

เคมีอินทรีย์ 01403221

คาร์โบไฮเดรต

(Carbohydrates)

โครงการจัดตั้งภาควิชาเคมี

คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrates)

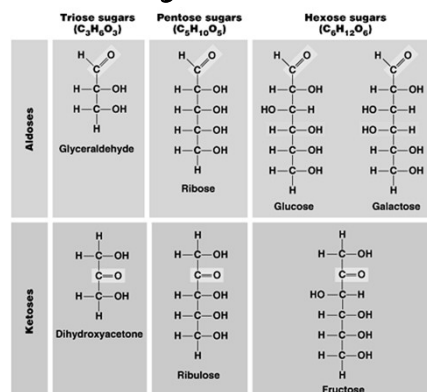
เป็นสารชีวโมเลกุล หรือสารประกอบอินทรีย์ที่สำคัญ
ของพืช ประกอบด้วยธาตุ C, H และ O มีหมู่ -OH,
-CHO, -C=O เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ

จัดเป็นสารจำพวก

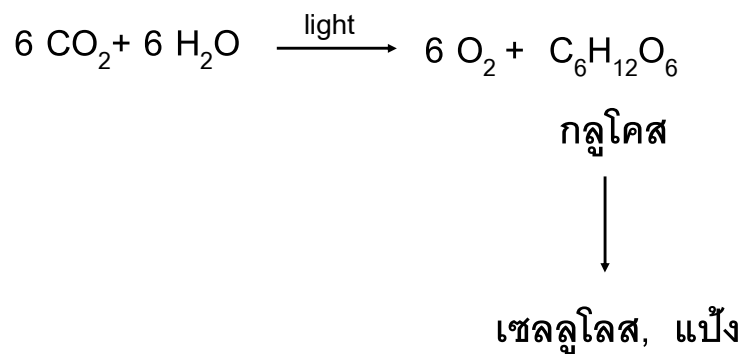
polyhydroxy aldehydes

หรือ

polyhydroxy ketones



คาร์โบไฮเดรตที่พบในพืชอยู่ในรูปของกลูโคส
เกิดจากการสังเคราะห์แสง



3

ประเภทของคาร์โบไฮเดรต

1. Monosaccharides

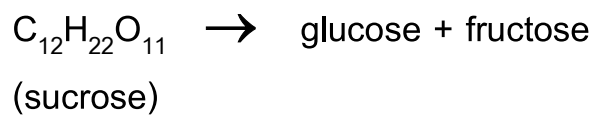
- เป็นคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลเล็กที่สุด ไม่สามารถถูก hydrolyzed ต่อไปได้อีก
- ประกอบด้วยคาร์บอน 3-10 อะตอม เช่น กลูโคส ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), ฟรุคโตส ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), อะราบิโนส ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$)

4

2. Oligosaccharides

เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ถูก hydrolyzed แล้วจะได้ monosaccharide 2-10 หน่วย

- disaccharide เมื่อถูก hydrolyzed แล้วได้ monosaccharide 2 โมเลกุล



- trisaccharide เมื่อถูก hydrolyzed แล้วได้ monosaccharide 3 โมเลกุล

5

3. Polysaccharides

เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ถูก hydrolyzed แล้วได้ monosaccharide มากกว่า 10 หน่วย เช่น เซลลูโลส แป้ง ไกลโคเจน

การแบ่งคาร์โบไฮเดรตตามสมบัติทางกายภาพ

1. sugars เป็นผลึก มีรสหวาน ละลายน้ำ เช่น น้ำตาลต่าง ๆ
2. nonsugars ไม่เป็นผลึก ไม่มีรสหวาน ไม่ละลายน้ำ เช่น แป้ง

6

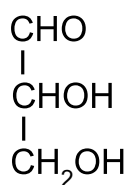
Monosaccharides

เป็นผลึกสีขาว ละลายน้ำได้ดี มีรสหวาน ตัวที่พบมากคือ กลูโคส

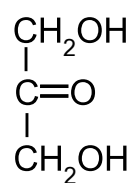
โครงสร้างประกอบด้วยคาร์บอนต่อกันเป็นโซ่ยาว ไม่มีกิ่งก้าน แต่ละคาร์บอนมีหมู่ไฮดรอกซี (-OH) เกาะอยู่ และแต่ละโมเลกุลประกอบด้วยหมู่ aldehyde (-CHO) หรือหมู่ keto (-C=O) อีก 1 หมู่

7

ตัวอย่าง



glyceraldehyde



dihydroxyacetone

หมู่ฟังก์ชันเป็น -CHO เรียกว่า อัลโดส

หมู่ฟังก์ชันเป็น -C=O เรียกว่า คีโตส

8

การเรียกชื่อ

1. เรียกตามจำนวน C-atom ในโมเลกุล

และลงท้ายด้วย -ose

C 3 อะตอม	เรียกว่า	triose
C 4 อะตอม	เรียกว่า	tetrose
C 5 อะตอม	เรียกว่า	pentose
C 6 อะตอม	เรียกว่า	hexose
C 7 อะตอม	เรียกว่า	heptose

9

2. การแสดงหมู่ฟังก์ชัน

- ถ้าเป็น aldehyde นำหน้าด้วย อัลโด (aldo)
 - ถ้าเป็นหมู่ keto นำหน้าด้วย คีโต (keto) เช่น
- monosaccharide ที่มี C 3 อะตอม และมีหมู่ฟังก์ชันคือ aldehyde เรียกว่า อัลโดไตรออส (aldotriose)
 - monosaccharide ที่มี C 5 อะตอม และมีหมู่ keto เรียกว่า คีโตเพนโตส (ketopentose)

10

เมื่อพิจารณาโครงสร้างของ monosaccharide พบว่า C ในโมเลกุลจะเป็น asymmetric carbon ทำให้เกิด isomer หลายชนิด ได้แก่

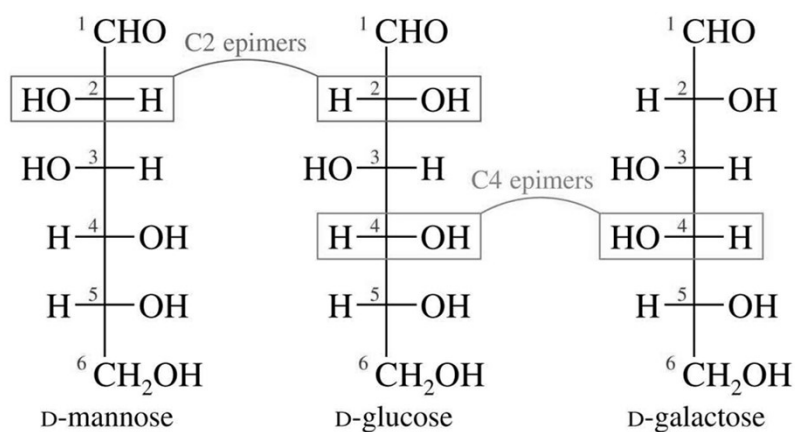
1. อีพิเมอร์ (Epimer)

เป็น diastereomer ที่มี configuration ต่างกันตรง chiral carbon 1 ตำแหน่ง

เมื่อสลับตำแหน่ง -OH กับ -H ของ C ตัวที่ 2 ในกลูโคส เรียก แมนโนส (Mannose)

สลับตำแหน่ง -OH กับ -H ของ C ตัวที่ 4 ในกลูโคส เรียก แกล็กโทส (Galactose)

Epimers



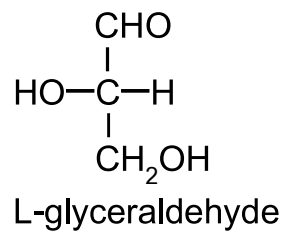
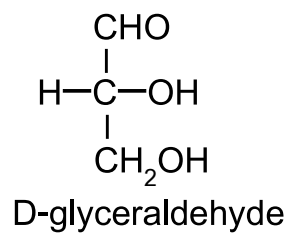
เรียกแมนโนส และกาแล็กโทส ว่าเป็น epimer ของ กลูโคส

2. Enantiomer

เป็น stereoisomer ซึ่งมีการจัดเรียงตัว 2 แบบ คือ

D-isomer มี -OH ตัวรองสุดท้ายอยู่ทางขวามือ

L-isomer มี -OH ตัวรองสุดท้ายอยู่ทางซ้ายมือ

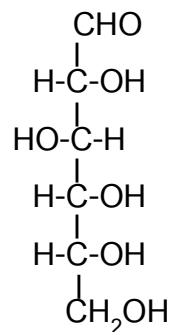


13

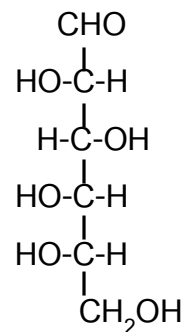
โมเลกุลเหล่านี้ยังหมุนระนาบแสง polarized light โดย

- หมุนตามเข็มนาฬิกา ใช้ +
- หมุนทวนเข็มนาฬิกา ใช้ -

D-(+)-glucose



L-(-)-glucose

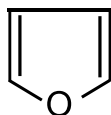


14

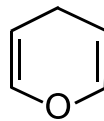
3. เกิดโครงสร้างที่เป็นวงของ monosaccharide เช่น น้ำตาล pentose (C 5 อะตอม) และน้ำตาล hexose (C 6 อะตอม) โดยเกิดปฏิกิริยากันเองภายในโมเลกุลระหว่าง C=O กับ -OH เกิดโครงสร้างเป็น cyclic hemiacetal จาก aldose หรือ cyclic hemiketal จาก ketose

15

Monosaccharide ที่เกิดเป็นวงขนาด 5 อะตอม เรียกว่า โครงสร้างแบบฟิวราโนส
วงขนาด 6 อะตอม เรียกว่า โครงสร้างแบบไพราโนส



