

식품화학(Food Chemistry)

4주차 수업

식품영양학전공 : 최병범 교수

E-mail : bbchoi@shinhan.ac.kr

4주차 수업

3장 탄수화물

6. 당의 유도체

7. 다당류

CHAPTER 03

탄수화물

6 당의 유도체

1) 당알코올

2) 아미노당

3) 산성당

4) 데옥시당

6 당의 유도체

1) 당알코올

▶ 소비톨(sorbitol, glucitol)

자일리톨(xylitol)

2) 아미노당

- ▶ 헥소사민(hexosamine) : 헥소오스(hexose)의 C-2, -OH → **아미노기(-NH₂)**

무코(muco)다당의 주요성분

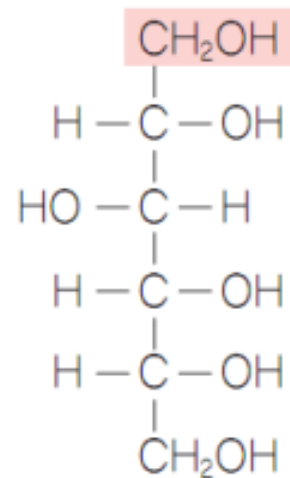
종류 :

- ▶ 글루코사민(glucosamine : glucose + **amine** = glucos**amine**(GlcN)

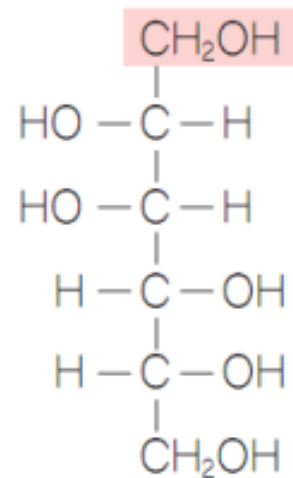
천연상태, N-아세틸글루코사민(NAcGlcN) → 키틴(chitin)의 구성성분

갈락토사민(galactosamine) : galactose + **amine** = galactos**amine**(GalN)

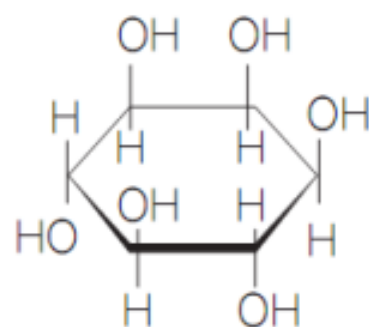
N-아세틸갈락토사민(NAcGalN) → 혈액형 A형의 결정물질



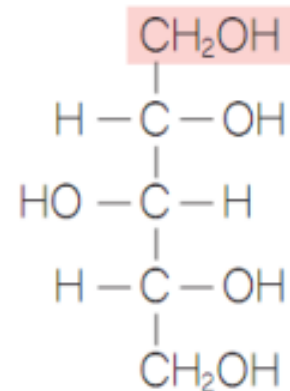
솔비톨



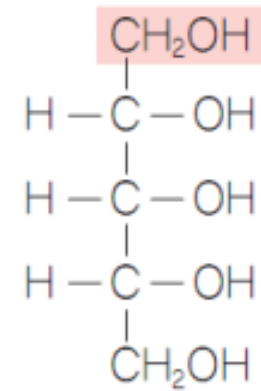
만니톨



이노시톨

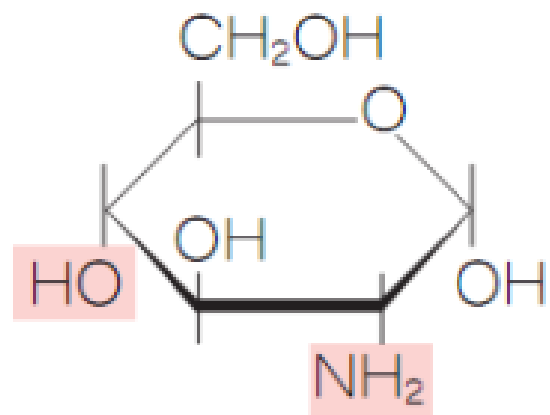


자일리톨

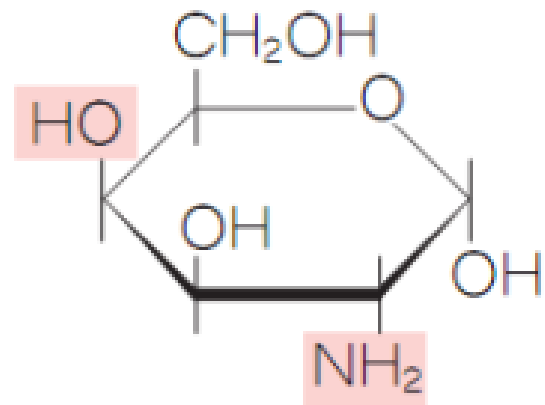


리비톨

[그림 3-18] 당알코올의 구조



D-글루코사민



D-갈락토사민

[그림 3-19] 아미노당의 구조

3) 산성당

▶ 산성당 : 우론산(uronic acid)

