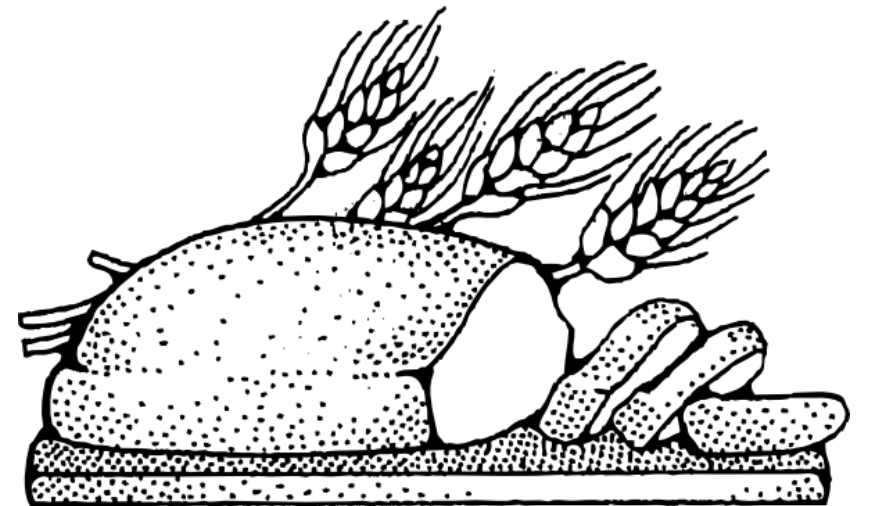




คาร์โบไฮเดรต

Carbohydrate

ผศ. ดร. ชุติมา คงจรรณู



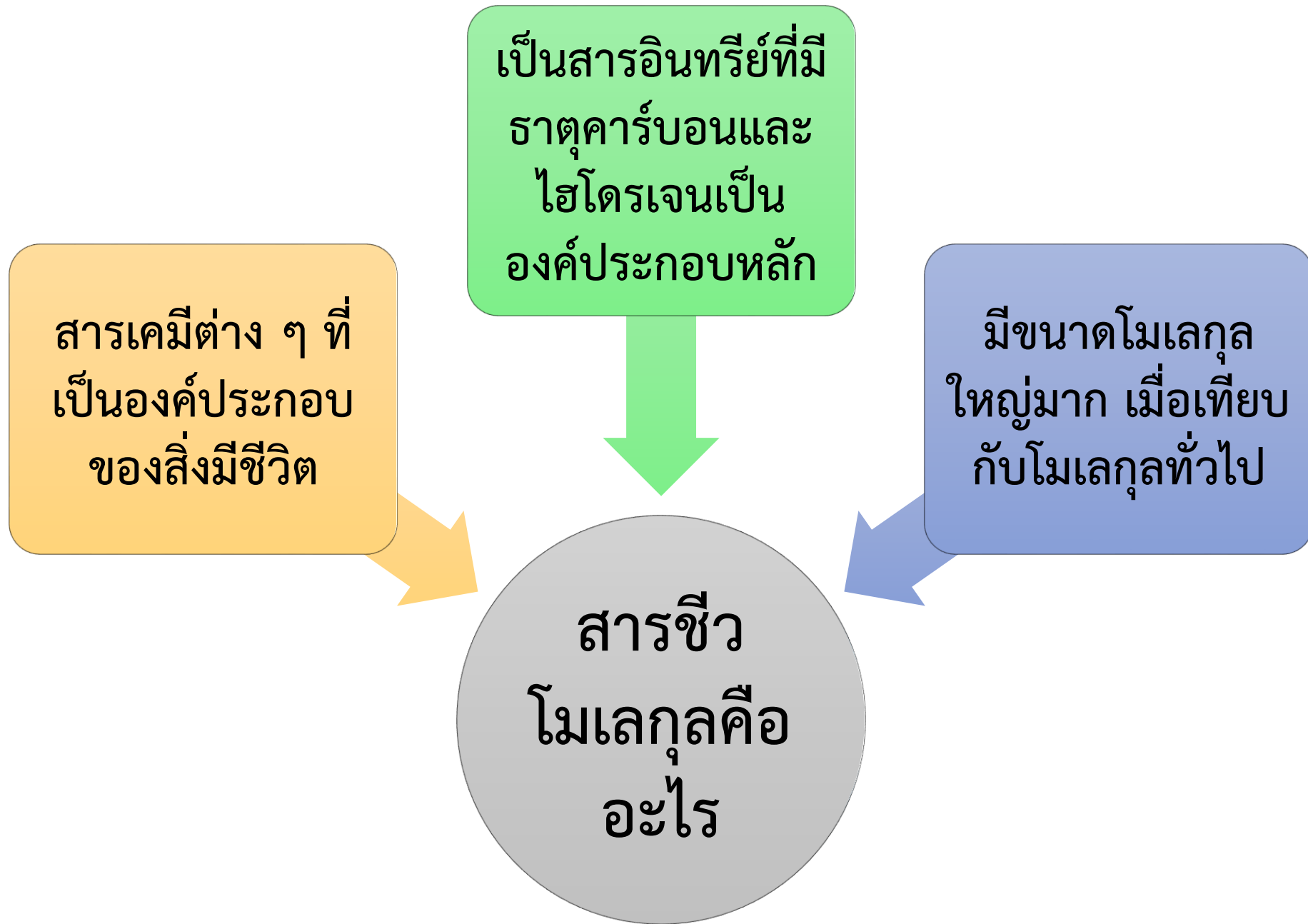
ข้อควร ปฏิบัติ ในการ เรียน ออนไลน์

นักศึกษาต้องรับผิดชอบต่อหน้าที่ในการเรียนมากกว่าการ
เรียนในห้องเรียนปกติ

สร้างบรรยากาศรอบตัวให้เหมาะสมที่จะรับความรู้จากการ
ตั้งใจฟังและการใช้สมาธิในระดับสูงในการติดตามการ
บรรยาย

หากเรียนไม่เข้าใจให้รีบแจ้งผู้สอนทันทีเนื่องจากผู้สอนไม่
สามารถสังเกตเห็นหน้าและอาการของผู้เรียนได้





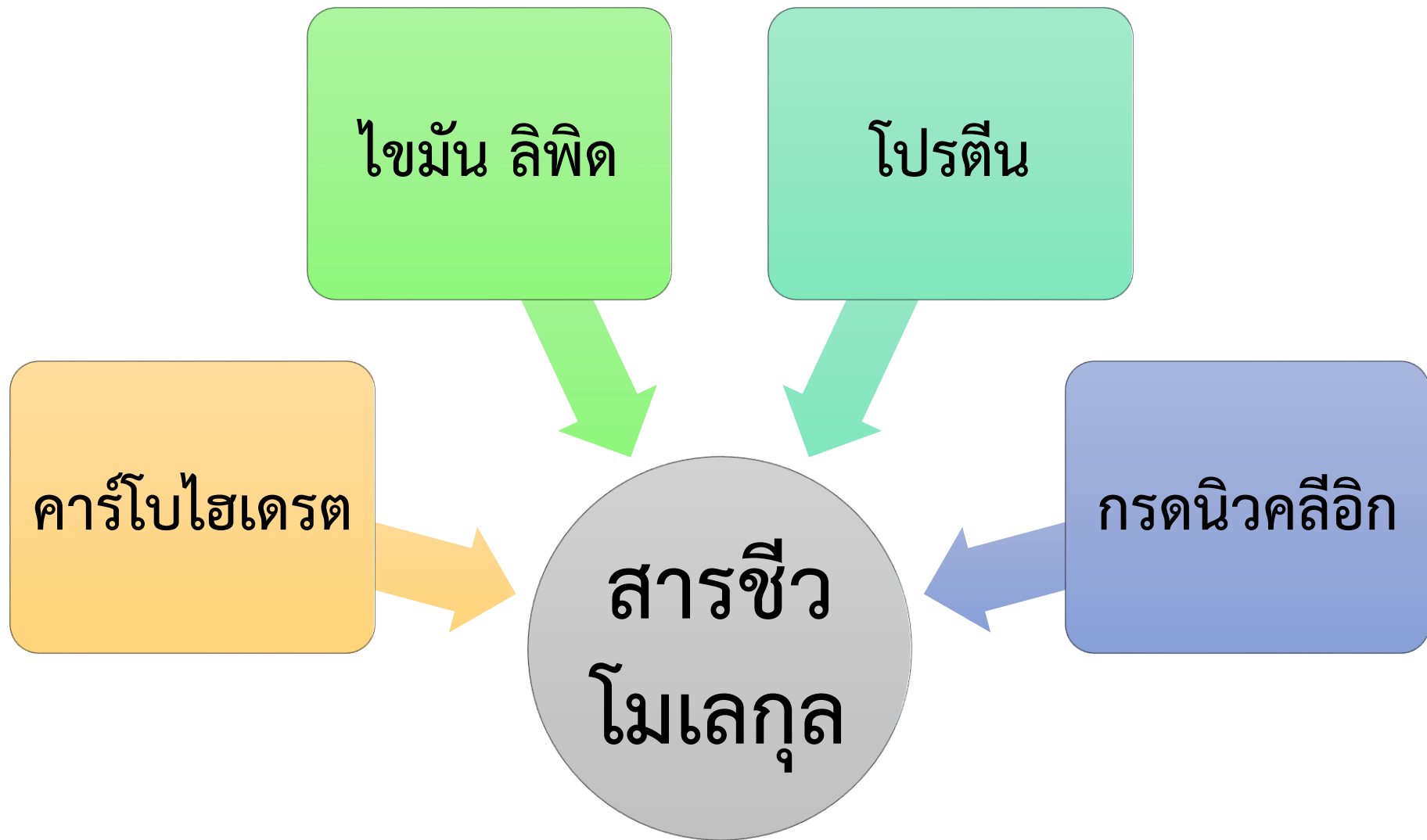
ร้อยละ 50 ของน้ำหนักตัวเราเป็นสารชีวโมเลกุลประเภทโปรตีน

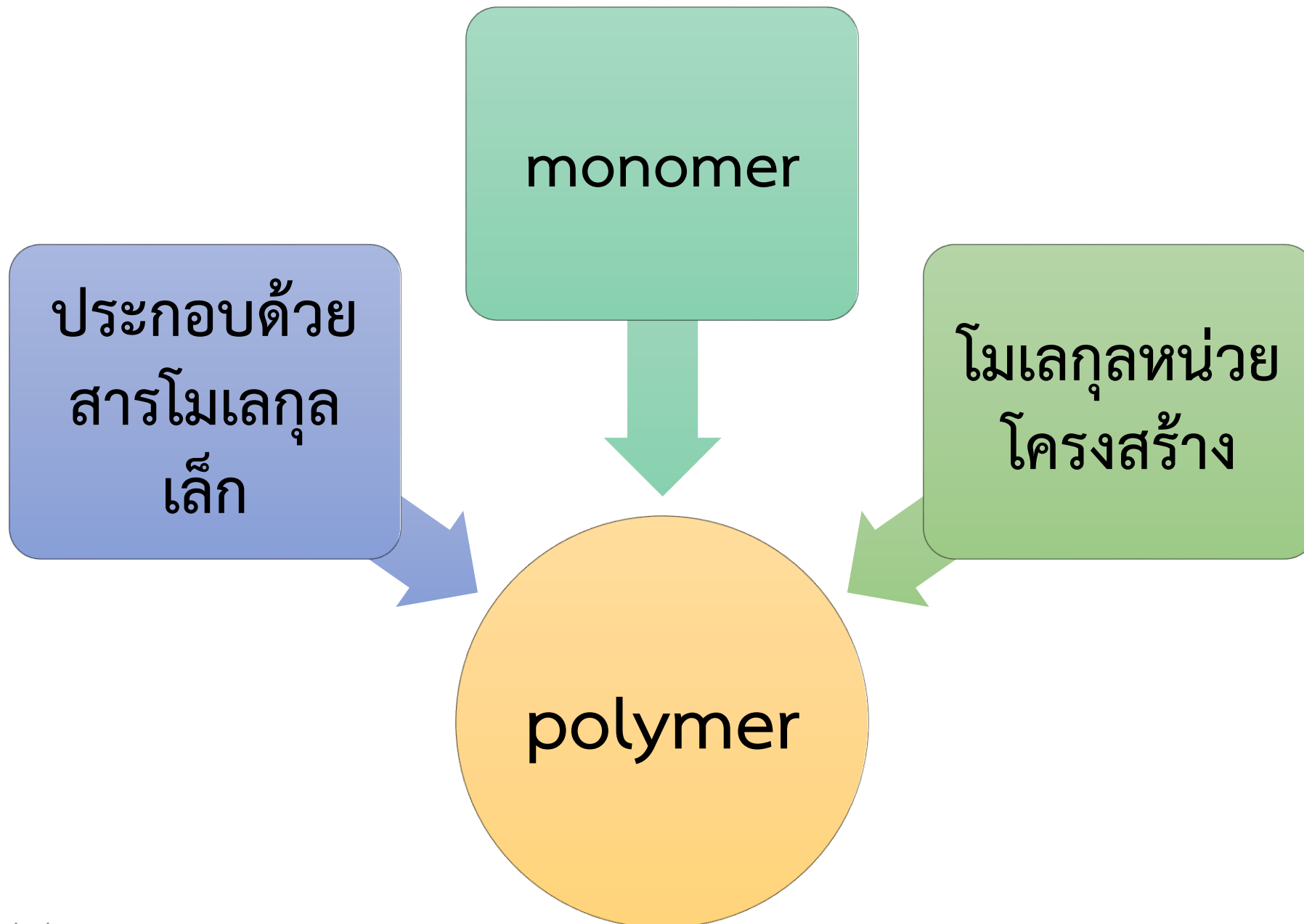
เซลล์ร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยเยื่อหุ้มเซลล์และนิวเคลียสซึ่งประกอบด้วยโปรตีนและไขมัน

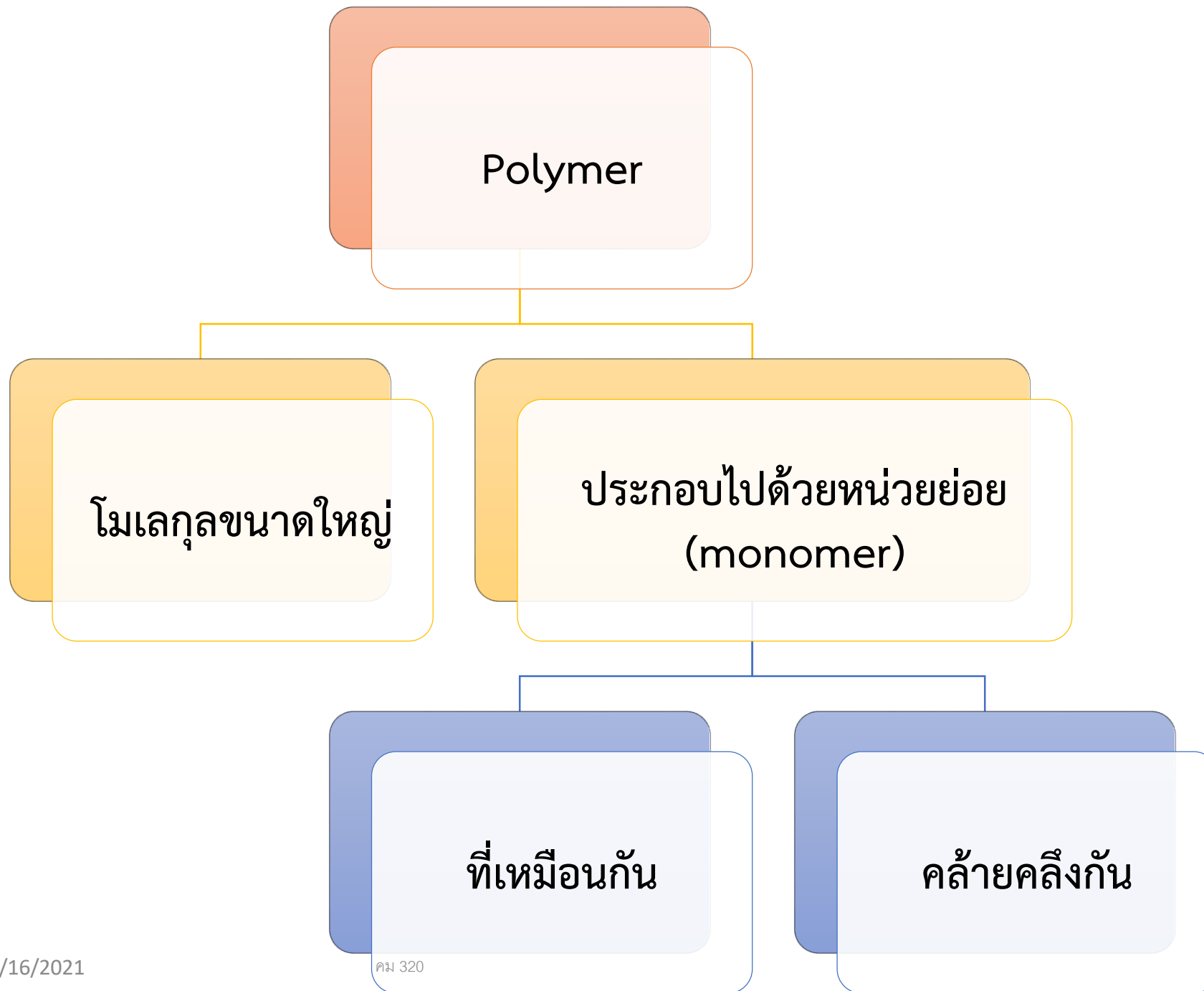
ไฮโดรพลาสซึมในเซลล์ประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต

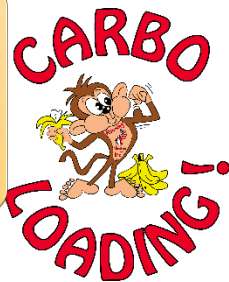
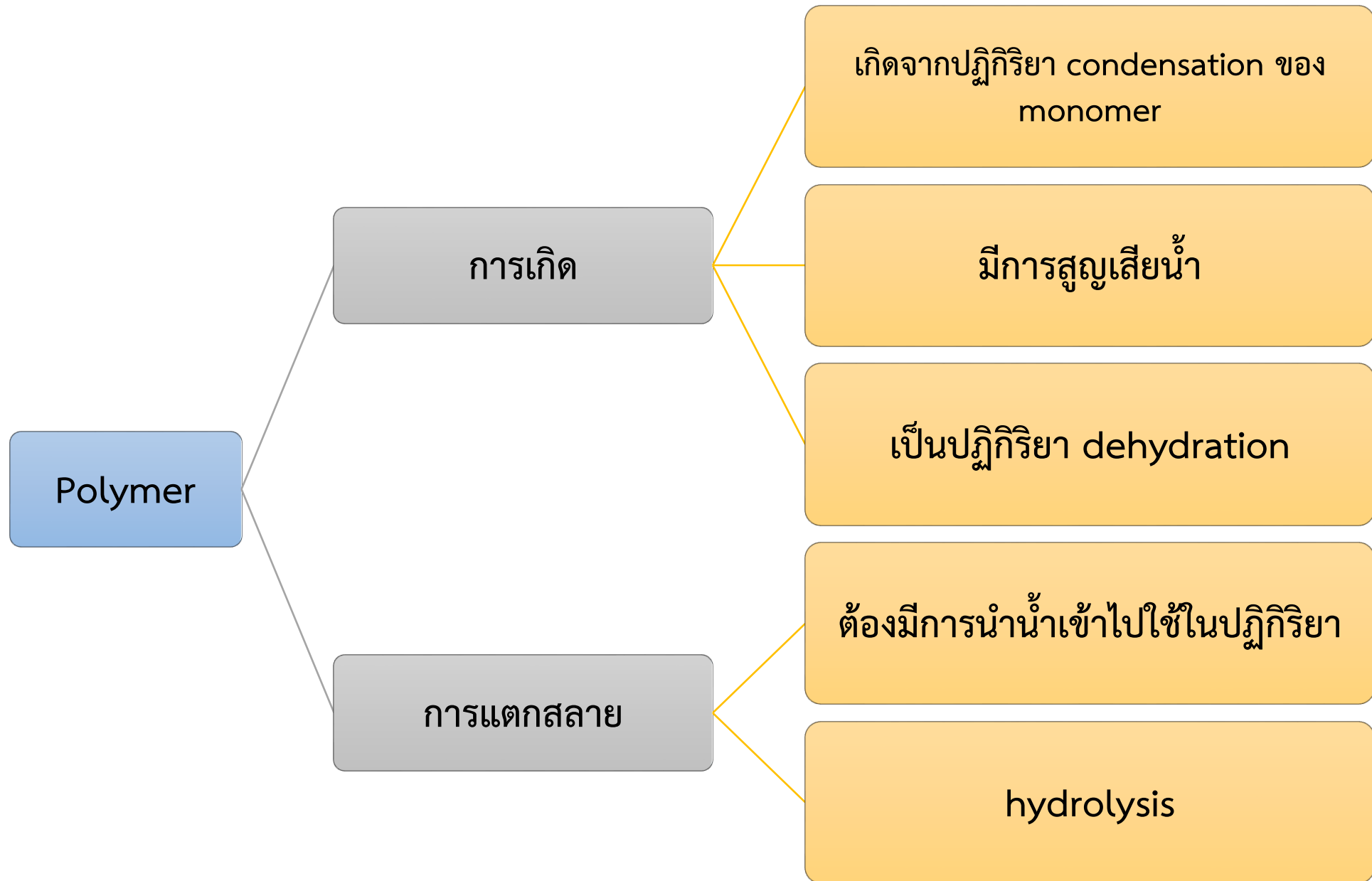
ผนังเซลล์ประกอบด้วยเซลลูโลส ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่ง

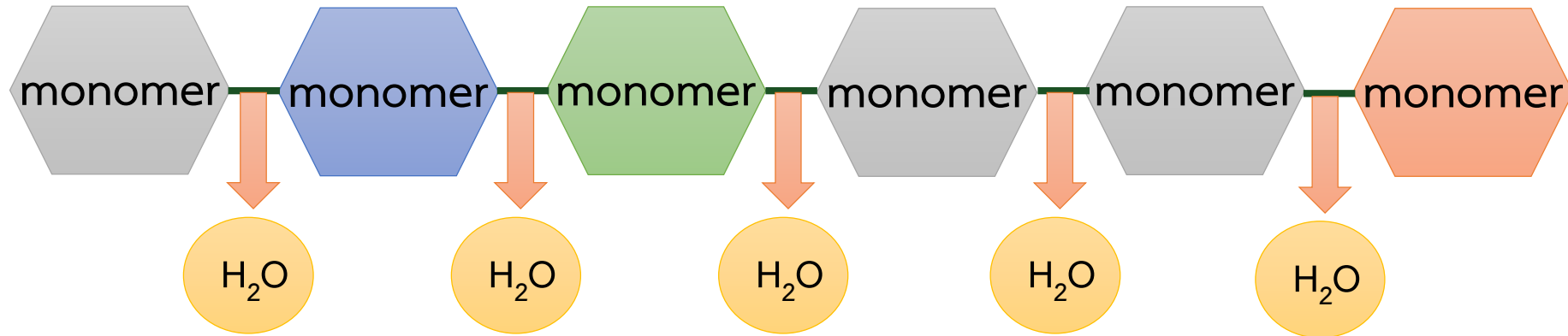
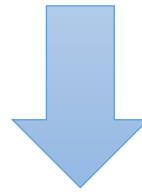
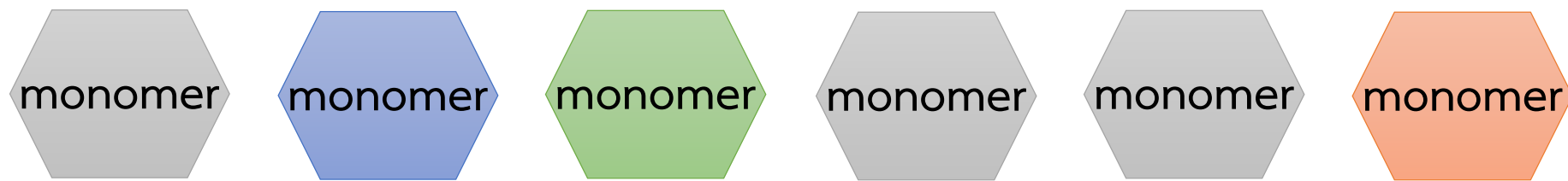




