

10. 식품의 색과 갈변 (The Color of Food and Browning)

목 차

10-1. 색소의 분류

10-2. 식품의 주요 색소

10-3. 카로티노이드의 분류

10-4. 카로티노이드의 급원

10-5. 플라보노이드의 종류

10-6. 안토시아닌

10-7. 클로로필의 변화

10-8. 미오글로빈의 변화

10-9. 효소적 갈변반응

10-10. 비효소적 갈변반응

10-1. 색소의 분류

❖ 자연색소의 분류

- 자연색소의 분류
- 식품 급원
- 식물성색소 : 클로로필, 카로티노이드, 플라보노이드
- 지용성 : 카로티노이드, 수용성 : 플라보노이드
- 동물성색소 : 헤모글로빈, 미오글로빈, 멜라닌

- 화학구조
- 아이소프레노이드 : 카로티노이드, 잔토피(옥시카로티노이드)
- 테트라피롤 : 클로로필, 헤모글로빈, 미오글로빈
- 벤조피란 : 플라보노이드

10-1-1. 색소의 분류

식품 급원에 따른 분류

| 급 원 | 특 성 | 색 소 | 식품 및 분포 |
|-----|---------|---------------------|-------------|
| 식물성 | 지용성 | 클로로필(chlorophyll) | 녹색 식품 |
| | | 카로티노이드(carotenoid) | 노랑 · 주황색 식품 |
| | 수용성 | 안토사이아닌(anthocyanin) | 적 · 자색 식품 |
| | | 안토잔틴(anthoxanthin) | 백색 식품 |
| | | 타닌(tannin) | 무색 채소 · 과일류 |
| 동물성 | 헴류 | 헤모글로빈(hemoglobin) | 혈액 |
| | | 미오글로빈(myoglobin) | 근육 |
| | 카로티노이드류 | 루테인(lutein) | 난황, 고추 |
| | | 아스타잔틴(astaxanthin) | 새우, 게, 연어 |
| | 기타 | 멜라닌(melanins) | 피부 |
| | | 리보플래빈(riboflavin) | 생선 |

자료: 조신호 외(2014). 식품화학.

10-2. 식품의 주요 색소

❖ **클로로필(Mg)** : 녹색색소

- 지용성
- 클로로필 a : 클로로필 b = 3 : 1

❖ **헴색소(Fe + 글로빈)** : 헤모글로빈, 미오글로빈

- 적색색소

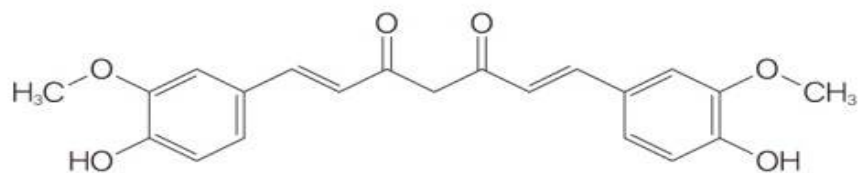
❖ **카로티노이드(carotenoid)** : all-trans 형태의 C₄₀ 아이소프레노이드

- 지용성
- 과일, 야채

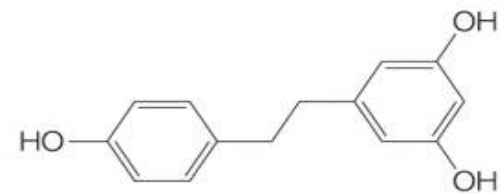
❖ **멜라닌** : 동물성 검은 색소

- 문어, 오징어 먹물

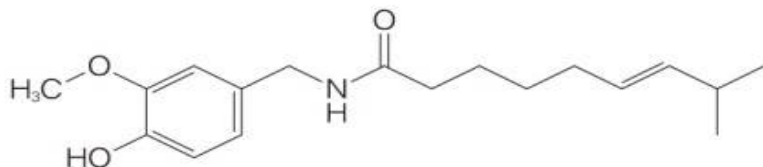
10-2-1. 식품의 주요 색소



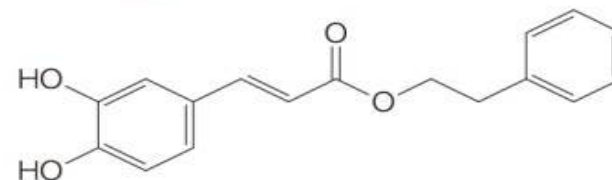
강황(쿠쿠민)



