

chapter 2

식품 성분의 이해



1. 화학기호, 화학식, 화학방정식

1) 화학기호

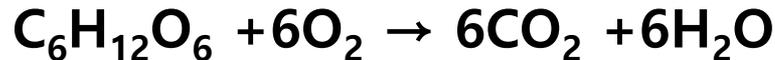
- 원소를 한 개 혹은 두 개의 문자로 축약하여 약어로 나타낸 것

2) 화학식

- 원소의 화학기호들이 서로 조합되어 H₂O(물)이나 CO₂(이산화탄소) 같이 표현되는 것

3) 화학방정식

- 화학반응이 일어날 때 반응물과 생성물의 관계를 보여주는 방법
- 반응물과 생성물의 원소의 종류와 개수는 같다.



반응물

생성물

1. 화학기호, 화학식, 화학방정식

족	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
주기	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H 수소																	2
2	3	4											5 B 붕소	6 C 탄소	7 N 질소	8 O 산소	9 F 플루오린	10
3	11 Na 나트륨	12 Mg 마그네슘	전이금속										13 Al 알루미늄	14 Si 규소	15 P 인	16 S 황	17 Cl 염소	18
4	19 K 칼륨	20 Ca 칼슘	21	22	23 V 바나듐	24 Cr 크롬	25 Mn 망간	26 Fe 철	27 Co 코발트	28 Ni 니켈	29 Cu 구리	30 Zn 아연	31	32	33 As 비소	34 Se 셀레늄	35 Br 브롬	36
5						42 Mo 몰리브덴											53 I 요오드	
6																		
7																		

- 생명유지에 필수적인 원소 : H, C, N, O, P, S
- 주요 식이 무기질 : Cl, Na, Mg, K, Ca, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, I
- 특수 세포기능을 가진 원소 : B, F, Al, Si, V, Cr, As, Se, Br, Mo

그림 2-1 식품학에서 중요한 원소들

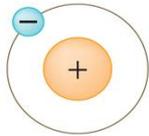
자료 : Peter S. Murano, *Understanding food science and technology*, Wadsworth, 2003

2. 전자궤도와 화학결합

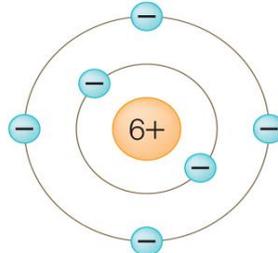
1) 전자배치

- 원자와 분자의 각 궤도에서 운동하는 전자의 배치상태
- 하나의 원자궤도에는 두 개의 전자까지만 존재
- 전자는 입자와 파동의 성질을 동시에 가짐
- 원자 또는 분자에서 전자를 발견할 수 있는 공간을 오비탈(궤도)라 함

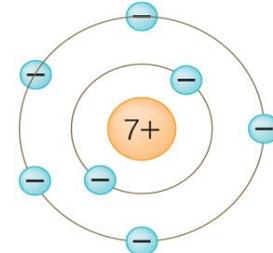
2. 전자궤도와 화학결합



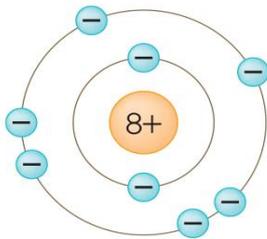
수소
양성자 1개
전자 1개



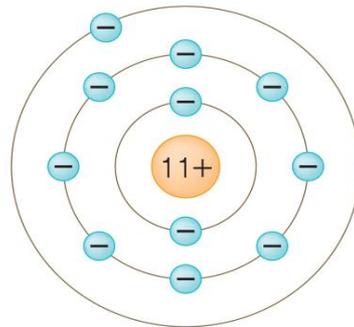
탄소
양성자 6개
전자 6개



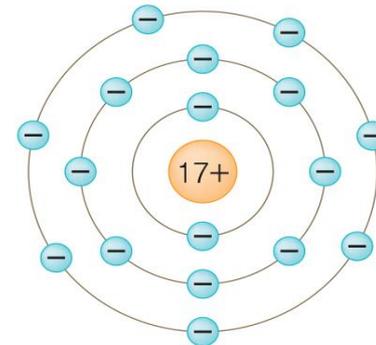
질소
양성자 7개
전자 7개



산소
양성자 8개
전자 8개



나트륨
양성자 11개
전자 11개



염소
양성자 17개
전자 17개

그림 2-2 원자의 궤도와 전자

2. 전자궤도와 화학결합

2) 화학결합

- 원자 또는 분자의 원자 간에 전자에 의해서 결합하는 것
- 화학결합이 일어날 때에는 에너지 필요
- 원자의 전자각 에너지 수준에서 최대 전자수는 $2n^2$ 개
- 원자는 최외각전자(outermost orbital or valence shell)가 8개일 때 화학적으로 안정