furan

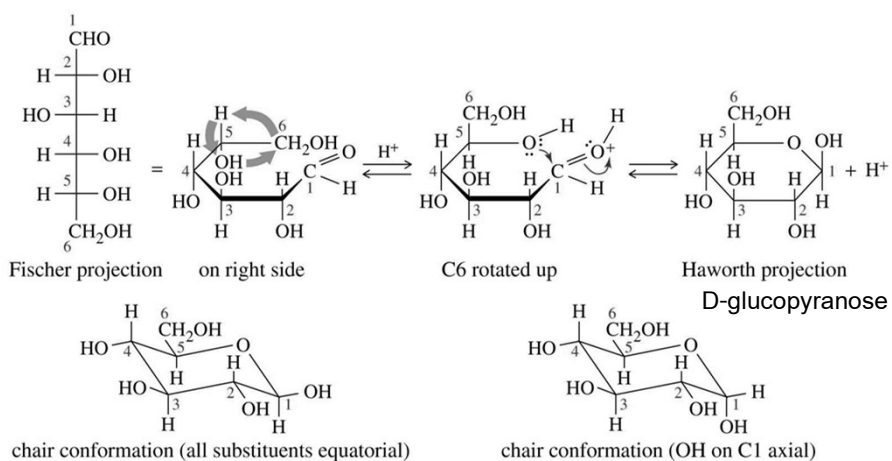


pyran

การเขียนโครงสร้างลักษณะเป็นวง เรียกว่า
Haworth projection

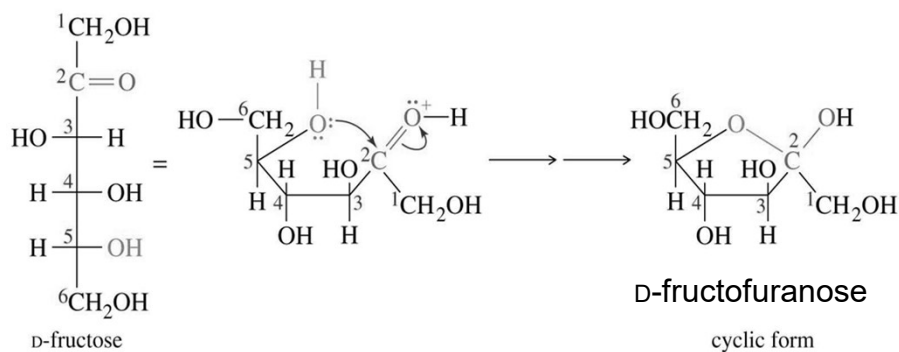
16

Cyclic Structure of Glucose

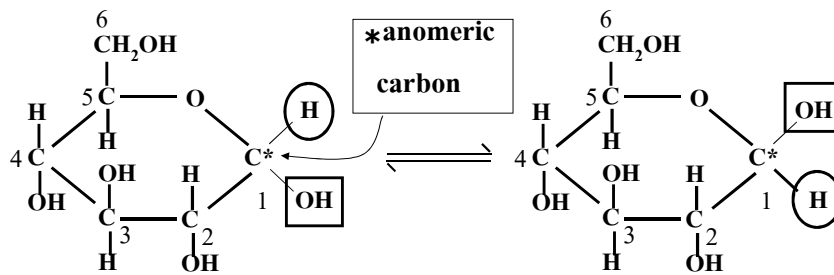


17

Cyclic Structure of Fructose



18



เรียกว่า α -form

เรียกว่า β -form

เช่น α -D-glucose

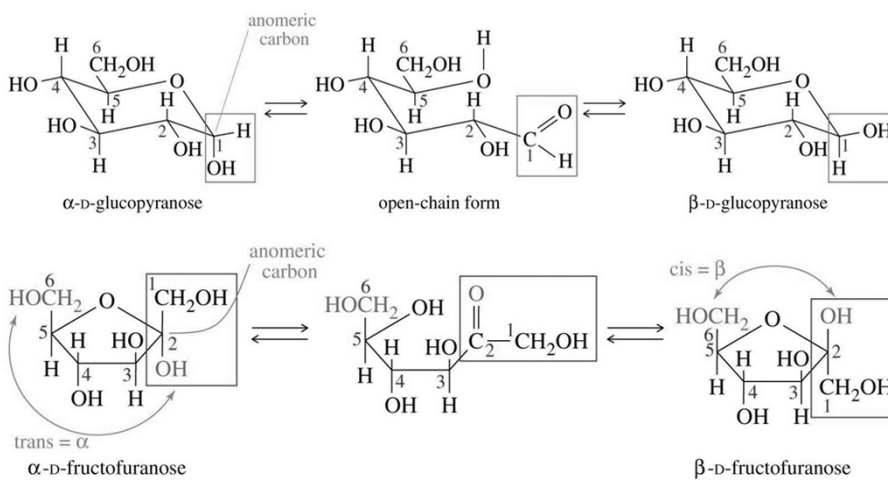
α -form เปลี่ยนเป็น β -form ได้ด้วยปฏิกิริยาที่เรียกว่า

มิวตาโรเตชัน (Mutarotation)

ทั้ง α และ β form จะเป็น epimer กัน เรียก epimer แบบนี้ว่า anomers และ เรียก carbon ที่เกิด hemiacetal , hemiketal ว่า anomeric carbon

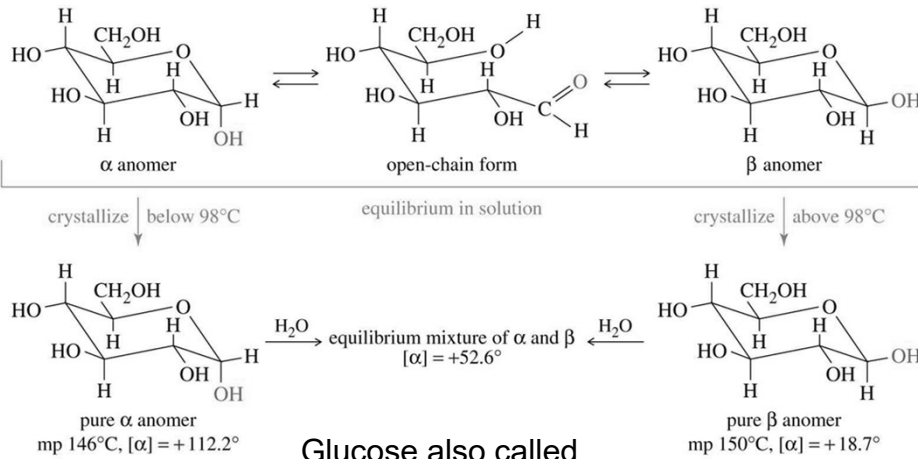
19

Anomers



20

Mutarotation



Glucose also called dextrose; dextrorotatory.

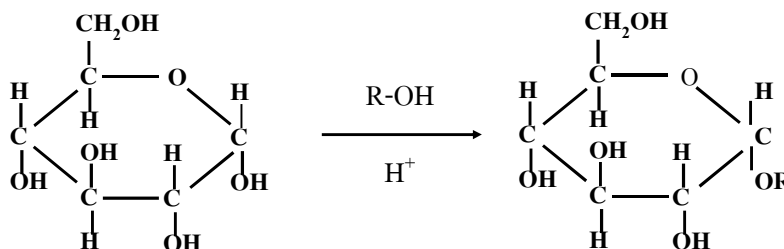
21

ปฏิกิริยาของ Monosaccharides

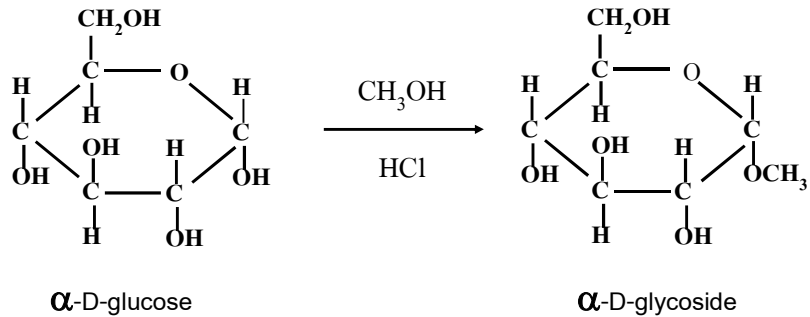
1. Glycoside formation

น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharides) ใช้ -OH ของ anomeric carbon ในโครงสร้างที่เป็น hemiacetal

ทำปฏิกิริยากับ alcohol ให้ anomeric alkoxy acetals หรือ glycosides (ไกลโคไซด์)



22

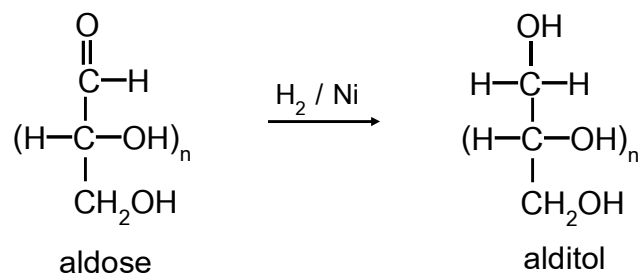


■ ถ้าเริ่มจาก hemiketal จะได้ ketal หรือ glycoside เช่น fructoside

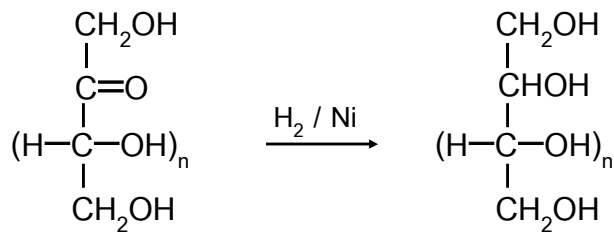
23

2. Reduction

หมู่ carbonyl ของ aldose (หรือ ketose) ถูกรีดิวซ์ด้วย NaBH_4 หรือ H_2 โดยมีโลหะ เช่น Pt, Ni เป็นคะตะลิสต์ ได้ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า alditol

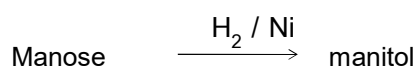
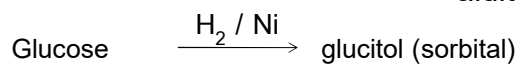


24



ketose

alditol



3. Oxidation

monosaccharide สามารถถูกออกซิไดซ์ด้วย oxidizing agent หลายตัว ได้แก่

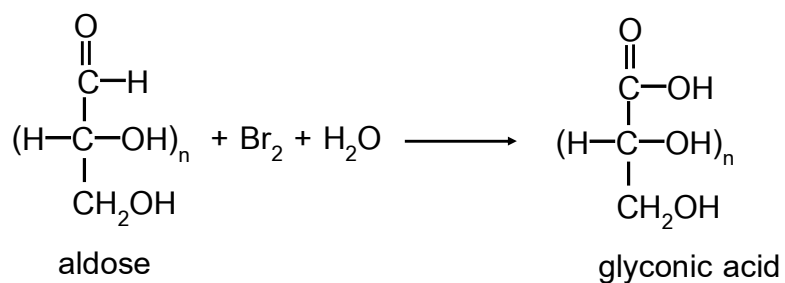
25

3.1 น้ำโบรมีน (bromine water)

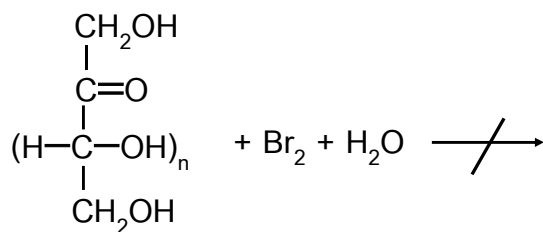
เป็นตัวออกซิไดส์อย่างอ่อนที่ทำให้หมู่ aldehyde (-CHO)

เปลี่ยนเป็น carboxyl group (-COOH)

ได้กรดไกลโคนิกเกิดขึ้น ไม่เกิดกับหมู่ keto (ketose)



26



ketose

สรุป น้ำโบรมีนใช้เป็นสารเพื่อทดสอบ

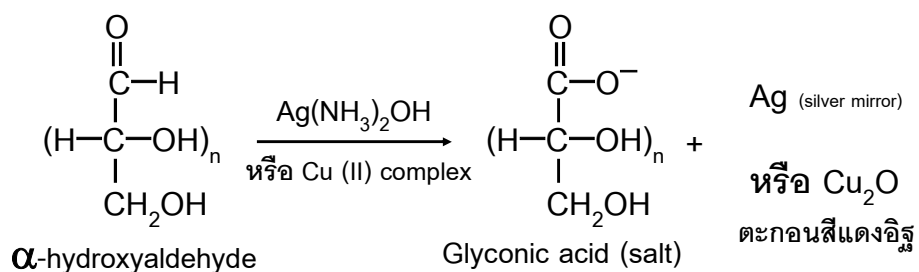
ความแตกต่างระหว่าง aldose กับ ketose

27

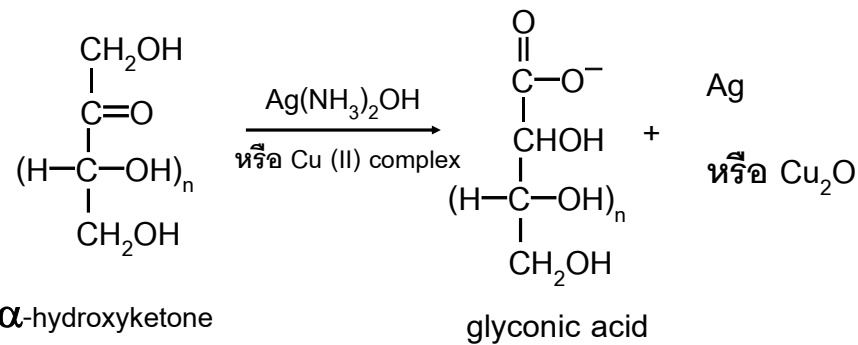
3.2 Tollen's reagent, Fehling's reagent และ Benedict