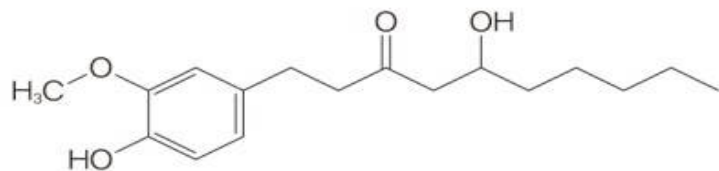
포도(레스버라트롤)



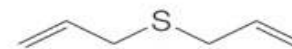
고추(캡사이신)



꿀(카페산페네틸에스터)



생강(6-진저롤)



마늘(다이알릴설피드)

< 식품에 함유된 대표적 피토케미칼 >

자료: Surh, YJ(2003). Nature Rev. Cancer.


Oc1ccc(cc1)-c2cc3oc4ccc(O)c(O)c4c(=O)c3cc2C=CC(C)=CCC=C(C)C=CC=C(C)C=CCCC=CC=CC=CC=CCOc1c[nH]c2ccccc12CS(=O)CCCCN=C=S

< 식품에 함유된 대표적 피토케미칼 >

자료: Surh, YJ(2003). Nature Rev. Cancer.

10-3. 카로티노이드의 분류

- **구조** : 8개의 아이소프렌(isoprene) 단위 → all-trans 형태의 C_{40} 아이소프레노이드(isoprenoid) → 지용성
- **분류**
- ① **형태**
- 사슬 : lycopene
- 한 고리 : γ -carotene
- 양 고리 : α , β -carotene, zeaxanthin, lutein, cryptoxanthin
- ② **비타민 A 전구체**
- O : α , β , γ -carotene, cryptoxanthin
- X : zeaxanthin, lutein, lycopene
- ③ **산소** : -OH, -C=O
- O : α , β , γ -carotene, lycopene(카로틴)
- X : zeaxanthin(cis), lutein(trans), cryptoxanthin(잔토폰, 옥시카로티노이드)

10-4. 카로티노이드의 급원

❖ **β -carotene** : 오렌지색 과일, 야채

- 당근, 복숭아, 살구, 자두, 망고, 파파야, 오렌지, 고구마, 호박, 토마토, 수박, 산딸기, 단감, 귤

❖ **cryptoxanthin** : 주황색 과일, 야채

- 감귤류, 옥수수

❖ **lutein** : 녹황색 과일, 야채

- 덜 익은 두과류 및 과일, 시금치, 난황

❖ **zeaxanthin** : 옥수수

❖ **lycopene** : 붉은색 과일, 야채

- 토마토, 귤, 수박, 적포도

10-5. 플라보노이드의 종류

❖ **플라보노이드(flavonoid)** : 식물성 폴리페놀계 화합물, Phe로부터 유래

- 수용성

- 종류 :

- **안토잔틴(anthoxanthin)**

- **안토시아닌(anthocyanin)** : 안토시아니딘(anthocyanidin) + 당

- **타닌(tannin)** : 카테킨(catechin)

❖ **안토잔틴(anthoxanthin)의 종류**

- **플라바놀(flavanol)** : 적포도주, 차, 초콜릿

- **플라바논(flavanone)** : 감귤류

- **플라본(flavone)** : 허브, 파슬리, 샐러리

- **이소플라본(isoflavone)** : 대두 (콩과)식물

- **플라보놀(flavonol)** : 양파, 브로콜리

10-6. 안토시아닌

- ① 분류
 - 안토시아니딘(비배당체) + 당 → 안토시아닌(배당체)
 - 안토시아닌 + 안토시아니딘 → 안토시아닌
 - 안토시아닌 : 적색 과일 및 채소, 적포도주, 양배추, 양파, 콩, 무
 - -OH : 청색 증가, -OCH₃ : 적색 증가
- ② 변색 : pH에 따른 변화
 - 산성(pH < 3) : 적색
 - 중성(pH 7.0) : 자색
 - 알칼리성(pH > 8.5) : 청색
- 금속에 의한 변화
 - Fe : 청색, Sn : 회색(자색), Zn : 녹색