2. 전자궤도와 화학결합

3) 식품 속 화학결합들

- 화학물질들은 원자 또는 분자들간에 공유결합, 이온결합, 수소결합 등의 화학결합으로 결합

예) 아세트산 : 원자간 공유결합

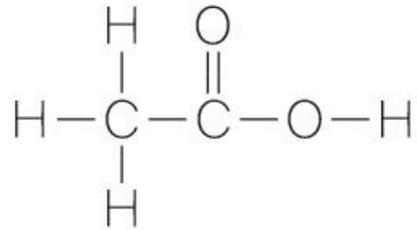


그림 2-3 아세트산의 구조

2. 전자궤도와 화학결합

1) 공유결합

- 원자가 가전자각을 채우기 위하여 다른 원자와 전자쌍을 공유하는 결합

예) H_2O : 원자 사이에 한 쌍의 전자를 공유

CO_2 : 원자 사이에 각각 이중결합으로 두 쌍의 전자를 공유

2. 전자궤도와 화학결합

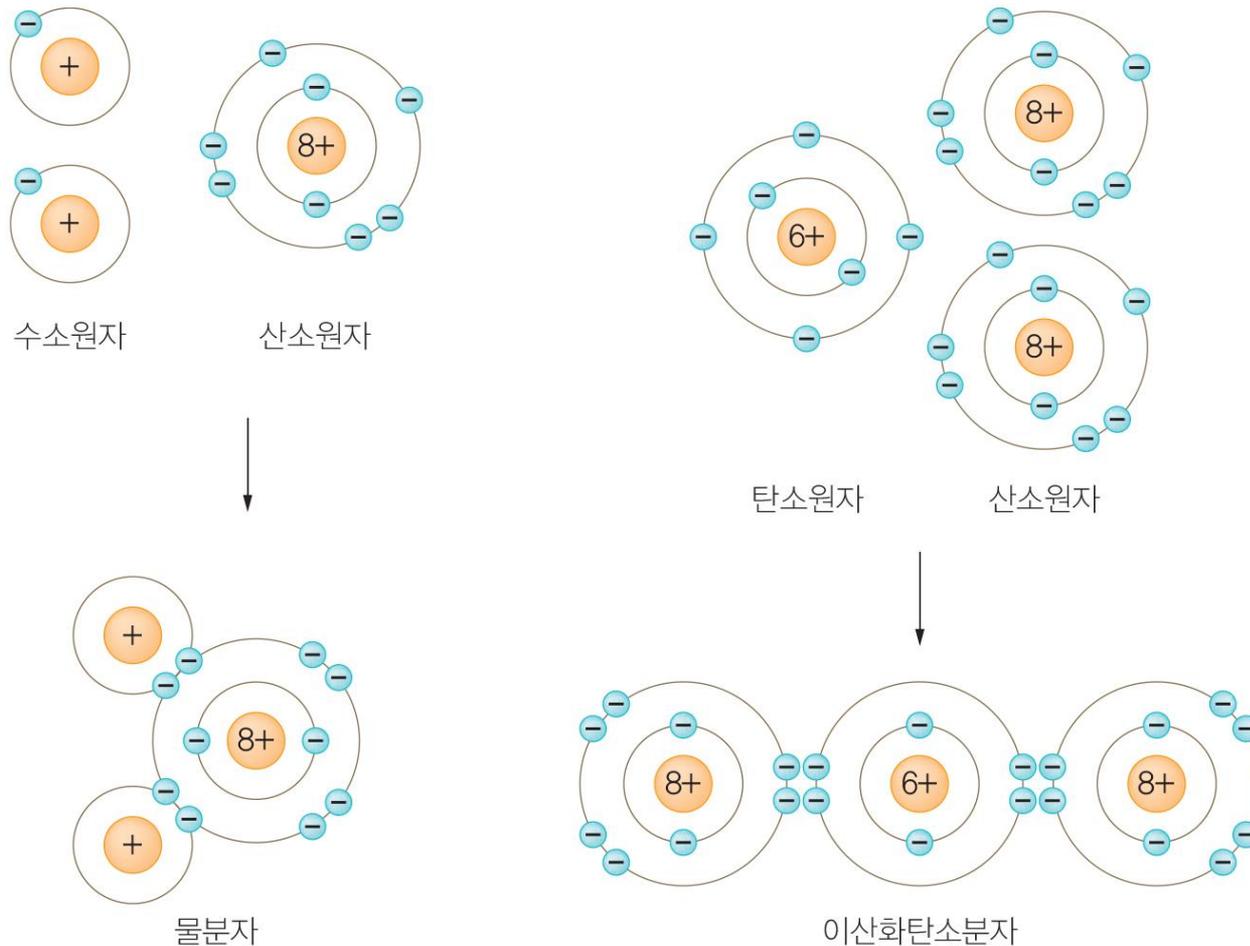


그림 2-4 물분자와 이산화탄소분자의 공유결합

2. 전자궤도와 화학결합

2) 이온결합

- 양이온과 음이온으로 하전된 원자들이 서로 끌어 당기는 결합
- 원자가 가전자각의 전자가 8개가 되기 위하여 여분의 전자를 버리거나 부족한 수만큼의 전자를 받아들이면
전자를 버린 원자 : 양이온(cation)으로 하전
예) Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , NH_4^+ , and Fe^{+2} 등
전자를 받아들인 원자 : 음이온(anion)으로 하전
예) Cl^- , I^- , S^{-2} , SO_3^{-2} , HCO_3^- , and NO_2^- 등