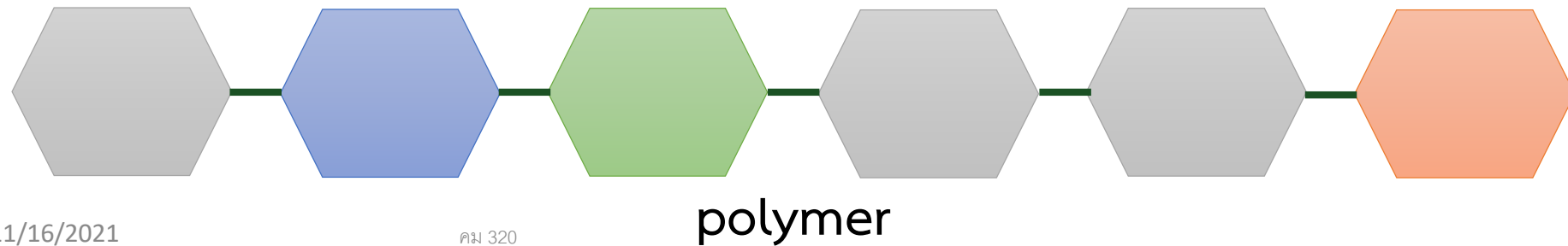


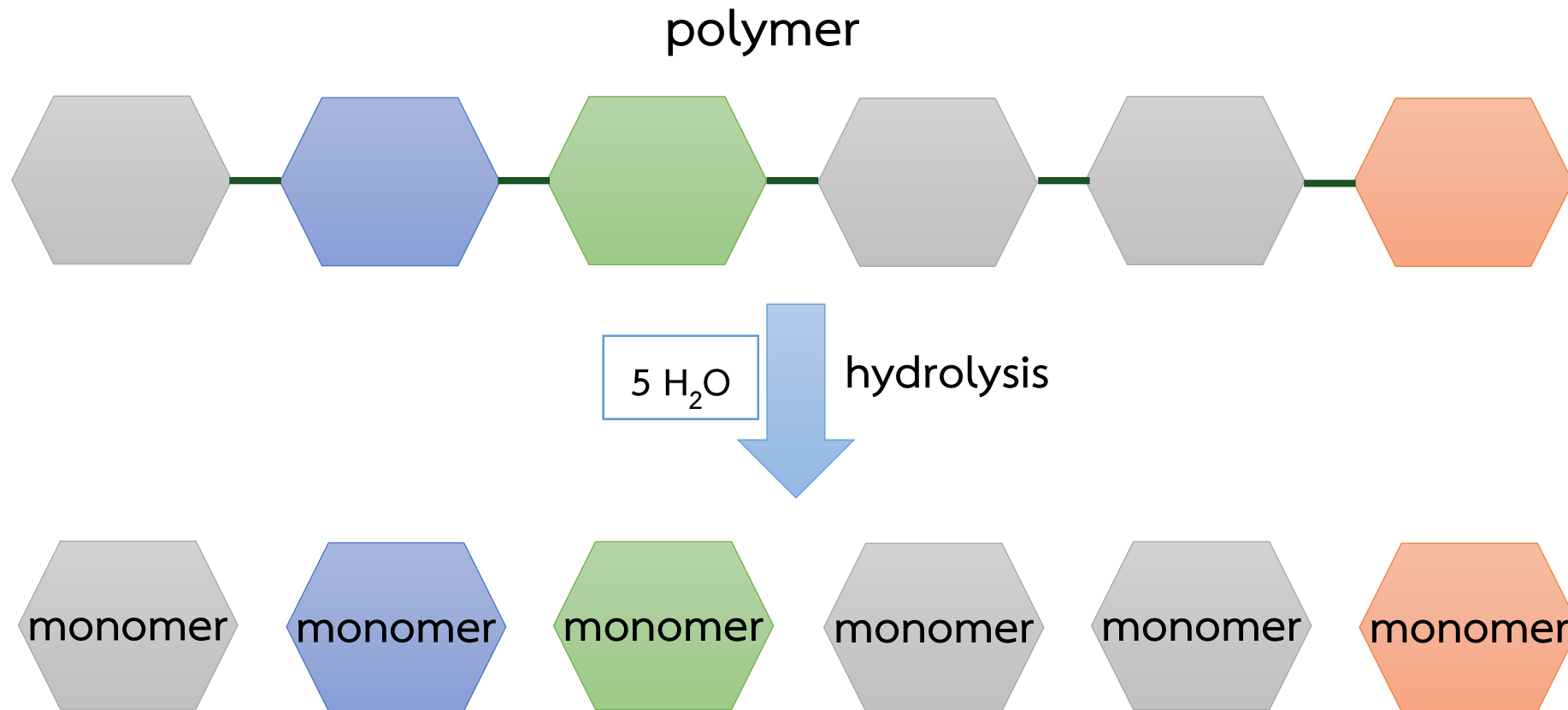


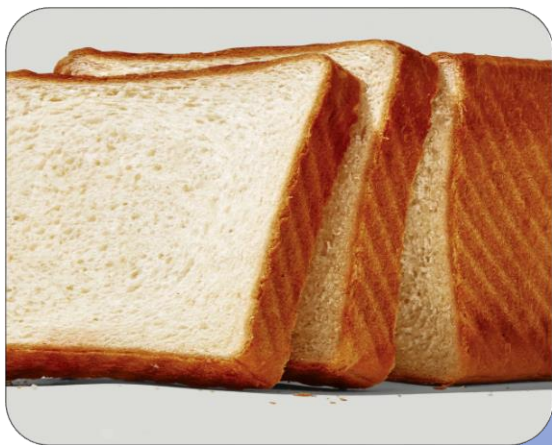


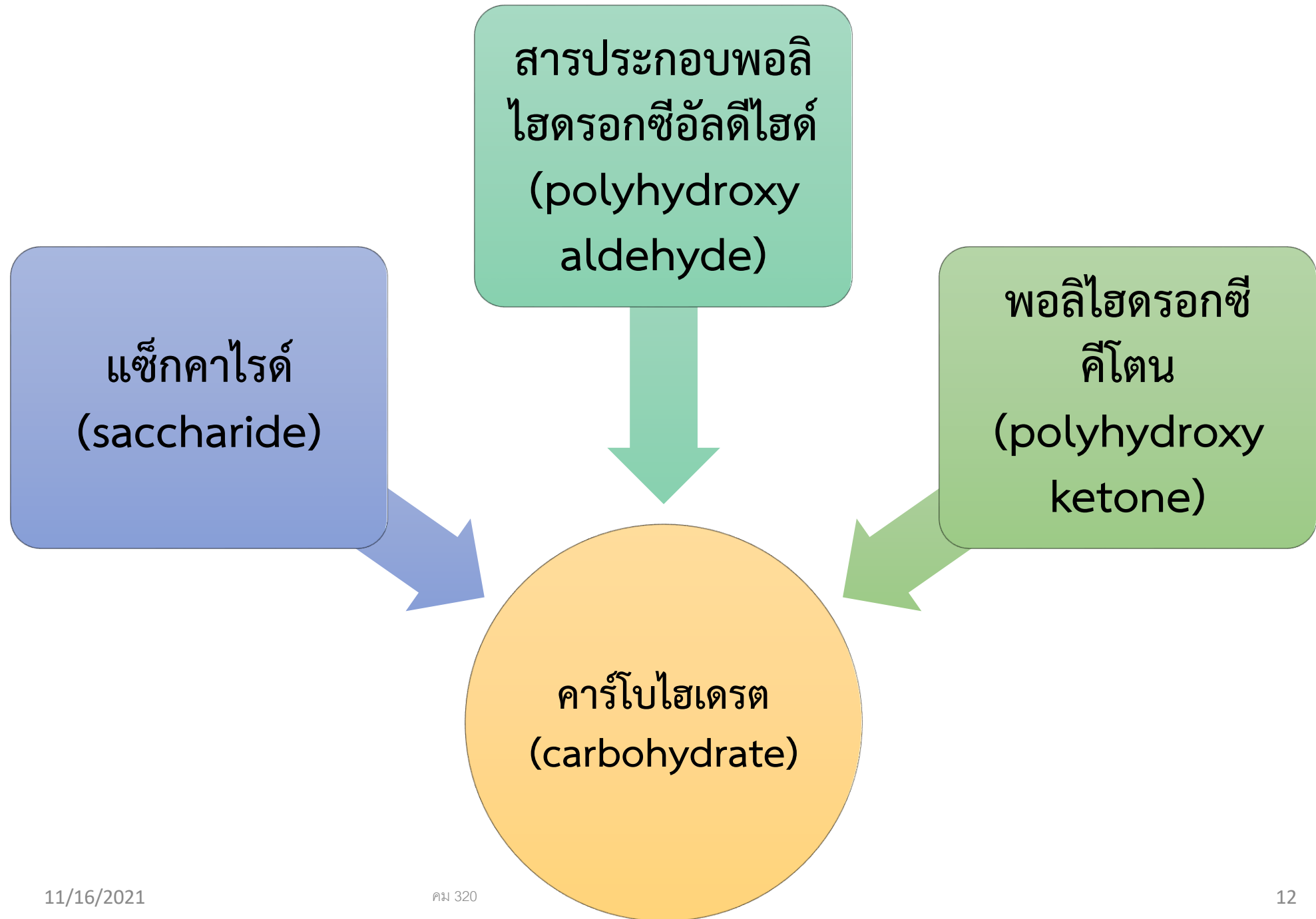


Condensation/dehydration









Carbohydrate

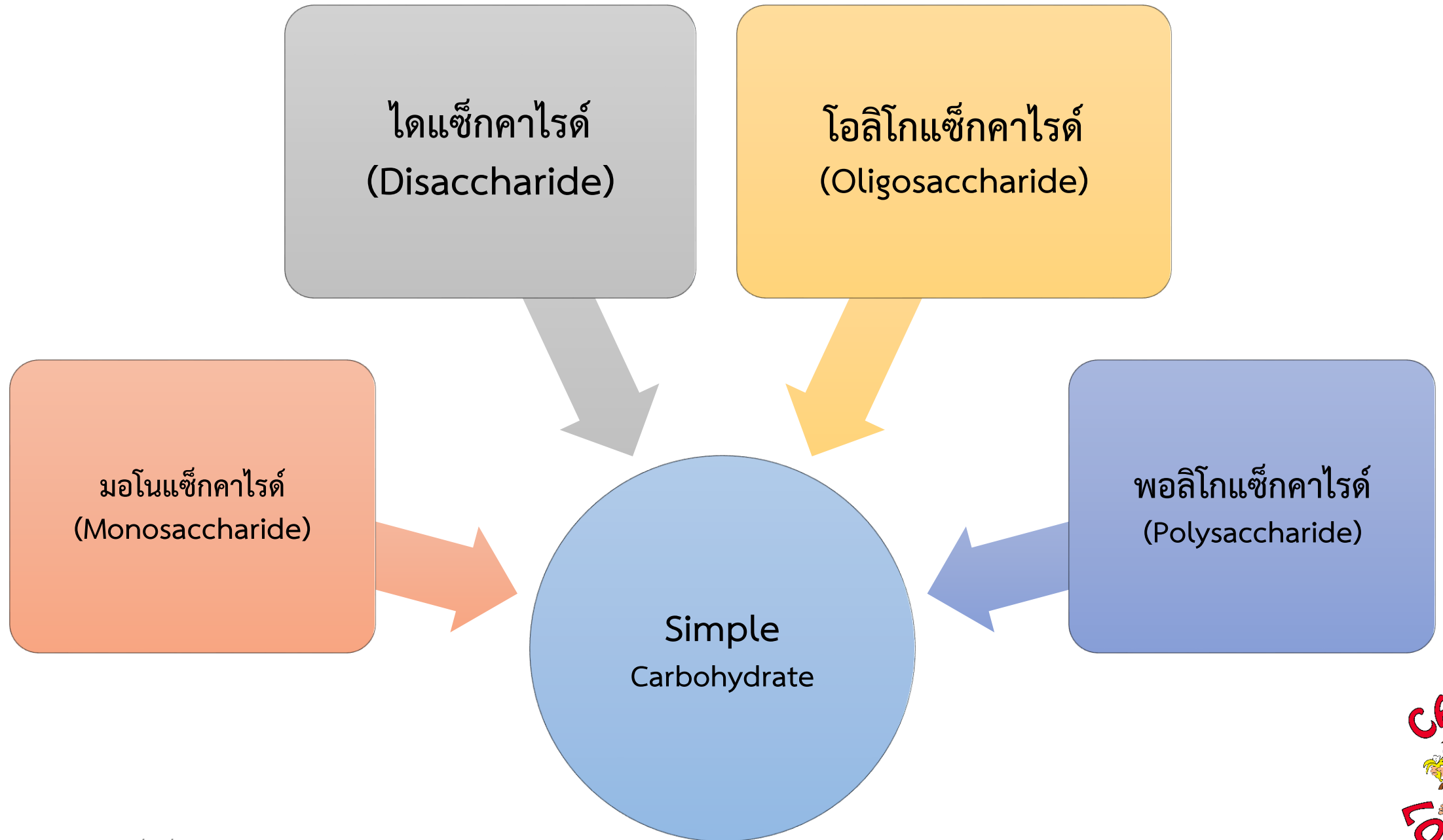
Simple
carbohydrate

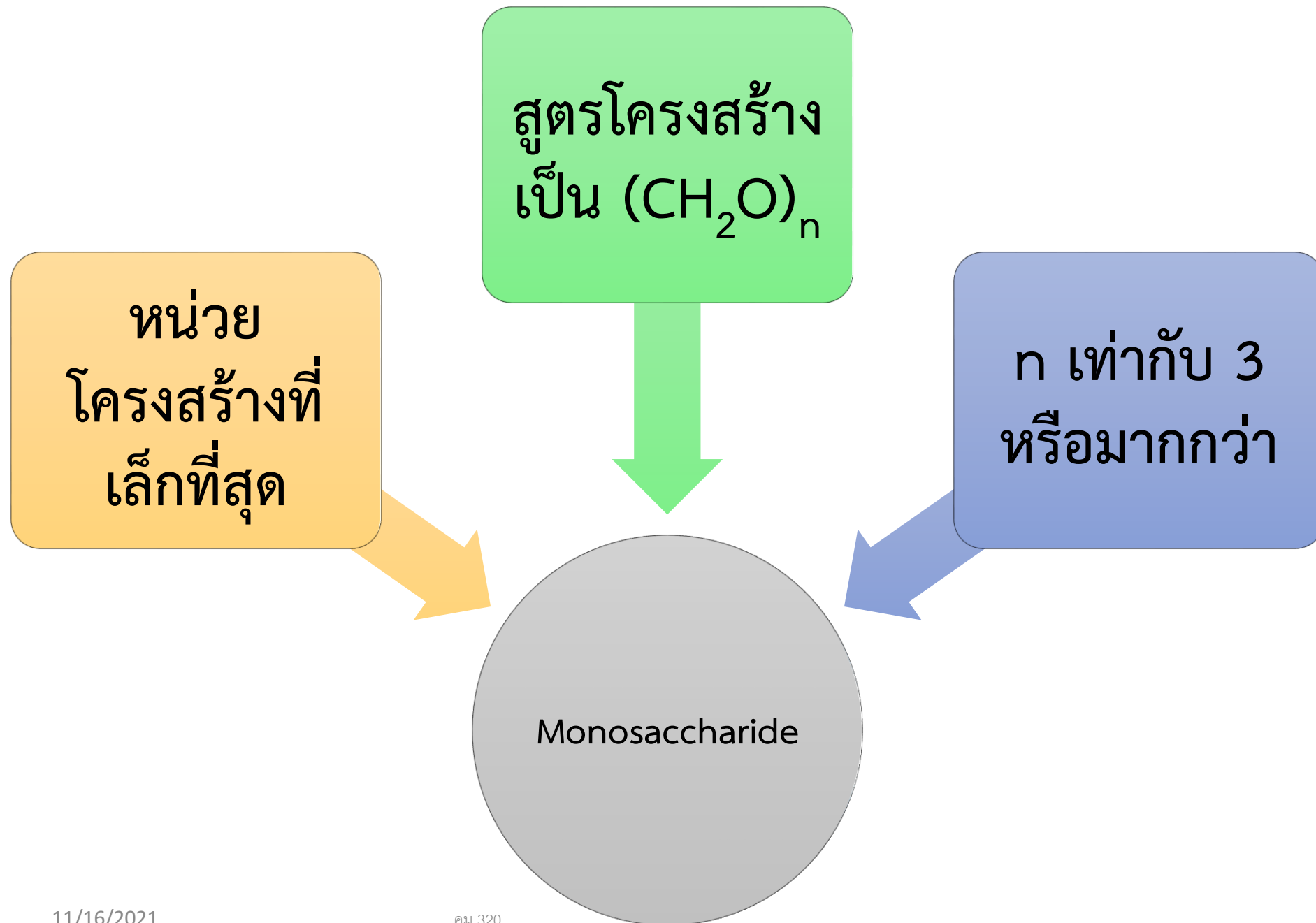
ไม่มีสารชนิดอื่นประกอบ
อยู่ภายในโมเลกุล

Complex
carbohydrate

มีสารชนิดอื่น
ภายในโมเลกุล







ลักษณะเป็นผลึก สีขาว

ละลายได้ในน้ำ

แต่ไม่ละลายในตัวทำ
ละลายอินทรีย์

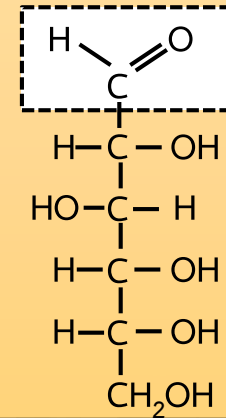
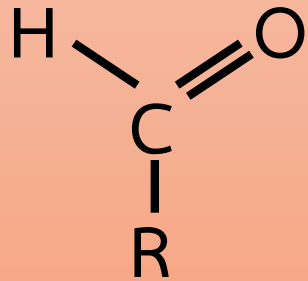
มีรสหวาน ส้มเคราะห์ ได้ภายในสิ่งมีชีวิต

วิถีกลูโคนีโอเจเนซิส
(gluconeogenesis)

กระบวนการ
สังเคราะห์ด้วยแสง
(photosynthesis)

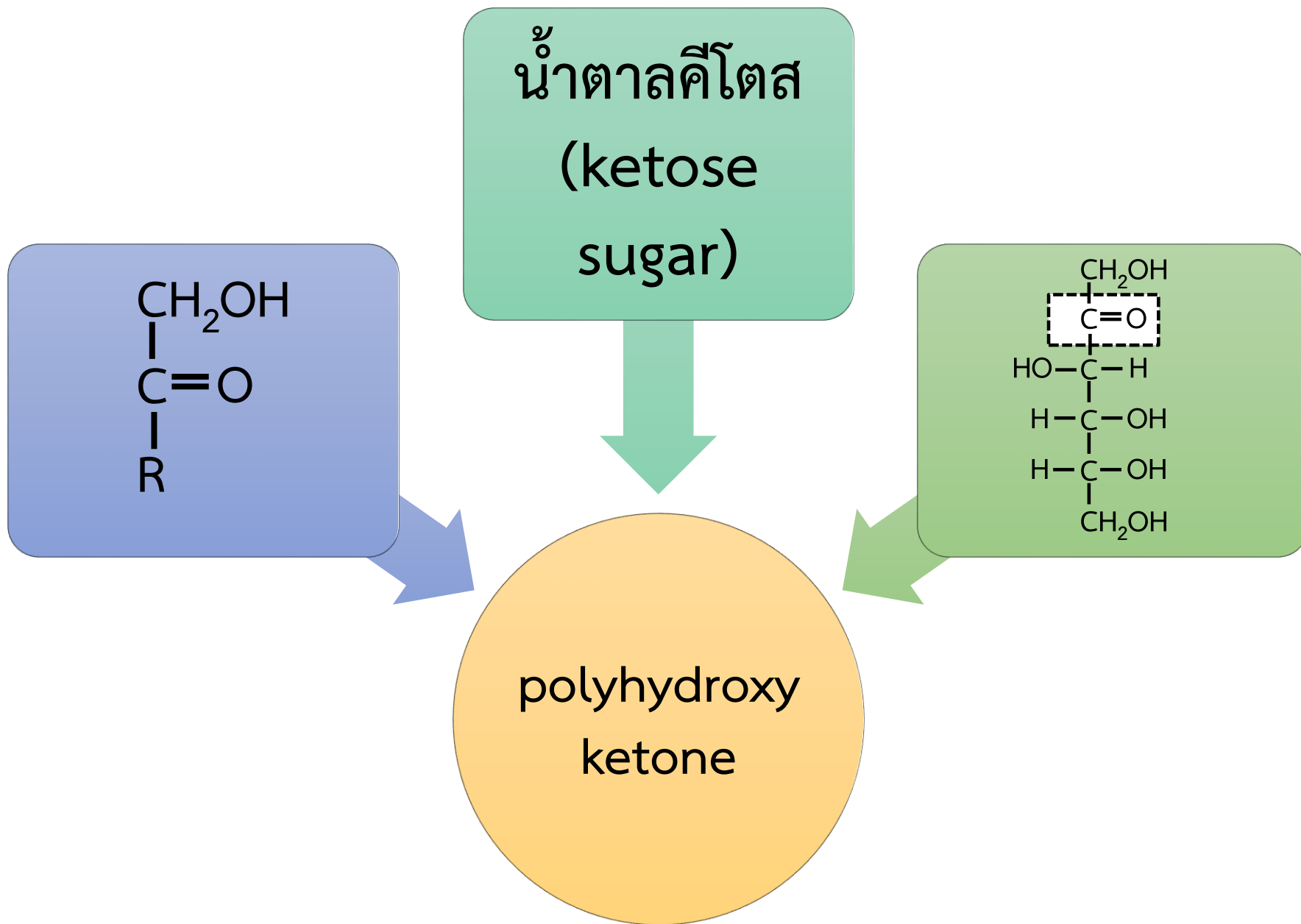


น้ำตาลอัลโดส
(aldose
sugar)



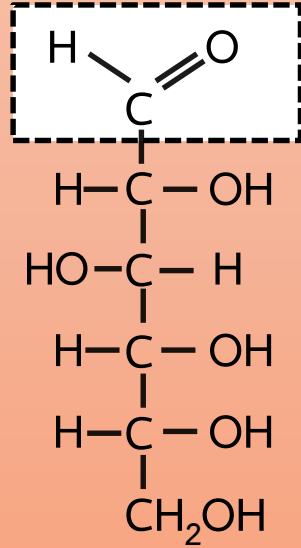
polyhydroxy
aldehyde



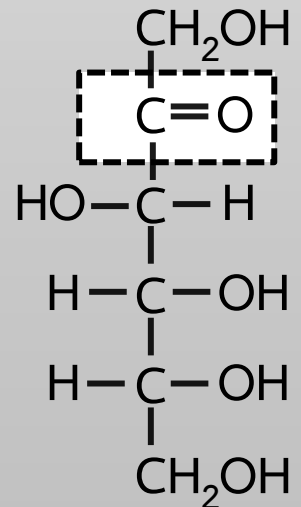


Sugar	Aldose		Ketose	
Triose (C ₃ H ₆ O ₃)	Aldotriose	Glyceraldehyde	Ketotriose	Dihydroxyacetone
Tetrose (C ₄ H ₈ O ₄)	Aldotetrose	Erythrose	Ketotretrose	Erythrulose
Pentose (C ₅ H ₁₀ O ₅)	Aldopentose	Ribose	Ketopentose	Ribulose
Hexose (C ₆ H ₁₂ O ₆)	Aldohexose	Glucose	Ketohexose	Fructose
Heptose (C ₇ H ₁₄ O ₇)	-	-	Ketoheptose	Sedoheptulose





