 변화

#### ① 미생물의 변화

- 자연발효소시지의 우점 젖산균 :
  - 25℃ 이상(*L. plantarum*), 25℃ 미만(*Lactobacillus sake*, *L. curvatus*)
- 질산 환원균 : 지방분해에 관여, 그람양성 구균, catalase 생성(항산화제)  
ex) *Micrococcus*(신선한 발효소시지), *Staphylococcus*(저장된 발효소시지)

#### ② 고기색의 발색

- 아질산염의 첨가나 질산염을 첨가할 때도 **질산 환원 균에 의한 아질산염 생성**으로 같은 효과를 나타냄
- 아질산염은 **고기 색을 발색시키고 지방산패를 억제**

### 4) 발효소시지의 starter

#### ① 질산환원균

- **질산환원균 : *Micrococcus*, *Staphylococcus***
  - 질산염과 아질산염 환원력이 높음
  - 지방분해력이 있고 catalase를 생산
- ex) *S. carnosus*, *S. saprophyticus*, *S. simulans* (통성혐기성)  
*Micrococcus varians*(호기성)

☞ **고기색소 : 메트마이오글로빈 (갈색), 니트로소 미오글로빈 (적색)**

#### ② 젖산균

- 기능 : 젖산균의 가장 중요한 역할은 **젖산 생성으로 pH를 낮추어 제품의 안정성을 높여주는 것이다**
- **starter 사용되는 균종 : *Pedicoccus*, *Lactobacillus***
  - *Pedicoccus* : 32℃ 이상에서 발효되는 반건조 소시지의 스타터로 많이 사용  
ex) *Pedicoccus damnosus*, *P. acidilactici*, *P. pentosaceus*
  - *Lactobacillus* (우점종) : 낮은 온도에서도 잘 생육하므로 20-22℃에서 발효하는 건조 소시지의 제조에 적합  
ex) *Lactobacillus plantarum*(우점종), *Lac. sake*, *Lac. curvatus*

#### ③ 효모와 곰팡이

- starter 효모 : *Debaryomyces hansenii*
  - 소시지의 향미 및 발색을 좋게 함
- starter 곰팡이 : *Penicillium*
  - *Penicillium nalgiovense*, *P. candidum*, *P. expansum*
  - 소시지의 외관을 좋게 하고, 지방과 단백질을 분해하여 향미를 제공, 산패를 억제한다.
  - mycotoxin 생산하지 않아야 한다.

## 참고자료

### ◎ 전분의 특성

#### ① $\beta$ -전분

- 전분 식품 중 생 전분( $\beta$ -전분)은 소화가 잘되지 않기 때문에 반드시 열을 가해야만 한다.
- 베타 전분은 전분 분자가 밀착되어 규칙적으로 배열되어 있기 때문에 물이나 소화효소가 침투지 못하는 형태이다.
- 이 베타 전분을 물에 끓이면 그 분자에 금이 가 물 분자가 전분의 속에 들어가서 **팽윤한 상태**가 되는데 이러한 현상을 **호화**라 한다.

#### ② $\alpha$ -화도 (호화도)

- 생 전분을 가열하면 생전분의 규칙적인 분자구조 배열이 흩어지게 되어 소화가 잘되고 맛있는 전분으로 된다.
- 이 과정을 '전분의 호화( $\alpha$ )'라 하며 가열된 전분을  $\alpha$  전분이라 한다.
- 높은 온도일수록 호화는 잘 일어난다. 호화된 전분은 부드럽고 맛이 좋으며 소화도 잘된다.
- 가열온도(80 °C 이상) 및 물의 양이 많을수록, 전분의 입자가 작을수록 호화 시간은 단축된다.

※ 전분 중 아밀로펙틴이 많은 전분은 호화가 되기 어렵다.

※ 쌀 전분이 완전히 호화되는데 90°C에서 20분간 가열하면 호화된다.

#### ③ 전분의 노화

- 호화된 전분을 상온에 두게 되면 점점 불투명해지면서 본래의 전분 구조와 유사하게 변형되어  $\alpha$ 화에서 풀린 미셀(micelle)구조가 재배열에 의해 분자가 집합되어 구조와 물성이 처음의 전분구조와 유사한 형태( $\beta$ 형)로 되돌아가는데. 이러한 현상을 노화라 한다.
- 호화전분의 노화를 지연시키려면 수분이 15% 이하의 경우에는 노화가 일어나지 않으므로  $\alpha$ 화 되었을 때 갑자기 수분을 탈수하면 오랫동안  $\alpha$ 형을 유지할 수 있다.
- 보수성이 강한 당이나 설탕, 고물 속에 두면 탈수제로 작용하여 노화가 둔화된다.