2. 전자궤도와 화학결합

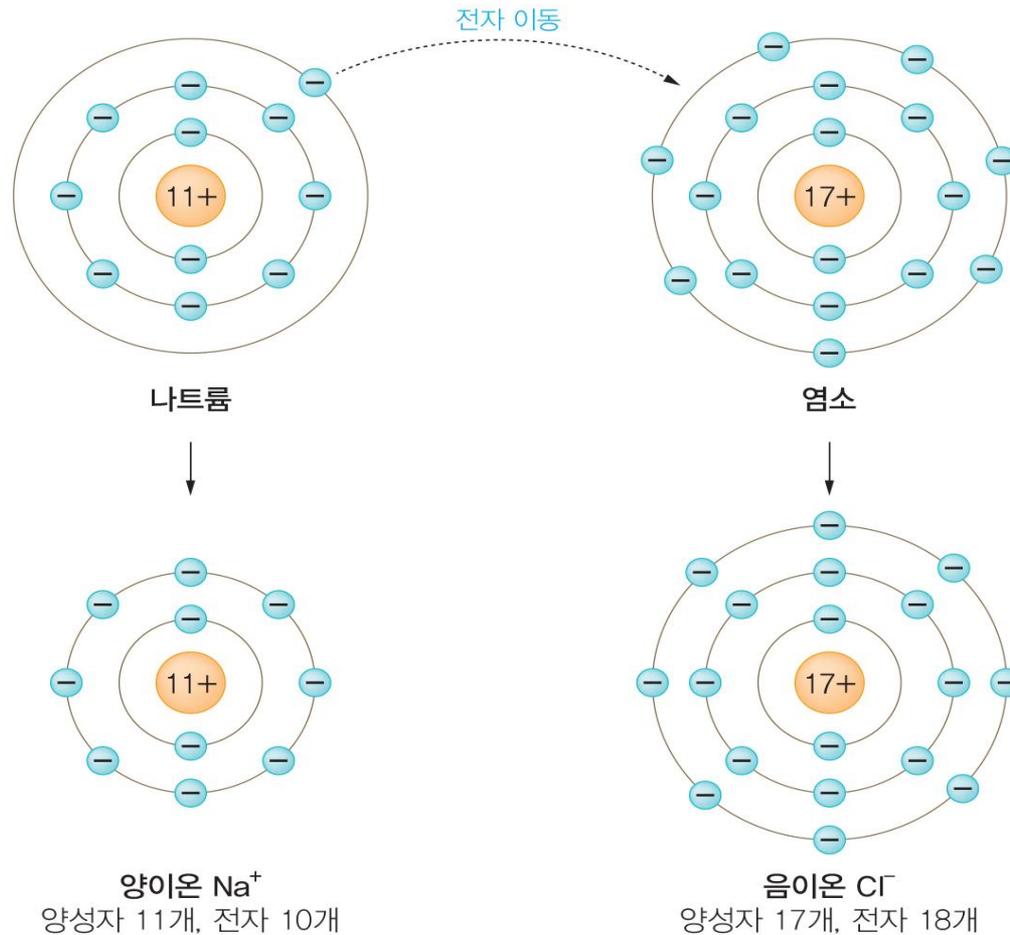


그림 2-5 전자의 이동 및 양이온과 음이온의 형성

2. 전자궤도와 화학결합

3) 수소결합

- 물(H_2O)과 암모니아(NH_3)처럼 산소와 수소 또는 질소와 수소 사이에 약한 힘으로 형성된 결합
- 일종의 불공평한 공유결합

*수소결합은 분자간에, 그리고 공유결합은 원자사이에 형성된 결합

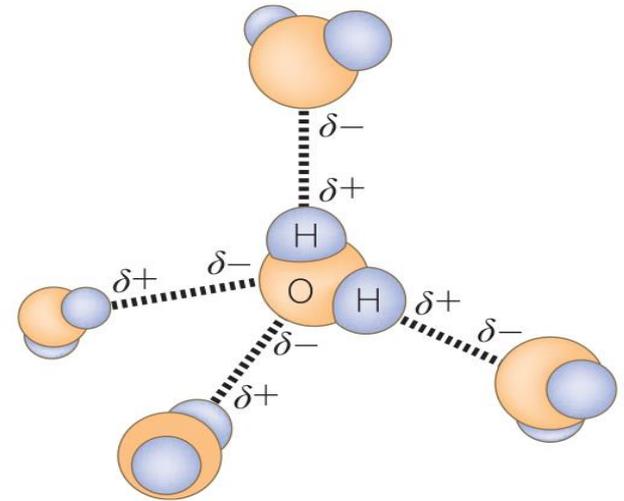


그림 2-6 물분자 사이의 수소결합

3. 식품 속 화학반응

식품 속 결합반응과 분해반응은 효소적 반응과 비효소적 반응으로
일어남

결합반응 : $A+B \rightarrow C$

분해반응 : $C \rightarrow A+B$

1) 효소적 반응

효소는 식물과 동물 같은 생명체에만 존재

식품을 저장하거나 사용할 때 색, 조직감, 향미, 냄새 등을 변화시킴

반응 결과는 바람직할 수도 있고 바람직하지 않을 수도 있음

종류 : 가수분해반응, 산화환원반응, 축합반응 등

3. 식품 속 화학반응

(1) 효소

- 아미노산으로 구성된 폴리펩타이드
- 생물학적 촉매제(biological catalysts)
- 표면의 활성부위는 특정한 물질에 대하여 특징적으로 반응