- Aldose sugar
- D-glucose



- Ketose sugar
- D-fructose



Aldose sugar

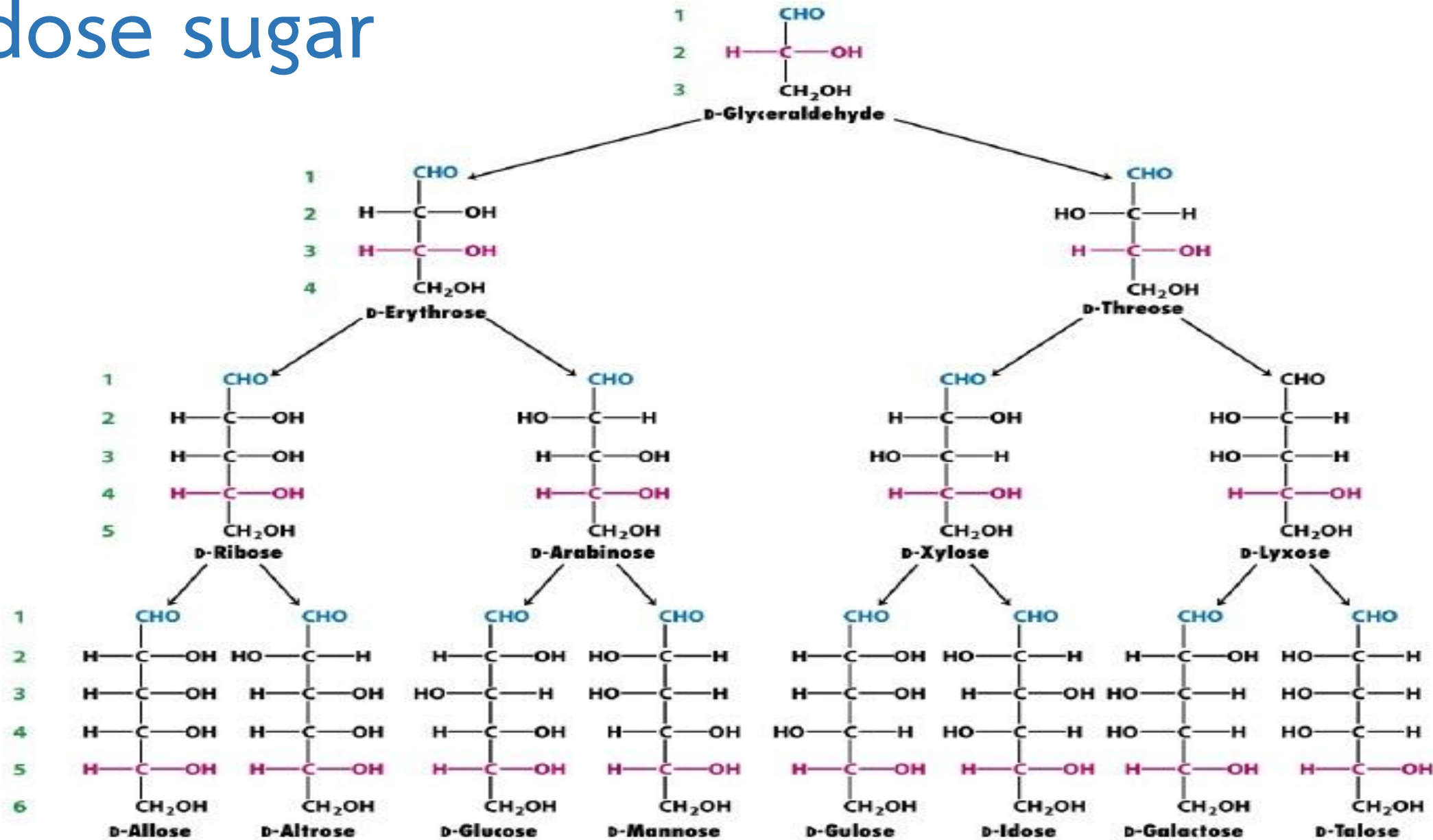
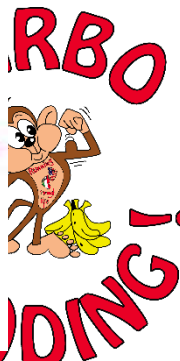


Figure 11-2
 Biochemistry, Sixth Edition
 © 2007 W. H. Freeman and Company



Ketose sugar

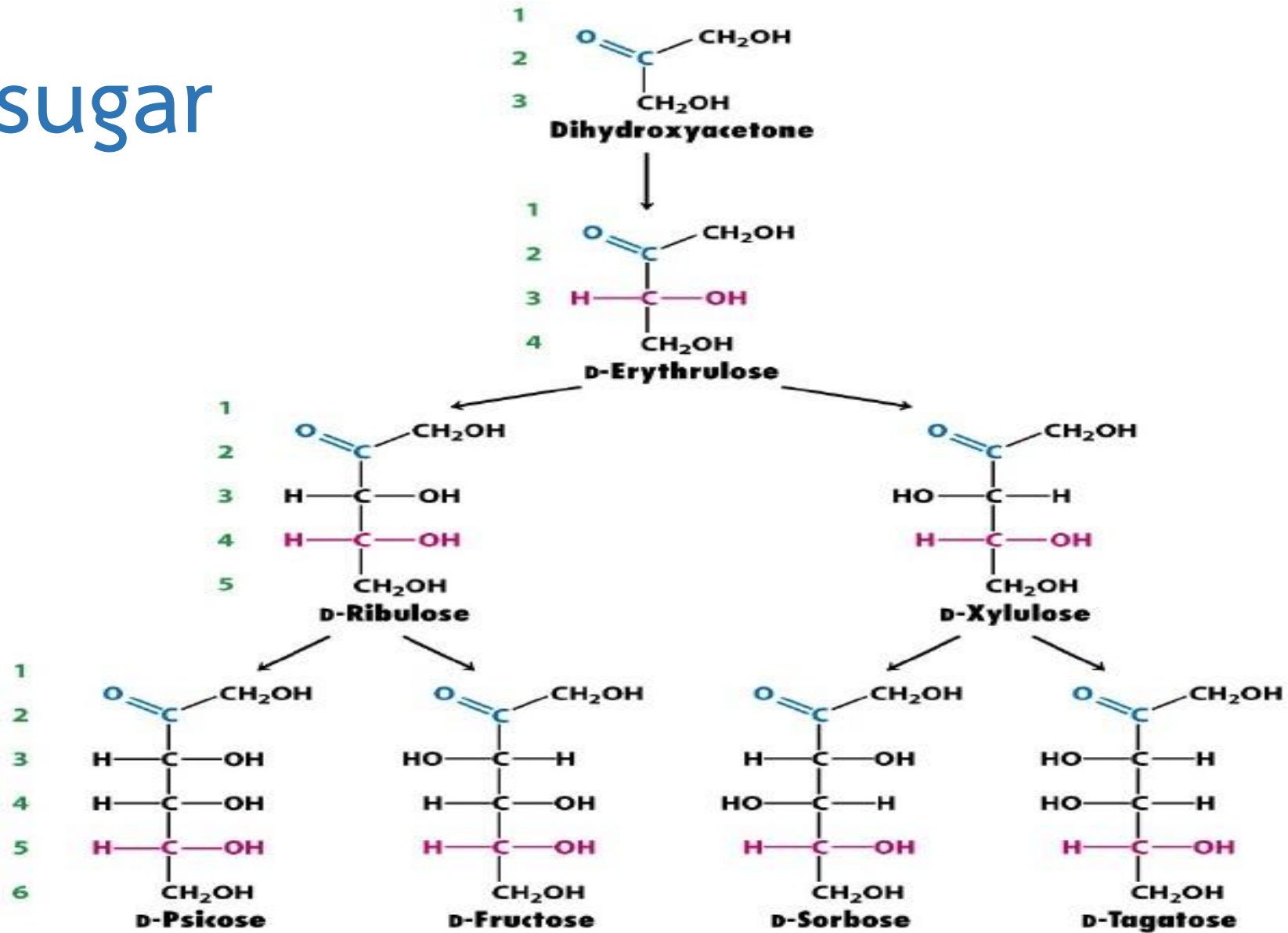


Figure 11-3
Biochemistry, Sixth Edition
© 2007 W. H. Freeman and Company



โพรเจกชันแบบฟิชเชอร์ (Fisher Projection)

เป็นการแสดง
โครงสร้างลักษณะ
เป็นสายโซ่
ไฮโดรคาร์บอน

โดยที่คาร์บอนที่
หมู่ฟังก์ชันจะอยู่
ด้านบน

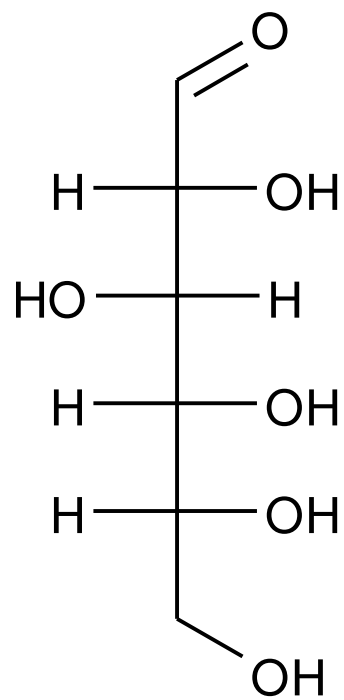


Fisher Projection

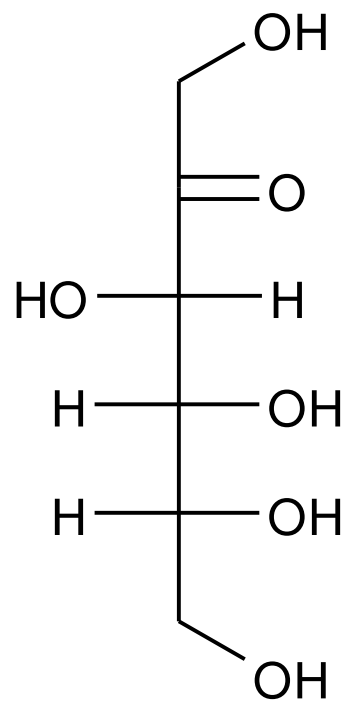
น้ำตาลอัลโดส
อะตอมคาร์บอนตำแหน่งที่
หนึ่งจะมีหมู่แอลดีไฮด์

น้ำตาลคีโตสอะตอมคาร์บอน
ตำแหน่งที่สองจะมีหมู่คีโตน
ซึ่งอยู่ถัดลงมาจากอะตอม
คาร์บอนตำแหน่งที่หนึ่ง
ซึ่งอยู่บนสุด





D-Glucose



D-Fructose

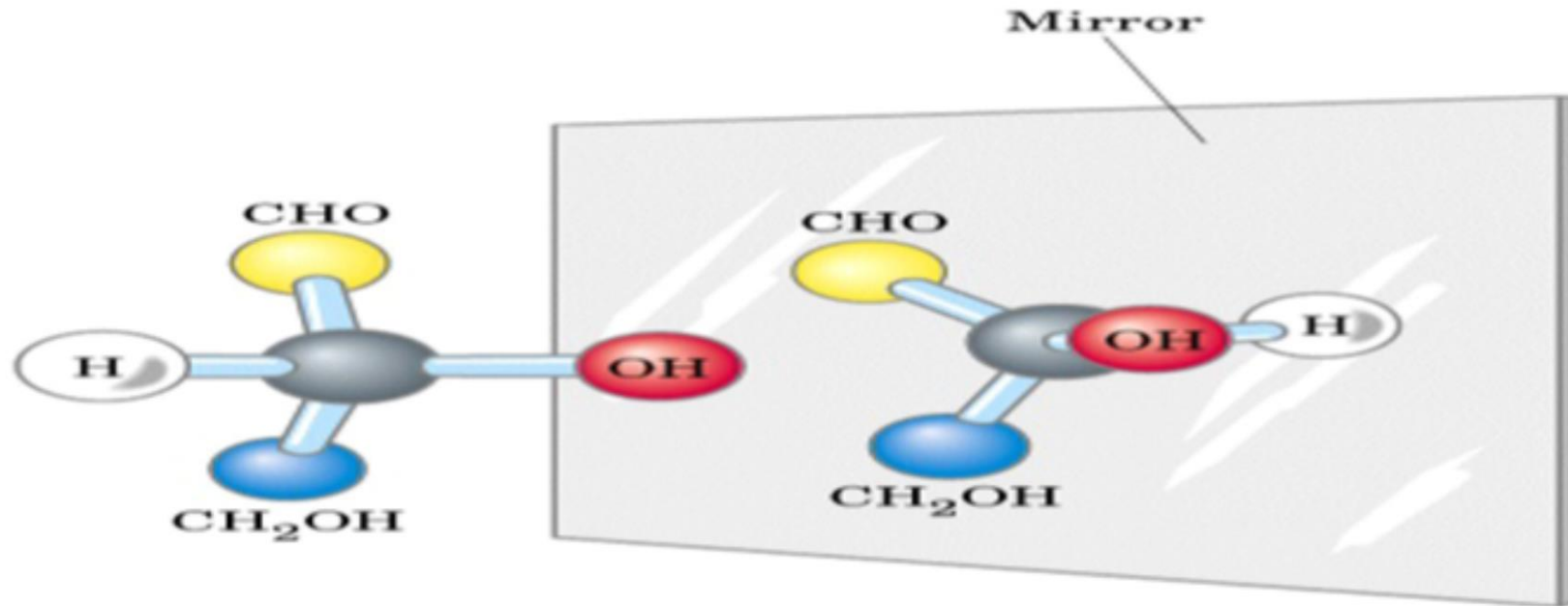
1
2
3
4
5
6

ตำแหน่งอะตอมคาร์บอน



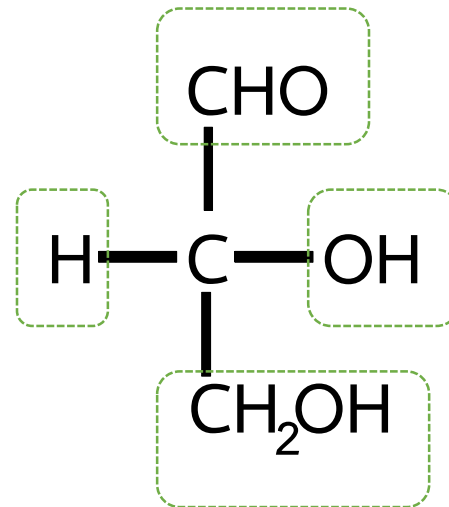
ไอโซเมอร์เชิงแสง (Optical isomer)

Sugar stereochemistry



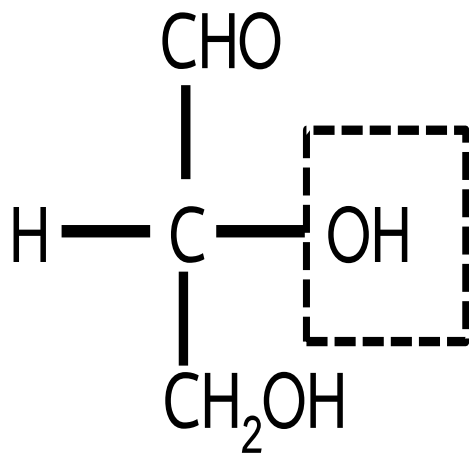
Optical isomer / Stereoisomer

Chiral carbon / Asymmetric carbon

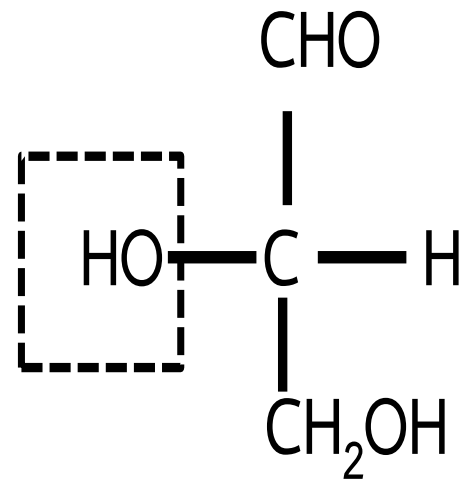


Glyceraldehyde





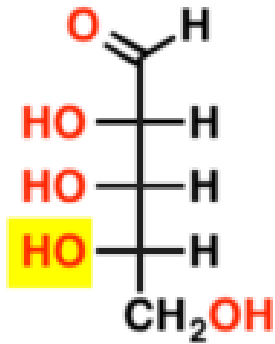
D-Glyceraldehyde



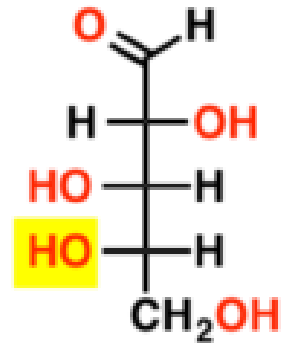
L-Glyceraldehyde



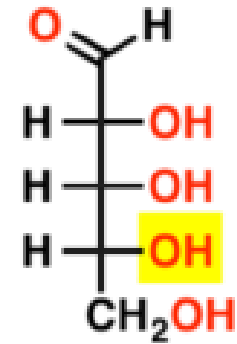
Five carbon aldehyde sugars (aldopentoses)



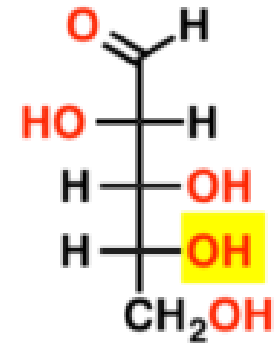
L-Ribose



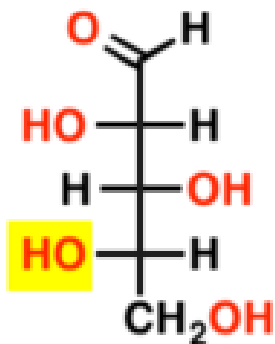
L-Arabinose



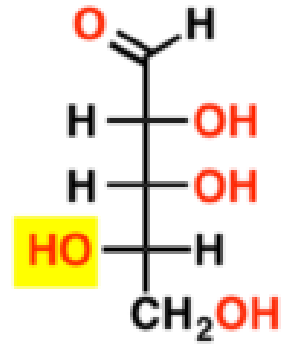
D-Ribose



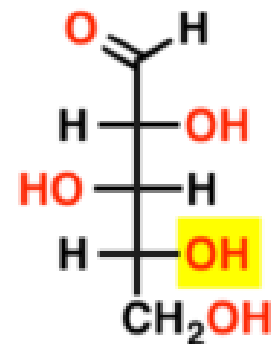
D-Arabinose



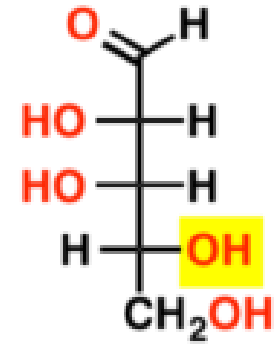
L-Xylose



L-Lyxose



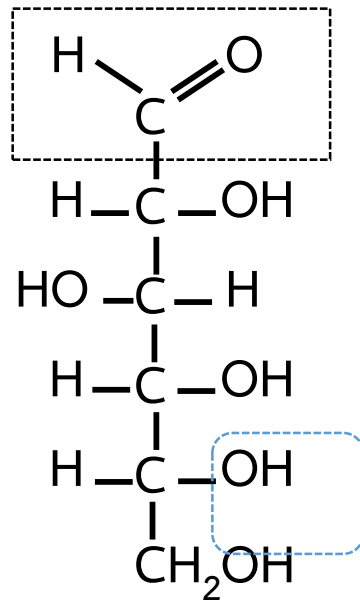
D-Xylose



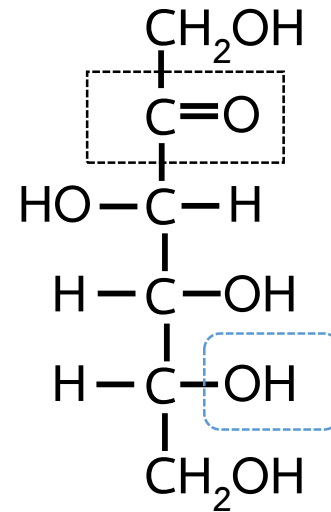
D-Lyxose



Enantiomer

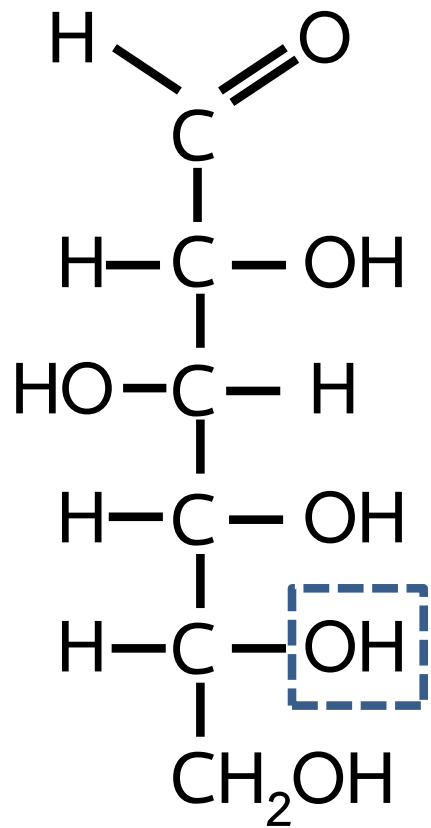


D-Glucose

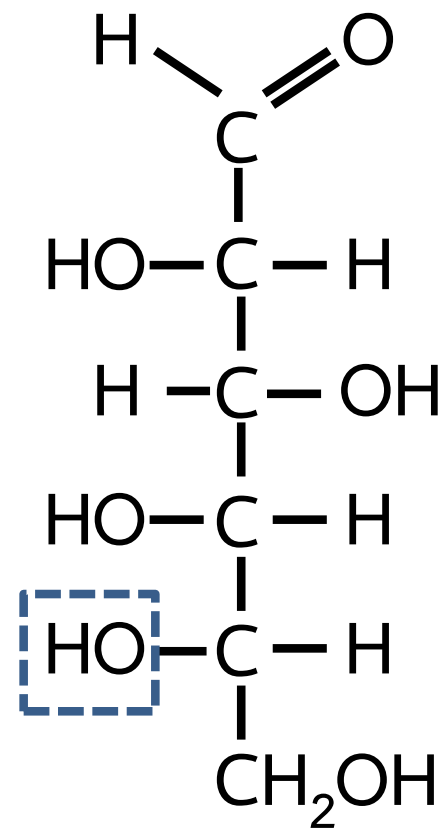


D-Fructose





D-Glucose

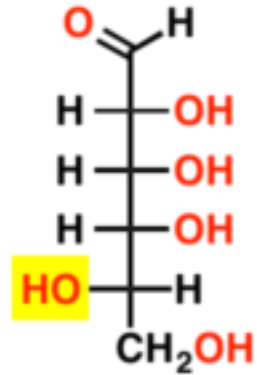


L-Glucose

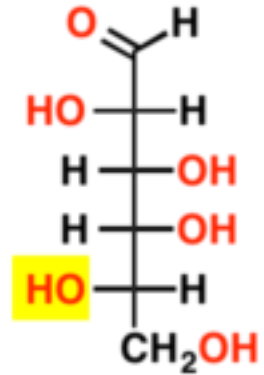


Six carbon sugars (hexoses)

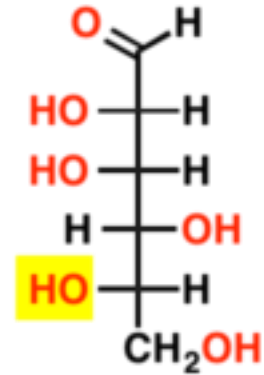
L-sugars



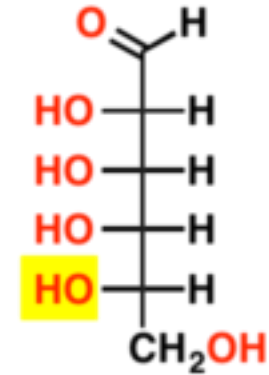
L-Talose



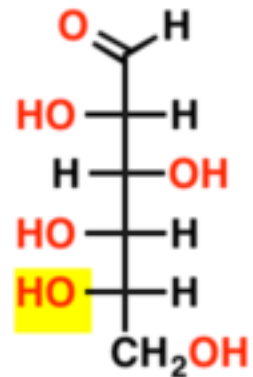
L-Galactose



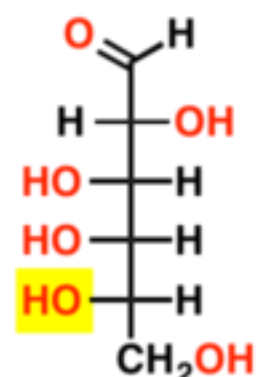
L-Gulose



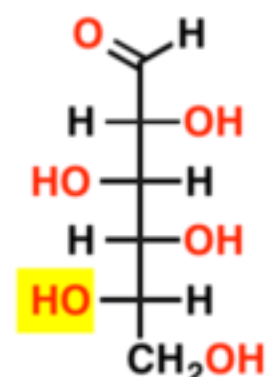
L-Allose



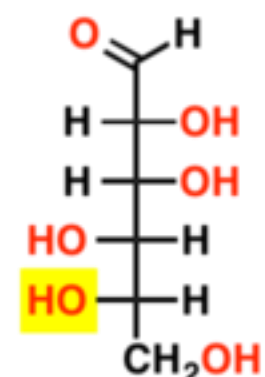
L-Glucose



L-Altrose



L-Idose



L-Mannose



สเตอริโอไอโซเมอร์มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวเดียวกัน

มีคุณสมบัติในการละลายเหมือนกัน

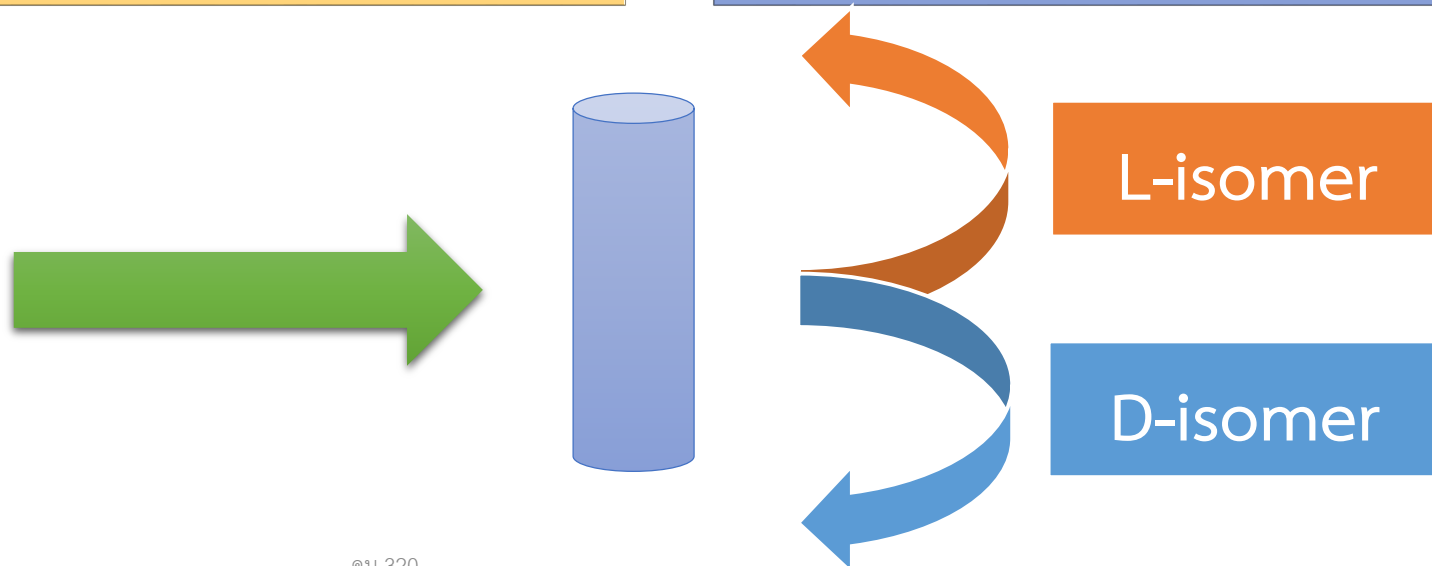
แต่มีคุณสมบัติของความสามารถในการหมุนระนาบของแสง
โพลาไรซ์ (optical activity) ต่างกัน