글루쿠론산(glucuronic acid, GlcUA) : 무코다당의 당성분

갈락투론산(galacturonic acid, GalUA) : 펙틴(pectin)의 구성성분

만누론산(ManUA) : 알긴산(arginic acid)의 구성성분

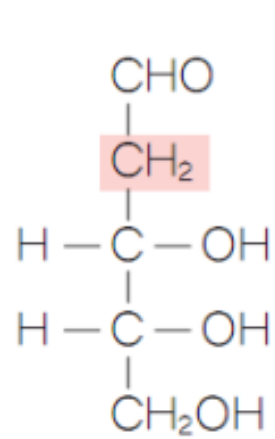
이두론산(IduUA) : 콘드로이틴과 헤파린의 구성성분

4) 데옥시당

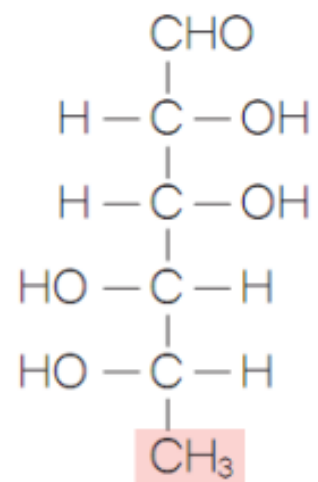
▶ 데옥시리보오스(D-deoxyribose) : DNA의 구성성분

L-푸코오스(L-fucose) : 해조류나 식물 고무 등의 다당류 성분

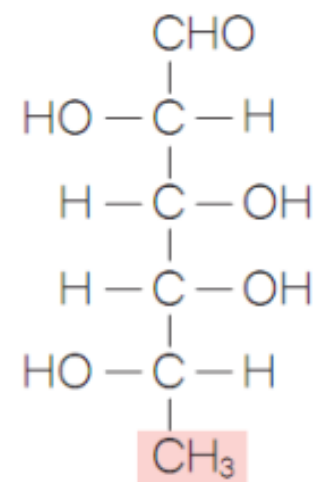
L-람노오스(L-rhamnose) : 황색 색소인 레몬 플라빈(lemon flavin) 등
식물 배당체의 성분



2-데옥시리보오스



L-람노오스



L-퓨코오스

[그림 3-20] 데옥시당의 구조

〈표 3-2〉 식품에 존재하는 주요 배당체

배당체	결합당	아글리콘	함유식품
아미그달린 (amygdalin)	겐티오바이오스 (gentiobiose)	벤즈알데하이드(benzaldehyde), 시안화수소(hydrogen cyanide)	청매실, 살구
안토시아닌 (anthocyanin)	포도당(glucose), 갈락토오스(galactose)	안토시아니딘(anthocyanidin)	가지, 검정콩, 포도
시니그린 (sinigrin)	포도당	알릴아이소싸이오사이아네이트 (allyl isothiocyanate)	고추냉이, 겨자
나린진 (naringin)	포도당, 람노오스(rhamnose)	나린제닌(naringenin)	밀감
헤스페리딘 (hesperidin)	포도당, 람노오스	헤스페레틴(hesperetin)	밀감
솔라닌 (solanine)	포도당, 갈락토오스, 람노오스	솔라니딘(solanidine)	감자의 싹
루틴 (rutin)	포도당, 람노오스	퀘르세틴(quercetin)	메밀

7 다당류

▶ 다당류(polysaccharide)

종류 :

단순다당류(simple polysaccharide) : 동일한(1 종류) 단당류

접미사 : -ose → **-an**

글루코오스(glucose) → **글루칸(glucan)**

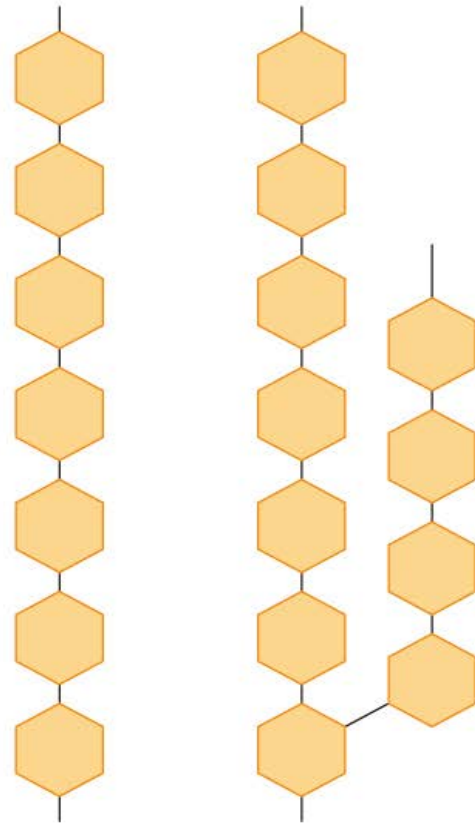
프럭토오스(fructose) → **프럭탄(fructan)**

복합다당류(complex polysaccharide) : 서로 다른(2 종류 이상)

단당류

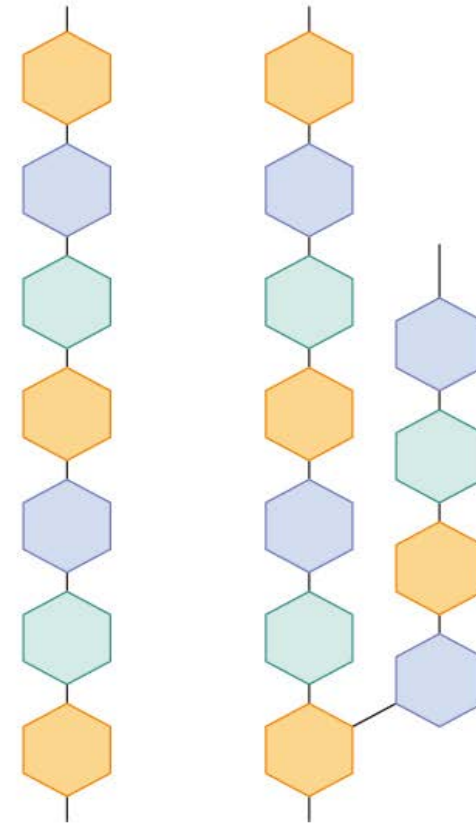
단순다당류

선형구조 가지구조



복합다당류

선형구조 가지구조



< 단순다당류와 복합다당류 >
 자료: 조신호 외(2014). 식품화학.

1) 전분

(1) 특성

▶ 전분(starch) : 식물 세포의 저장 다당류

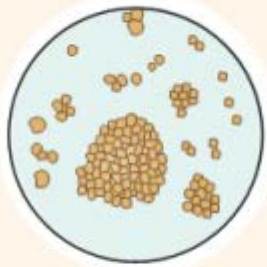
고등식물의 종자(씨앗), 근경(뿌리)

쌀, 옥수수 등의 **곡류**와 감자, 고구마 등의 **서류**에 분포

▶ 구분 : 형태

곡류전분 : 지상전분 → 입자크기 작음 → 일정(규칙)