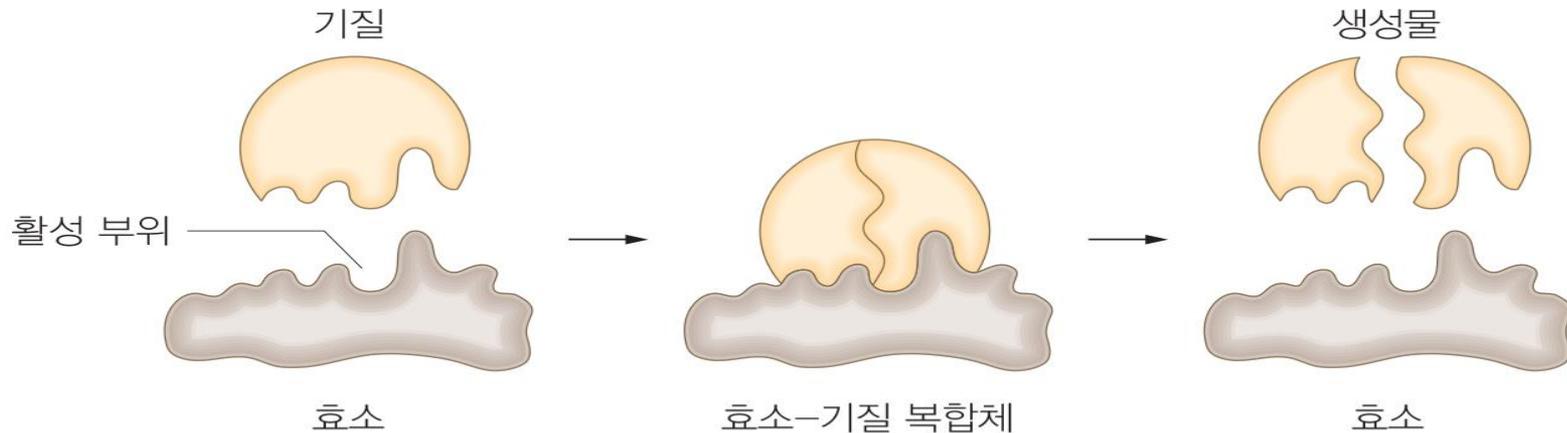


그림 2-7 효소의 활성 부위와 효소반응

3. 식품 속 화학반응

(2) 활성화에너지

- 기질이 가지고 있는 바닥상태의 에너지를 효소-기질 복합체 상태로 바꾸는 데 필요한 에너지



(E: 효소, S: 기질, P: 생성물)

- * 효소 : 반응이 일어나는 데 필요한 활성화에너지를 낮추어 줌
최적 온도와 최적 pH 존재
기질의 양이 많을 때 반응 속도가 빠름

3. 식품 속 화학반응

- 0차 반응(zero-order reaction) :

기질의 양이 충분할 때 일어나는 반응

반응속도는 오로지 효소농도에만 의존

효소기질복합체(ES complex)는 일정한 수준으로 유지

시간에 따라 생성물은 직선으로 증가

*1차, 2차, 3차 반응은 하나, 둘, 또는 3개의 반응하지 않은 기질에 의해 지배를 받는 반응으로 0차반응보다 더 천천히 일어난다.

3. 식품 속 화학반응

(3) 효소반응

① 가수분해반응

- 효소가 물의 존재 하에 커다란 분자를 작은 조각으로 분해하는 것
- 가수분해효소 : 카보하이드레이스(carbohydrases : sucrase, lactase, maltase, mylase), 라이페이스(lipases), 프로테이스(proteases)

예) 효모의 설탕 발효는 설탕 가수분해로 시작



3. 식품 속 화학반응

② 산화환원반응

- 효소적 산화 : 산소가 부가되었을 때
수소나 전자가 제거되었을 때
- 효소적 환원 : 전자나 수소를 얻었을 때
산소를 잃었을 때

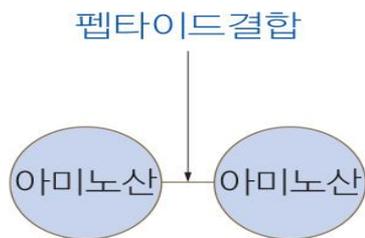
*과일과 채소의 갈변반응 : 효소적 산화반응

*식물과 동물세포에서 한 기질의 산화는 다른 기질의 환원과 동시에 일어난다. 이러한 이유로 산화와 환원은 짝지음반응(coupled reactions)이다.

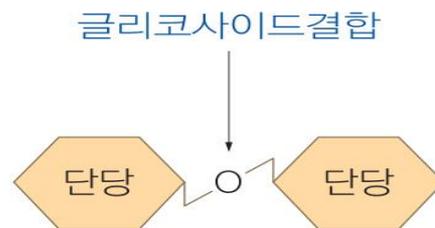
3. 식품 속 화학반응

③ 중합반응

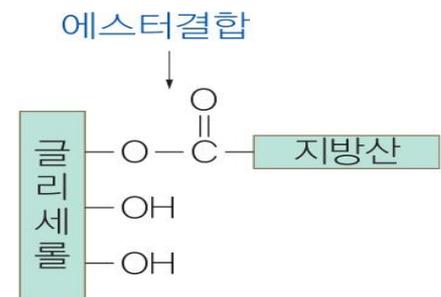
- 축합반응(condensation) 이라고도 함
- 유기화합물 2분자 또는 그 이상의 분자가 효소작용에 의해 간단한 분자가 빠져나오면서 새로운 화합물을 생성하는 반응



다이펩타이드



이당류



모노글리세라이드

그림 2-8 축합반응의 예

3. 식품 속 화학반응

- 중합체 :

분자량이 작은 분자들이 수백 개 또는 수천 개가 반복적으로
반응하여 생성되는 고분자물질

예) 다당류, 단백질, 글리세리드

- 중합반응 :

단량체들이 끝과 끝이 연결되는 반응

축합반응과 동의어로 쓰이는 경우가 많다.