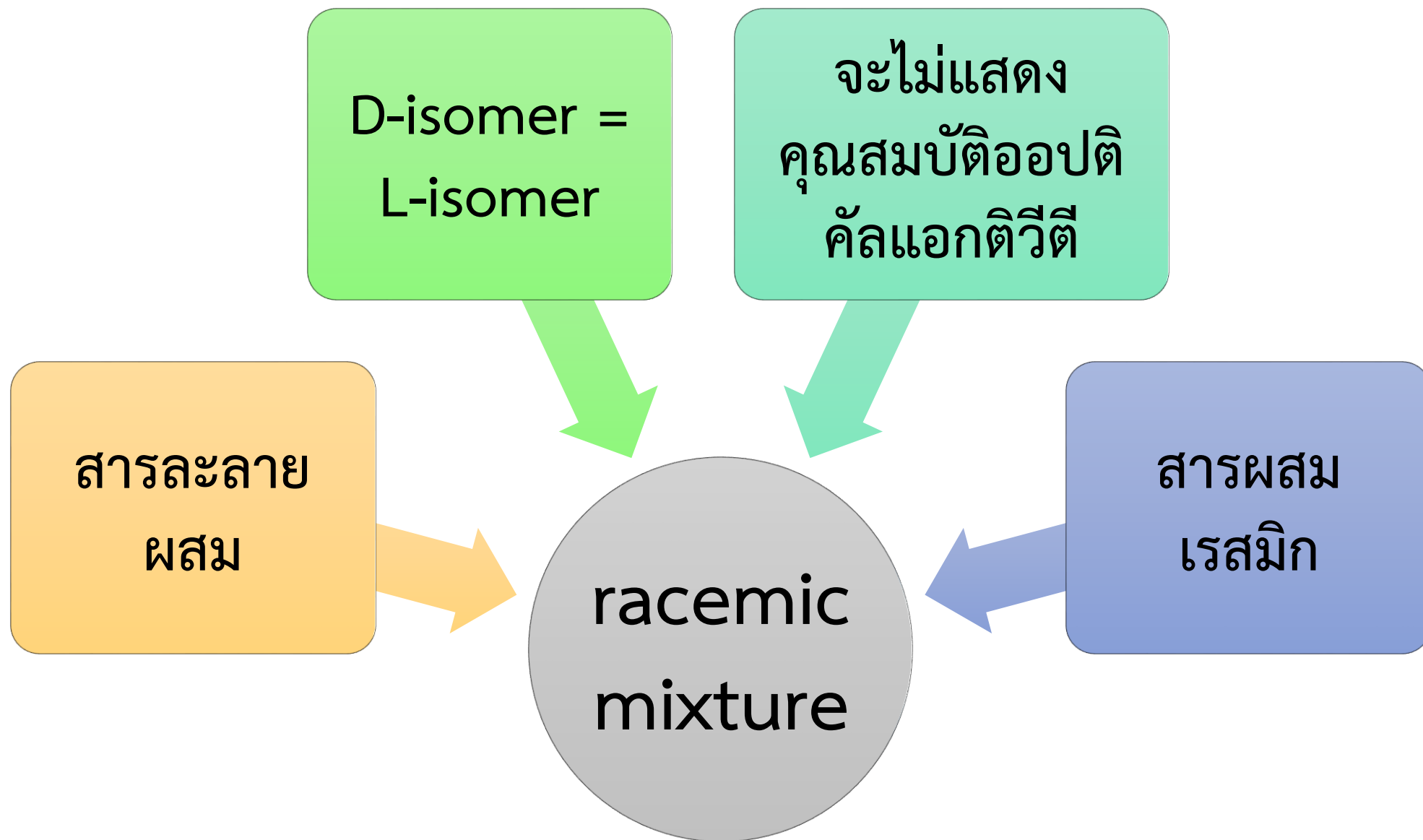


Optical activity

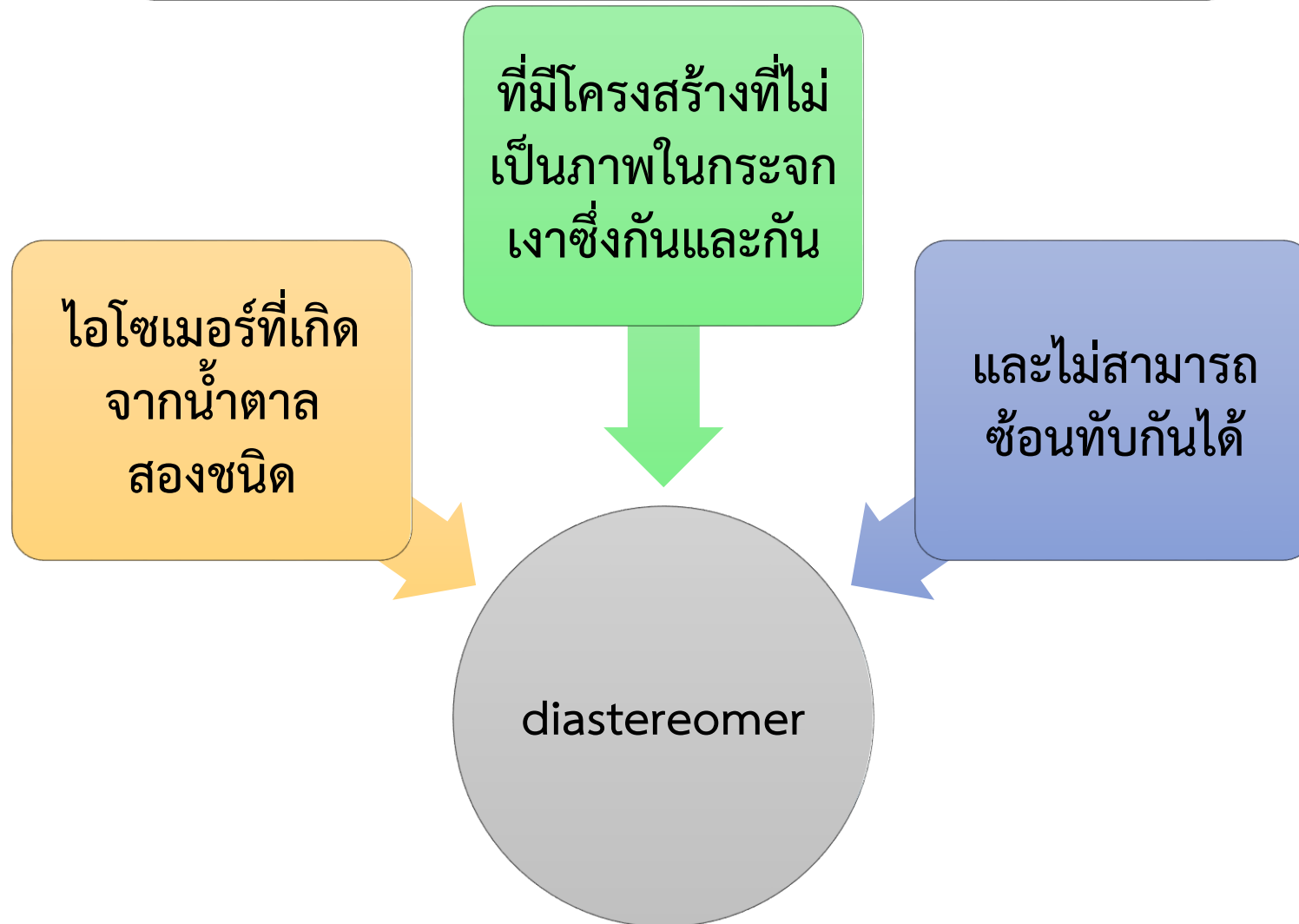
ดี-ไอโซเมอร์มีความสามารถในการ
หมุนระนาบของแสงไปตามเข็
มนาฬิกาให้สัญลักษณ์เป็น d
(dextrorotatory) หรือ (+)

แอล-ไอโซเมอร์มีความสามารถในการ
หมุนระนาบของแสงไปในทิศทาง
ทวนเข็มนาฬิกาให้สัญลักษณ์เป็น l
(levorotatory) หรือ (-) ซึ่ง
สามารถเขียนได้เป็น L (-)

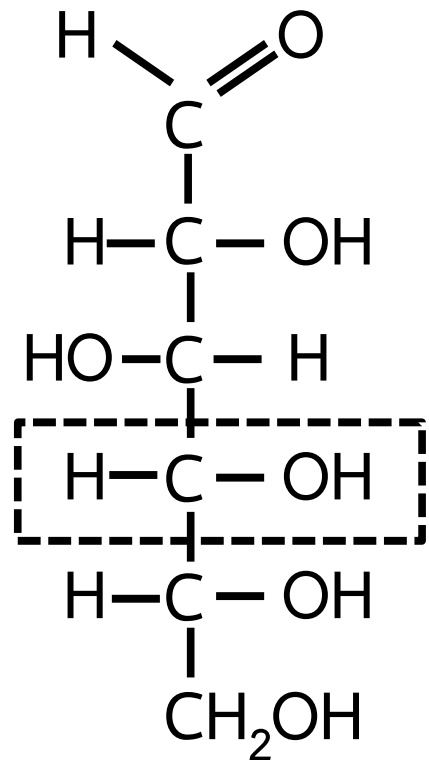




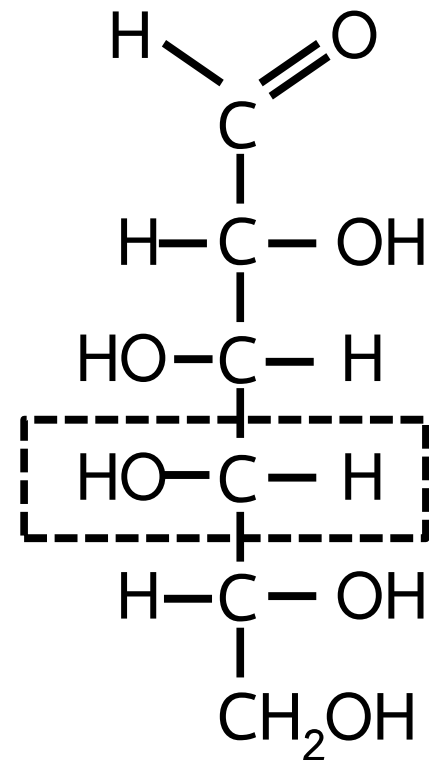
ไดอะสเตอริโอเมอร์ (diastereomer)



ไดอะสเตอริโอเมอร์ (diastomer)

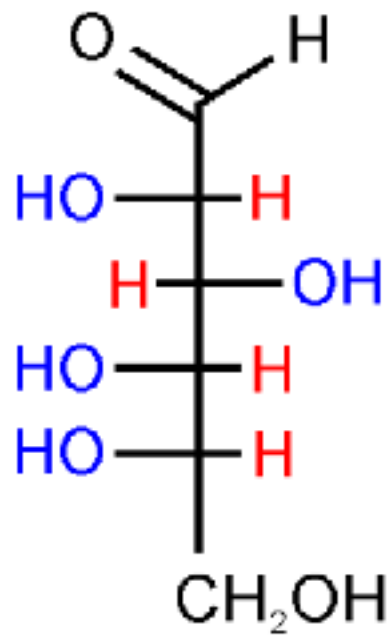


D-Glucose

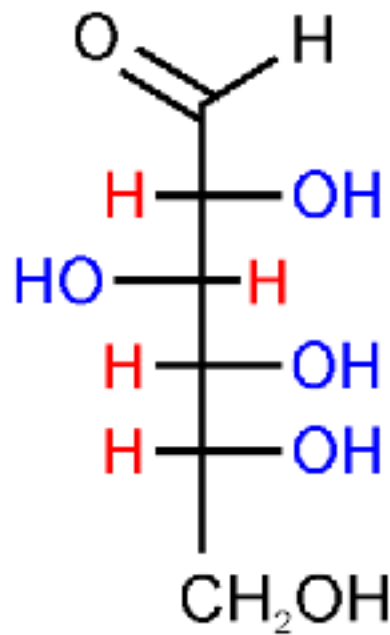


D-Galactose

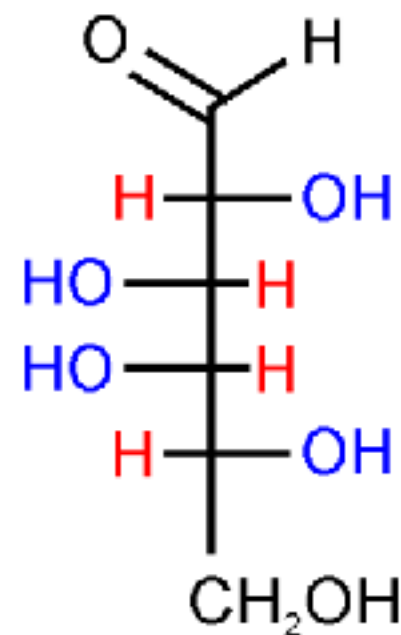




L-glucose



D-glucose



D-galactose

Enantiomers

Diastereomers



เอพิเมอร์ (epimer)

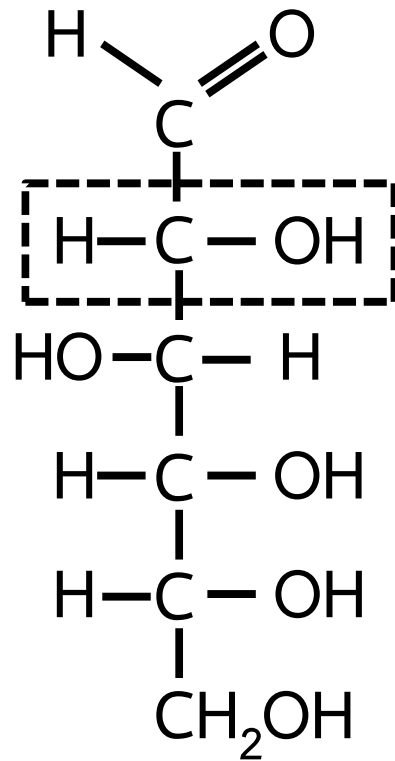
epimer

ไดอะสเตอริโอเมอร์
ที่มีความแตกต่าง
กัน

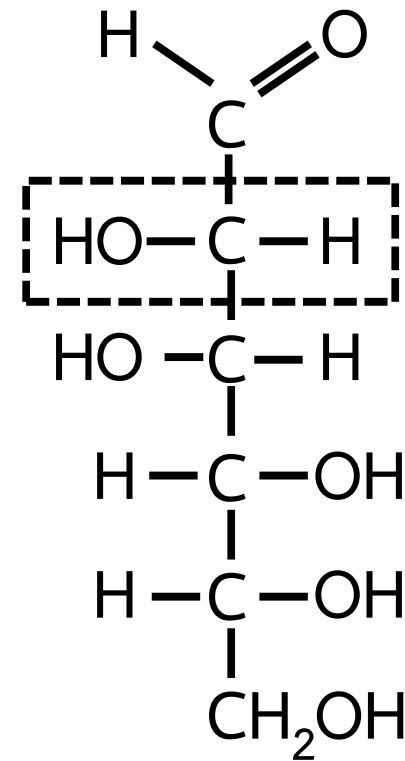
ที่ตำแหน่งของไค
รอลคาร์บอนเพียง
ตำแหน่งเดียว



เอพิเมอร์ (epimer)

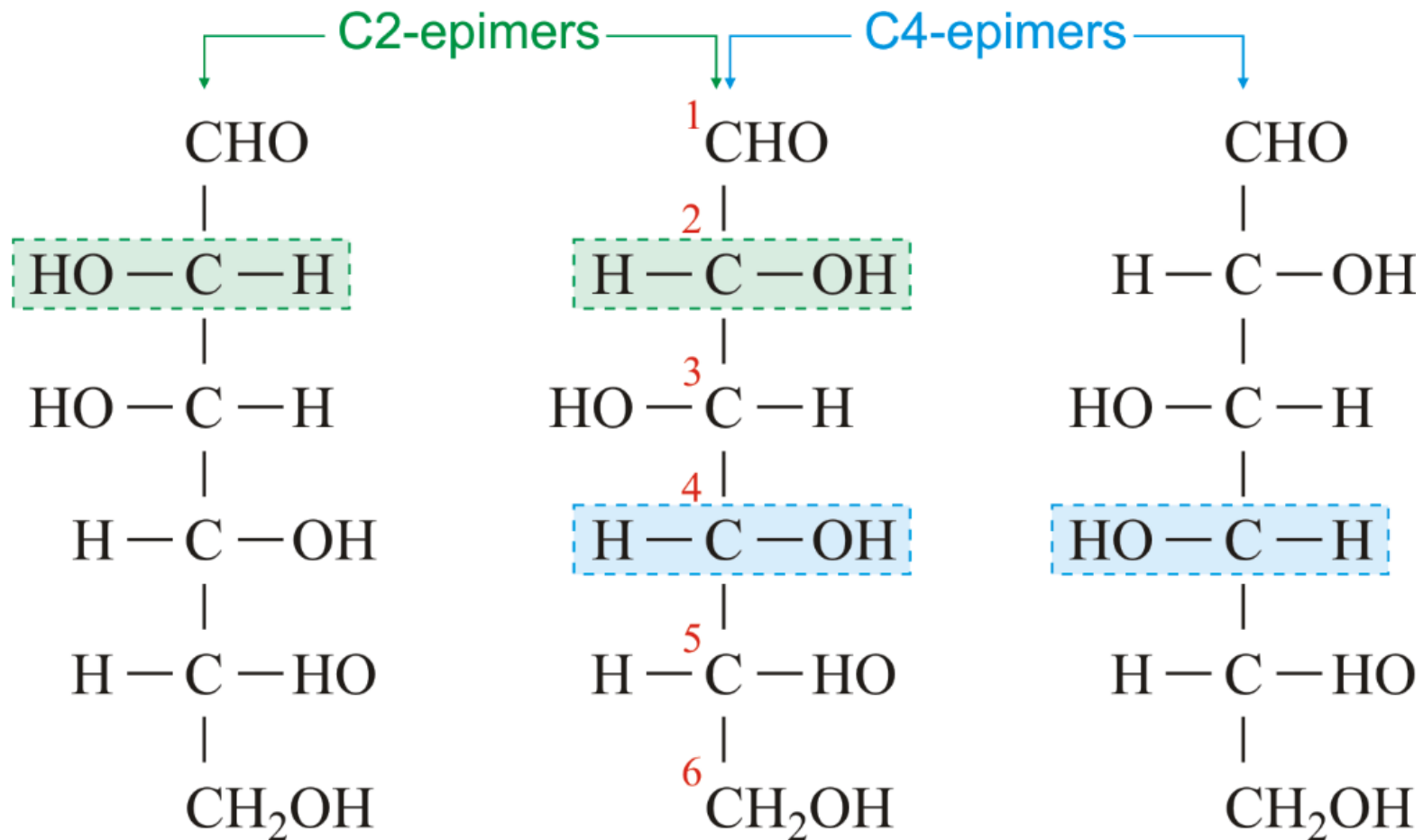


D-Glucose



D-Mannose





D-mannose

D-glucose

D-galactose

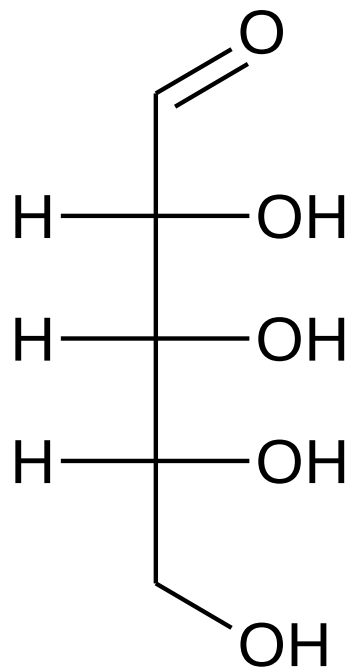


โพรเจกชันแบบฮาเวิร์ท (Haworth Projection)

เป็นการแสดงโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นวงแหวน
(cyclic)

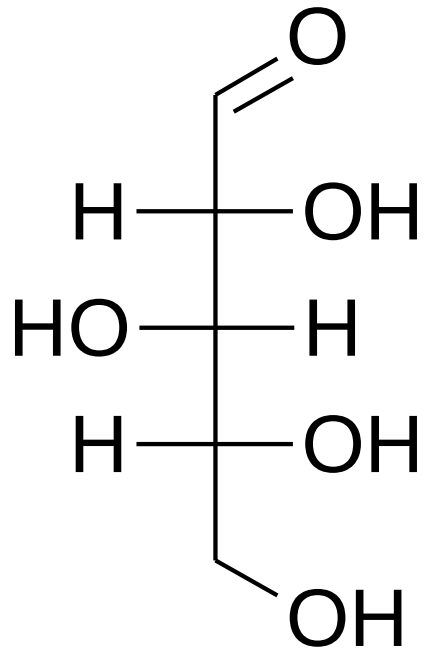
โดยปกติน้ำตาลที่คาร์บอน 5 หรือ 6 อะตอมโมเลกุลจะอยู่ในลักษณะวงแหวน (cyclic molecule) มากกว่าโซ่เปิด (open-chain)