10-7. 클로로필의 변화

① 클로로필레이스(chlorophyllase)

클로르필(청록색, 불용성) → **클로로필리드**(청록색, 수용성) :
알칼리 → 클로로필린(청록색, 수용성), 산 → 페오포비드(갈색, 수용성)

② 산

클로르필(청록색, 불용성) → 페오피틴(녹갈색, 불용성) → **페오포비드**(갈색, 수용성)
채소 데침(blanching) : 유기산에 의한 클로르필 → 페오피틴, 페오포비드
오이 → 피클, 배추 → 김치 : 젖산, 초산에 의한 클로르필 → 페오피틴, 페오포비드

③ 알칼리

클로르필(청록색, 불용성) → 클로로필리드(청록색, 수용성) → **클로로필린**(청록색, 수용성)

④ 금속

Mg-클로르필(청록색, 불용성) → Cu-클로르필(청록색, 불용성) : 알칼리 → **Cu-클로로필린**(청록색, 수용성)

10-8. 미오글로빈의 변화

헤모글로빈은 미오글로빈과 유사

① 산화

산화 : 미오글로빈(Mb)(Fe²⁺, 적자색) → 옥시미오글로빈(Mb-O₂)(Fe²⁺, 선홍색) → 메트미오글로빈(Met-Mb)(Fe³⁺, 암갈색)

② 가열

가열 : 미오글로빈(적자색) → 옥시미오글로빈(적자색) → 메트미오글로빈(암갈색) → 헤마틴(hematin)(Fe³⁺, 갈색) → 헤민(hemin)

③ 육류 가공저장

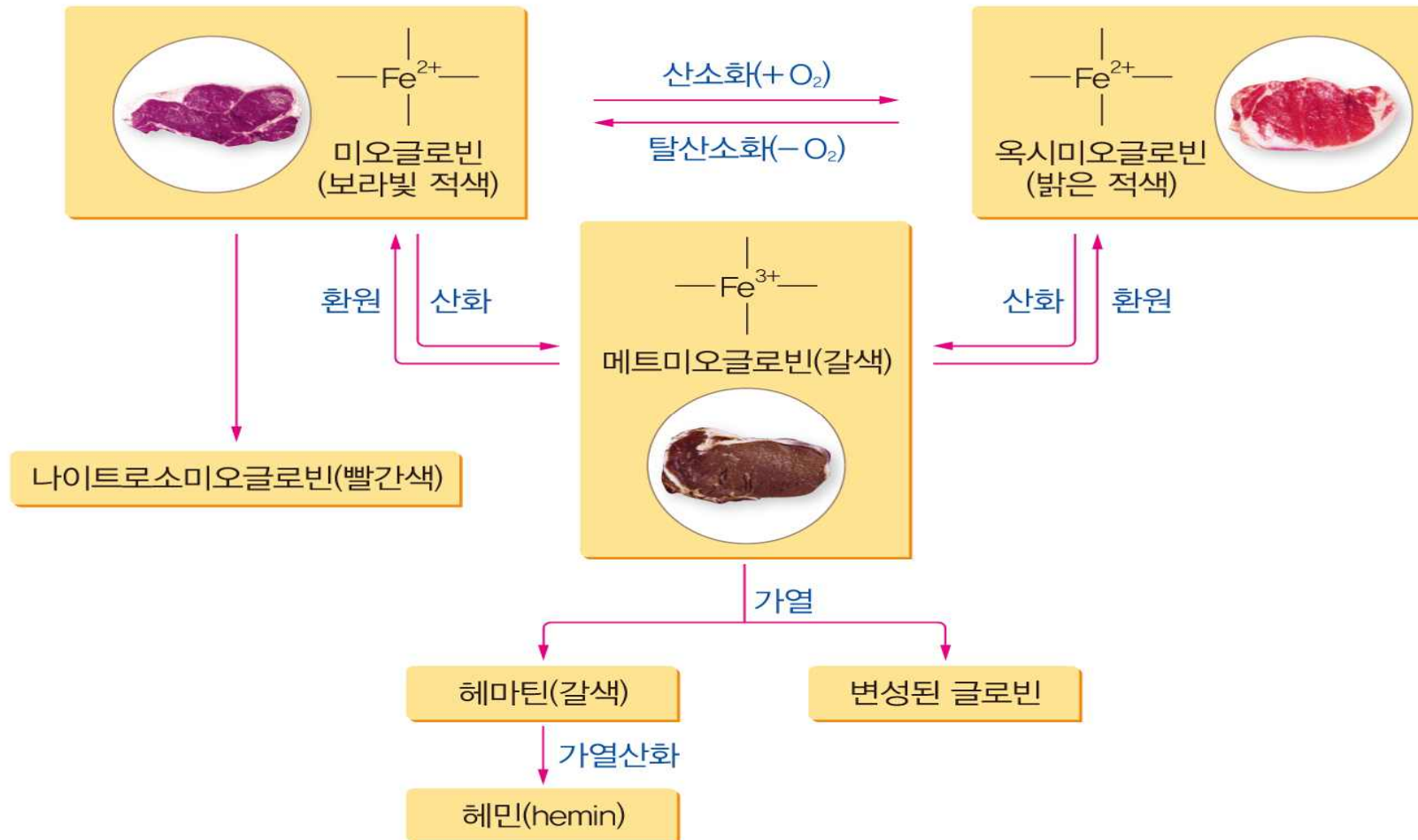
발색 : $\text{KNO}_3 \rightarrow \text{KNO}_2 + \text{lacate} \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{lacate K} \rightarrow \text{HNO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{NO} + \text{NO}_2$