- monosaccharide ทุกตัว (reducing sugar)

เกิดปฏิกิริยาได้



28



α -hydroxyketone ถูก oxidize ได้เพราะในสภาวะที่เป็นเบส จะเกิด epimerization กลายเป็น α -hydroxyaldehyde ก่อน

29

■ monosaccharide ที่ทำปฏิกิริยากับ น้ำโบรมีน และ Tollen's reagent แสดงว่าเป็นตัวรีดิวซ์

เรียกว่า น้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar)

ดังนั้น

■ carbohydrate ที่ทำปฏิกิริยานี้ได้ \rightarrow reducing sugar

■ carbohydrate ที่ไม่ทำปฏิกิริยานี้ \rightarrow nonreducing sugar

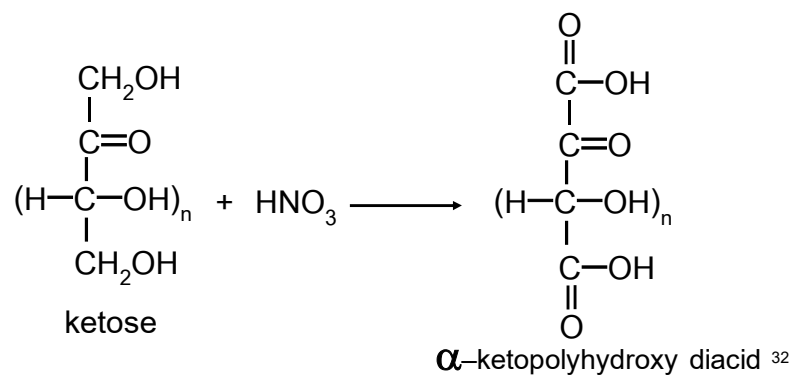
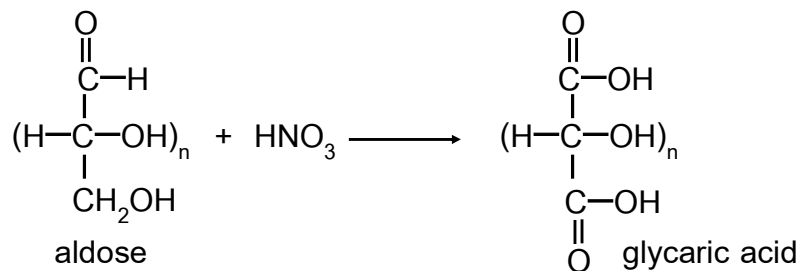
■ Monosaccharide ทุกโมเลกุลเป็น reducing sugar

30

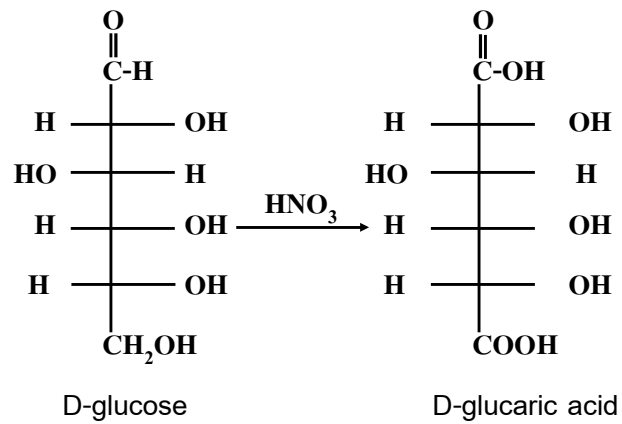
3.3 กรดไนตริก

กรดไนตริก (HNO_3) สามารถออกซิไดส์หมู่ aldehyde และหมู่ alcohol, (CH_2OH) ได้ผลิตภัณฑ์เป็น dicarboxylic acid ปฏิกิริยานี้เกิดได้ทั้ง aldose และ ketose เช่น

31



เช่น



33

4. ปฏิกิริยาการเกิดไอซาโซน

น้ำตาลที่มี aldehyde หรือ ketone ในโมเลกุล

เมื่อทำปฏิกิริยากับ phenylhydrazine

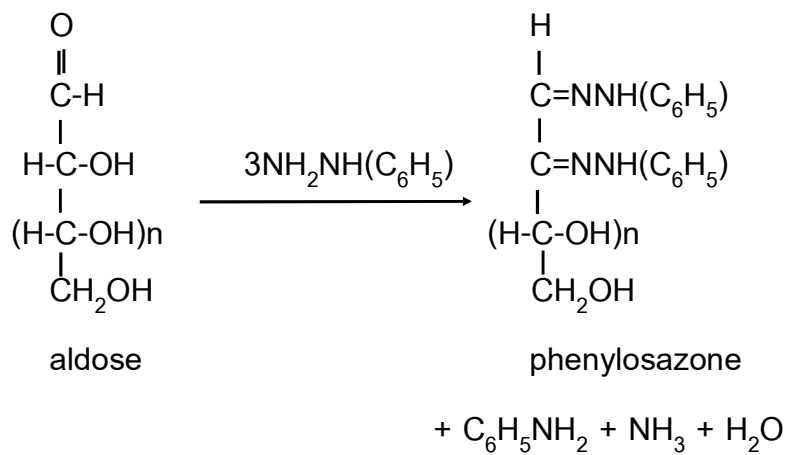
เกิด phenylhydrazone และถ้ามี phenylhydrazine

มากเกินไป (3 โมล) จะเกิดปฏิกิริยาอีกครั้งตรง

C ตำแหน่งที่ 2 ได้ phenylosazone หรือ osazone

เช่น

34



35

Disaccharides

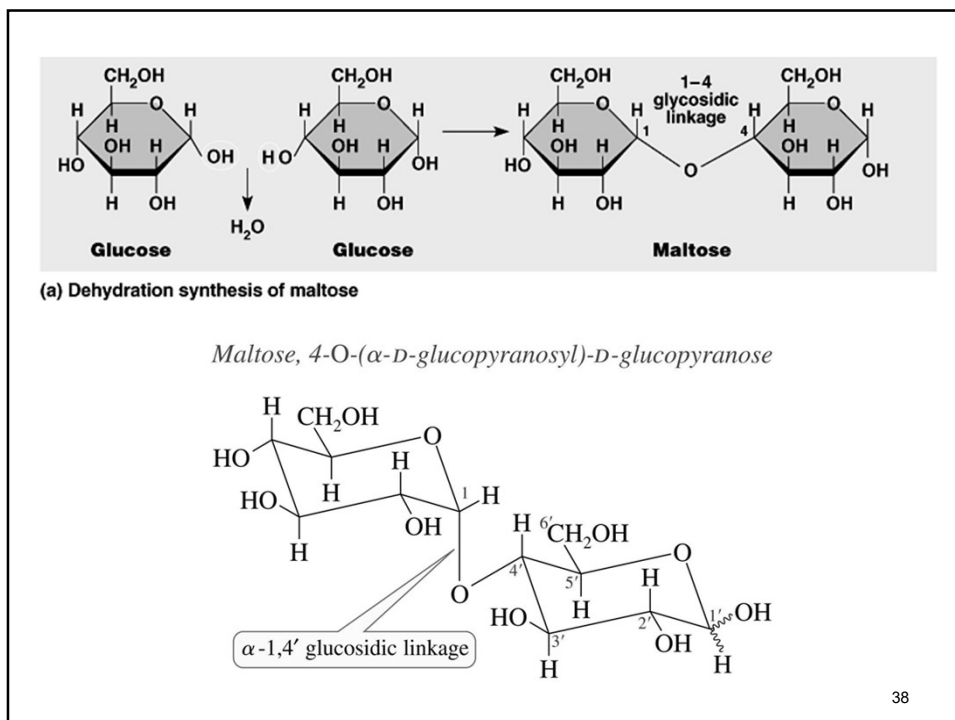
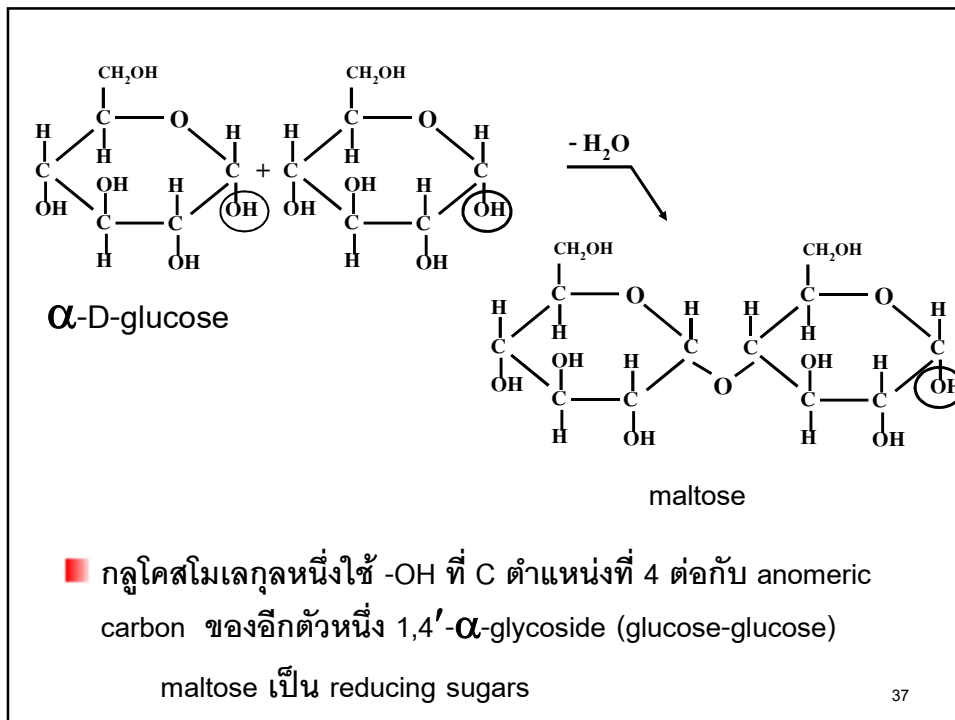
เกิดจาก monosaccharide 2 โมเลกุลต่อกันด้วย glycosidic bond โดย -OH ของ monosaccharide ตัวหนึ่งจะสร้างพันธะกับ anomeric carbon ของอีกตัวหนึ่ง

Disaccharides ที่สำคัญ

1. Maltose

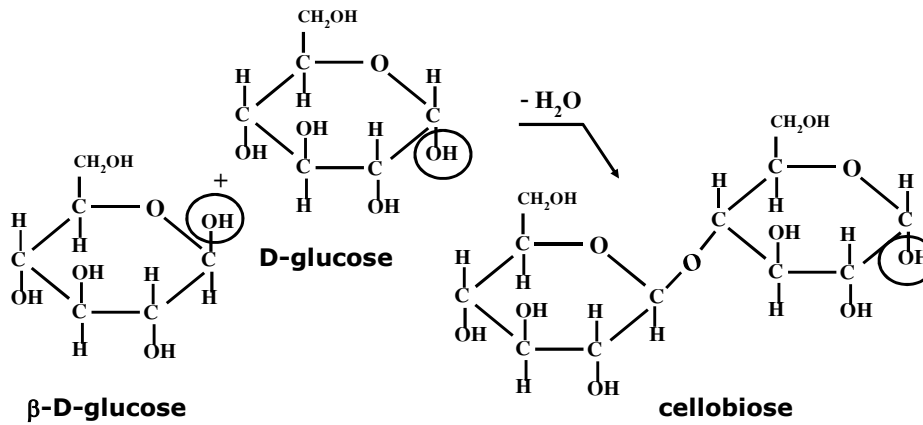
เกิดจาก D-glucose 2 โมเลกุล เกิดพันธะไกลโคไซด์ แล้วสูญเสียน้ำ 1 โมเลกุล