서류전분 : 지하전분 → 입자크기 큼 → 불규칙



쌀



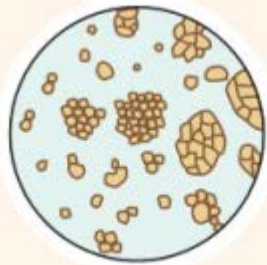
옥수수



밀



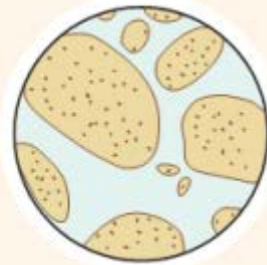
보리



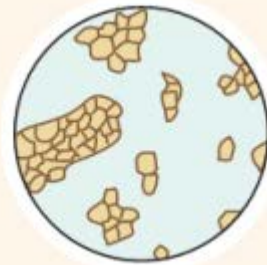
귀리



기장



감자



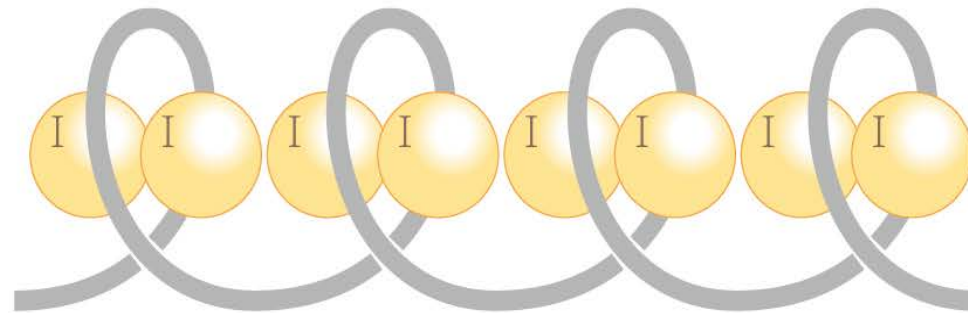
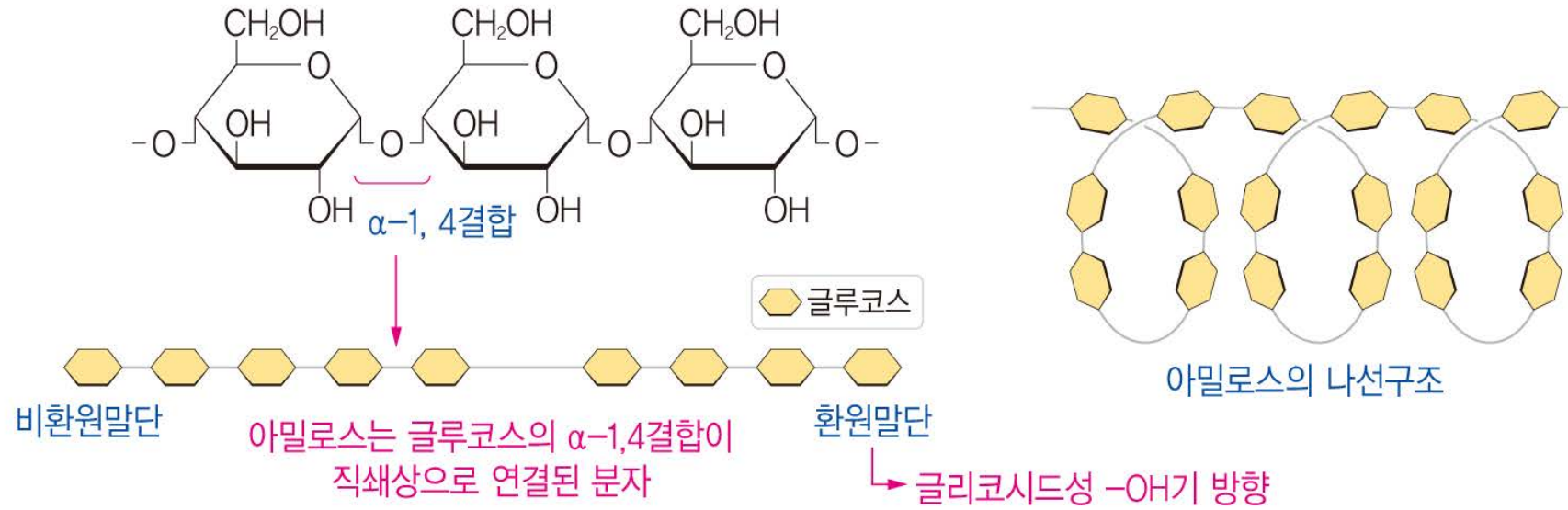
메밀