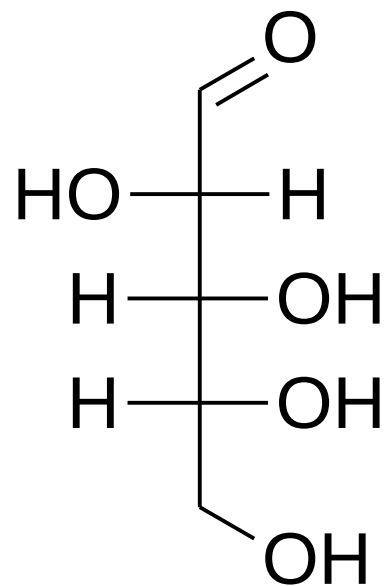
D-Ribose





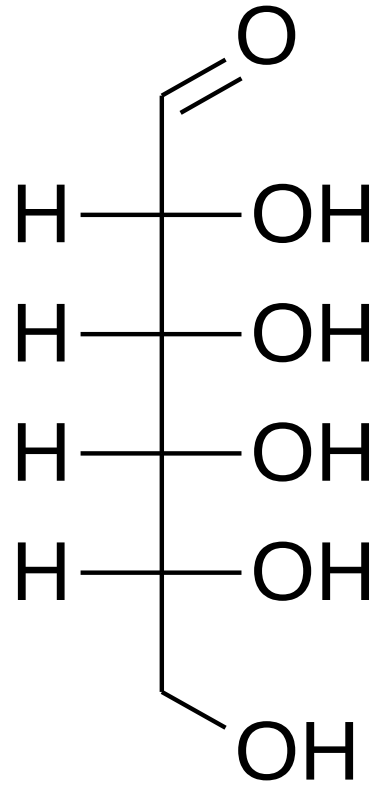
D-Xylose





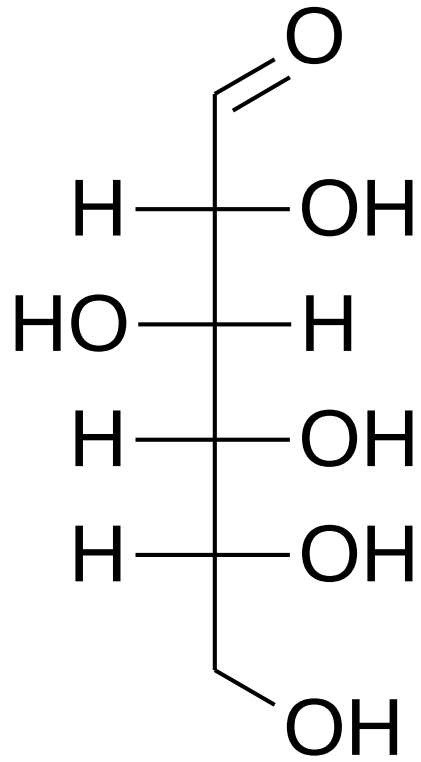
D-Arabinose





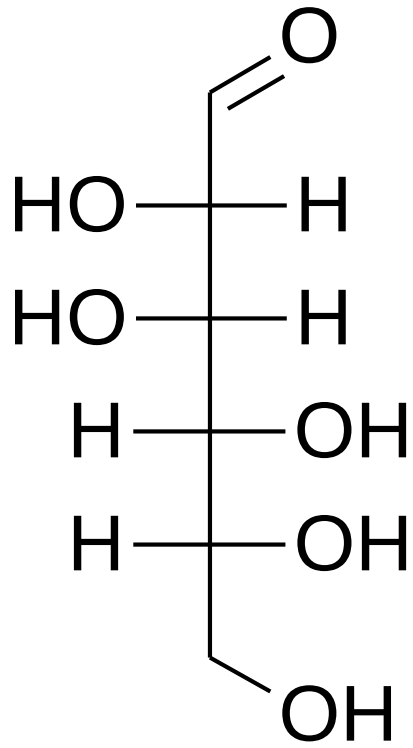
D-Allose





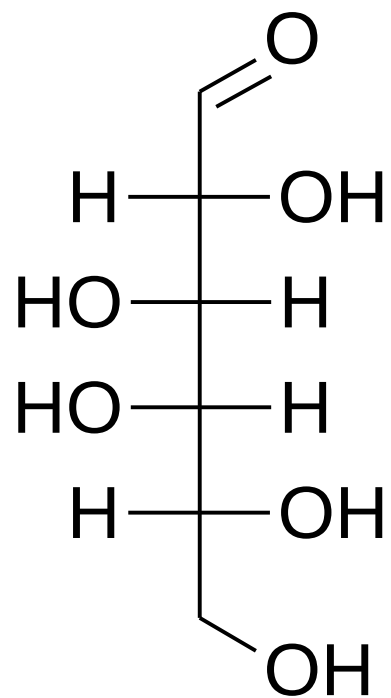
D-Glucose





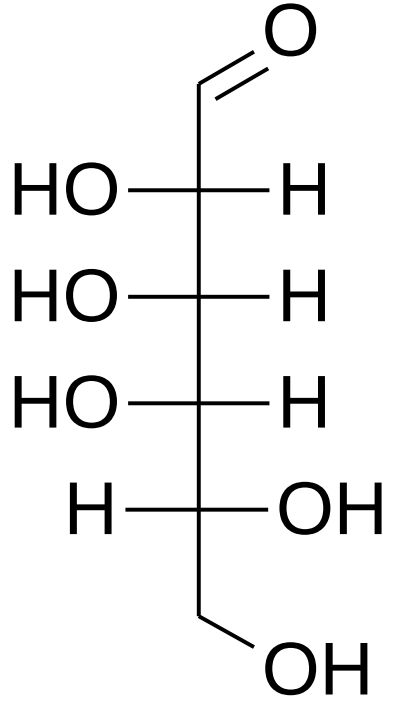
D-Mannose





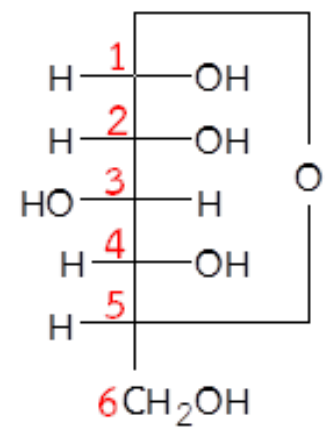
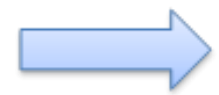
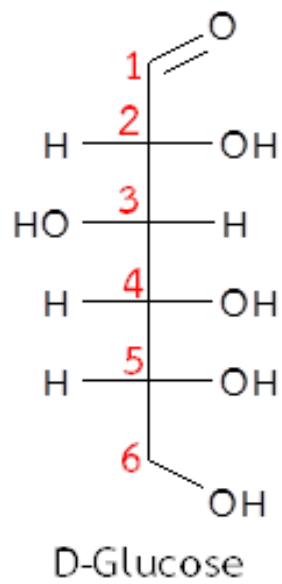
D-Galactose



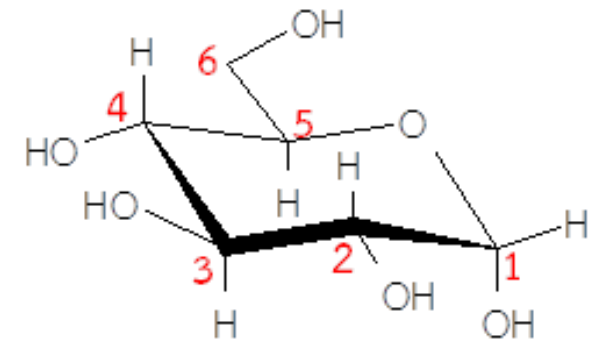


D-Talose

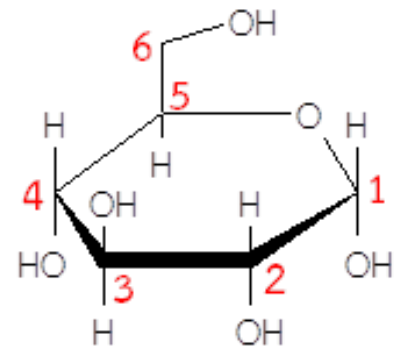


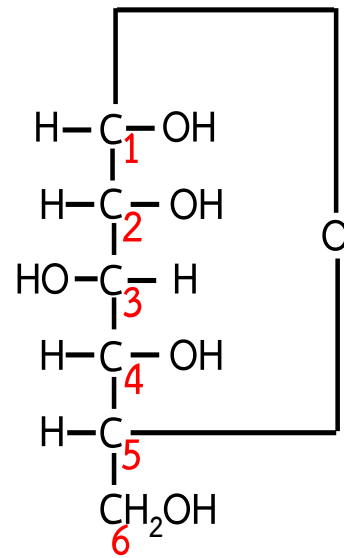


α -D-Glucopyranose

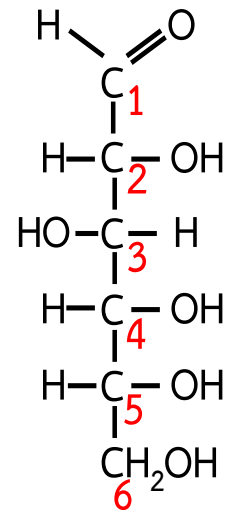


α -D-Glucopyranose

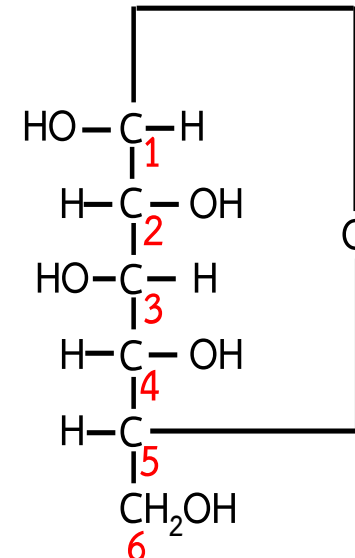




α -D-Glucose



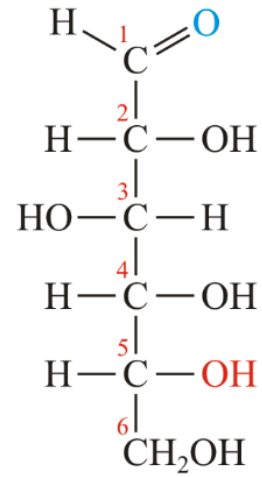
D-Glucose



β -D-Glucose

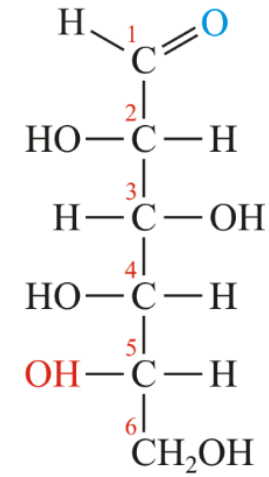


D-glucose



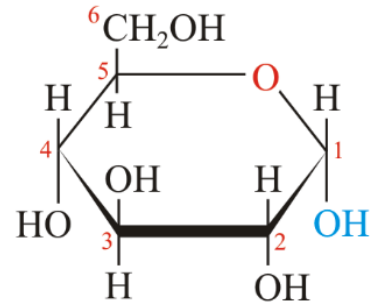
mirror

L-glucose



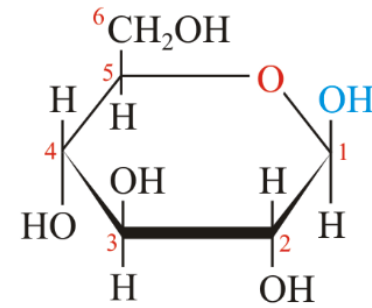
cyclization

cyclization



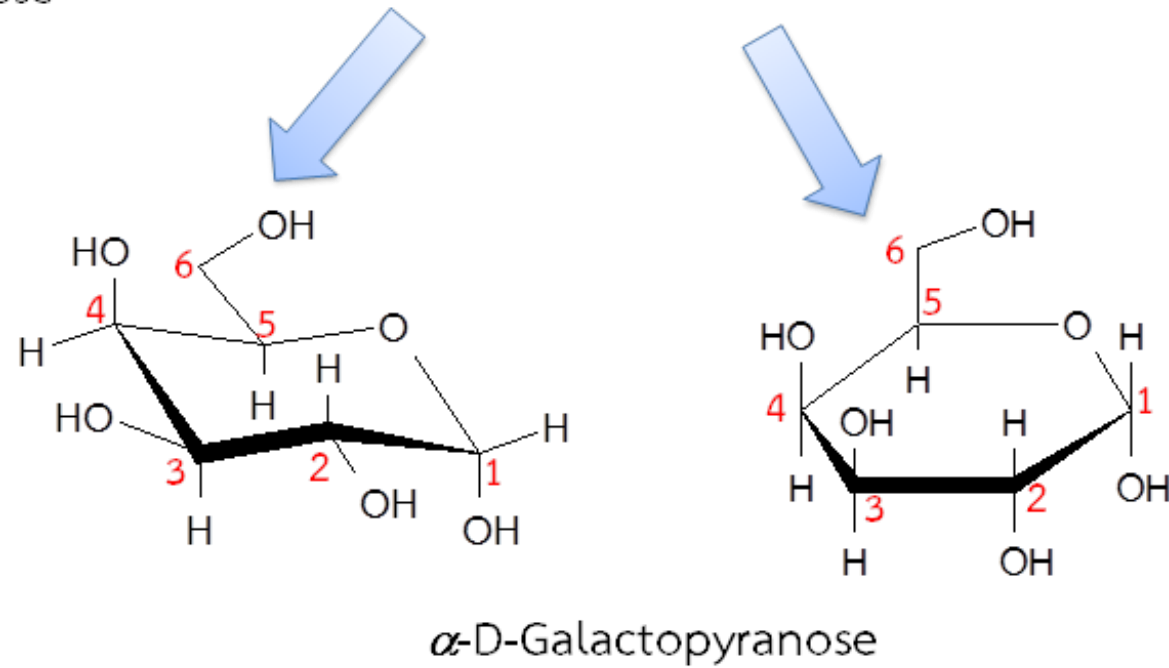
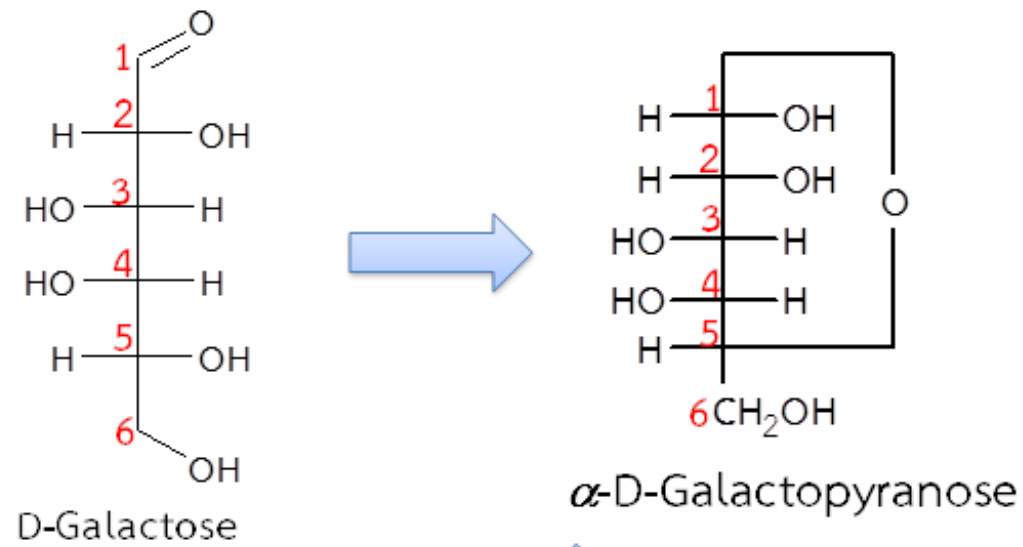
α -D-glucopyranose

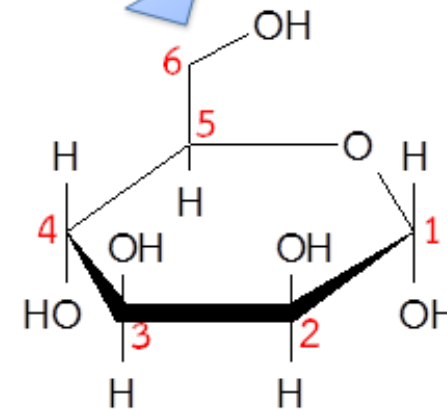
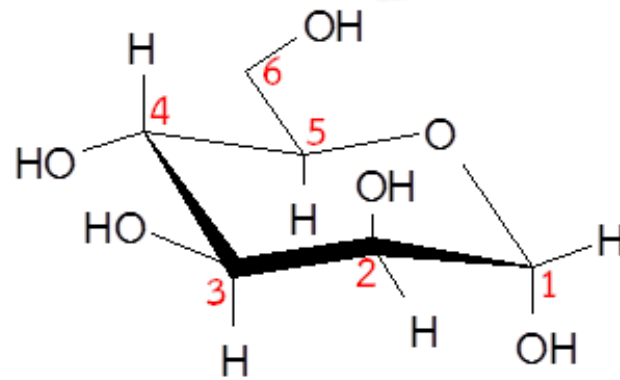
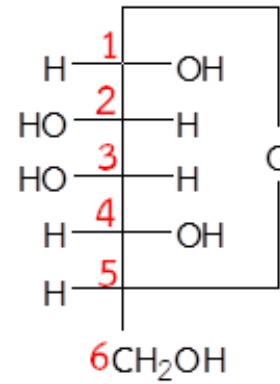
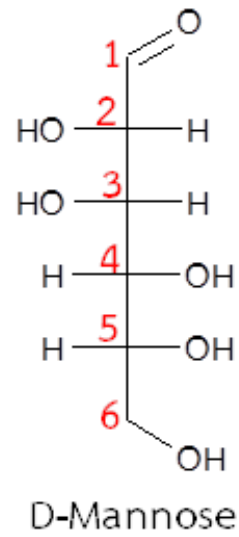
mutarotation

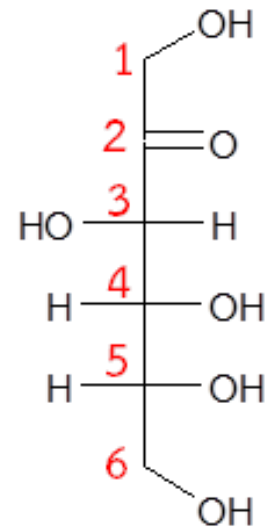


β -D-glucopyranose

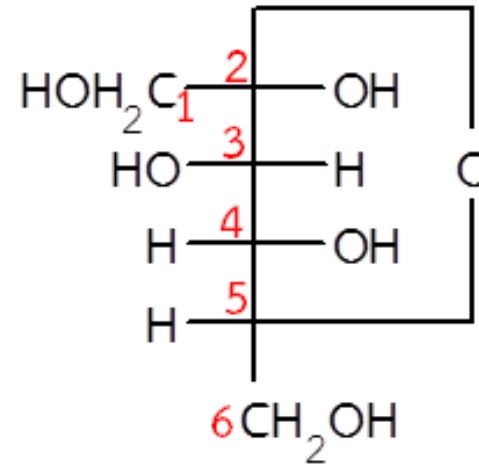
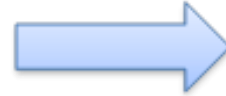




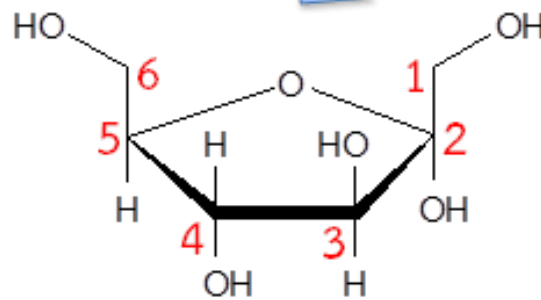




D-Fructose

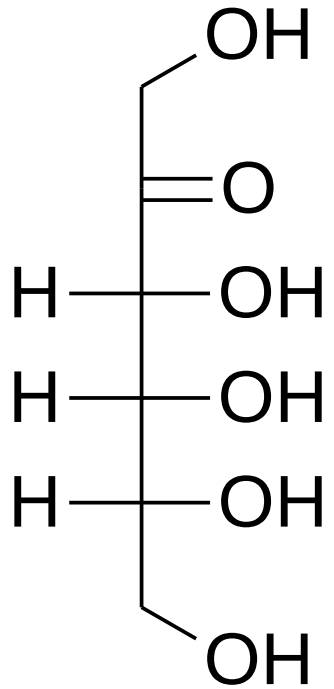


α -D-Fructofuranose



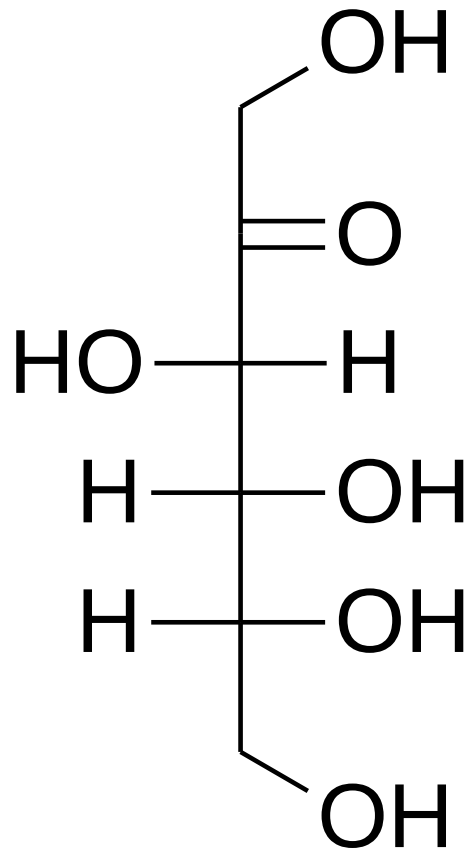
α -D-Fructofuranose





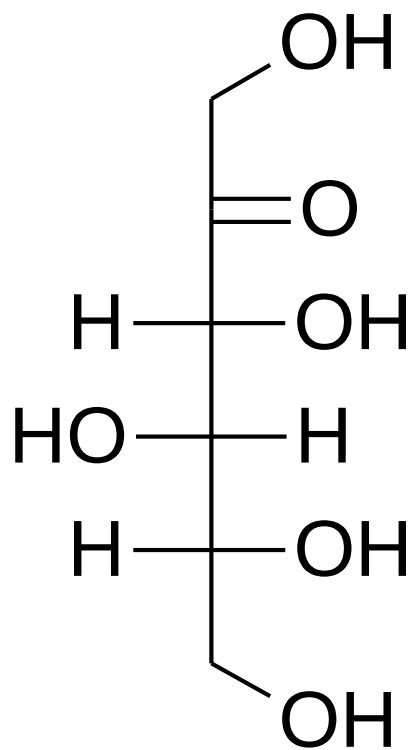
D-Psicose





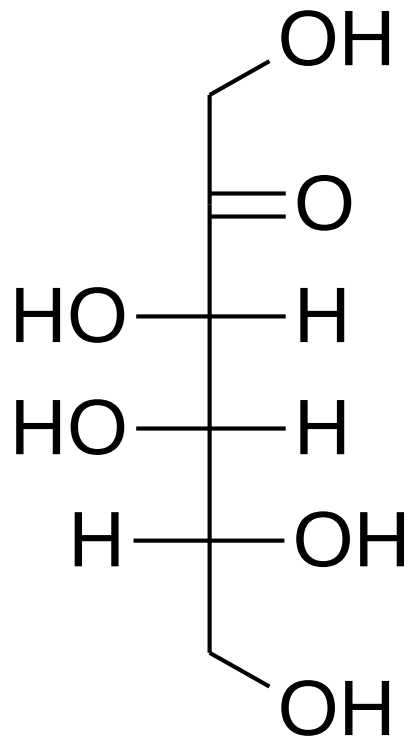
D-Fructose





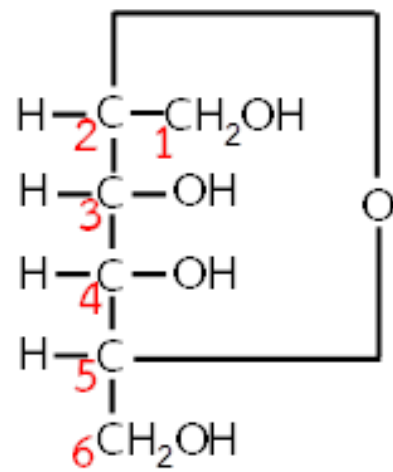
D-Sorbose



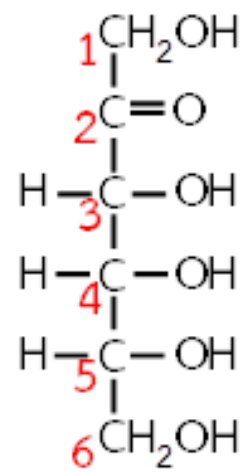
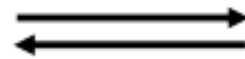


D-Tagatose

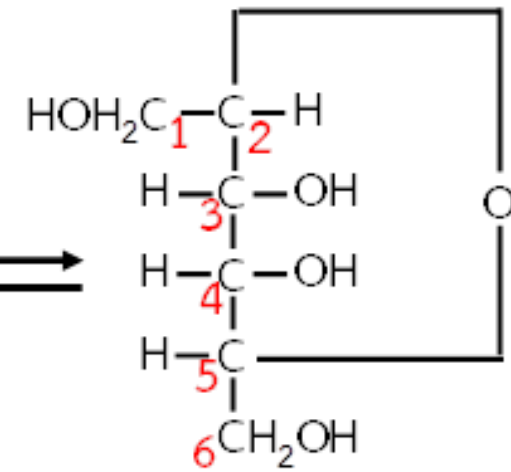
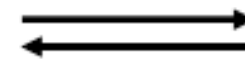