36



2. Cellobiose

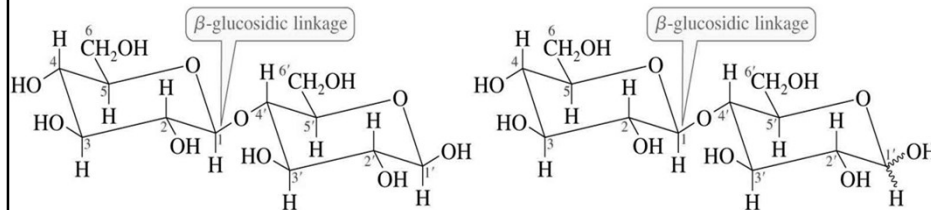
มีปฏิกิริยาคลาย maltose เพราะเกิดจาก glucose 2 โมเลกุล
เหมือนกัน แต่เป็น 1,4'- β - glycoside (glucose-glucose)



39

Cellobiose

Cellobiose, 4-O-(β -D-glucopyranosyl)- β -D-glucopyranose or 4-O-(β -D-glucopyranosyl)-D-glucopyranose

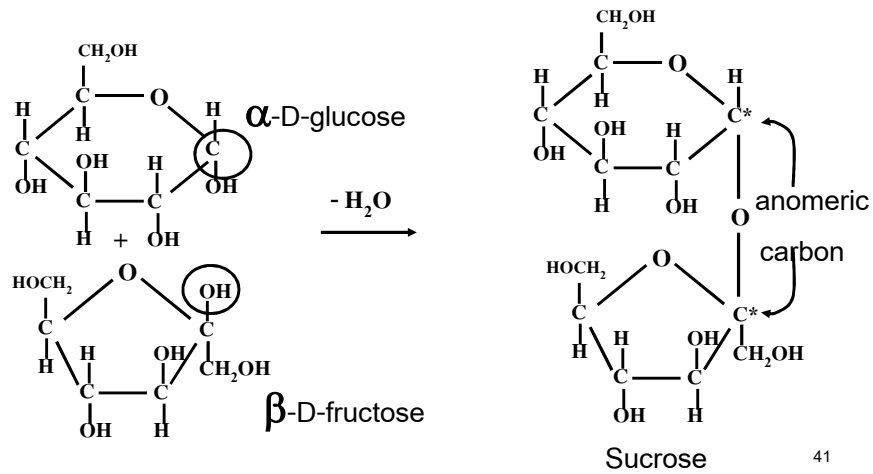


Two alternative ways of drawing and naming cellobiose

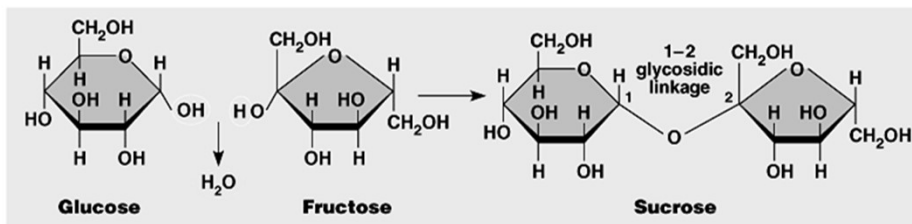
40

3. Sucrose

เป็น disaccharide ที่ประกอบด้วย D-glucose และ D-fructose อย่างละ 1 unit โดยให้ OH ที่ C1 ของ D-glucose และ OH ที่ C2 ของ fructose

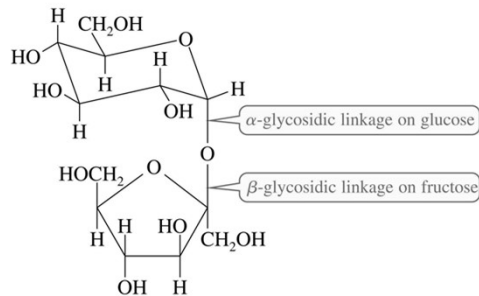


Sucrose



(b) Dehydration synthesis of sucrose

Sucrose, α -D-glucopyranosyl- β -D-fructofuranoside
(or β -D-fructofuranosyl- α -D-glucopyranoside)



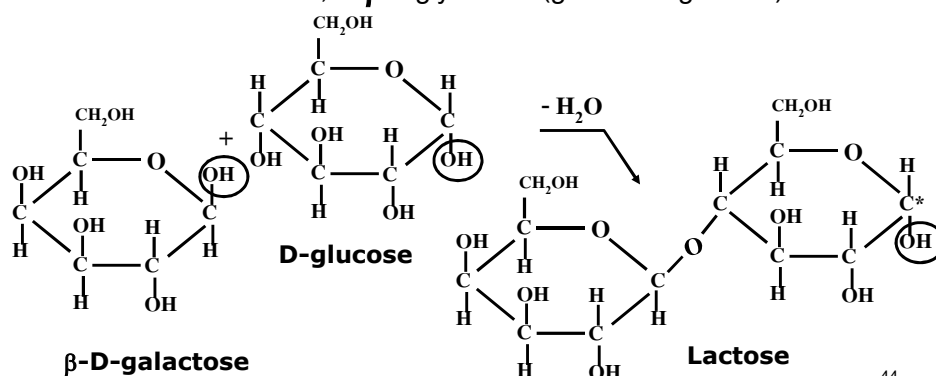
- OH ของคาร์บอนตำแหน่งที่ 1 แทนที่หมู่ -OH ที่ตำแหน่ง 2 ของ β -fructose เป็น 1,2'-(α, β)-glycoside (glucose-fructose)
- anomeric carbon ไม่มี -OH จึงไม่ทำปฏิกิริยากับ oxidizing agent ดังนั้น sucrose จึงเป็น nonreducing sugar

43

4. Lactose

เป็น disaccharide ที่พบในน้ำนม เกิดจาก glucose 1 โมเลกุล รวมกับ galactose 1 โมเลกุล

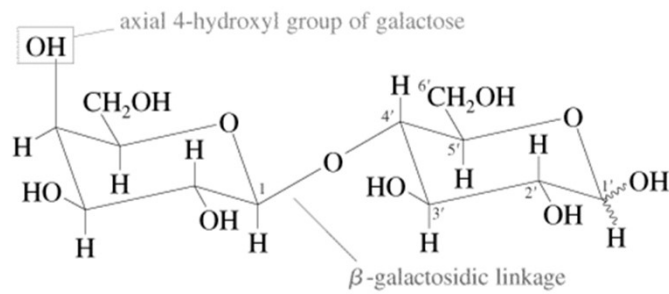
D-glucose ใช้ -OH ตำแหน่งที่ 4 แทนที่ -OH ของ D-galactose ตำแหน่งที่ 1 เป็น 1,4'- β - glycoside (galactose-glucose)



44

Lactose

Lactose, 4-O-(β-D-galactopyranosyl)-D-glucopyranose



45

Polysaccharides

1. Cellulose

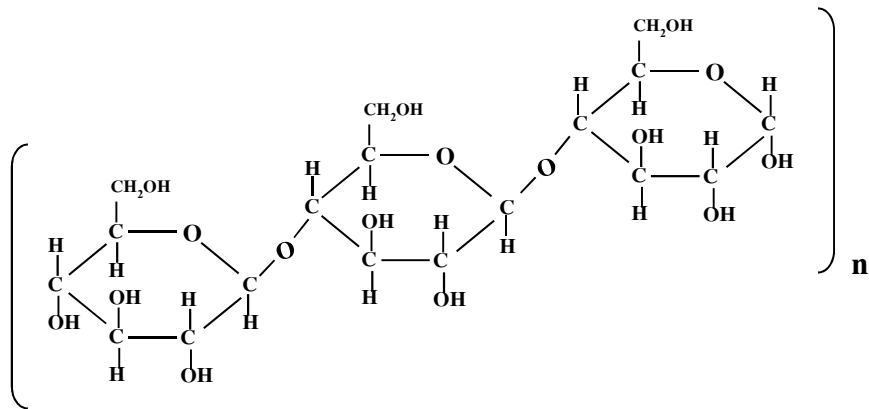
เป็น polysaccharides ที่เกิดจาก D-glucose มาต่อกัน
ประกอบด้วยกลูโคส 10,000-15,000 หน่วย

โดย -OH ของ carbon ตัวที่ 4 ต่อกับ anomeric
carbon ของอีกโมเลกุลหนึ่ง

46

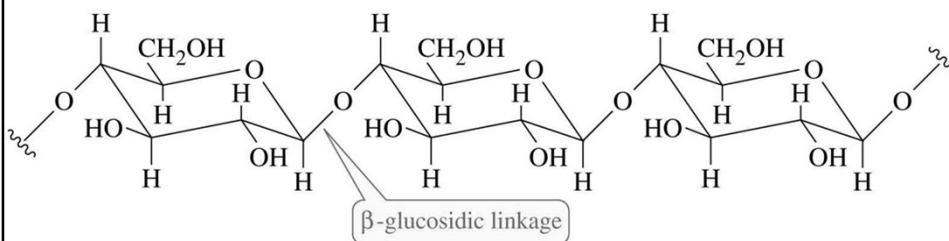
เป็น linear polysaccharide

1,4'- β -glycoside



47

Cellulose



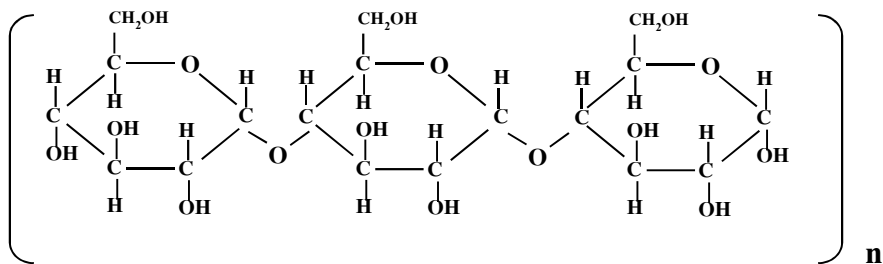
48

2. Starch (แป้ง)

เป็น polymer ของกลูโคส ต่อกันด้วย 1,4'- α -glycoside bond แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

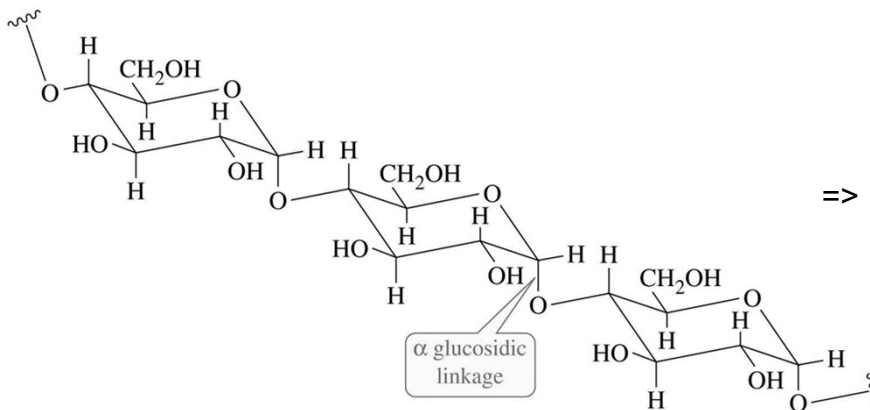
2.1 amylose มี glucose ต่อกันเป็น linear polysaccharides