3. 식품 속 화학반응

2) 비효소적 반응

(1) 부가반응

- 탄소원자와 다른 원자 사이에 이중결합 또는 삼중결합이 있는 유기분자에서 일어나는 반응

*이중결합과 삼중 결합 부위 : 반응성이 매우 크다.

다른 물질과 쉽게 결합할 수 있다.

3. 식품 속 화학반응

(2) 산화 · 환원반응

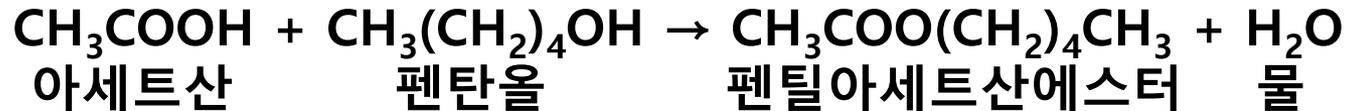
- 전자는 기질 사이에서 이동하면서 식품의 색, 품질, 수응 등에 영향을 줄 수 있다.
- 환원제(reducing agent) : 다른 물질을 환원시키는 물질
반응이 일어날 때 스스로는 산화
- 산화제(oxidizing agent) : 다른 물질을 산화시키는 물질
반응이 일어날 때 스스로는 환원
- 식품산업 : 아스코브산/환원제
칼슘퍼옥사이드(CaO_2 , 반죽컨디셔너)/산화제
염소가스(밀가루표백제)/산화제

3. 식품 속 화학반응

(3) 축합 · 분해반응

- 축합반응 : 분리되어 있는 분자들이 특별한 화학결합으로 연결되는 것
반응이 일어나면 부가반응으로 물을 형성한다

예) 인공 바나나향 펜틸아세테이트에스터(ester pentyl acetate)



- 가수분해 : 축합의 반대과정

효소보다는 온도나 pH에 더 민감하게 반응

*호정화 : 전분에 물을 넣지 않고 160°C 이상으로 가열할 때 일어나는 화학적 분해반응

4. 작용기

원자들이 몇 개 배열하여 특별한 기능을 가지는 것

1) 알코올기(Alcohol group)

- R—OH로 표기
- 히드록시기(hydroxyl group) 또는 알코올이라 함
- 이온화하지 않는다.

**수산화물이온(OH⁻)과 다르다.*

- 이름을 부를 때 어미에 올(-이)을 붙인다.

예) 에탄올(ethanol, C₂H₅OH)

글리세롤(glycerol, CH₂OH-CHOH-CH₂OH)

4. 작용기

2) 알데하이드기(Aldehyde group)



- 보통 어미에 알(-al)을 붙여 부른다.
- 성질이 케톤과 유사하며 케톤보다 산화가 잘 된다.
- 알코올을 산화시키거나 카복실산을 환원시켜 얻을 수 있다.

예) 푸르푸랄 : 커피 향기성분

신남알데하이드(cinnamic aldehyde) : 계피의 달콤한 물질

디아세틸(diacetyl) : 버터의 향기성분

벤즈알데하이드(benzaldehyde, $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$) : 아몬드향과 유사

포름알데하이드(formaldehyde, HCHO) : 수용성의 살균제 가스

4. 작용기

3) 케톤기(Ketone group)



- 어미에 온(-one)을 붙여 부른다.
- 탄소와 산소 사이의 전자배치로 인해 전하를 띠는 극성 작용기로 분자량이 작은 경우 물에 잘 녹는다.

예) 아세톤 : 가연성의 수용성의 강력한 용매

달콤한 냄새

* 어떤 종류의 냄새나는 케톤은 고기를 요리하거나 맥주를 양조할 때 생성된다.

4. 작용기

4) 카복실기(Carboxyl group)



- 카보닐탄소 : 탄소와 산소사이에 이중결합

카복실기에 기능성 부여

- 간단하게 산기(acid group)라 함
- 해리하여 COO^- 와 양성자(H^+)을 생성하므로 산으로 작용

예) 구연산, 젖산, 초산 등 유기산

올레산, 리놀레산 등 지방산

아미노산

4. 작용기

5) 아미노기(Amino group)

R—NH₂로 표기

- 질소원자에 수소가 결합된 형태
- 어미에 아민(-amine)을 붙여 이름함
- 화학반응에서 양성자(H⁺)를 받아들여 양이온이 되는 염기성물질
예) 모든 아미노산, 아미드, 단백질
- 식품 속의 어떤 아민은 박테리아작용으로 생성
예) 히스타민(histamine), 티라민(tyramine), 도파민 (dopamine)
세로토닌(serotonin)

4. 작용기

6) 에스터기(Ester group)



- 산과 알코올이 탈수축합하여 생성

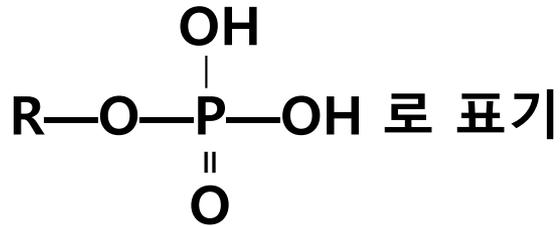
예) 소지방, 라아드, 옥수수기름, 참기름

초산이소아밀(isoamyl acetate, 바나나 특유의 향미물질)