[그림 3-22] 전분 입자의 형태

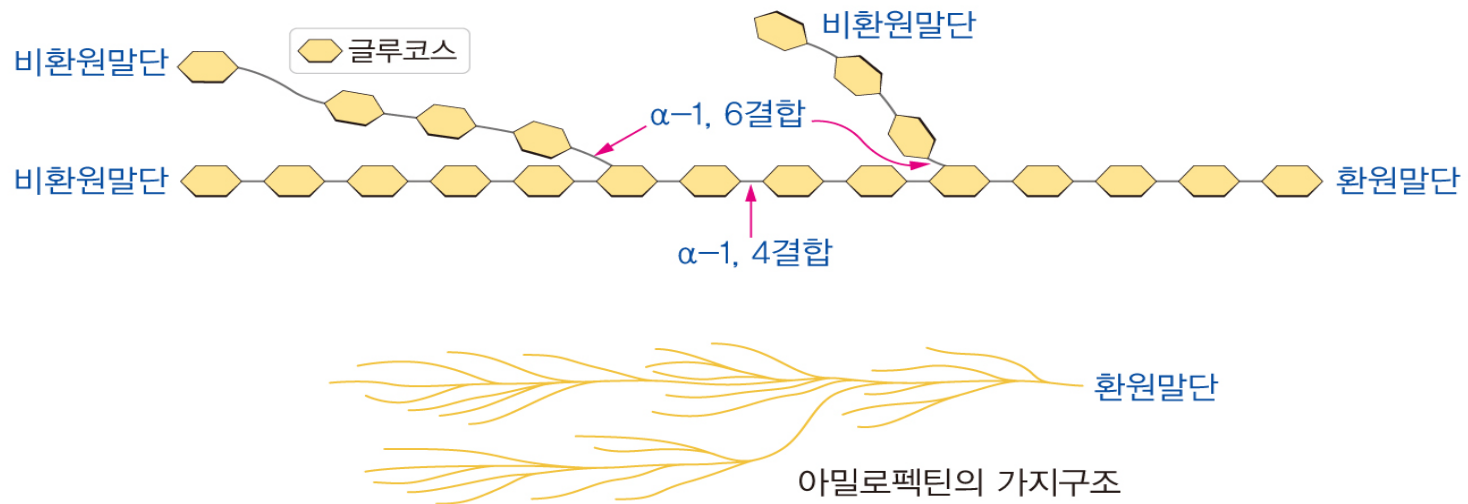
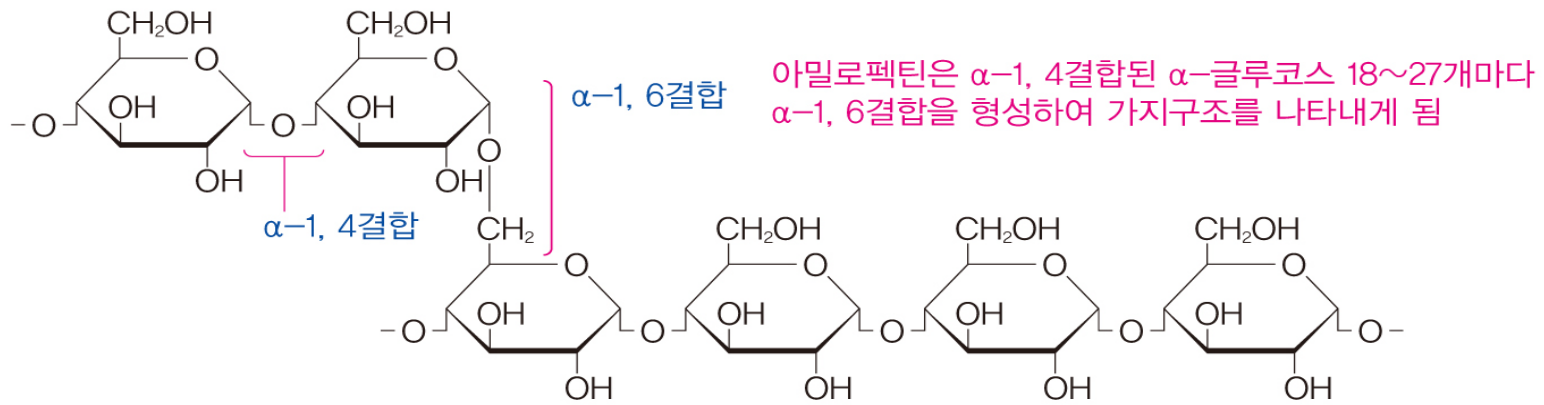
(2) 조성

▶ 아밀로오스(amylose)와 아밀로펙틴(amylopectin)의 두 종류로 존재

결합	구조	요오드(I_2) 반응
① 아밀로오스 : (α 1 $\rightarrow$ 4)	직쇄(나선)	청색(+)
② 아밀로펙틴 : (α 1 $\rightarrow$ 4), (α 1 $\rightarrow$ 6)	분지(가지)	적갈색(-)

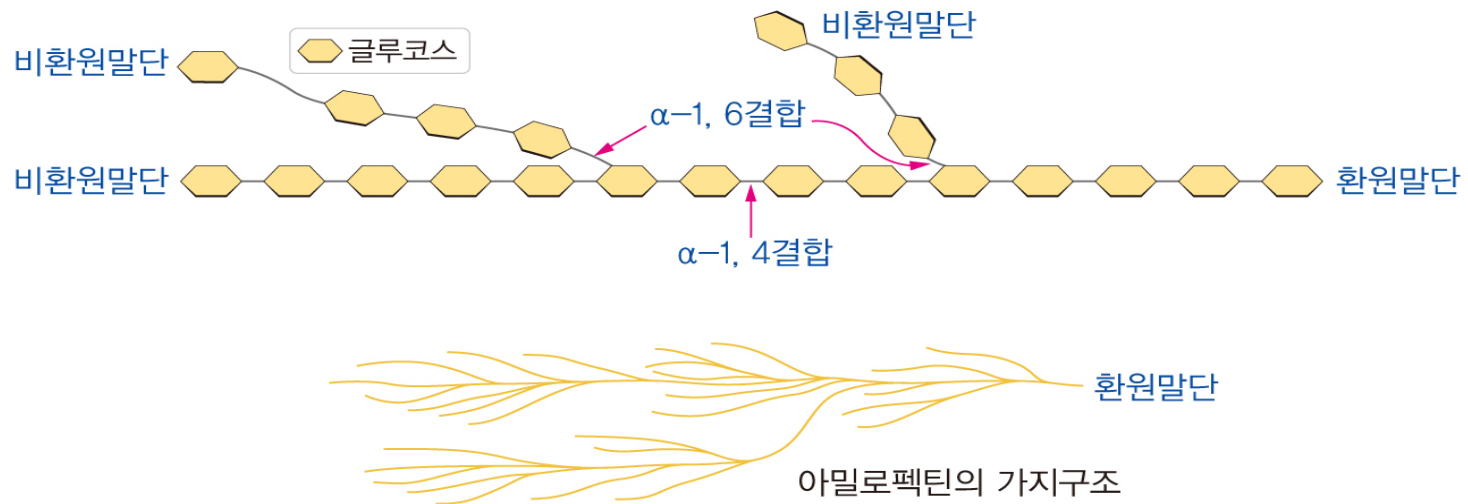
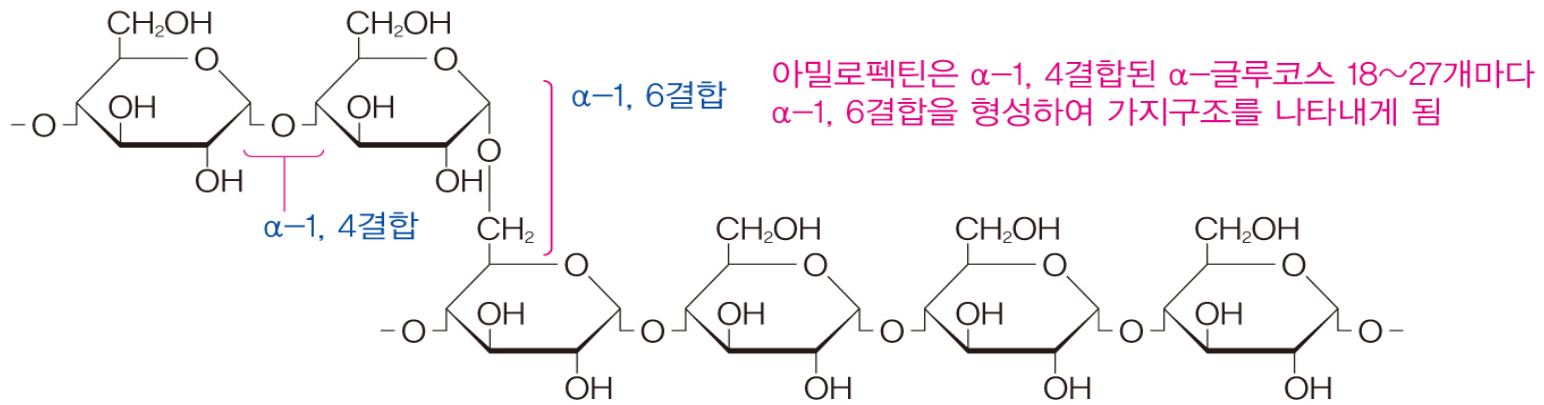