$\text{KNO}_3 \rightarrow \text{HNO}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{미오글로빈(Mb)} \rightarrow \text{니트로소미오글로빈(NO-Mb, 선홍색)} \rightarrow \text{가열(훈제)} \rightarrow \text{니트로소미오크로모겐(선홍색)}$

발색제 : 질산칼륨(KNO₃), 질산나트륨(NaNO₃), 아질산나트륨(NaNO₂)

세균 : 헴 산화 → 설프미오글로빈(초록색) → 콜레미오글로빈(녹색)

10-8-1. 미오글로빈의 변화



< 미오글로빈 색의 변화 >

자료: 조신호 외(2014). 식품화학.

10-9. 효소적 갈변반응

식품의 갈변 : 식품의 색이 저장, 가공으로 갈색으로 변화

효소적 갈변반응

① **polyphenol oxidase(Cu)** : 사과, 배

polyphenol(무색) → 중합 → melanin(갈색)

활성 촉진 : Cu, Fe

활성 억제 : Cl(식염수) → 금속용기 사용 X, 묽은 소금물 → 갈변 억제

유용 : 녹차(카테킨, 녹색) → 홍차(테아플라빈, 적색)

② **tyrosinase(monophenol oxidase, Cu)** : 감자

tyrosine → DOPA(dihydroxy phenylalanine) → 중합 → melanin

tyrosinase, 수용성 : 물에 담가둠 → tyrosinase 용출 → 갈변 억제

효소적 갈변반응의 억제

① **기질 제거** : 클로로젠산, 카테킨, 카테콜 등 폴리페놀류

② **산소 제거** : 밀봉

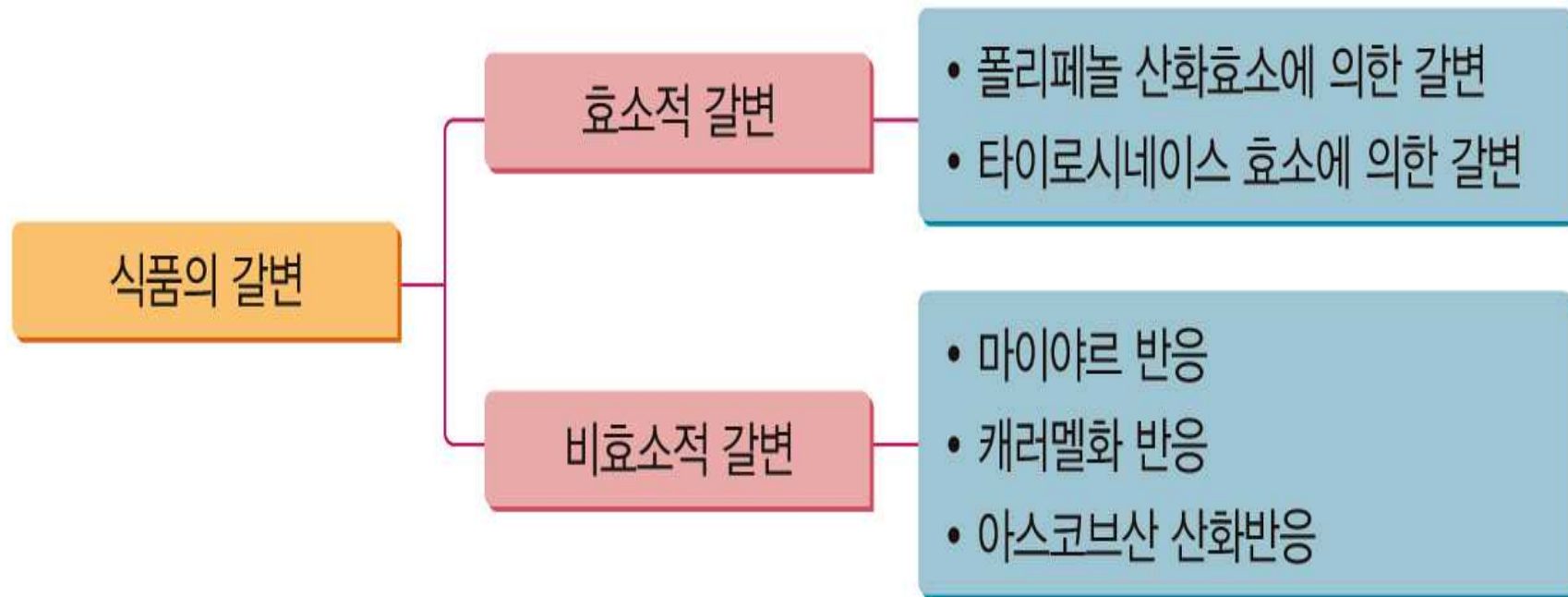
③ **효소 불활성화** : **polyphenol oxidase 불활성화**

가열 : 데치기(blanching, 75°C 이상)