*식품산업 : 개미산(*formic acid*)과 에탄올을 축합하여 럼향의 포름산에틸(*ethylformate*) 합성

4. 작용기

7) 인산기(Phosphate group)



- 인산(Phosphoric acid) : H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , and PO_4^{3-} 로 이온화되는 삼염기산 산미료(acidulant)
- 인산염(Phosphates) : 무기염
 - 예) 정인산염(orthophosphates)과 폴리인산(염)(polyphosphates) : 가공육의 조직감, 다즙성, 수분보유능력을 향상
 - 인산삼나트륨(오쏘삼인산나트륨, trisodium (ortho)phosphate) : 조류의 딥(소스)의 항균제
 - 인산나트륨(sodium phosphate) : 가공치즈의 유화제

4. 작용기

8) 메틸기(Methyl group)

R—CH₃로 표기

- 산화반응 등에 의해 파괴 또는
- 다른 분자 또는 다른 위치로의 메틸기 전이에 반응
- 함유물질 :

메싸이오닌(methionine) : 인체 내에서 메틸기 공여에 관여

메탄올(methanol) : 메틸기에 OH가 결합된 물질

아스파탐(aspartame) : 디펩티드의 메틸에스터

펙틴(pectin) : 메틸에스터(-COO-CH₃) 형태인 것은 메틸기 있음

4. 작용기

9) 설프하이드릴기(Sulfhydryl group)

R—SH로 표기

- 티올기(thiol group)라고도 함
- 티올화합물 : SH기를 가진 화합물

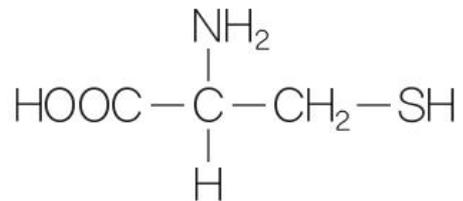
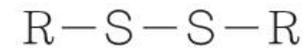
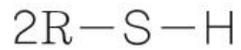
시스테인(cysteine), 코엔자임 A(coenzyme A)

- 시스테인의 SH기 :

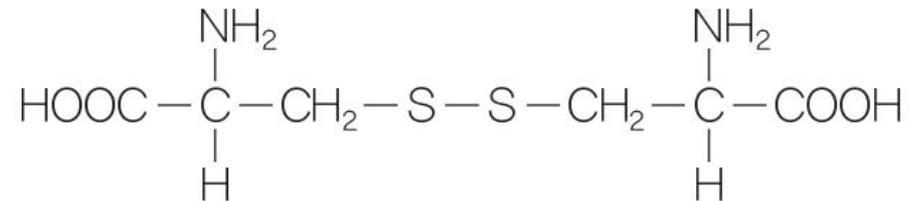
쉽게 산화되어 디설파이드(S-S, disulfides)를 생성

밀가루반죽에서 글루텐형성에 깊이 관여하여 반죽에 탄력성 부여

4. 작용기



cysteine



cystine

4. 작용기

표 2-1 식품에서 발견되는 작용기

이름	기능기	예
알코올기 (Alcohol group)	$R-OH$	에탄올 글리세롤
알데하이드기 (Aldehyde group)	$R-\overset{O}{\parallel}C-H$	푸르푸랄 다이아세틸
케톤 (Ketone group)	$R-\overset{O}{\parallel}C-R'$	아세톤
카복실기 (Carboxylic acid group)	$R-\overset{O}{\parallel}C-OH$	구연산 젖산 초산
아미노기 (Amino group)	$R-NH_2$	아미노산 단백질 히스타민
에스터기 (Ester group)	$R-\overset{O}{\parallel}C-O-R'$	중성지방 인지질
인산기 (Phosphate group)	$R-O-\overset{OH}{\underset{O}{\parallel}}P-OH$	인산삼나트륨 인산나트륨
메틸기 (Methyl group)	$R-CH_3$	메싸이오닌 메탄올
설프하이드릴기 (Sulfhydryl group)	$R-SH$	시스테인

자료 : Peter S. Murano, *Understanding food science and technology*, Wadsworth, 2003

5. 이온기

표 2-2 식품에서 볼 수 있는 이온기

음이온기		양이온기	
황화이온 (Sulfide ion)	S^{2-}	암모늄이온 (Ammonium ion)	NH_4^+
아황산이온 (Sulfite ion)	SO_3^{2-}	나트륨이온 (Sodium ion)	Na^+
황산이온 (Sulfate ion)	SO_4^{2-}	마그네슘이온 (Magnesium ion)	Mg^+
탄산수소이온 (Bicarbonate ion)	HCO_3^-	칼슘이온 (Calcium ion)	Ca^{2+}
아질산이온 (Nitrite ion)	NO_2^-	제일철이온 (Ferrous ion)	Fe^{2+}
질산이온 (Nitrate ion)	NO_3^-	제이철이온 (Ferric ion)	Fe^{3+}

6. 유기산

- 탄소, 수소, 산소가 주성분
- 카복실기(COOH)를 가진 신맛나는 물질
- 분자량, 구조, 카복실기의 위치에 따라 성질이 달라짐
- 2개 이상의 카복실기를 가지기도 함
- 종류 : 시트르산(레몬, 오렌지, 귤, 탄산음료), 아미노산(단백질), 지방산(유지), 아스코브산, 개미산, 아세트산, 말산, 타타르산, 푸마르산, 숙신산 등
- * 카르복시기를 가지지 않은 인산, 황산, 염산 등은 무기산
- * 술폰산($-SO_3-H^+$)을 가진 유기산도 있다.