< 아밀로스의 나선구조 >
 자료: 조신호 외(2014). 식품화학.



< 아밀로펙틴의 분지구조 >

자료: 조신호 외(2014). 식품화학.



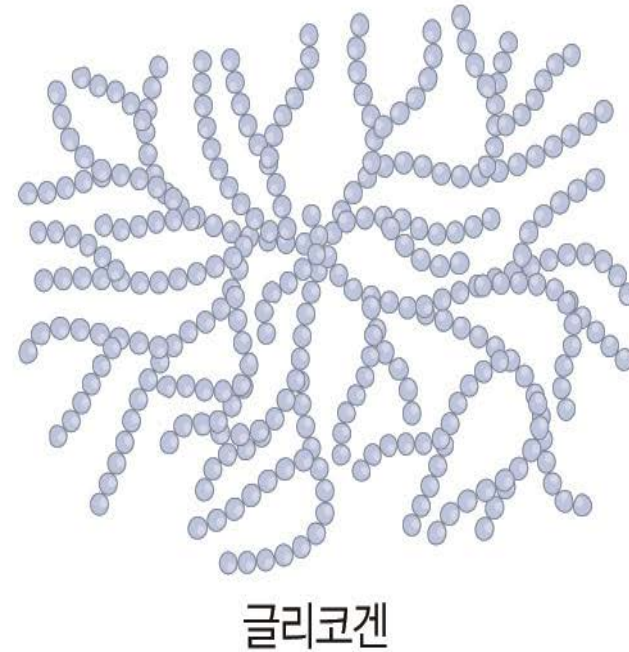
< 아밀로펙틴의 분지구조 >

자료: 조신호 외(2014). 식품화학.

식물성 저장탄수화물



동물성 저장탄수화물



< 아밀로펙틴과 글리코겐의 구조 >

자료: 조신호 외(2014). 식품화학.

〈표 3-3〉 아밀로오스 사슬 길이에 따른 요오드 정색반응

사슬 길이 (포도당 분자 수)	나선구조의 회전 수	요오드 반응 색깔
12	2	무색
12~15	2	갈색
20~30	3~5	적색
35~40	6~7	자색
<45	9	청색

(3) 전분의 마이셀 구조 및 결정성

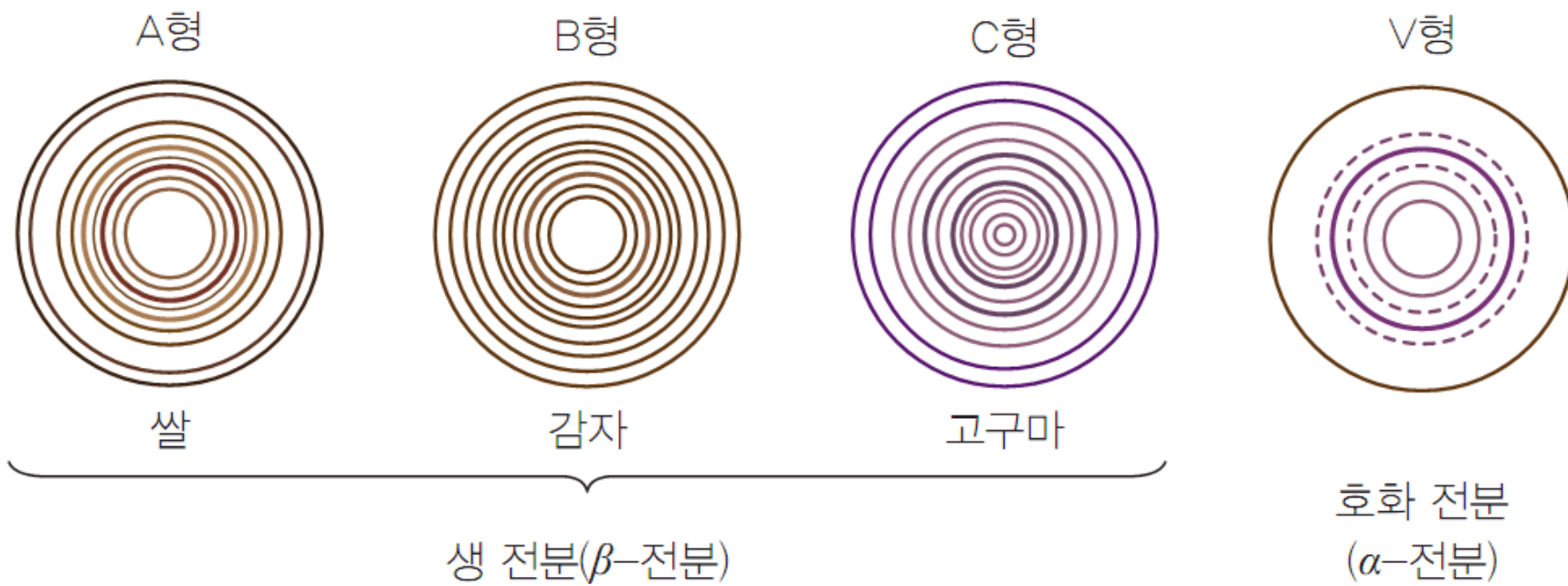
▶ 전분의 X선 회절도형

A형 : 쌀, 옥수수, 밀(곡류) 전분

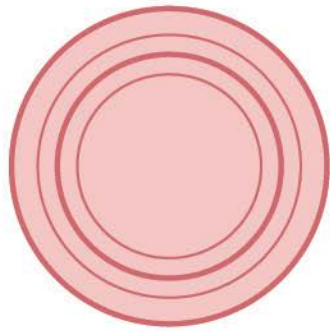
B형 : 감자(근경류) 전분(노화 전분)