환원제 첨가 : 아스코르브산, 아황산염, 아황산가스

소금물 : Cl, pH 감소 : 구연산

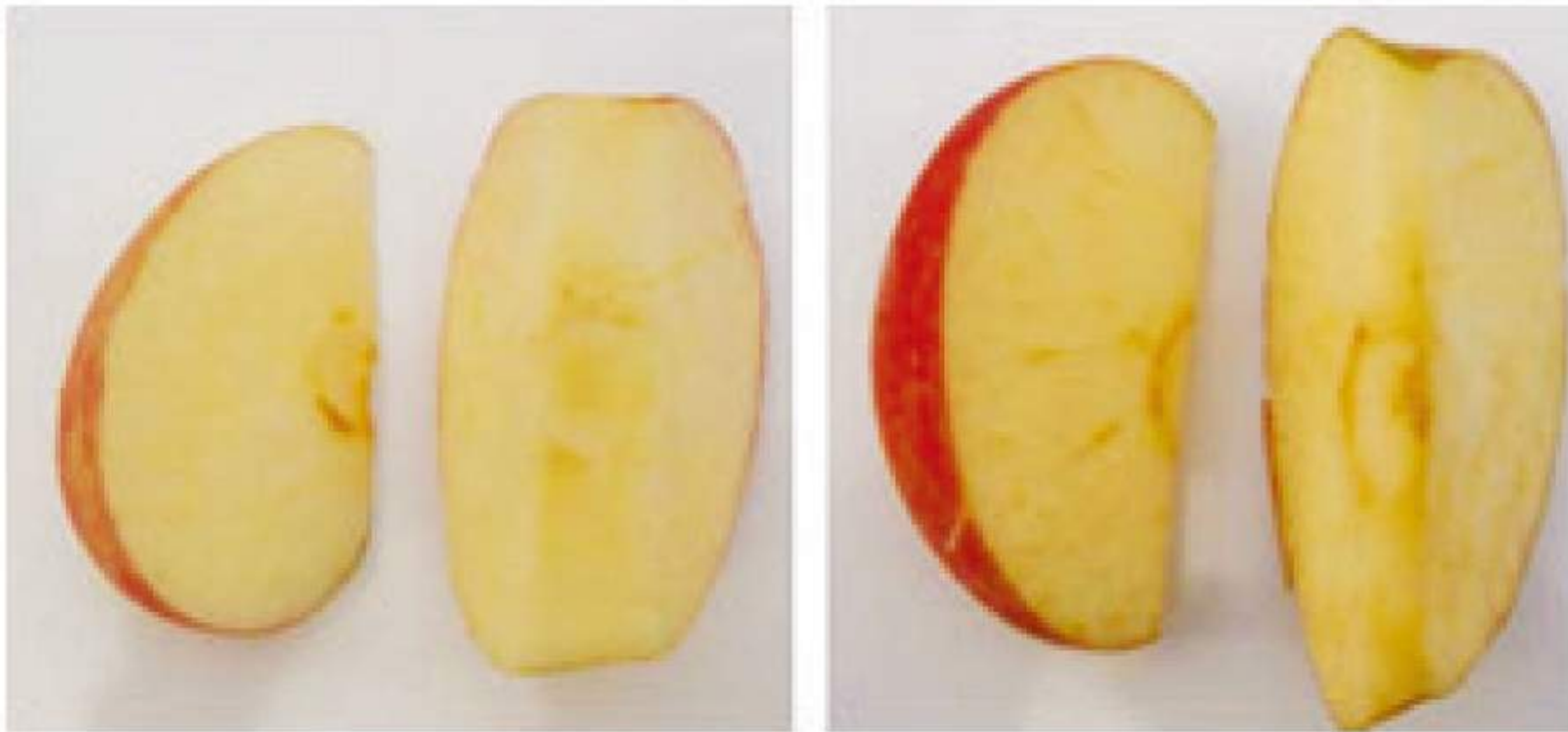
10-9-1. 식품의 갈변



< 식품의 갈변반응 종류 >

자료: 조신호 외(2014). 식품화학.

10-9-2. 효소적 갈변반응



< 폴리페놀 산화효소에 의한 갈변반응 >

자료: 조신호 외(2014). 식품화학.

10-9-3. 효소적 갈변반응의 억제

❖ 효소적 갈변의 억제방법

| 작 용 | 방 법 | 기 작 | 활용 예 |
|-----|--------|----------------------------------|---------------------------------------|
| 효 소 | pH 조절 | 최적 pH를 조절하여 효소를 불활성화 | 과일 껍질을 벗기고 묽은 구연산 용액에 담그기 |
| | 가 열 | 60℃ 이상에서 불활성화 | 기질제거로 반응 발생 어려움 |
| | 저해제 | 염소이온(Cl^-)이 효소의 작용 억제 | 과일 껍질 벗기고 소금물에 담그기 |
| 산 소 | 금속 차단 | 구리, 철 등의 금속이 산화 촉진 | 스테인레스 과도로 과일 깎기 |
| | 공기 차단 | 산소 제거 | 물, 설탕물, 소금물에 담그기 |