1,4'- α -glycoside



49

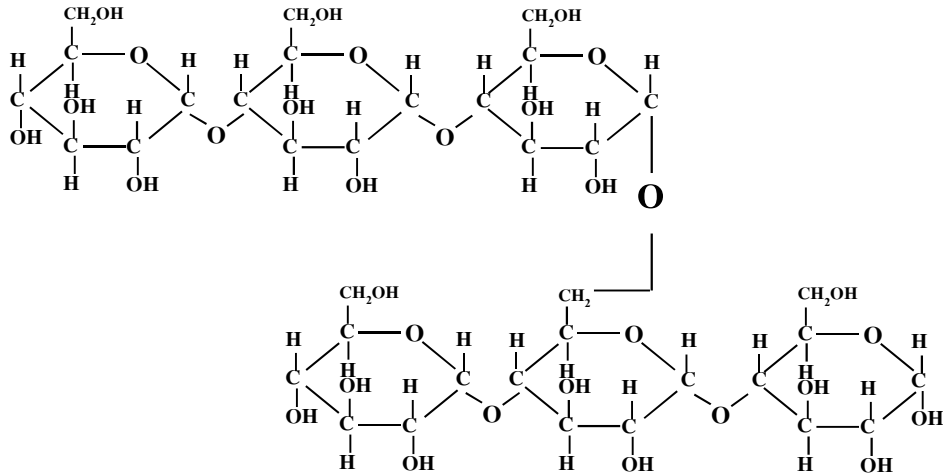
Amylose



50

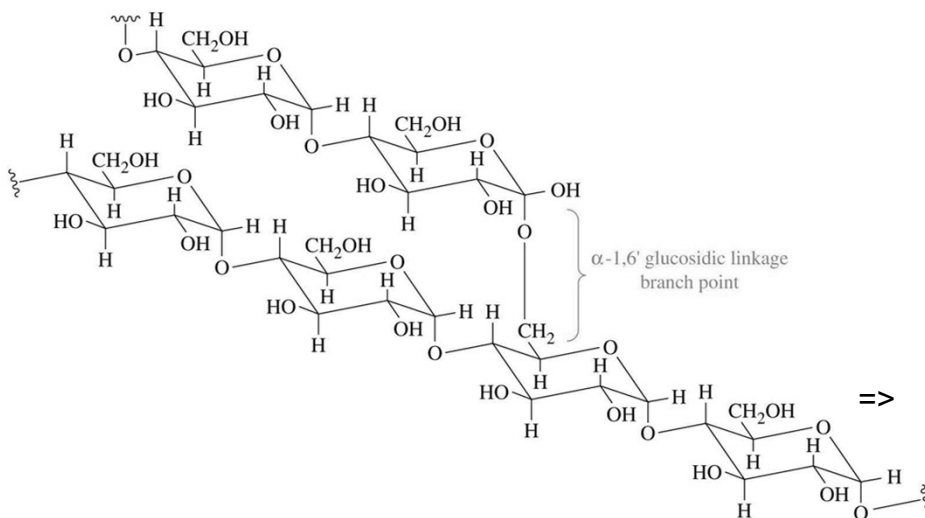
2.2 amylopectin มีโซ่กิ่งระหว่าง anomeric carbon กับ

-OH ของคาร์บอนตัวที่ 6 1,6'- α -glycoside



51

Amylopectin

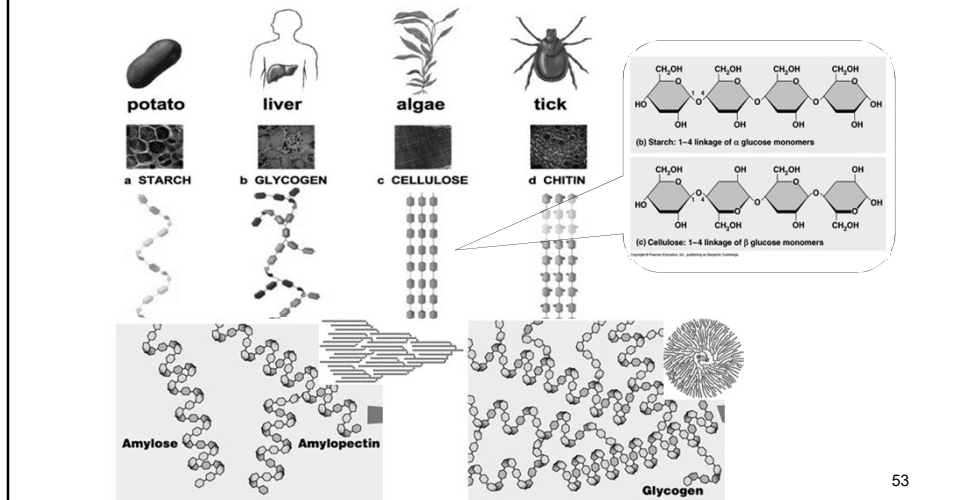


52

3. ไกลโคเจน (Glycogen)

เป็น starch ชนิดหนึ่งแต่เป็นพวก amylopectin

เป็นสารที่เก็บไว้เป็นพลังงานสำรองในสัตว์



01403221-59

เคมีอินทรีย์ 01403221

กรดอะมิโนและโปรตีน

โครงการจัดตั้งภาควิชาเคมี
คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต
กำแพงแสน

กรดอะมิโนและโปรตีน (Amino acids and Proteins)

- เป็นสารชีวโมเลกุลที่พบในสิ่งมีชีวิต
- ประกอบด้วยธาตุ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน
- หน่วยที่เล็กที่สุดของโปรตีน คือ กรดอะมิโน

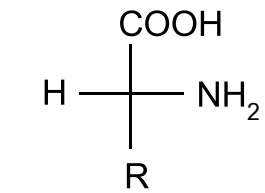
55

กรดอะมิโน (Amino acids)

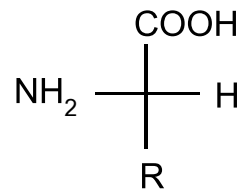
- กรดอะมิโน หรือ α -amino acid คือ โมเลกุลของกรดอินทรีย์ (carboxylic acid) ที่มี amino group เกาะอยู่ที่ α -carbon
- สูตรทั่วไป
$$\begin{array}{c} \text{R-CH-COOH} \\ | \\ \text{NH}_2 \end{array}$$
 (R = H, alkyl, aryl)
- ถ้า R ไม่ใช่ H จะทำให้ α -carbon เป็น chiral carbon
2 configurations: D-form and L-form

56

Fischer projection



D- α -amino acid



L- α -amino acid

● กรดอะมิโนโปรตีนส่วนใหญ่เป็น L-isoomer

● กรดอะมิโนโปรตีนเพียงชนิดเดียวที่เป็น D-isoomer



symmetric carbon, optically inactive

57

ประเภทของกรดอะมิโน

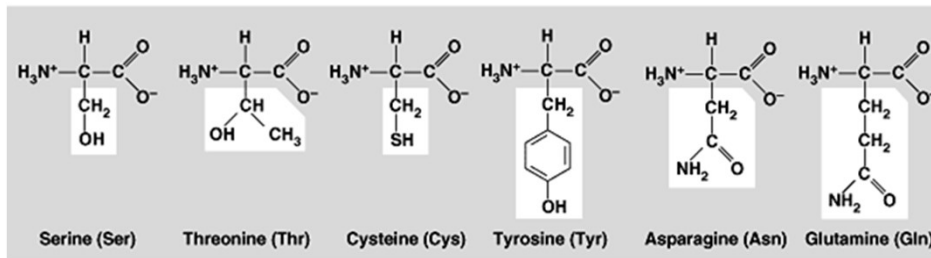
■ กรดอะมิโนที่พบในโปรตีนมี 20 ชนิด แบ่งประเภทตามคุณสมบัติทางเคมี คือ

1. Polar amino acids
2. Non polar amino acids
3. Electrically charged amino acids

58

1. Polar amino acids

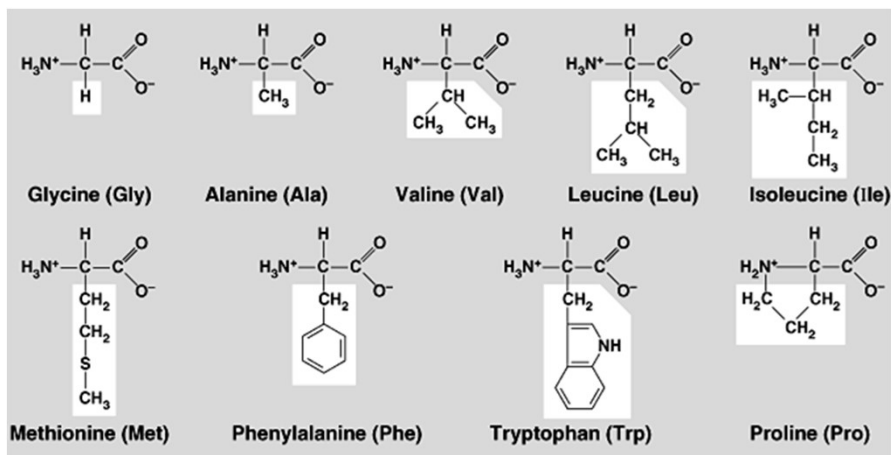
โมเลกุลประกอบด้วยหมู่ $-NH_2$ และหมู่ $-COOH$
 อย่างละ 1 หมู่ และมีหมู่แทนที่ที่มีขั้ว



59

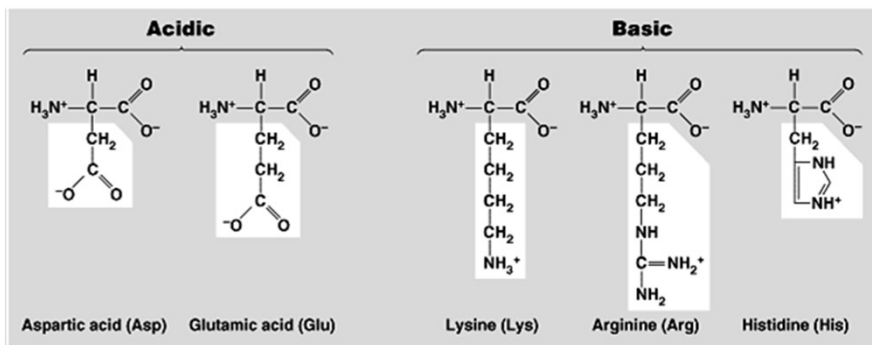
2. Non polar amino acids

โมเลกุลประกอบด้วยหมู่ $-NH_2$ และหมู่ $-COOH$
 อย่างละ 1 หมู่ และมีหมู่แทนที่ที่ไม่มีขั้ว



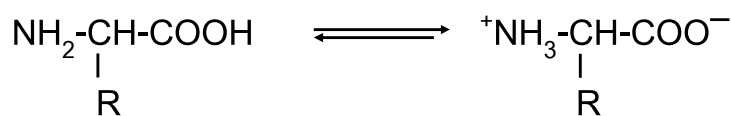
3. Electrically charged amino acids

- **Basic amino acids** : โมเลกุลประกอบด้วยหมู่ $-NH_2$ มากกว่า 1 หมู่ จึงมีสมบัติเป็นเบส
- **Acidic amino acids** : โมเลกุลมีหมู่ $-COOH$ มากกว่า 1 หมู่ จึงมีสมบัติเป็นกรด