C형 : 고구마, 칩 전분(A + B)

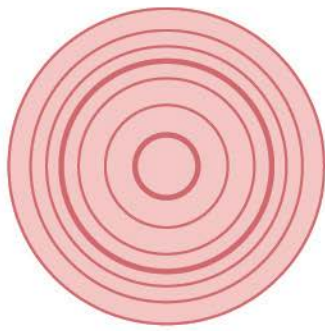
V형 : 호화 전분



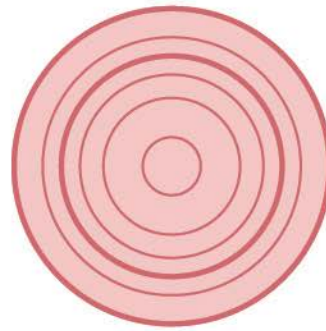
[그림 3-26] 전분의 X-선 회절도 모형



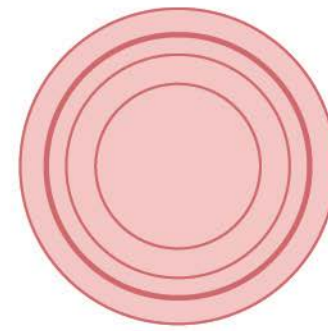
A형



B형



C형(A형+B형)



V형(호화전분)

< 전분의 X-선 회절도형 >
자료: 조신호 외(2014). 식품화학.

(4) 전분 분해효소

▶ 아밀레이스(amyase)

① α -아밀레이스(α -amyase) : 액화효소, 인체

(α 1 $\rightarrow$ 4) 결합의 무작위(내부) 분해, 말토오스(maltose) 생성

② β -아밀레이스(β -amyase) : 당화효소, 식물

(α 1 $\rightarrow$ 4) 결합의 순차적(외부) 분해, 말토오스(maltose) 생성

③ 글루코아밀레이스(glucoamylase) : γ -아밀레이스(γ -amylase)

미생물

아밀로펙틴 분해

(α 1 $\rightarrow$ 6)의 결합의 순차적(외부) 분해, 글루코오스(glucose) 생성

〈표 3-4〉 전분 분해효소의 종류와 작용

효소	작용
α -아밀레이스 (α -amylase)	• 전분의 α-1,4 결합을 무작위로 가수분해함 • 타액, 췌장액, 발아 종자, 미생물 등에 존재함 • 아밀로펙틴에서 α-아밀레이스가 작용하지 못하고 남은 부분을 α-아밀레이스 한계덱스트린(limit dextrin)이라고 함[그림 3-27] • 전분을 가수분해하여 용액상태로 만들기 때문에 액화효소라고 함
β -아밀레이스 (β -amylase)	• 전분의 α-1,4 결합을 맥아당 단위로 말단에서부터 가수분해함 • 감자, 곡류, 두류, 엿기름, 타액에 존재함 • 아밀로펙틴에서 β-아밀레이스가 작용하지 못하고 남은 부분을 β-아밀레이스 한계덱스트린이라고 함[그림 3-27] • 전분을 가수분해하여 맥아당과 포도당의 함량을 증가시켜 단맛을 높이므로 당화효소라고 함
글루코아밀레이스 (glucoamylase)	• 전분의 α-1,4 결합, α-1,6 결합, α-1,3 결합을 말단에서부터 포도당 단위로 가수분해함 • 맥아당 가수분해효소(maltase) 또는 γ-아밀레이스(γ-amylase)라고도 함 • 동물의 간조직과 미생물에 존재함 • α-1,4 결합만으로 구성된 아밀로오스는 모두 분해하며, 아밀로펙틴은 80~90% 분해함 • 고순도의 결정포도당을 생산하는 데 이용됨

(5) 전분의 호화

▶ 전분의 변화 : β -전분(생전분) $\rightarrow$ 호화 $\rightarrow$ α -전분 $\rightarrow$ 노화 $\rightarrow$ β -전분

① 호화과정(α -화, 젤라틴화) : β -전분(생전분) $\rightarrow$ α -전분

물 + 열 $\rightarrow$ 수소결합 파괴 $\rightarrow$ 마이셀(micelle) 형성 X

수화(hydration) $\rightarrow$ 팽윤(swelling) $\rightarrow$ 교질(콜로이드, colloid)

(5) 전분의 호화

▶ 호화 : 아밀로오스 → 졸(sol)

아밀로펙틴 → 겔(gel)