| | 산소 대체 | 산소 제거 | 탄산가스나 질소 등의 가스 충전 |
| 기 질 | 환원물질 | 환원물질로 기질을 환원 | 아황산수소소듐(NaHSO_3), 비타민 C 첨가 |
| | 기질의 회석 | 기질 제거로 반응 발생 어려움 | 물에 침지하여 타이로신 제거 |

자료: 조신호 외(2014). 식품화학.

10-10. 비효소적 갈변반응

마이야르(Maillard) 반응 : 커피, 홍차, 된장, 간장, 위스키(자연발생적)

카르보닐기(당) + 아미노기(아미노산) → 멜라노이딘(melanoidin, 갈색)

영향 인자 : 온도 증가(80°C 이상), pH 6.5 ~ 8.5, 오타당 > 육탄당 > 이당류(자당), 수분, 광선, 금속

캐러멜화 반응 : 과자, 빵, 비스킷, 캔디

당류를 170°C 이상에서 가열시 중합, 축합에 의한 갈색색소 생성 → 독특한 맛과 냄새

최적 pH 6.5 ~ 8.2

아스코르브산 산화 반응 : 감귤류, 주스의 갈변

산소 존재시 리덕톤류, 산소 부재시 오존류 형성하여 탈수, 축합에 의한 갈색 색소 생성

10-10-1. 비효소적 갈변반응



마이야르 반응 전후의 색 변화



캐러멜화 반응 전후의 색 변화

< 마이야르와 캐러멜화 반응 전후의 색 변화 비교 >

자료: 조신호 외(2014). 식품화학.