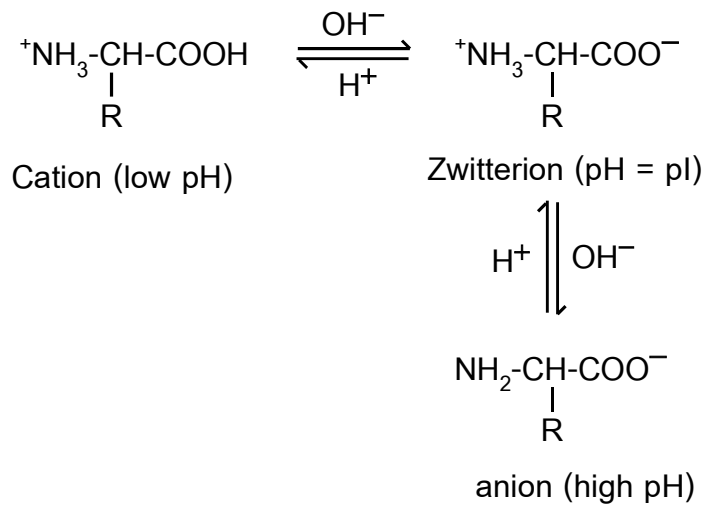
สมบัติของกรดอะมิโน

- ละลายน้ำได้ดี ไม่ละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว
- สมบัติเป็น dipolar เพราะในโมเลกุลมีทั้งหมู่ที่เป็นกรด $COOH$ และหมู่ NH_2 ซึ่งเป็นเบส H-atom เคลื่อนที่ไปมาระหว่างหมู่ทั้งสองเป็น internal acid-base reaction เกิด dipolar ion (ไอออน 2 ขั้ว) หรือเรียกว่า Zwitterion



62

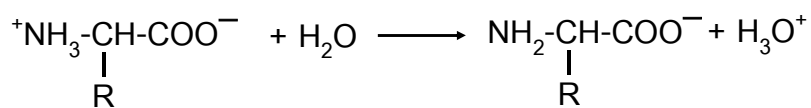
ค่า pH มีผลต่อสภาพ dipolar ของกรดอะมิโน



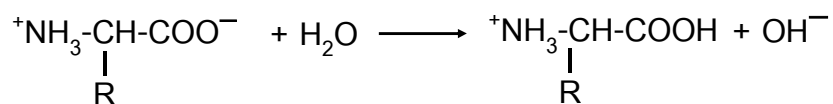
63

Isoelectric point (pI)

เมื่อ Zwitterion อยู่ในน้ำ อาจแตกตัวให้โปรตอนแก่ น้ำ



หรือ Zwitterion รับโปรตอนจากน้ำ



64

■ ดังนั้นถ้าต้องการให้กรดอะมิโนเป็นกลาง ต้องเติมกรด หรือ เบส ลงไป

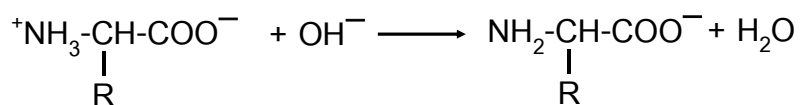
■ pH ที่ทำให้โมเลกุลของกรดอะมิโนเป็นกลาง คือ มีทั้งประจุบวกและลบ เรียกว่า isoelectric point (pI)

- Neutral amino acids pI 5.5-6.3
- Basic amino acids pI 10
- Acidic amino acids pI 3

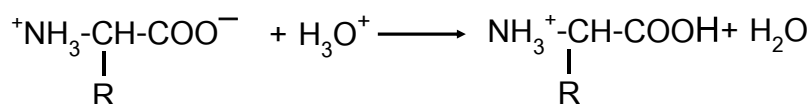
65

กรดอะมิโน มีสมบัติเป็น amphoteric คือ เป็นได้ทั้งกรดและเบส

-ในสารละลายเบส กรดอะมิโนมีประจุลบ



-ในสารละลายกรด กรดอะมิโนมีประจุบวก



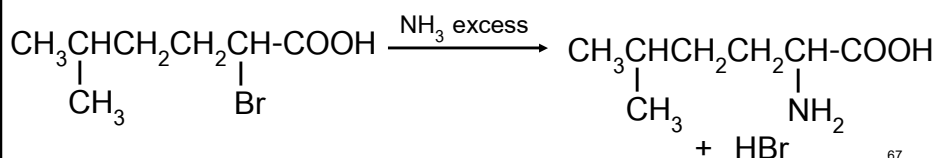
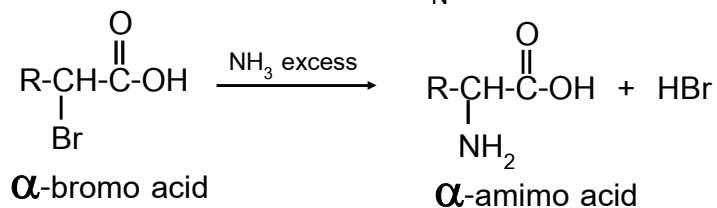
สมบัติ dipolar molecule ทำให้กรดอะมิโนมีจุดหลอมเหลวสูง

66

การสังเคราะห์กรดอะมิโน

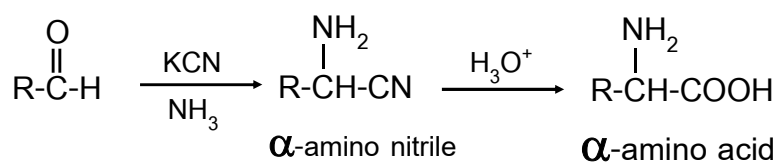
1. Reaction of α -bromoacid with ammonia

α -bromoacid + ammonia ปฏิกริยาเป็น
Nucleophilic Substitution (S_N2)



67

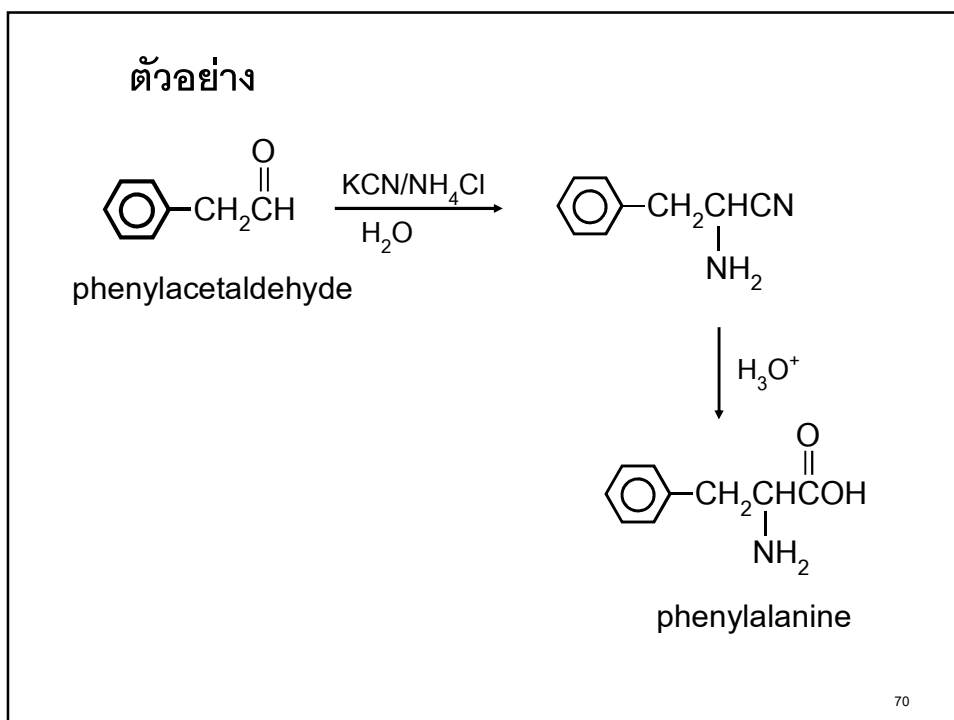
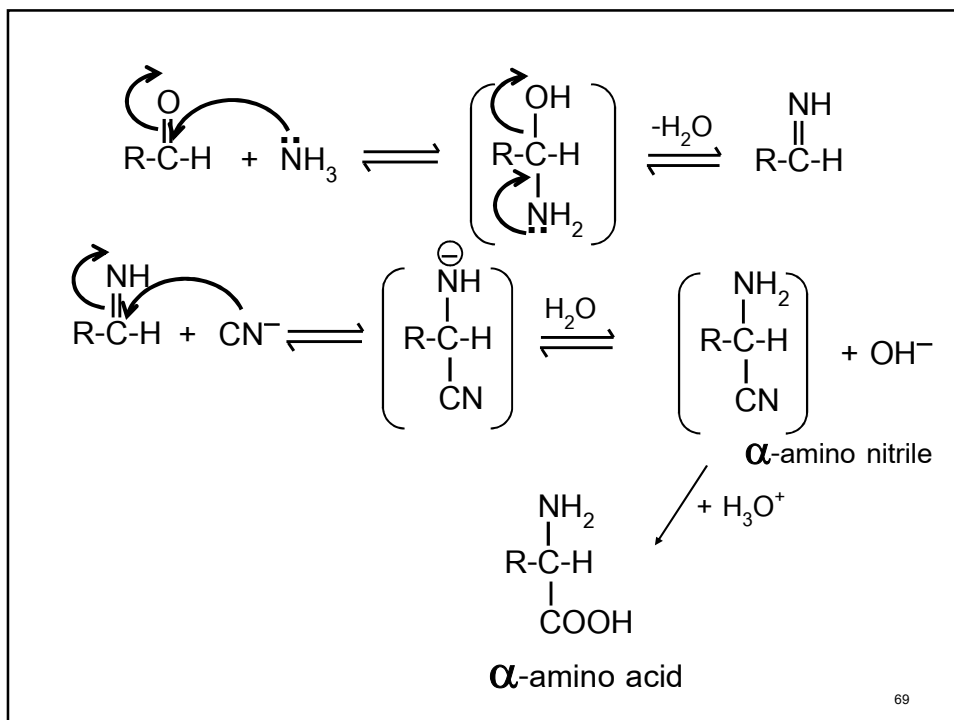
2. Strecker synthesis



ปฏิกิริยาเกิด 2 ขั้นตอน คือ

1. Aldehyde ทำปฏิกิริยากับ NaCN หรือ KCN และ aq. NH_3 เกิด intermediate คือ α -amino nitrile
2. α -amino nitrile เกิด hydrolysis ให้ amino acid

68

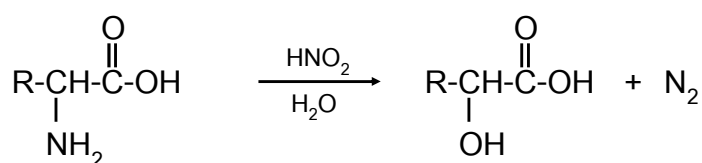


ปฏิกิริยาของกรดอะมิโน

1. Reaction with nitrous acid

เป็นปฏิกิริยาที่ใช้ทดสอบจำนวน free amino group
ในสารตัวอย่าง ที่เป็นกรดอะมิโน

โดยกรดอะมิโนทำปฏิกิริยากับสารละลาย nitrous acid
จะถูกเปลี่ยนเป็น hydroxyl และ N_2



N_2 ที่เกิดขึ้น = จำนวน amino group ในกรดอะมิโน

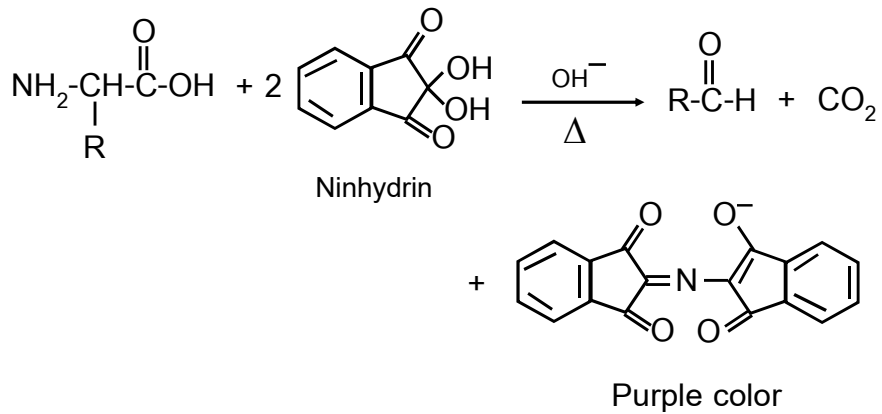
71

2. Reaction with ninhydrin

■ ปฏิกิริยาของ กรดอะมิโนกับ ninhydrin จะได้
สารประกอบสีม่วง แอลดีไฮด์ และ แก๊ส
คาร์บอนไดออกไซด์