▶ 호화 전분의 종류 : 쌀 → 밥, 쌀가루 → 떡

밀가루 → 국수



생전분의 미셀 구조

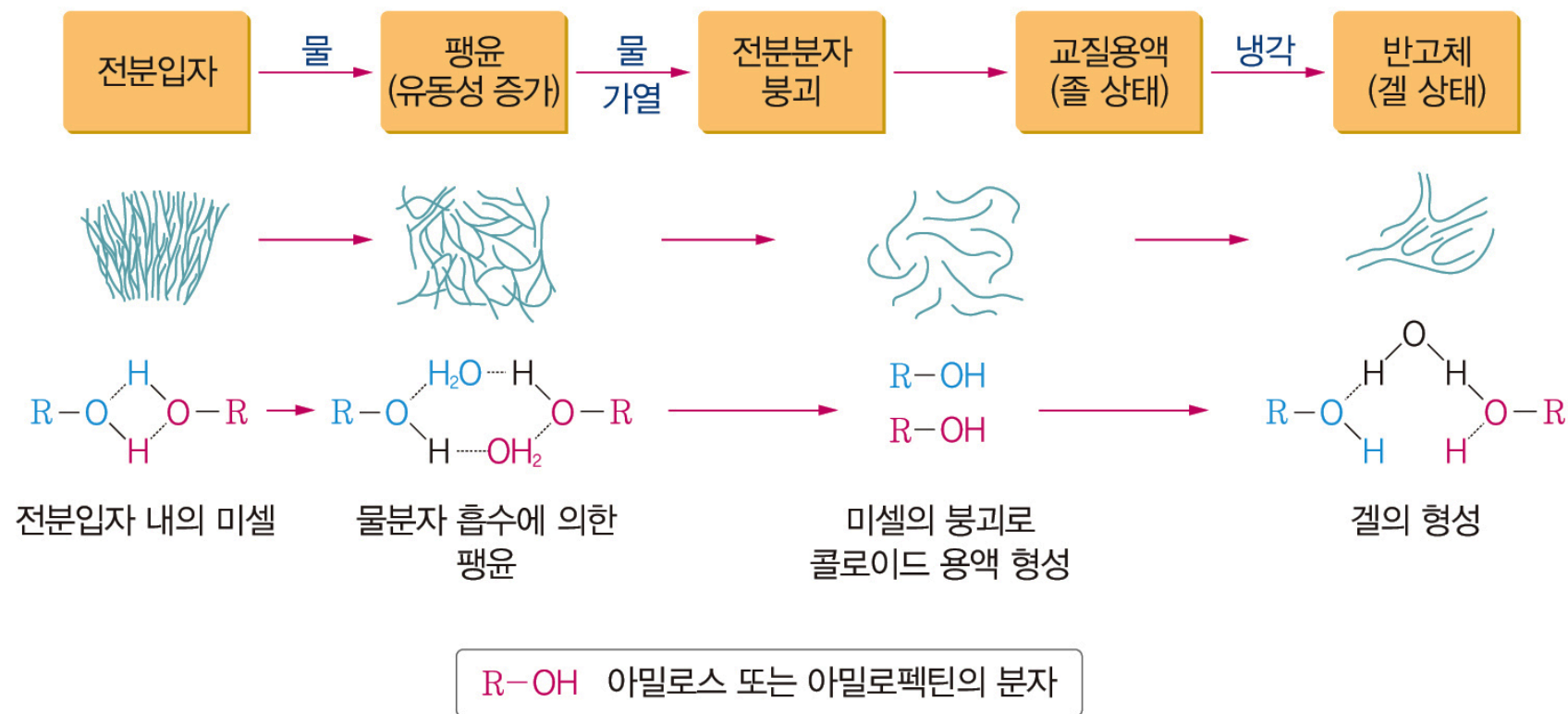


팽윤된 전분



전분 용액

[그림 3-28] 전분의 호화과정



< 전분의 호화과정 >

자료: 조신호 외(2014). 식품화학.

② 호화에 영향을 미치는 요인

전분의 종류

수분함량

pH

온도

염류

② 호화에 영향을 미치는 요인

▶ 아밀로오스 : 직선형태 → 입체장애 X → **호화 촉진**

아밀로오스 증가 → 호화 촉진

▶ 아밀로펙틴 : 가지형태 → 입체장애 O → **호화 저해**

아밀로펙틴 감소 → 호화 촉진

▶ 전분의 종류 : 입자크기 증가 → 호화 촉진

전분입자 감소 → 호화온도 증가 → 호화 저해

전분입자 증가 → 호화온도 감소 → 호화 촉진

호화 : 서류전분 > 곡류전분 → 내부 마이셀구조 안정

- ▶ 수분함량 : 60% 이상(수분함량 증가) → 호화 촉진
- ▶ pH : 알칼리성(pH 증가) → OH^- : 호화촉진
- ▶ 온도 : 60°C 이상(온도 증가) → 호화 촉진
- ▶ 염류 : 수소결합에 영향 → 호화 촉진

호화에 영향을 미치는 요인

종 류	요 인
전분의 종류	- 입자의 크기가 작은 전분(쌀, 수수 등)이 입자의 크기가 큰 전분(감자, 고구마 등)보다 호화온도가 높음 - 아밀로펙틴의 함량이 높을수록 호화속도는 느림
수분함량	물분자가 전분입자 안으로 흡수되면 전분입자가 팽윤되므로 수분함량이 높으면 호화가 촉진됨
pH	전분분자들 사이의 수소결합은 산·알칼리에 의해서 크게 영향을 받는데, 특히 알칼리성일수록 호화는 촉진되고 노화는 지연됨
온 도	호화 최적온도는 전분의 종류나 수분의 양에 따라 60℃ 전후이며 온도가 높으면 호화시간은 단축됨
염 류	염류는 수소결합에 영향을 주므로 거의 대부분의 염류는 전분의 호화를 촉진함. 그러나 황산염은 호화를 억제시킴

자료: 조신호 외(2014). 식품화학.

(6) 전분의 노화

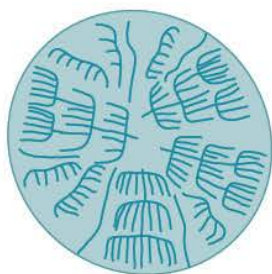
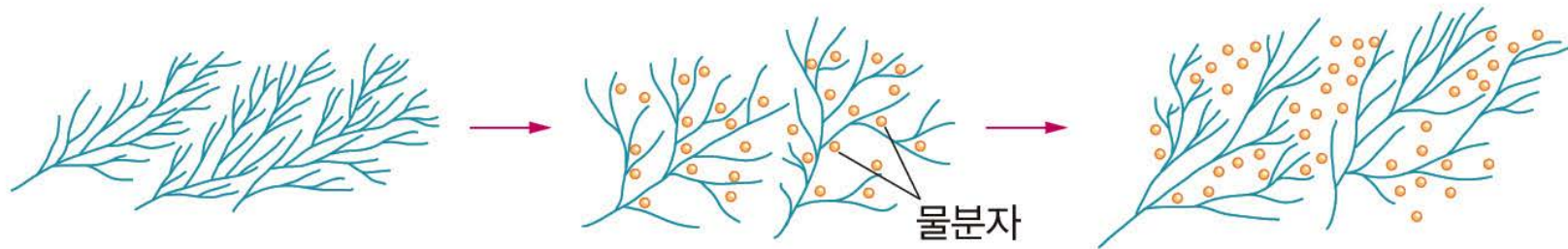
① 노화과정(β -화) : α -전분 $\rightarrow$ β -전분