α -D-Fructose

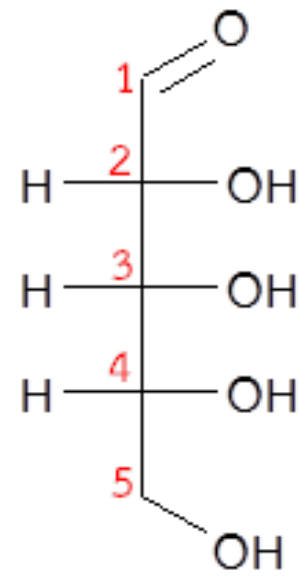


D-Fructose

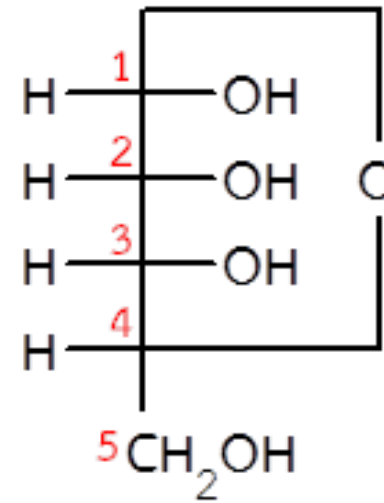
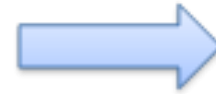


β -D-Fructose

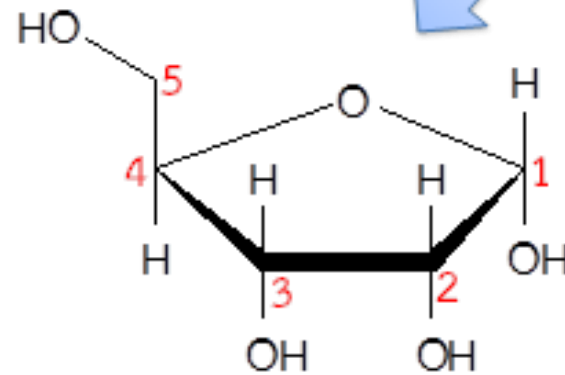




D-Ribose

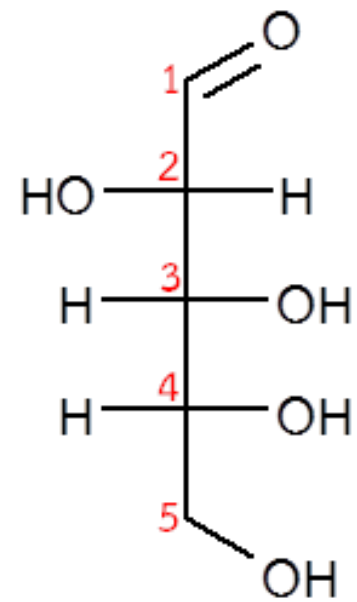


α -D-Ribofuranose

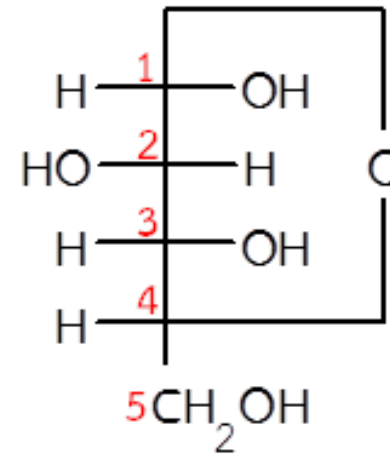


α -D-Ribofuranose

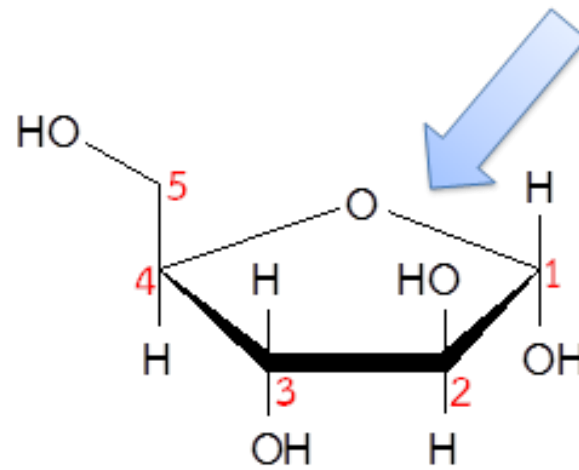




D-Arabinose



α -D-Arabinofuranose



α -D-Arabinofuranose



TOP 10

High Sugar Fruits

@phetfit



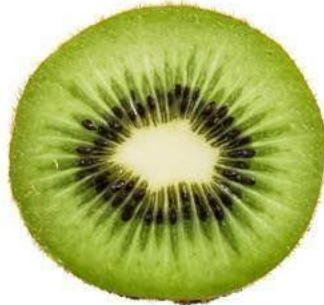
Plums



Pineapples



Mangoes



Kiwis



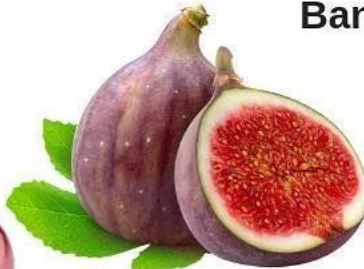
Bananas



Grapes



Cherries



Figs



Pomegranates



All Dried Fruits



Foods High in Net Fructose



Agave



Apple



Pear



Mango



Honey



Soda with HFCS

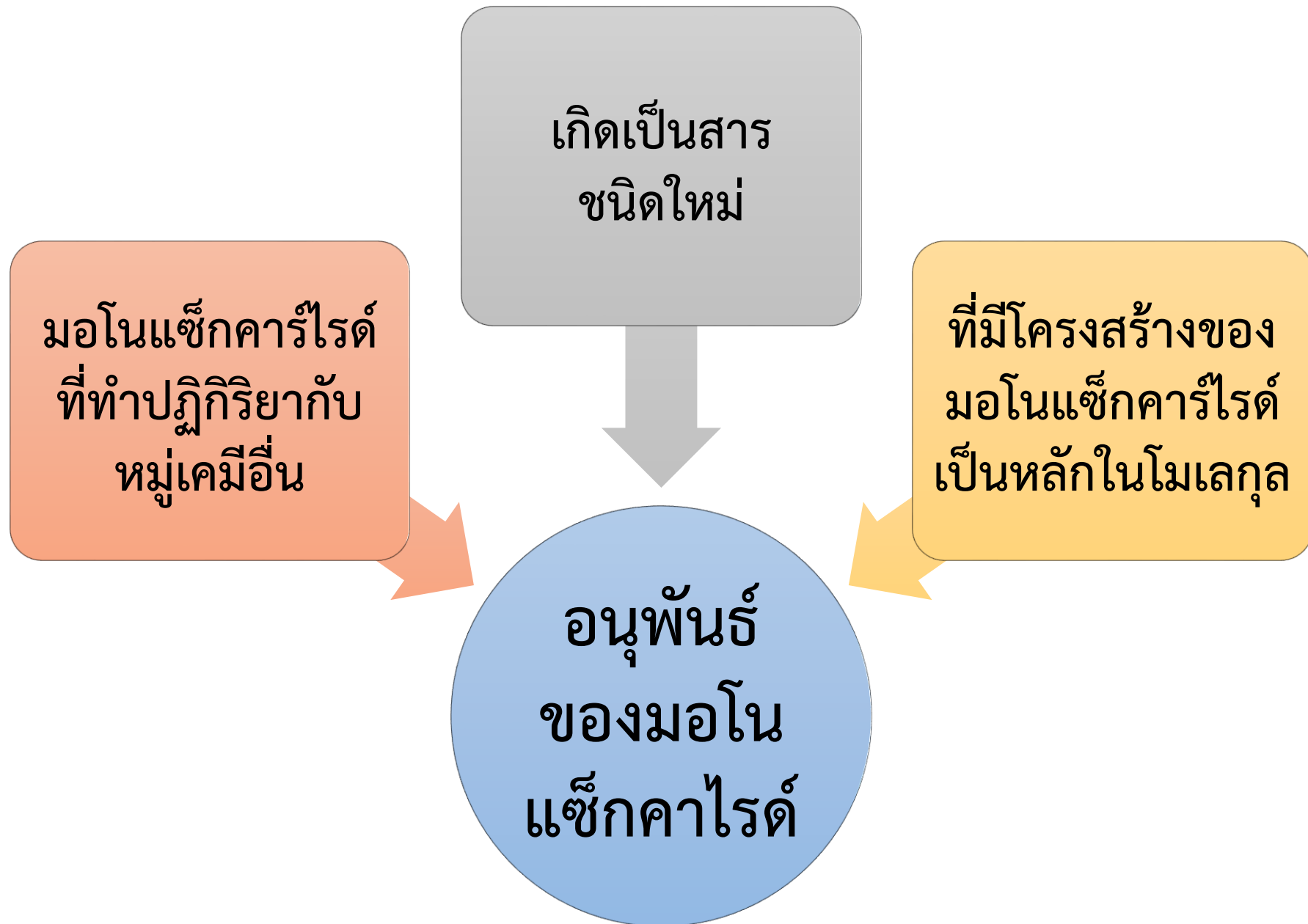


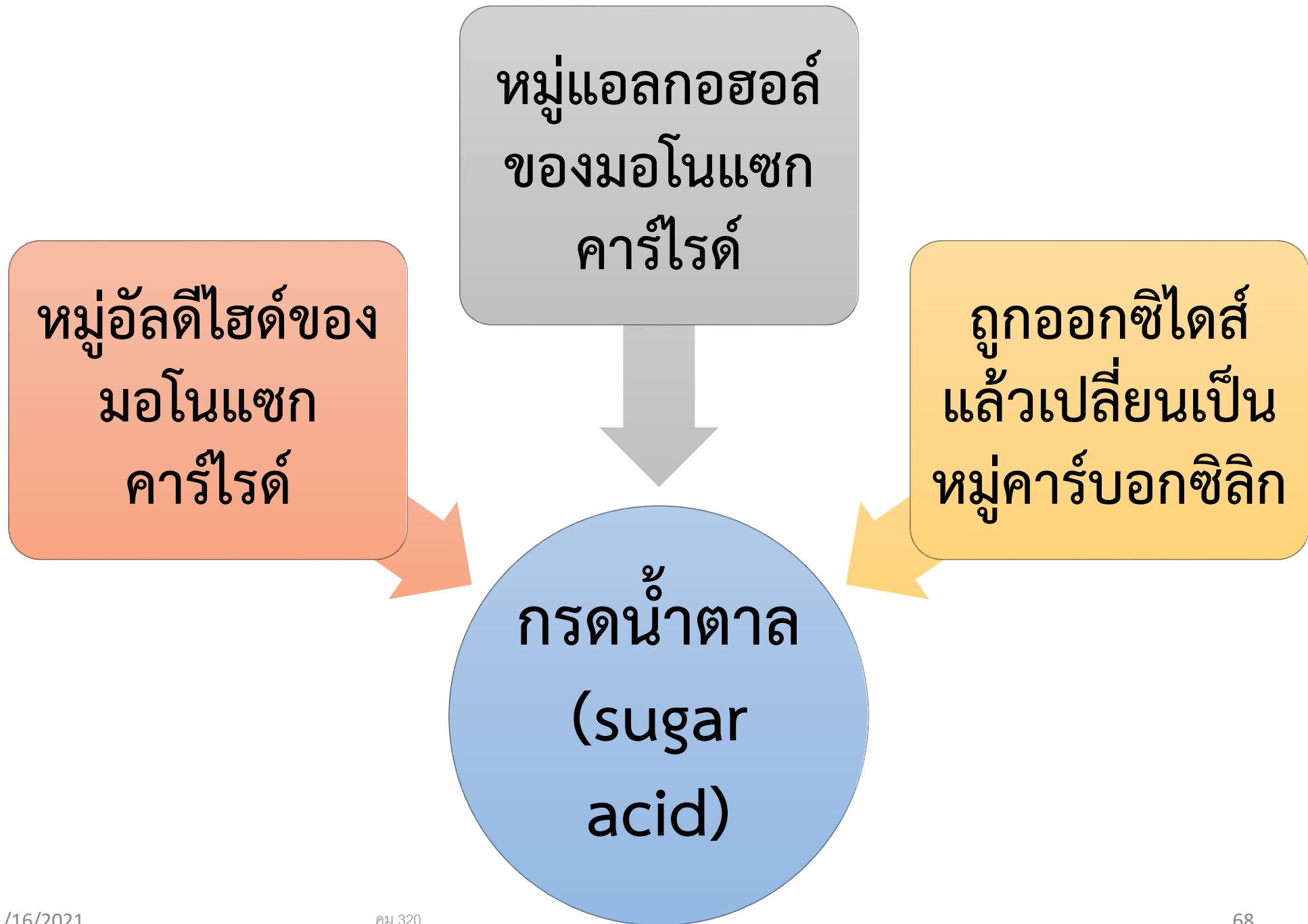
Eat Less
High Sugar Fruits
which spike blood sugar

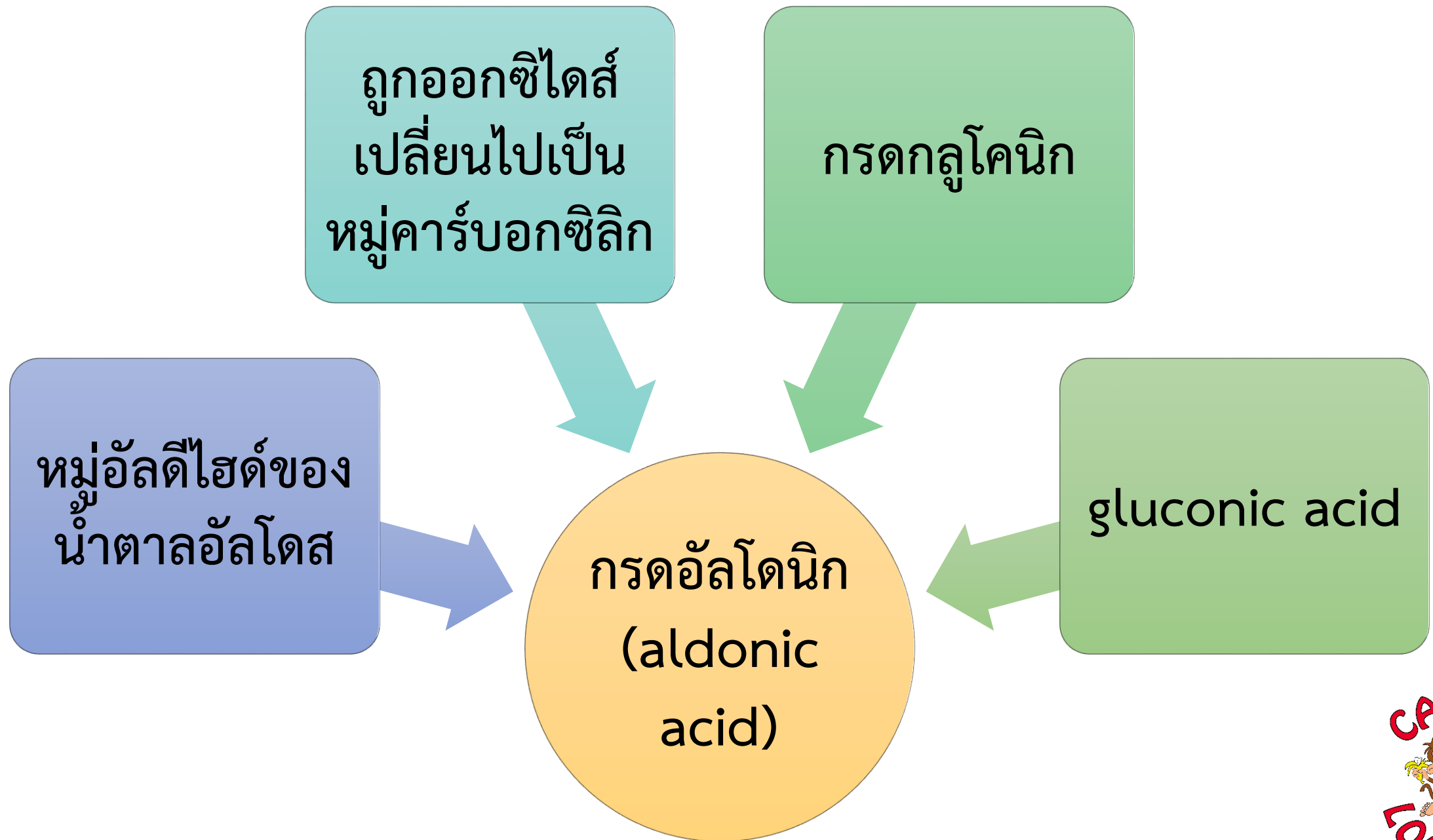


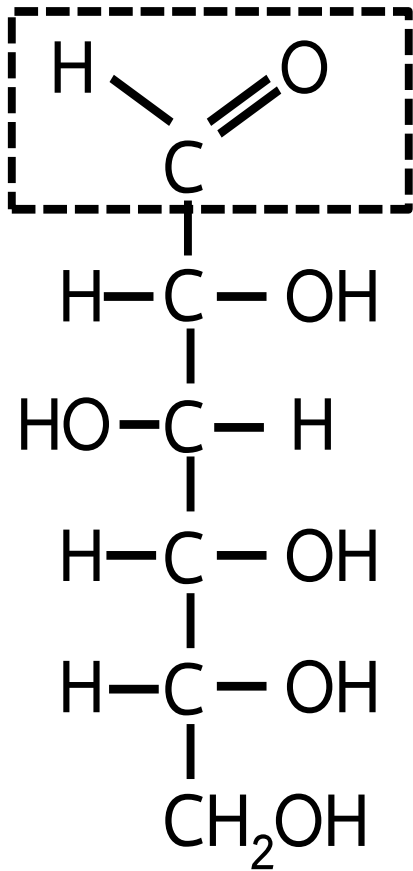
Eat More
Low Sugar Fruits
for balanced energy



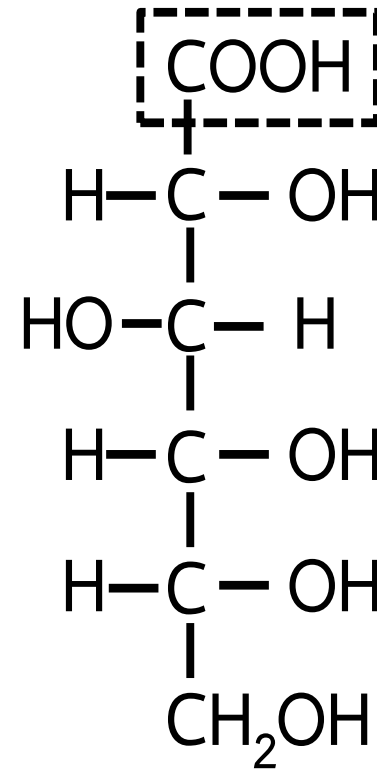
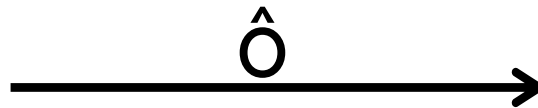






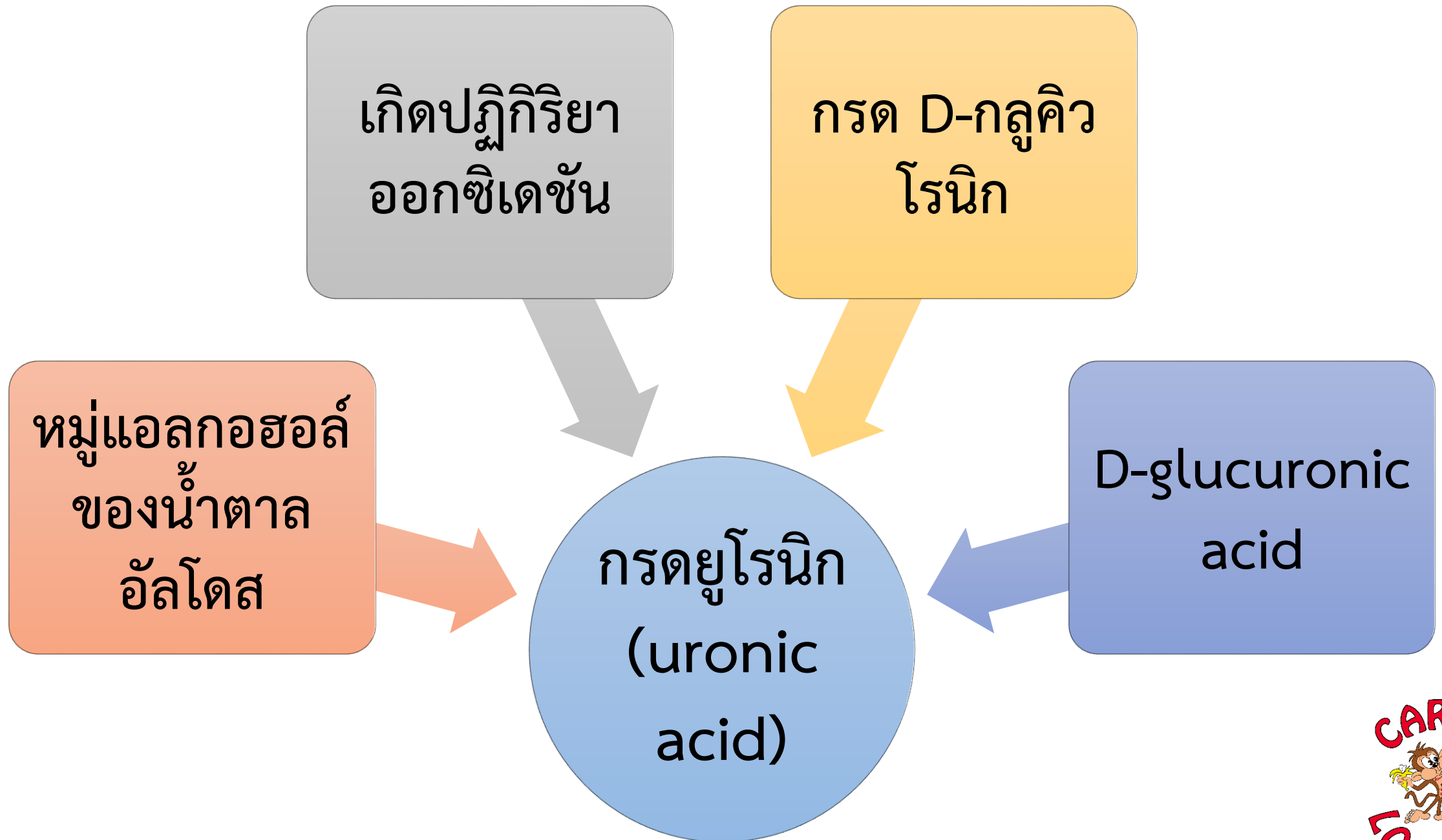


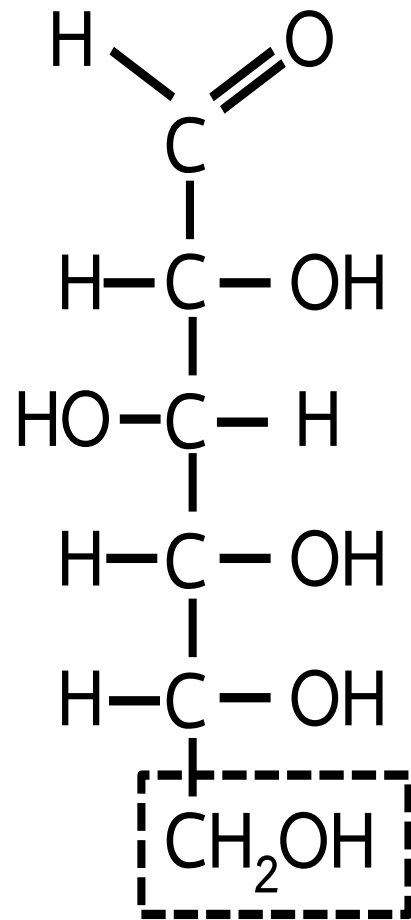
D-Glucose



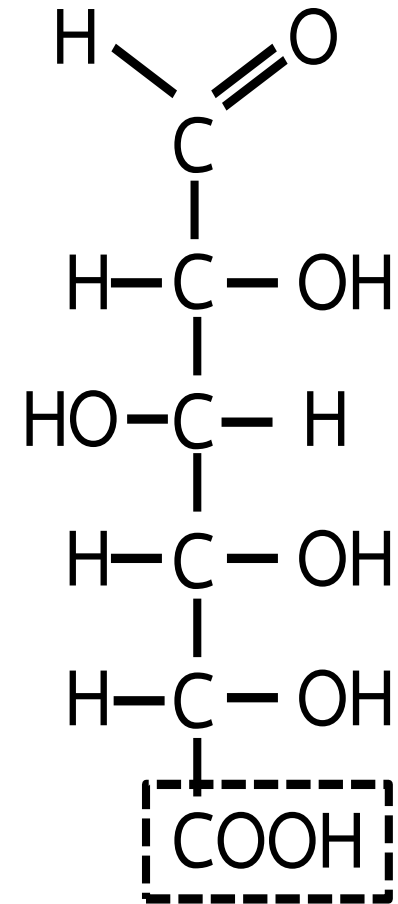
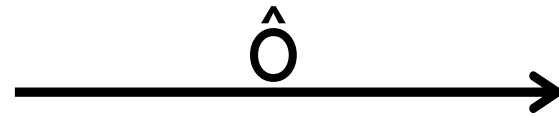
D-Gluconic acid