■ ปฏิกิริยานี้ใช้หาปริมาณกรดอะมิโนได้โดยการวัด
ความเข้มของสี

72



73

เปปไทด์ (Peptides)

ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกรดอะมิโนทำปฏิกิริยากันโดย -COOH ของ amino acid ตัวหนึ่ง ทำปฏิกิริยากับ -NH₂ ของอีกโมเลกุลหนึ่ง

เปปไทด์ที่เกิดจาก 2 โมเลกุลของกรดอะมิโน เรียกว่า dipeptide

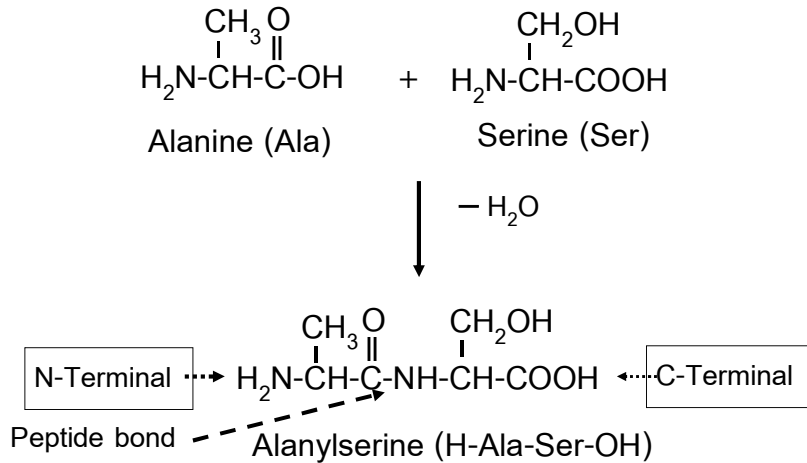
เปปไทด์ที่เกิดจาก 3 โมเลกุลของกรดอะมิโน เรียกว่า tripeptide

หลายๆ โมเลกุลต่อกัน เรียกว่า polypeptide นั่นคือ โปรตีน

74

พันธะที่เกิดขึ้น เรียกว่า พันธะเอไมด์ หรือ พันธะเปปไทด์

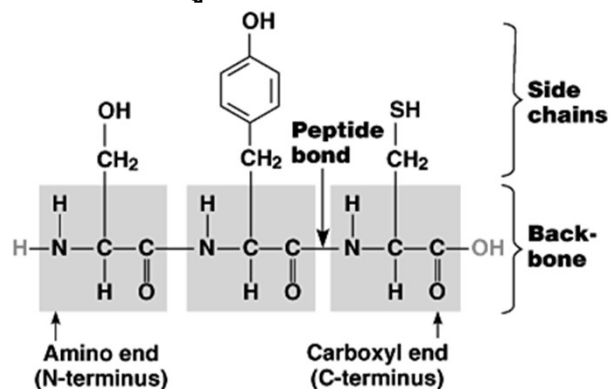
ตัวอย่าง dipeptide



75

■ ในสายเปปไทด์หนึ่งๆ จะมีกรดอะมิโนที่มี free amino group (-NH₂) อยู่ที่ปลายสุดด้านหนึ่ง เรียกว่า N-terminal residue

■ และมี free acid group (-COOH) อยู่ที่ปลายอีกด้านหนึ่ง เรียกว่า C-terminal residue

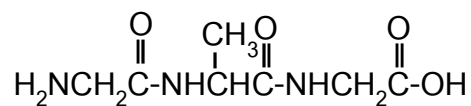
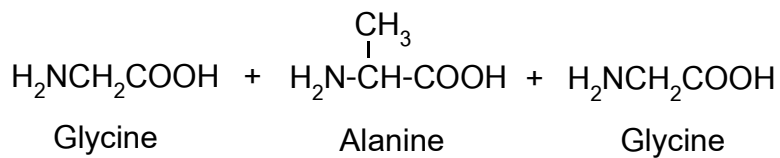


• สาย polypeptide ประกอบด้วย amino acid ทั้ง 20 ชนิด เรียงต่อกันเป็นอิสระ สาย polypeptide จึงสามารถมีรูปแบบที่ไม่เหมือนกันนับหมื่นชนิดได้

การเรียกชื่อเปปไทด์

- เรียกชื่อกรดอะมิโนที่เป็น N-terminal residue ก่อนตามด้วยกรดอะมิโนถัดมาทาง C-terminal และจบด้วยกรดอะมิโนของ C-terminal residue
- กรดอะมิโนที่ลงท้ายด้วย “-ine” ให้แทนด้วย “-yl” ยกเว้นกรดอะมิโนที่ C-terminal ให้เรียกชื่อตามปกติ

77



Glycylalanylglycine

78

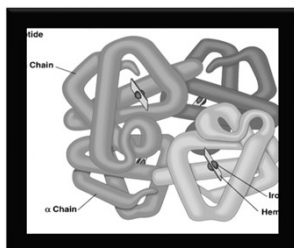
โปรตีน (Polypeptides)

- เป็นสารชีวโมเลกุล ประกอบด้วยกรดอะมิโนต่อกันมากกว่า 100 หน่วยขึ้นไปเกิดเป็น polypeptide
- มีพฤติกรรมเหมือนกรดอะมิโน แต่โมเลกุลใหญ่กว่า ทำให้เกิดการเสียสภาพธรรมชาติได้ (denaturation)
- สมบัติของโปรตีน
 - โปรตีนบริสุทธิ์อยู่ในรูปของแข็ง ลักษณะเป็นผลึก
 - ละลายในตัวทำละลายมีขั้ว เช่น น้ำ กรด เบส เอทานอล
 - มีสมบัติ amphoteric และ มีค่า isoelectric point เฉพาะ
 - มีสมบัติ optically active

79

โปรตีนที่สำคัญ

1. α -keratins พบใน ผม เล็บ ผิวหนัง ขนสัตว์ มี glycine และ alanine
2. Collagen พบในกล้ามเนื้อต่อเนื้อเยื่อ ในกระดูก ฟัน มี glycine และ proline
3. Hemoglobin และ myoglobin พบในเลือด



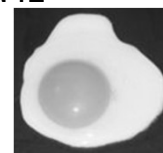
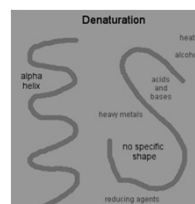
80

Denaturation

■ คือ การที่โมเลกุลของโปรตีนเปลี่ยนแปลงสมบัติทั้งทางกายภาพ และทางเคมี เช่น ละลายลดลง หรือตกตะกอน หรือ สูญเสียชีวกิจกรรม เพราะเกิดการคลายตัวของสายโซ่โพลีเปปไทด์ โดยที่พันธะเปปไทด์ไม่ถูกทำลาย

■ การที่โมเลกุลของโปรตีนที่เสียสภาพสามารถผันกลับได้ เรียก “renaturation”

■ สาเหตุของ Denaturation เช่น ความร้อน ตัวทำละลาย การเปลี่ยน pH แคตไอออน แอนไอออน เกลือโลหะหนัก และรังสี UV



01403221-59

เคมีอินทรีย์ 01403221

ลิพิด (Lipids)

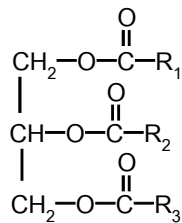
โครงการจัดตั้งภาควิชาเคมี
คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต
กำแพงแสน

ลิพิด (Lipids)

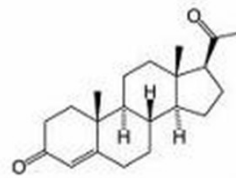
■ เป็นสารชีวโมเลกุลที่ไม่เป็น polymer ไม่ละลายน้ำเนื่องจากโครงสร้างของ lipids ประกอบด้วย nonpolar covalent bonds เป็นส่วนมาก ละลายในตัวทำละลาย อินทรีย์ เช่น อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม

■ จำแนกลิพิดตามสมบัติทางกายภาพ

■ โครงสร้างของลิพิดแตกต่างกันมาก เช่น



Triacylglycerols หรือ triglycerides



progesterone

83

■ หน้าที่ของลิพิด

1. เป็นโครงสร้างของเยื่อเซลล์
2. เป็นสารที่ใช้ในการสะสมพลังงานในร่างกาย และเป็นแหล่งพลังงาน (1 กรัมให้พลังงาน 9 kcal.)
3. ป้องกันอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย
4. เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์แบคทีเรีย และพืชชั้นสูง

84

■ ชนิดของลิพิด

ไตรเอซิลกลีเซอรอล (triacylglycerols หรือ triglycerides)

ไข (Wax)

ฟอสโฟลิพิด

เทอร์พีน

สเตอรอยด์

โพรสตาแกลนดิน

และองค์ประกอบสำคัญของไขมันคือ กรดไขมัน (fatty acids)

85

กรดไขมัน (Fatty acids)

■ เป็นกรดอินทรีย์ที่มีคาร์บอนต่อกันเป็นโซ่ยาวตั้งแต่ 12 อะตอมขึ้นไป

สูตรทั่วไป
$$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$$

■ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในลิพิดเกือบทุกชนิด แตกต่างกันในขนาดของโซ่และชนิดของพันธะระหว่าง C - C

86

ชนิดของกรดไขมัน

1. กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids)

คาร์บอนต่อกันด้วยพันธะเดี่ยวเท่านั้น

2. กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids)

คาร์บอนต่อกันด้วยพันธะเดี่ยวและมีพันธะคู่อย่างน้อย 1 พันธะ



Stearic acid



(a) Saturated fat and fatty acid



Oleic acid



Double bond causes bending

(b) Unsaturated fat and fatty acid

87

ตัวอย่าง saturated fatty acids

ส่วนมากมีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคู่

lauric acid (C₁₂) CH₃(CH₂)₁₀COOH

palmitic acid (C₁₆) CH₃(CH₂)₁₄COOH

stearic acid (C₁₈) CH₃(CH₂)₁₆COOH

ตัวอย่าง กรดไขมันไม่อิ่มตัว

Oleic acid (C₁₈) CH₃(CH₂)₇CH=CH(CH₂)₇COOH

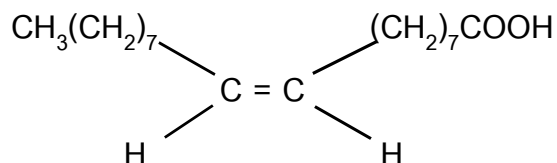
Linoleic acid (C₁₈)

CH₃(CH₂)₄CH=CHCH₂CH=CH(CH₂)₆CH₂COOH

88

■ พันธะคู่ใน fatty acid ส่วนใหญ่จะมี configuration เป็น *cis*- หรือ (Z)- เช่น

Oleic acid หรือ (Z) -9-octadecenoic acid



กรดไขมันบางชนิดจะมี configuration เป็นแบบ *trans*-

89

ไตรเอซิลกลีเซอรอล

(Triacylglycerols, triacylglycerides, triglycerides)

เป็นเอสเตอร์ที่พบในไขมันสัตว์และน้ำมันพืช

- จากสัตว์ เช่น นํ้านม ครีม เนย เนยเทียม นํ้ามันหมู
- จากพืช เช่น นํ้ามันมะพร้าว นํ้ามันถั่ว นํ้ามันรำข้าว ข้าวโพด