6. 유기산

- 식품첨가물로 사용 : 식품의 흡습성을 낮추어 줌
음료의 단맛 강도를 높여줌
유제품과 빵제품에 산미향을 부여

*신맛은 식품의 외관, 감촉, 향미, 단맛, 신맛 등의 특성에 영향을 줌

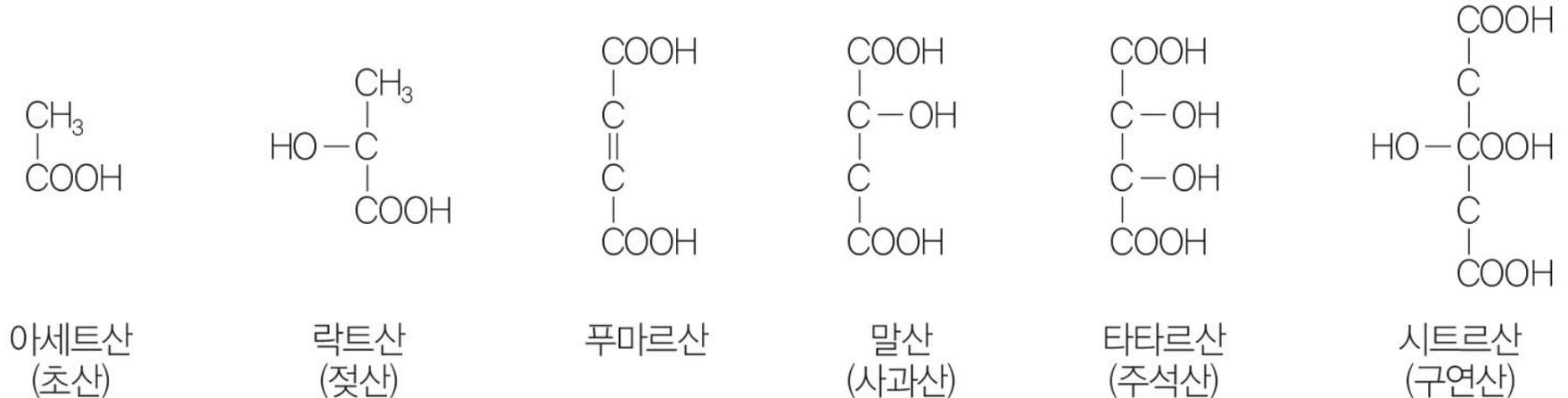


그림 2-9 식품에 함유된 주요 유기산의 구조

6. 유기산

- 시트르산 : 산미료/청량음료
- 주석산 : 산미료/빵, 과자, 청량음료
- 사과산 : 산미료/주스, 유산균음료, 청량음료, 잼, 케첩

pH조정제

- 말산과 푸마르산 :

탄소 4개의 유기산

말산이 하이드록실기를 가지고 있어서 물에 더 잘 녹음

산해리상수는 푸마르산이 커서 말산보다 산성이 강함

6. 유기산

- 푸마르산 : 경제적인 유기산

강하고 독특한 그리고 수렴성의 신맛
시트르산보다 1.8배 강한 신맛

물에 잘 녹지 않아

청량음료, 주스 등에 다른 유기산과 함께 사용

발포제/분말주스

산제/빵, 과자

항산화상승제

- 푸마르산염 : 푸마르산보다 약 10배 정도 더 잘 녹음
절임류에 사용

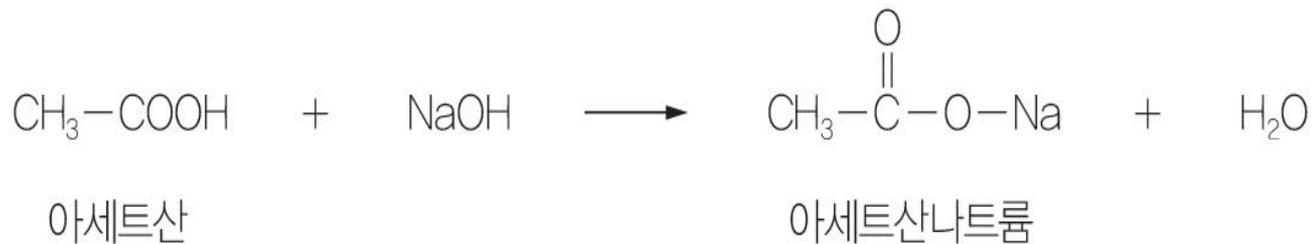
6. 유기산

- 유기산염 :

유기산의 카복실기의 수소가 나트륨(Na), 칼륨(K), 또는 칼슘 (Ca) 같은 금속이온으로 치환된 것

예) 아세트산나트륨 :

물에 녹으면 염기성 양이온 Na^+ 와 아세트산이온 CH_3COO^- 으로 해리
약알칼리성



7. 약산과 강산

- 강산 : 수소이온(H^+)과 음이온(Cl^- , SO_4^{2-})으로 해리
예) 염산, 황산
- 약산 : 분자들 중 일부만 수소이온(H^+)과 음이온($-COO^-$)으로 해리
예) 아세트산, 시트르산 등 유기산
- 해리상수(Acid dissociation constant, K_a) :