호화전분 냉각 $\rightarrow$ 수소결합 형성 $\rightarrow$ 마이셀 형성

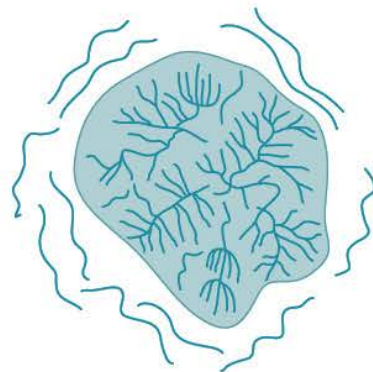
▶ 노화전분의 종류 : 찬 밥

굳은 떡

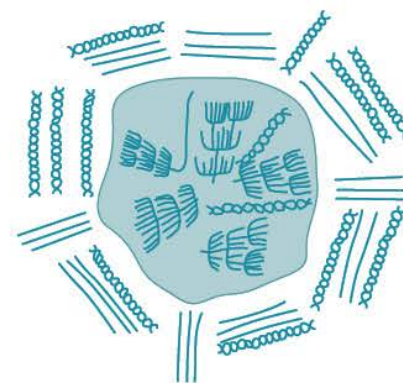
굳은 빵



β-전분



α-전분



노화전분

< 전분의 호화 및 노화 >
 자료: 조신호 외(2014). 식품화학.

② 노화에 영향을 미치는 요인

전분의 종류

수분함량

pH

온도

▶ 전분의 종류 : 곡류전분(입자크기 감소) → 노화 촉진

아밀로오스 증가 → 노화 촉진

▶ 수분함량 : 30 ~ 60% → 노화 촉진

▶ pH : 산성(pH 감소), pH 2 최대 → 노화 촉진

▶ 온도 : 0 ~ 5°C → 노화 촉진

③ 노화의 억제

수분함량의 조절

냉동

용질의 첨가

유화제의 사용

- ▶ 아밀로펙틴 증가 → 노화 억제
- ▶ 수분함량 : 10 ~ 15% 이하 → 노화 억제
- ▶ 온도 : 0°C 이하, 60°C 이상 → 노화 억제
- ▶ 설탕 : 탈수제 → 노화 억제
- ▶ 유화제 : 전분 콜로이드 안정 → 노화 억제

(7) 호정화

▶ 호정화(dextrinization) : 전분의 열분해

물을 가하지 않고 160°C 이상의 열로만 전분의 분해

가용성 덱스트린(dextrin) → 호정

▶ 종류 : 쌀, 보리, 옥수수의 튀김

베이킹, 비스킷, 토스트 등

(8) 당화

- ▶ **당화(saccharification)** : 산, 알칼리, 효소(β -amylase) 등에 의한
전분의 가수분해

종류 : 물엿, 식혜, 포도당

3) 섬유소

▶ 섬유소(셀룰로오스, cellulose) : 가장 풍부하게 존재하는 구조 다당류

식물 세포벽의 주성분

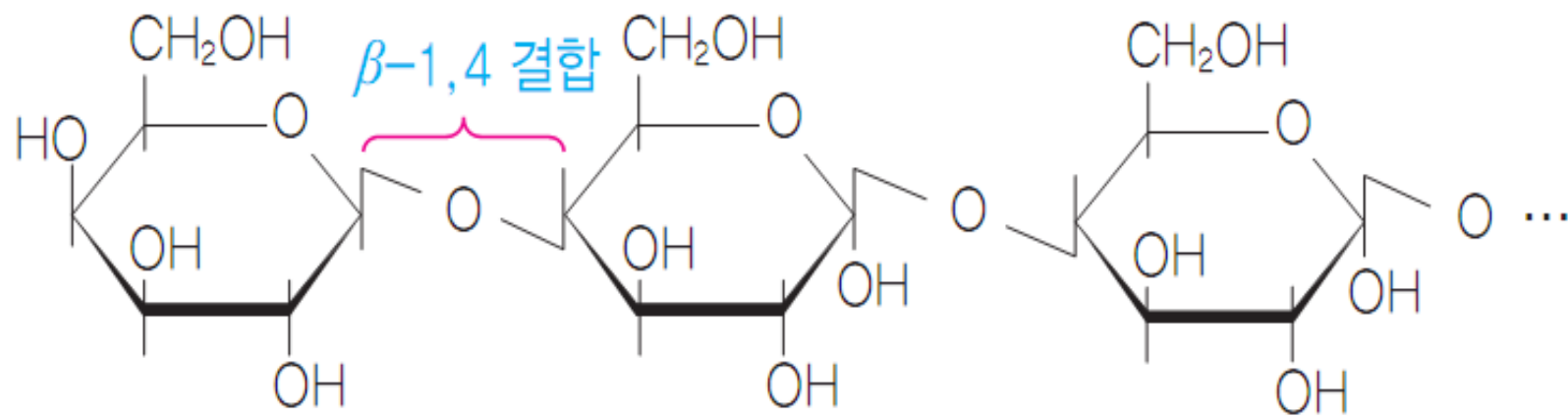
구조 : 3,000 개 이상의 글루코오스 단위가 (β 1 $\rightarrow$ 4) 결합으로 연결된 직쇄 구조

병풍 구조

Glc(β 1 $\rightarrow$ 4)Glc : **cellobiose**

▶ 식이섬유 : 소화효소에 분해되지 않는 다당류

에너지원이 되지 못하는 다당류



[그림 3-29] 섬유소의 구조

▶ $(\alpha \ 1 \rightarrow 4)$ 와 $(\beta \ 1 \rightarrow 4)$ 결합의 비교

$(\alpha \ 1 \rightarrow 4)$ 결합 : 나선구조, 수용성, 과립, 저장다당류

$(\beta \ 1 \rightarrow 4)$ 결합 : 망목구조, 불용성, 섬유, 구조(보호)다당류

참고자료

1. 식품화학. 송효남 외 공저. 창지사. 2019.
2. 식품화학(3판). 조신호 외 공저. 교문사. 2014.

Good Job! Next Week!