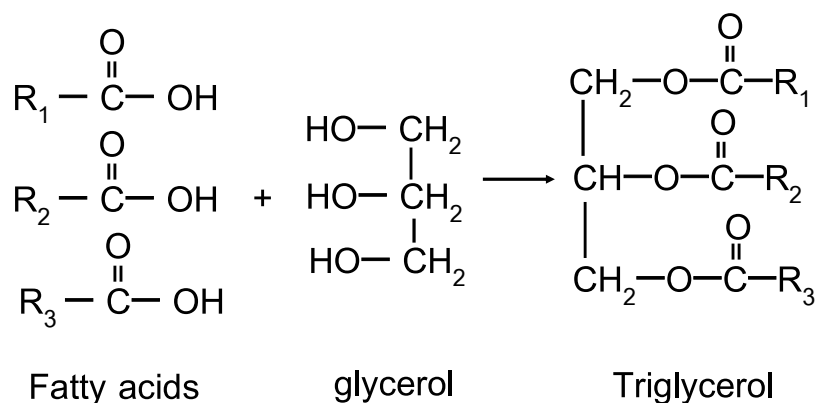
90

- triglyceride อาจเกิดจากกรดไขมัน 3 โมเลกุล ที่เหมือนกัน หรือต่างกันได้
- ถ้ากรดไขมันเหมือนกัน 3 โมเลกุลเรียกว่า simple triglycerides
- ถ้ากรดไขมันไม่เหมือนกัน เรียกว่า mixed triglycerides
- Triglycerides เมื่อเกิด hydrolysis อาจจะให้ saturated หรือ unsaturated fatty acids ก็ได้ ขึ้นกับชนิดของกรดไขมัน

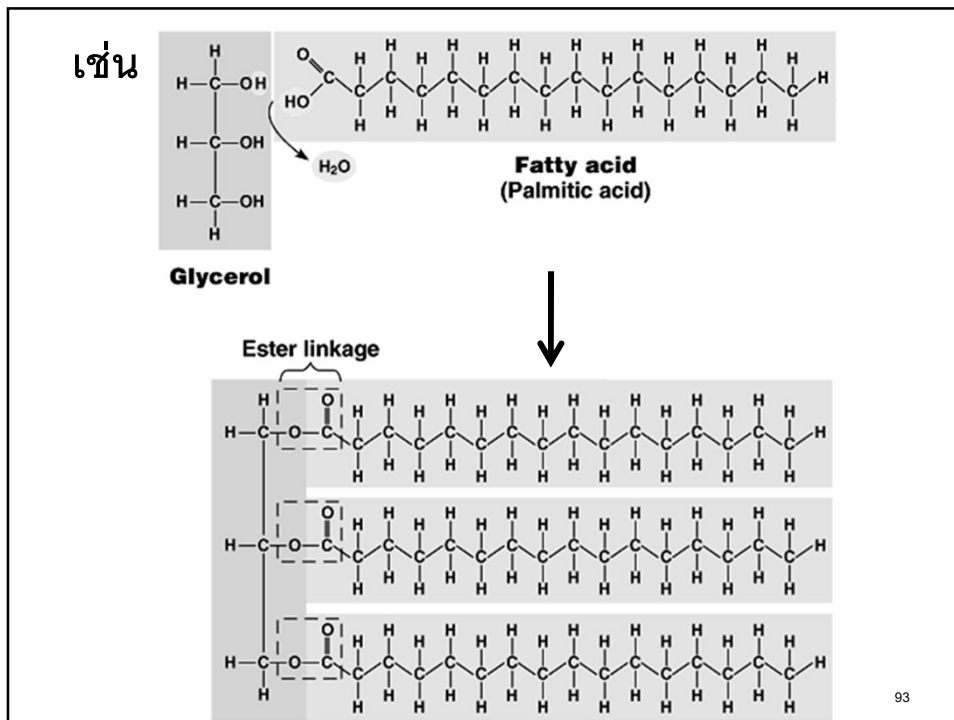
91

Triacylglycerols

เอสเตอ์จากกรดไขมัน 3 หน่วย กับ กลีเซอรอล 1 หน่วย



92



สมบัติทางกายภาพของ triglycerides

ขึ้นกับ fatty acid ที่เป็นองค์ประกอบ

1. จุดหลอมเหลว

- m.p. เพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนคาร์บอนเพิ่มขึ้น
- m.p. ลดลงเมื่อจำนวน unsaturated เพิ่มขึ้น

จุดหลอมเหลวของกรดไขมัน

กรดไขมัน	จำนวน C	จำนวนพันธะคู่	m.p.(°C)
Palmitic	16	-	63.1
Stearic	18	-	69.6
Oleic	18	1	13.4
Linoleic	18	2	-5
Linolenic	18	3	-11

95

2. การละลายน้ำ

- กรดไขมันในไตรกลีเซอไรด์ มีขนาดโมเลกุลใหญ่ ไม่ละลายน้ำ
- แต่ถ้าอยู่ในรูปของเกลือ Na, K ของกรดไขมัน เช่น สบู่ ละลายน้ำได้

3. ไอโซเมอร์

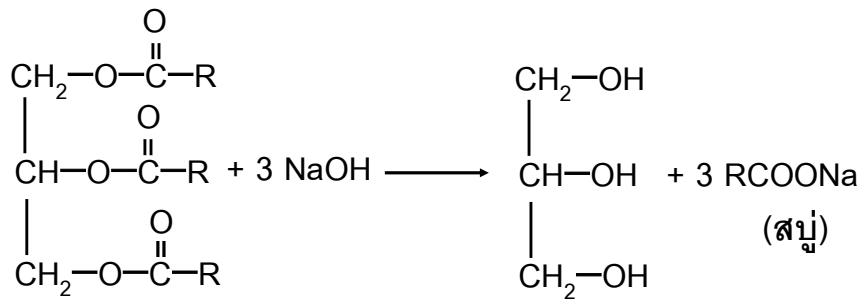
ไตรกลีเซอไรด์ที่เกิดจาก fatty acid ที่มีพันธะคู่มี 2 isomers คือ *cis-*, *trans-* isomer

96

ปฏิกิริยา

1. Saponification (alkaline hydrolysis)

ไฮโดรไลซ์ไตรกลีเซอไรด์ด้วยเบส เช่น NaOH, KO
ได้กลีเซอรอล และ เกลือของกรดไขมัน (สบู่)



97

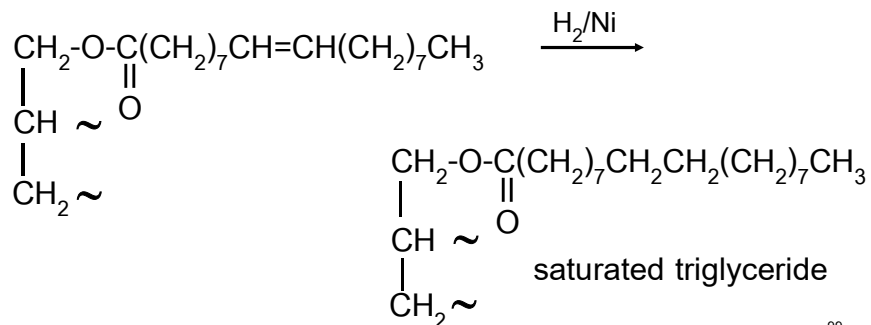
- การคำนวณขนาดของกรดไขมัน ดูจาก saponification value ซึ่งคำนวณจาก จำนวนมิลลิกรัมของ KOH ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับไขมันหรือน้ำมัน 1 กรัม
→ ค่าสูง แสดงว่า กรดไขมันมีขนาดเล็ก

98

2. Hydrogenation

unsaturated triglyceride ทำปฏิกิริยากับ H_2 โดยมีโลหะ เช่น Ni เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

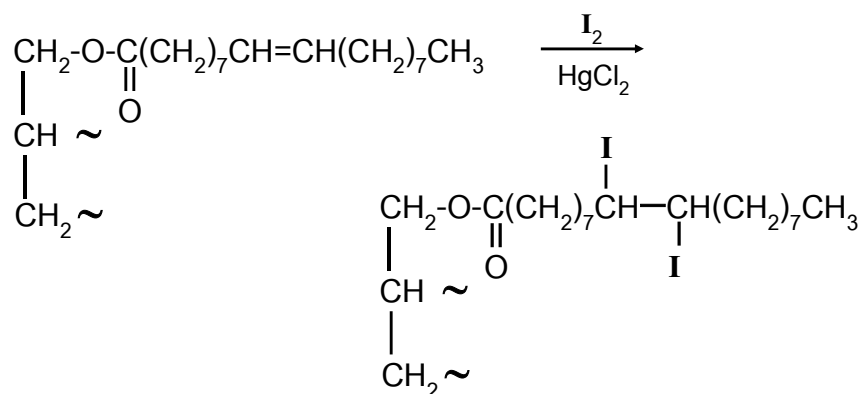
ประโยชน์ ใช้ในการทำให้ m.p. ของน้ำมันสูงขึ้น หรือ การทำน้ำมันพืชให้แข็ง



99

3. Addition of halogen

ไตรกลีเซอไรด์ทำปฏิกิริยากับ halogen ได้ dihalide



100

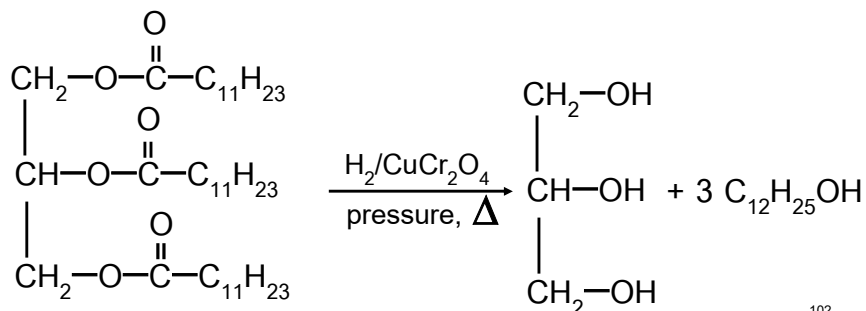
-ปฏิกิริยาระหว่าง unsaturated triglyceride กับ iodine ทำให้ทราบจำนวนพันธะคู่ได้ โดยดูจาก ปริมาณของ iodine ที่ทำปฏิกิริยาไป โดยแสดง เป็นค่า iodine number

Iodine number = จำนวนกรัมของ iodine ที่ทำ ปฏิกิริยาพอดีกับน้ำมัน หรือ ไขมัน 100 กรัม ค่า iodine number สูง แสดงว่ามี unsaturated fatty acid มาก

101

4. Reduction to alcohols

triglycerides ทำปฏิกิริยากับ H_2 ที่อุณหภูมิสูง และ ความดันสูง โดยมี copper chromite ($CuCr_2O_4$) เป็น คตะลิสต์ ทำให้เกิดการแตกพันธะในโมเลกุลได้ glycerol และ alcohol



102

5. Rancidity

การมีกลิ่นหืนของไขมัน และน้ำมัน เกิดจาก unsaturated fatty acid ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ถูก oxidized ได้ในอากาศเกิดเป็น volatile aldehyde, ketone และ acid ซึ่งมีกลิ่นเหม็น

การป้องกัน ให้ใส่สารจำพวก antioxidants

103

ไข (Waxes)

เป็นเอสเตอร์ที่เกิดจาก carboxylic acid (กรดไขมัน) กับ alcohol ซึ่งมีจำนวนคาร์บอนอย่างละ 16-34 อะตอม สัตว์และพืชสามารถสร้าง Wax ได้ เช่น พบที่ใบ กิ่ง ลำต้นของพืช ทำหน้าที่ป้องกันการระเหยของน้ำ

สมบัติของไข แข็ง เพราะ ไขมันเท่า fats
ประโยชน์ ใช้เป็นสารขัดเงา ทำเครื่องสำอาง
และใช้ทำยาต่างๆ

104