$AB \leftrightarrow A + B$ 와 같이 해리된 상태가 평형에 도달했을 때

B가 수소 이온 H^+ 인 경우 $[A]$ 와 $[B]$ 를 곱한 값을 $[AB]$ 로 나눈 상수

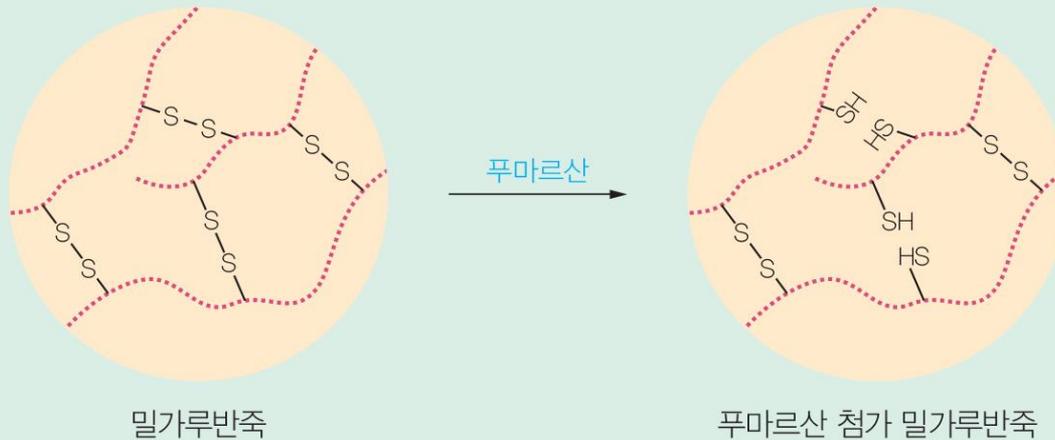
$$K_a = \frac{[A][B]}{[AB]}$$

약산 중 산 해리상수가 크면 약산 중에서도 비교적 센 산이다.

7. 약산과 강산

푸마르산의 밀가루반죽 연화작용

푸마르산을 밀가루에 첨가하여 반죽하면 반죽을 부드럽게 할 수 있다. 밀가루 단백질에는 설프하이드릴기(-SH)를 함유한 시스테인이 다량 들어 있어서 밀가루를 반죽하고 발효시키고 저장하는 동안에, 그리고 굽는 동안에 설프하이드릴기는 산화되어 수소를 잃고 단백질 사이사이에 다이설파이드 결합(-S-S-)을 형성하여 밀가루반죽을 단단하게 만들어 준다. 그런데 만약 푸마르산을 밀가루반죽에 첨가한다면 푸마르산의 카복실기가 반죽에 H^+ 을 내어 놓게 되고, 다이설파이드 결합은 분해되면서 양이온인 수소와 결합하여 -SH로 바뀌게 된다. 다이설파이드 결합을 잃은 반죽은 부드러워지고 다루기 쉬운 상태가 된다. 이때 푸마르산은 H^+ 을 내놓아 다이설파이드 결합을 환원시키므로 환원제라 한다.



8. pH와 산도

- pH : 산성 또는 알칼리성을 나타내는 로그로 나타낸 수소이온 농도

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

<7 산성용액, 7 중성용액, 7 < 알칼리성

- 산도 : 식품이 가지고 있는 산의 농도

예) 우유 : 젖산으로 0.15 % 이하

과일과 채소의 성숙단계를 알 수 있다.

* 포도 : 성숙 전에는 말산이 우세, 익은 후에는 타타르산이 우세

8. pH와 산도

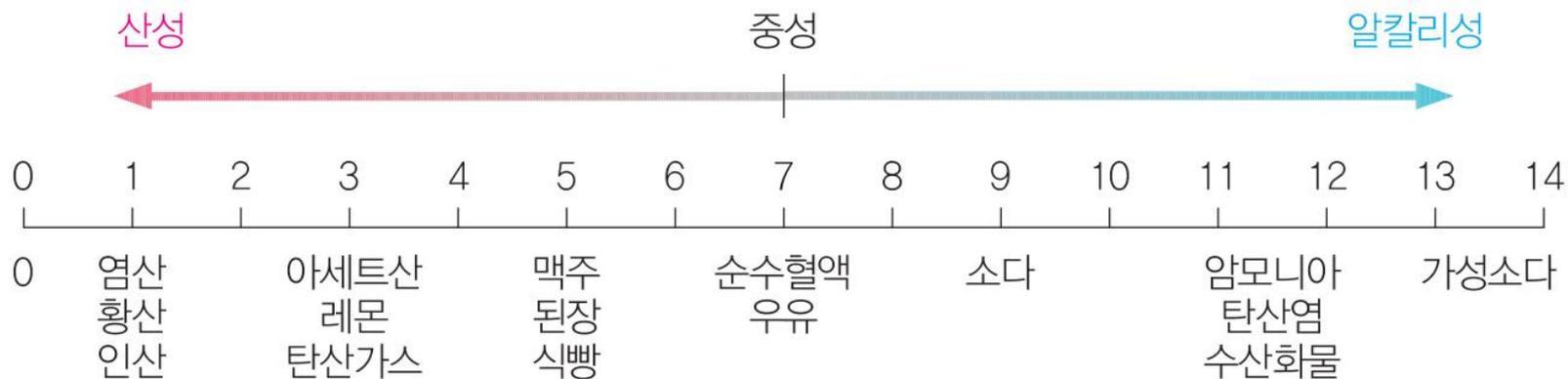


그림 2-10 pH 척도