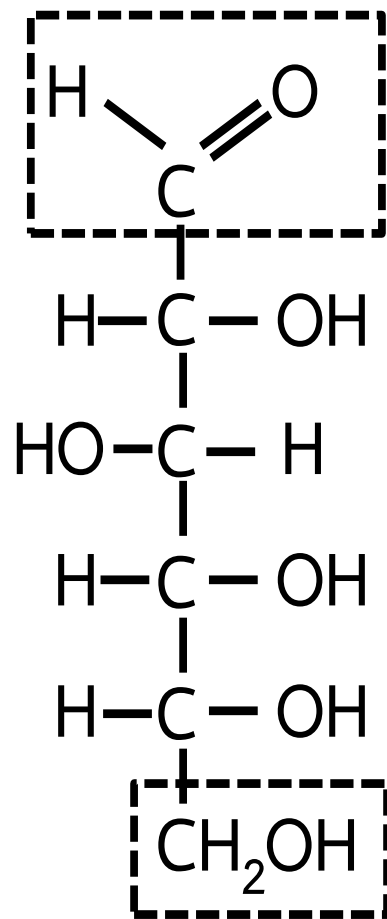
D-Glucose



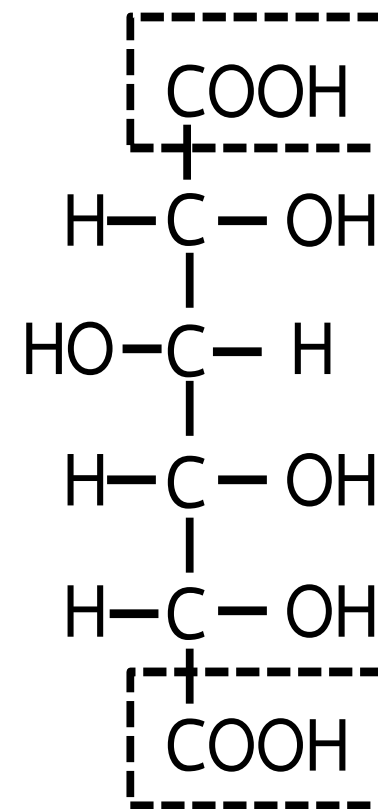
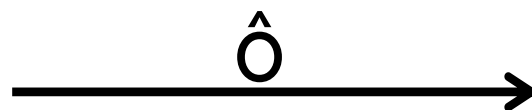
D-Glucuronic acid





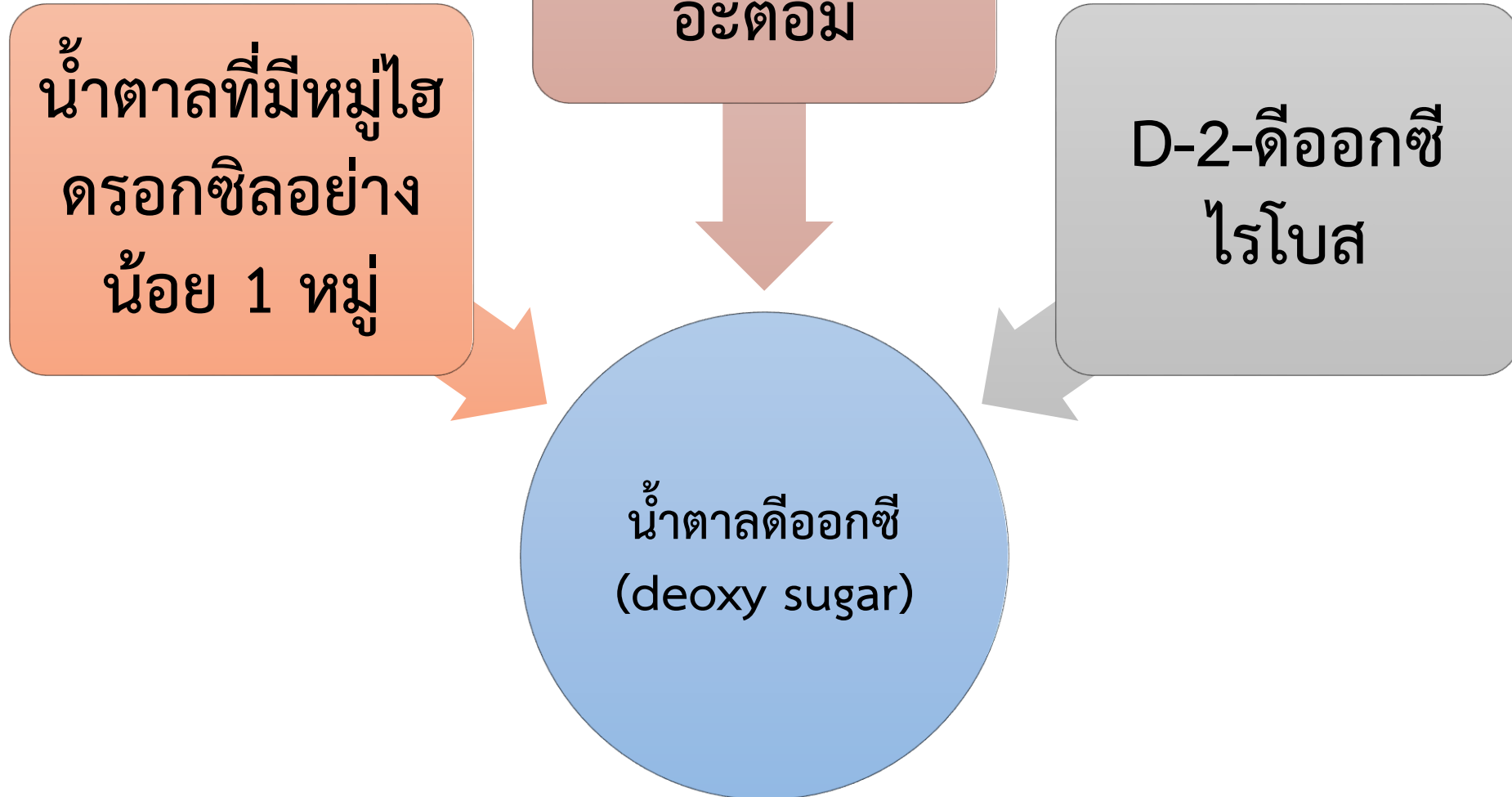


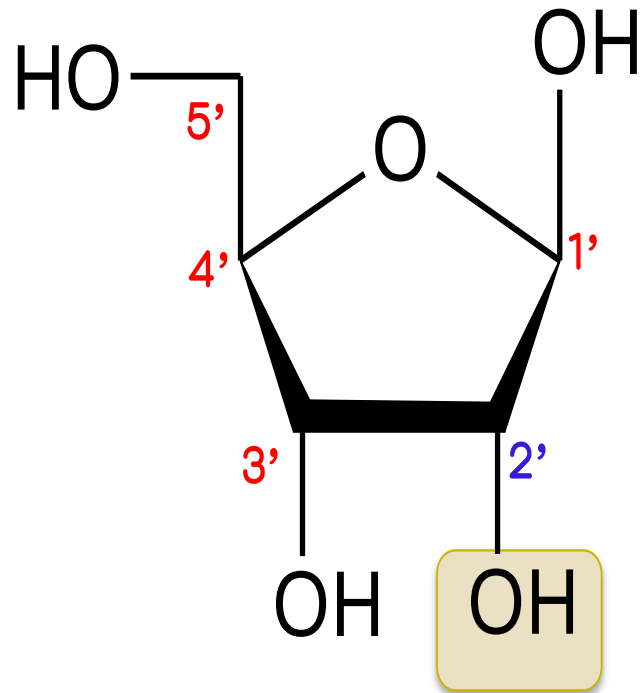
D-Glucose



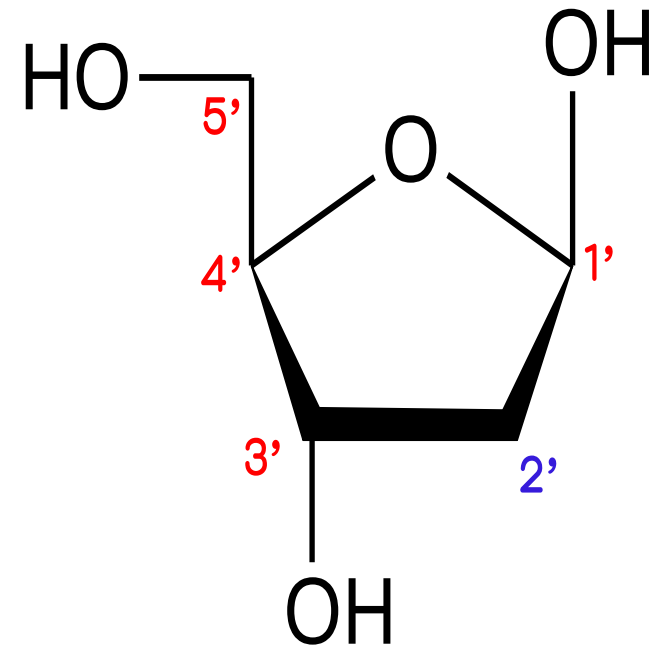
D-Glucaric acid







ribose



deoxyribose

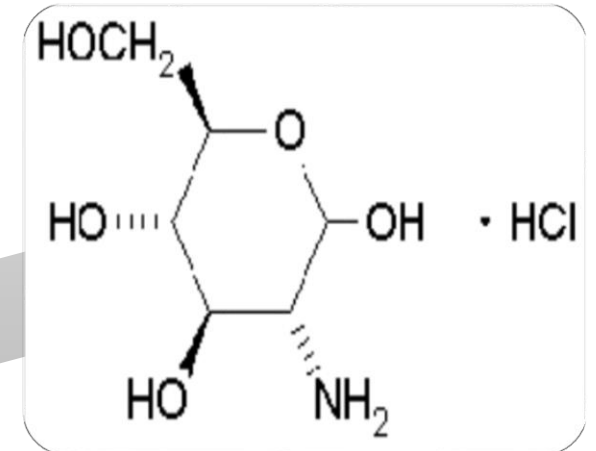


ถูกแทนที่ด้วย
หมู่อะมิโน

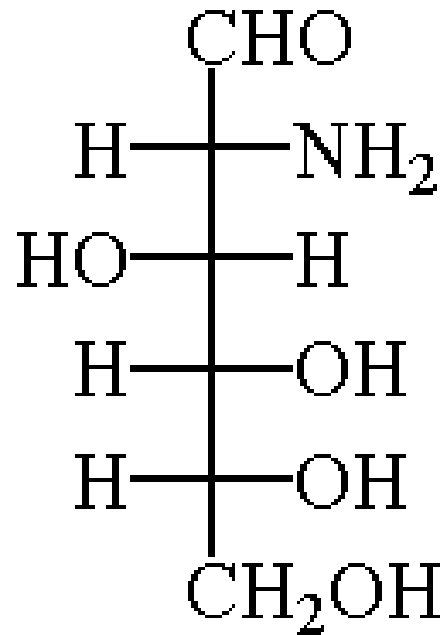
ดี-กลูโคซามีน

หมู่ไฮดรอกซิลของ
มอโนแซ็กคาไรด์
อย่างน้อย 1 หมู่

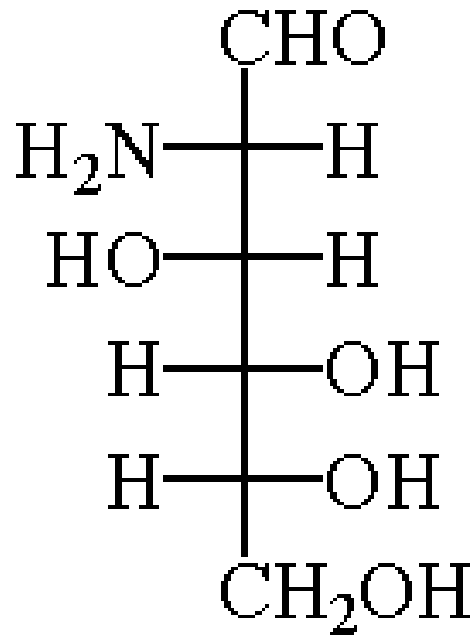
น้ำตาลอะมิโน
(amino sugar)



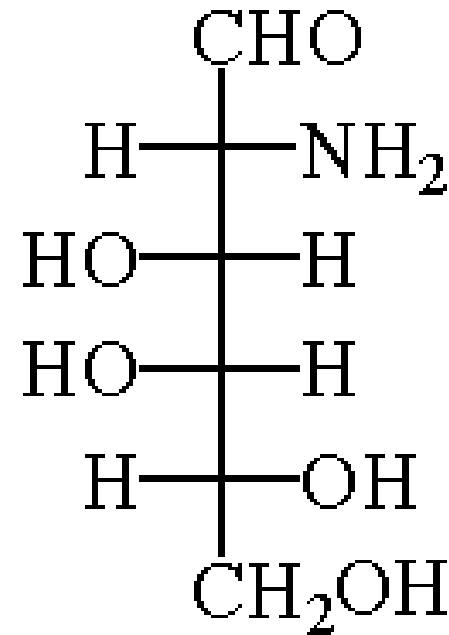
Amino Sugars



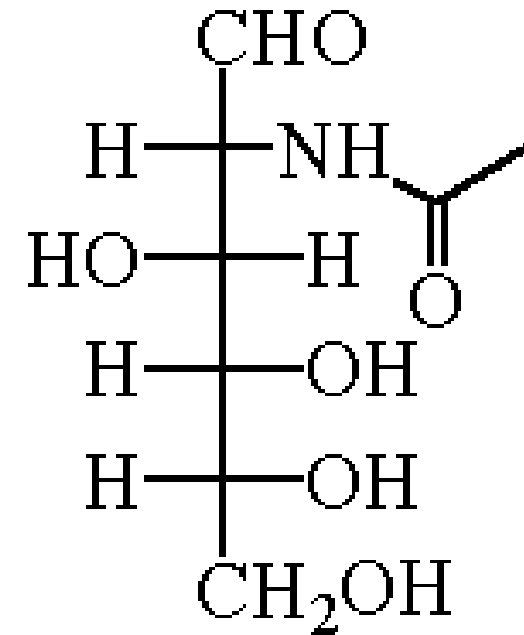
D-Glucosamine



D-Mannosamine

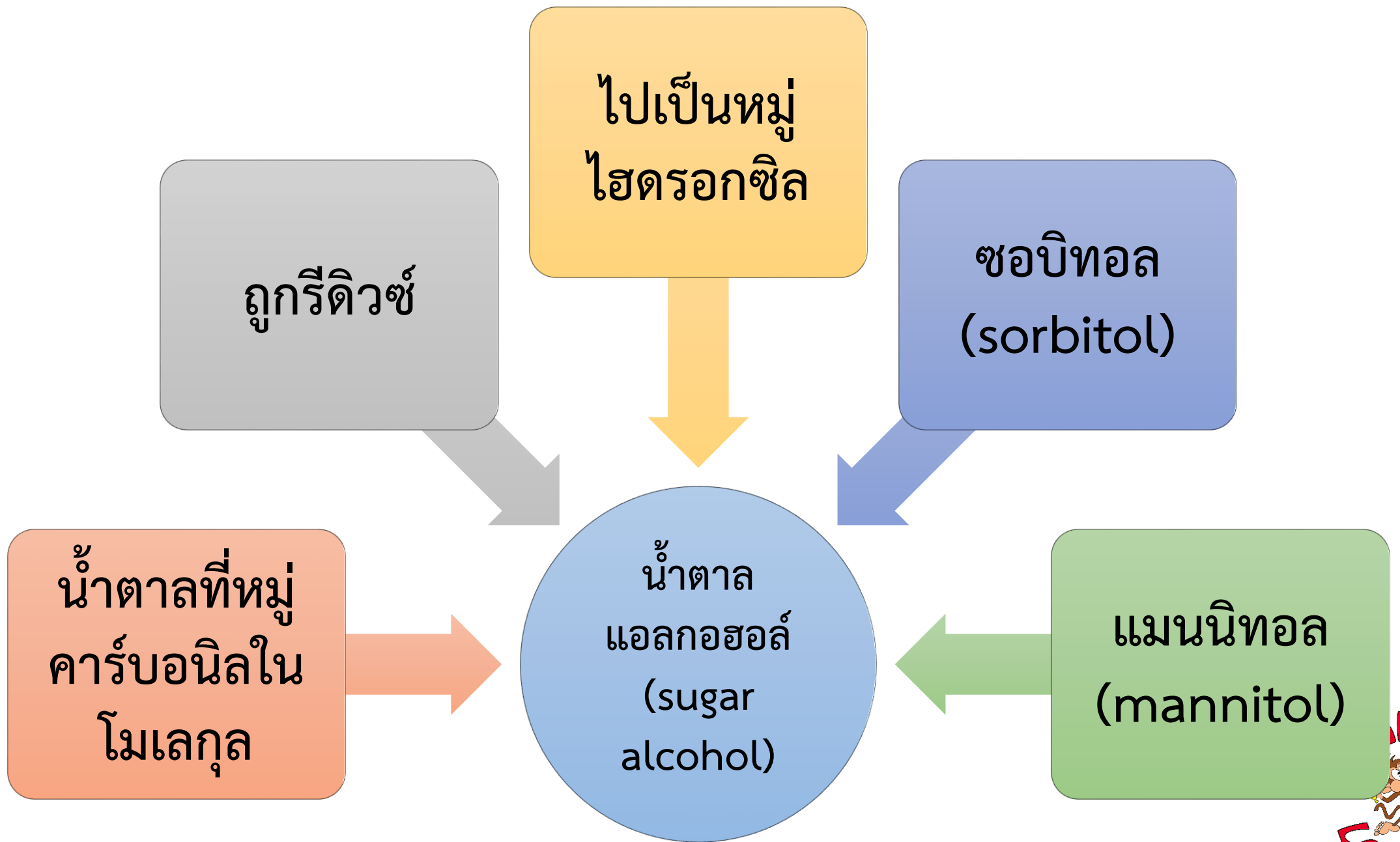


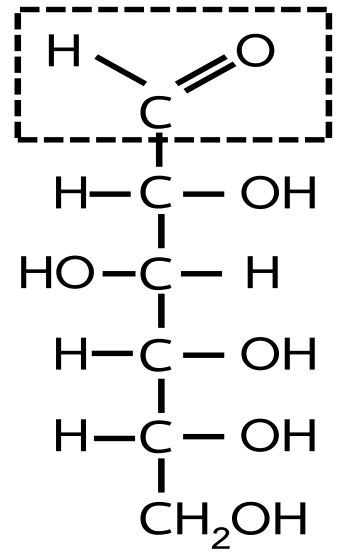
D-Galactosamine



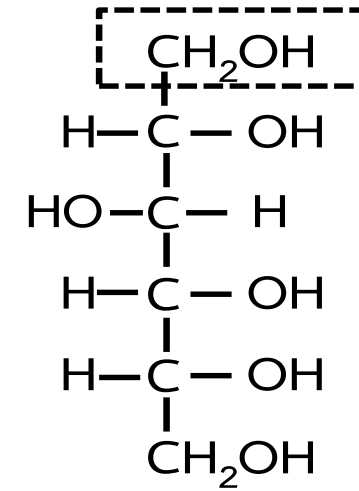
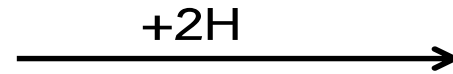
N-Acetyl-D-glucosamine



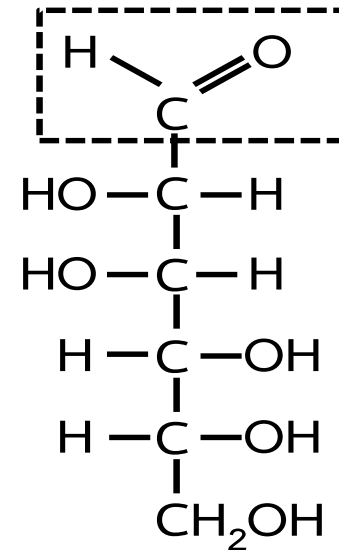




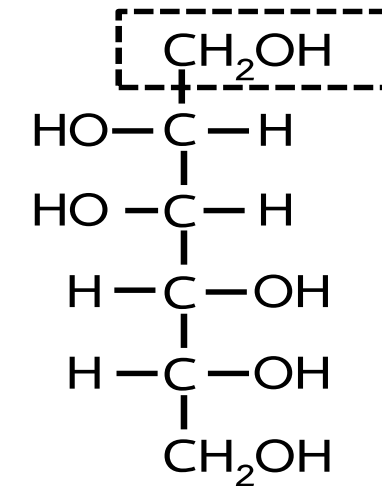
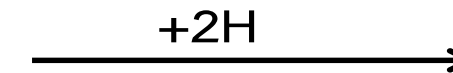
D-Glucose



Sorbitol



D-Mannose



Mannitol



Foods High in Sorbitol



Prunes



Sweet cherries



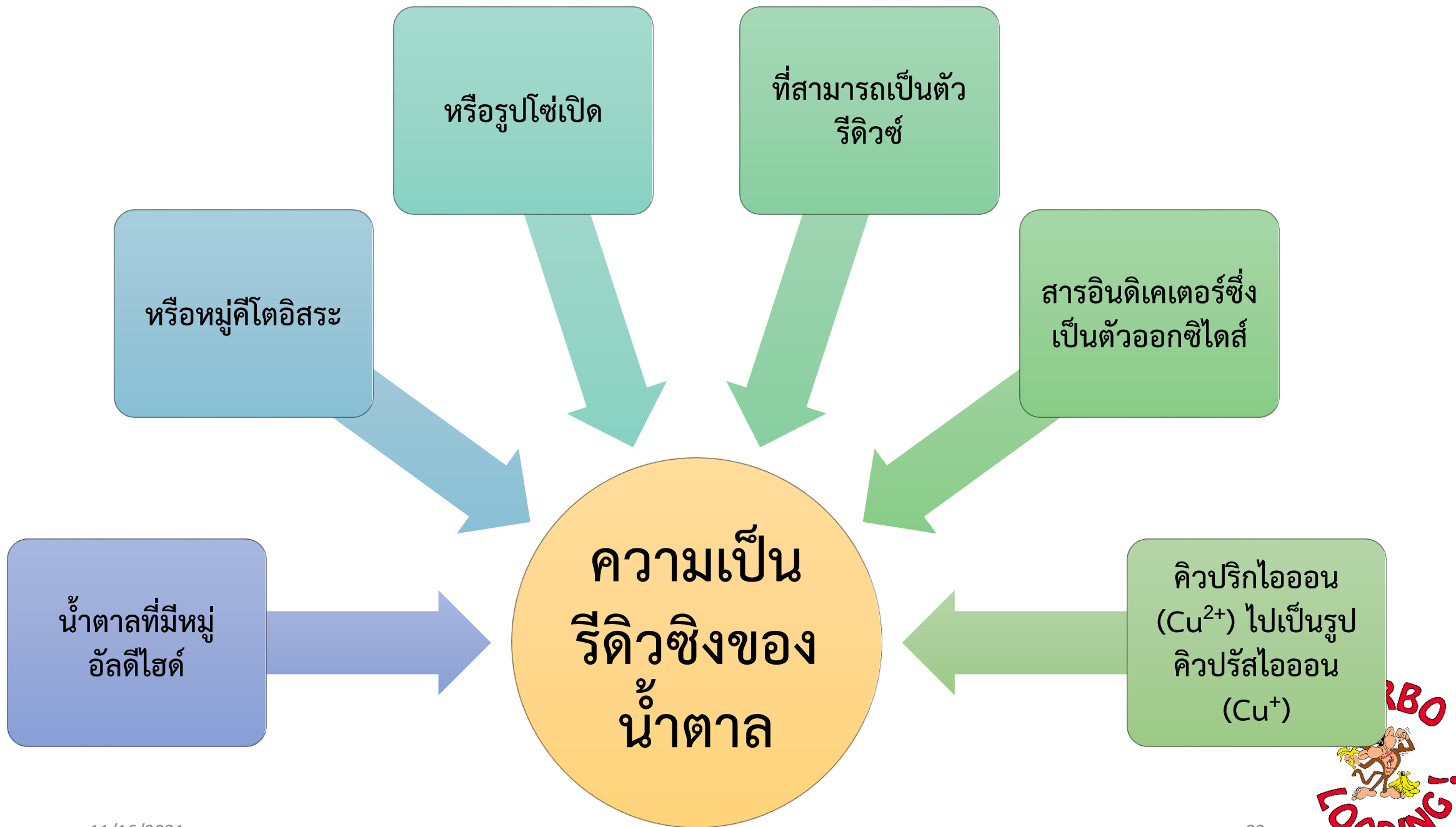
Peaches



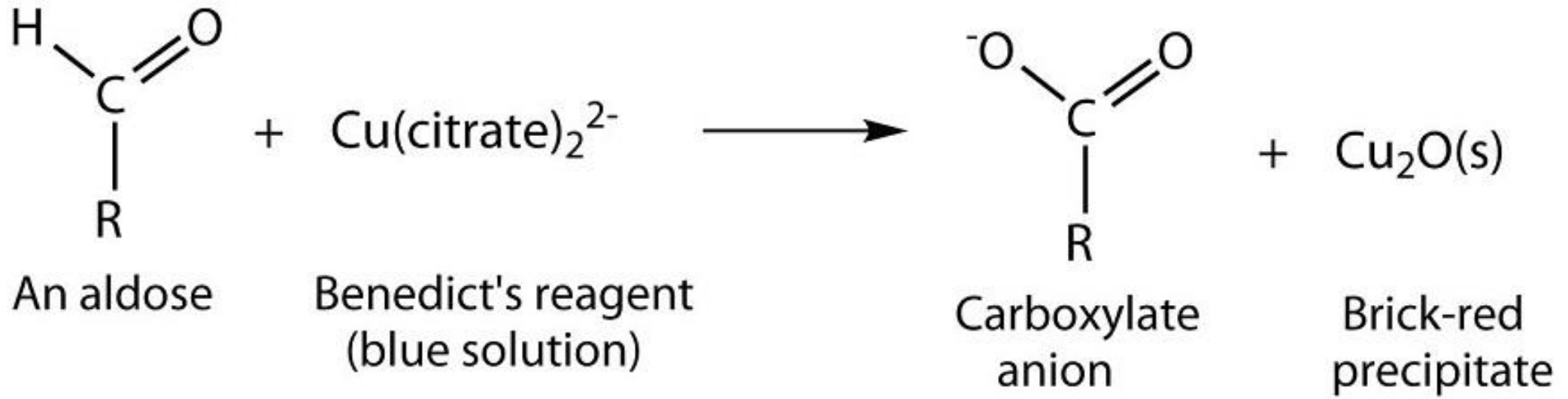
Sugar-free gum, soda and nutrition bars

©Nutrientsreview.com

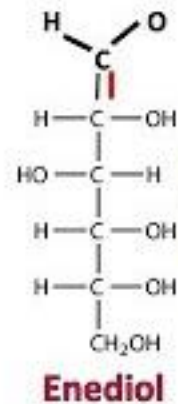




Benedict's test

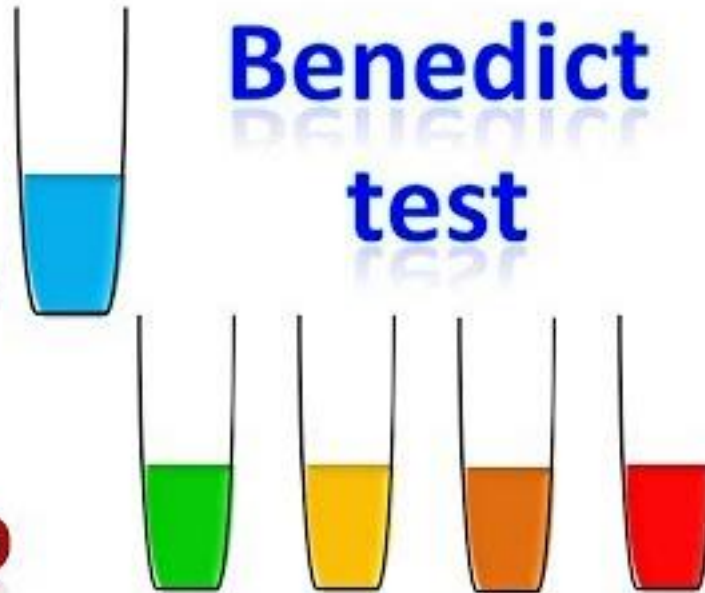


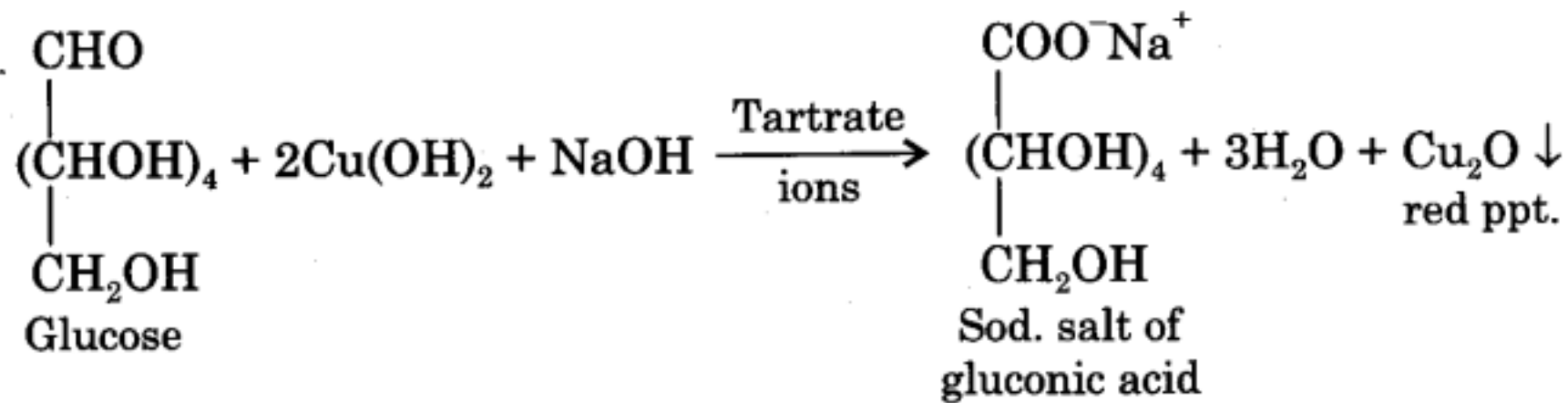
Quickly
understand



Cu^{+2}
 Cu_2O

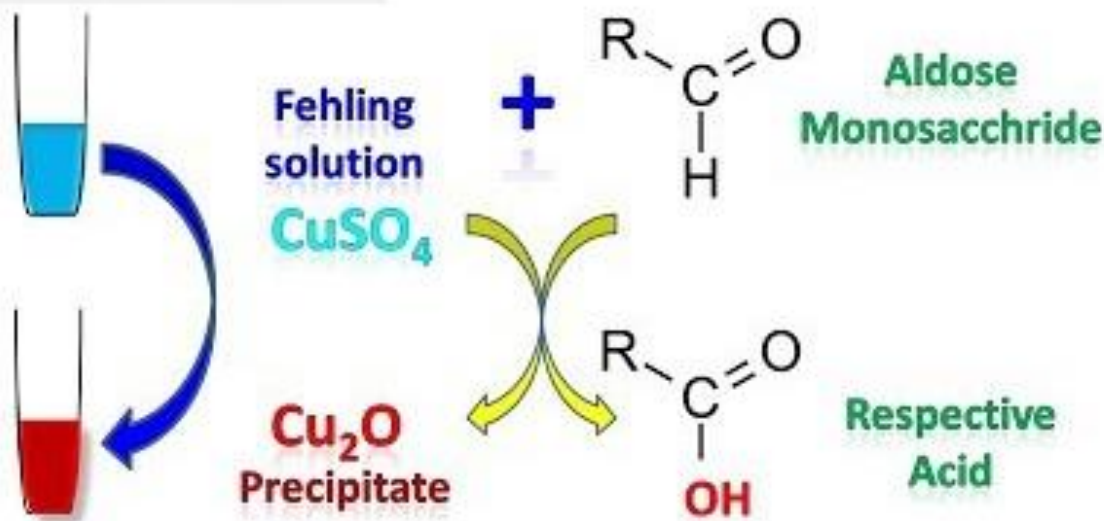
Benedict
test





Quickly
understand

Fehling's test



การ	Osazone
-----	---------

ทดสอบ	
-------	--

น้ำตาล	
--------	--

Molisch test

Anthrone test

Bial test

Seliwanoff test



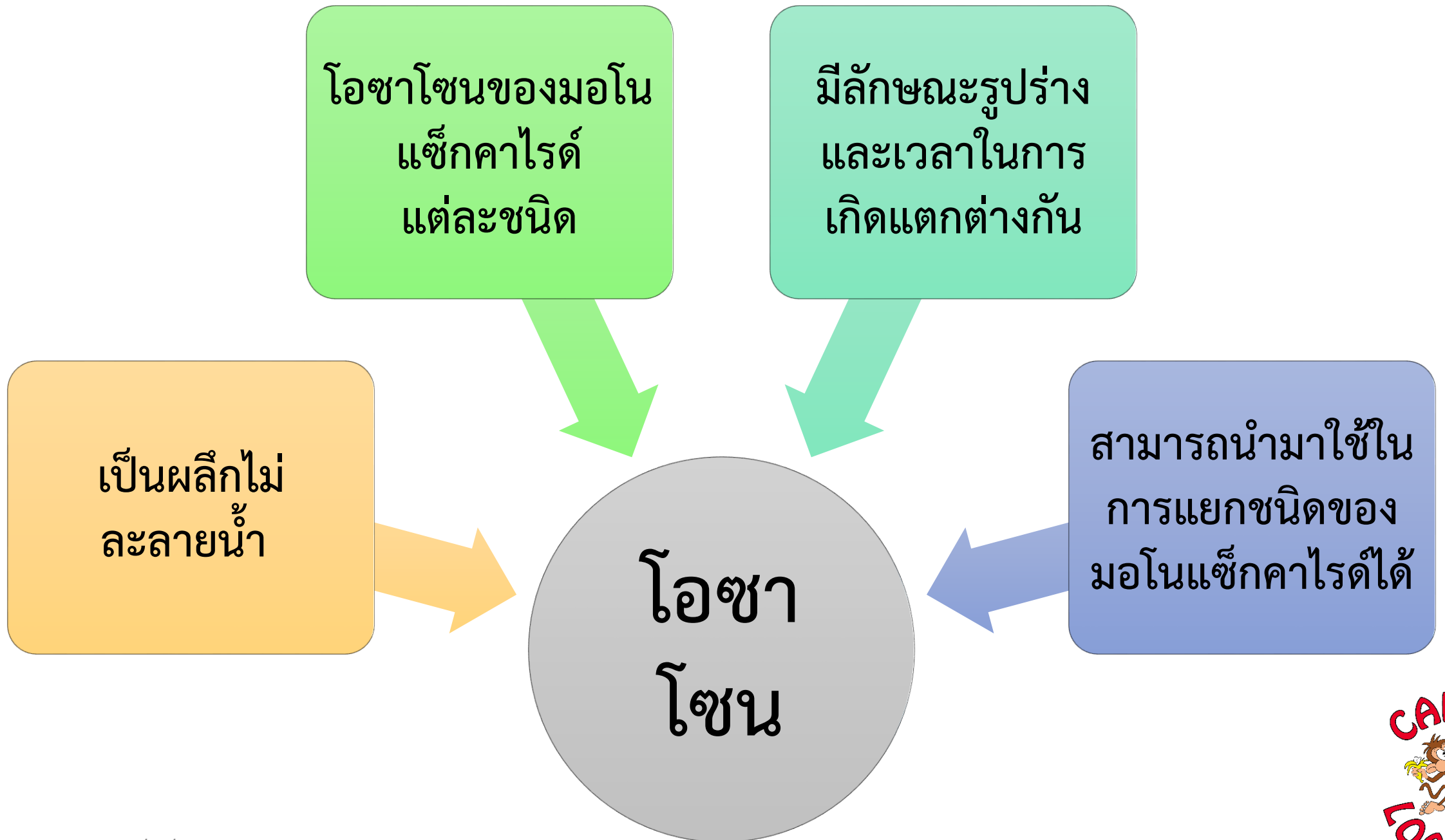
ในสถานะที่เป็น
กรดอ่อนที่
อุณหภูมิ 100 °C

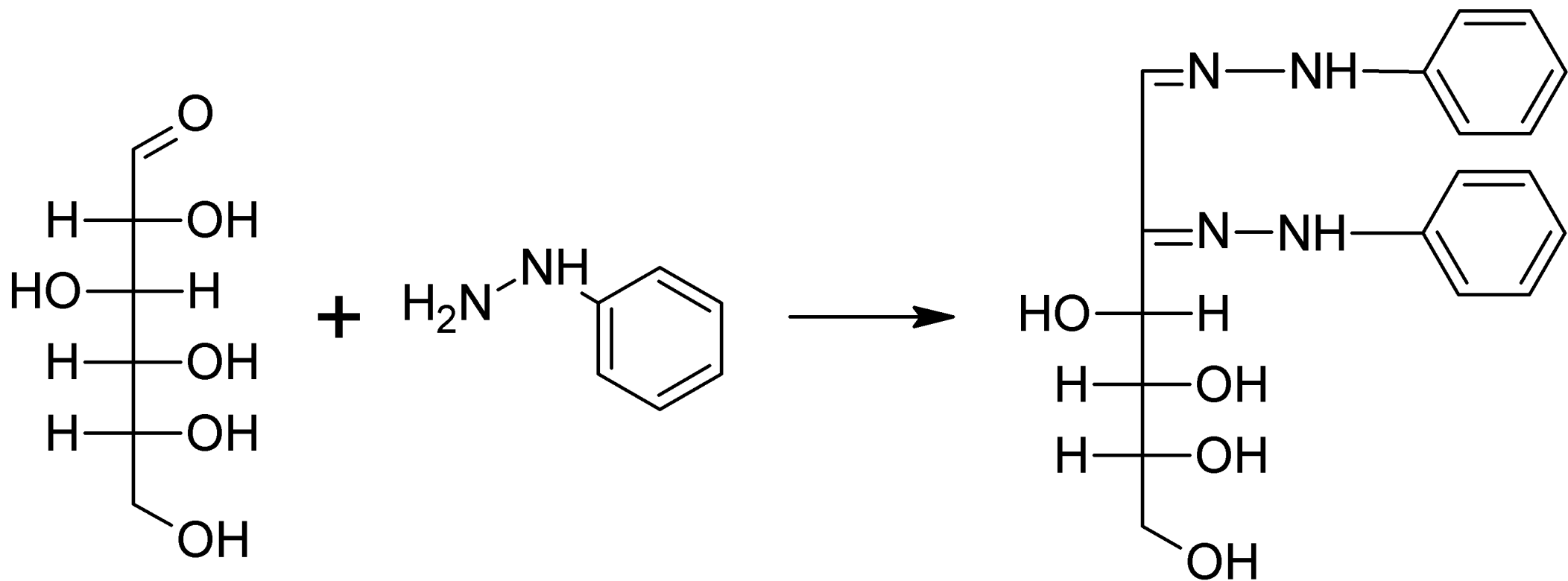
จะได้ ฟีนิลโอซา
โซน (phenyl
osazone)

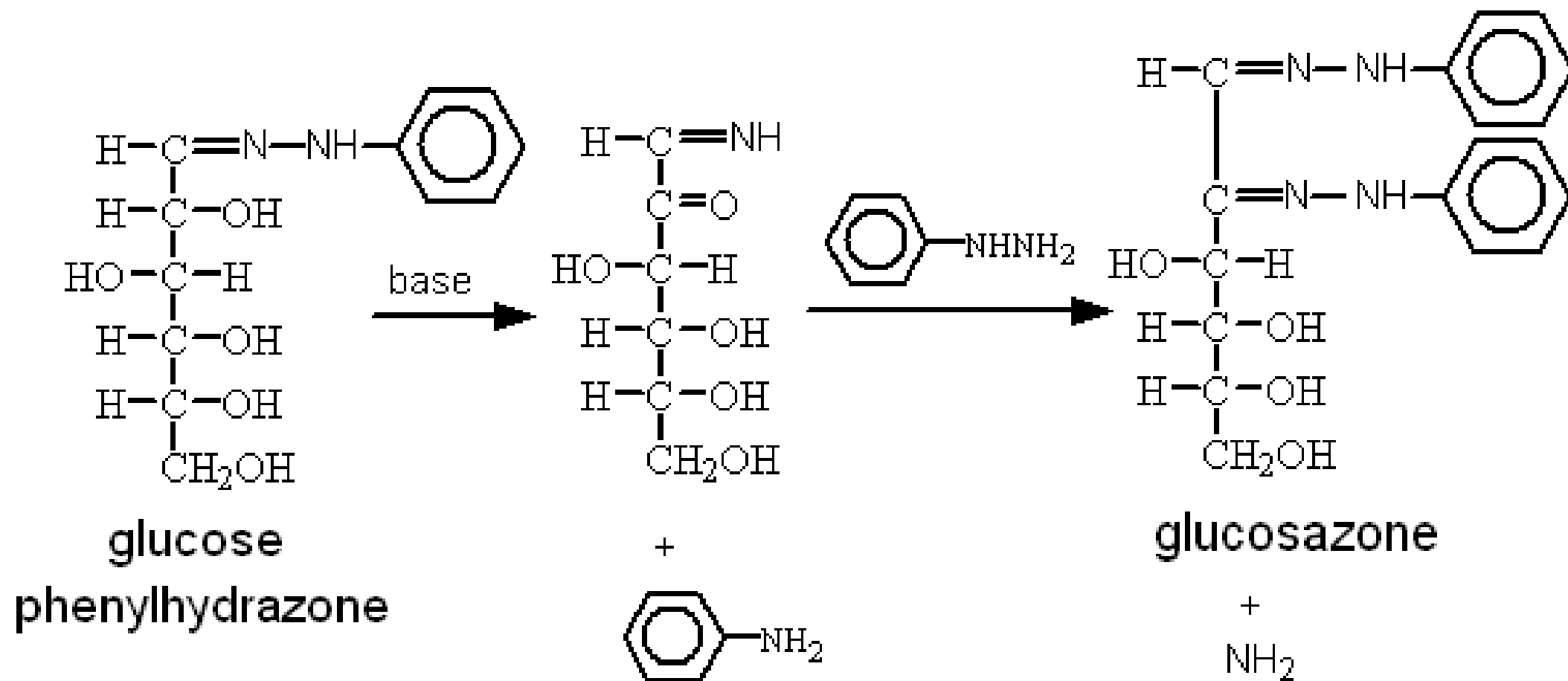
มอโนแซ็กคาไรด์
ทำปฏิกิริยากับ
ฟีนิลไฮดราซีน

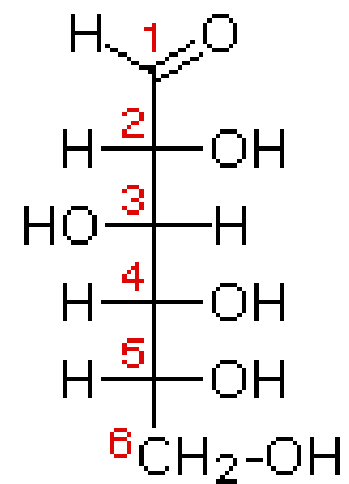
โอซาโซน

ปฏิกิริยา
โอซาโซน

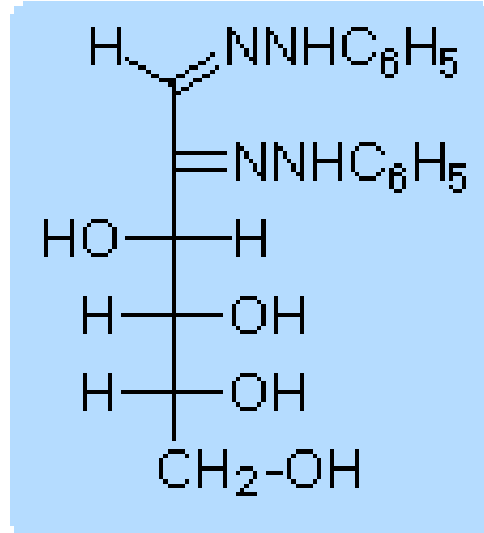
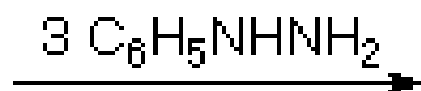




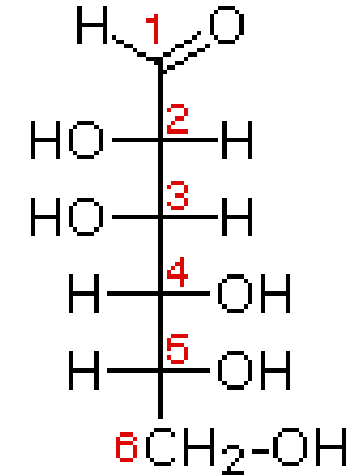
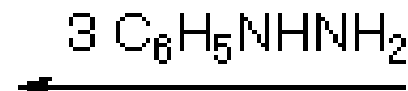




D-(+)-glucose

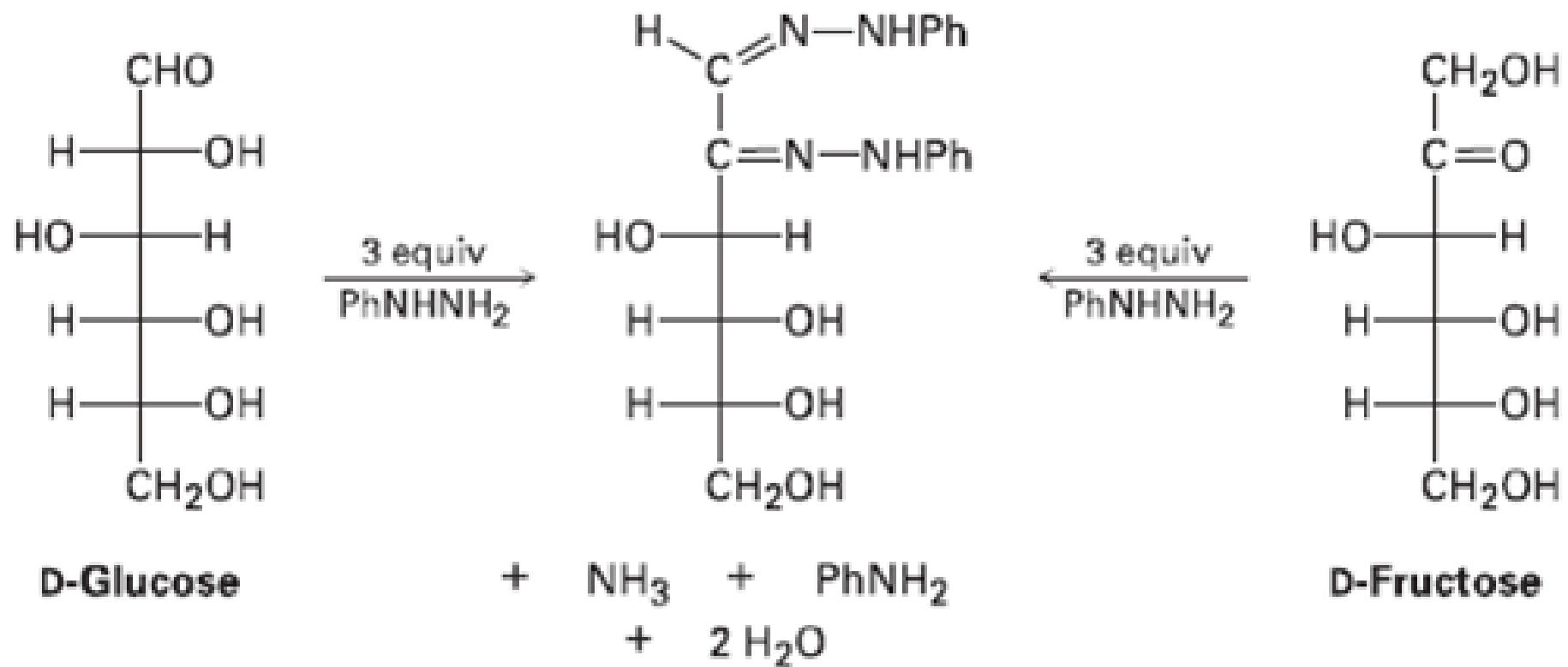


common D-osazone



D-(+)-mannose





lactosazone



ลูกบอลผิวเข็ม

glucosazone



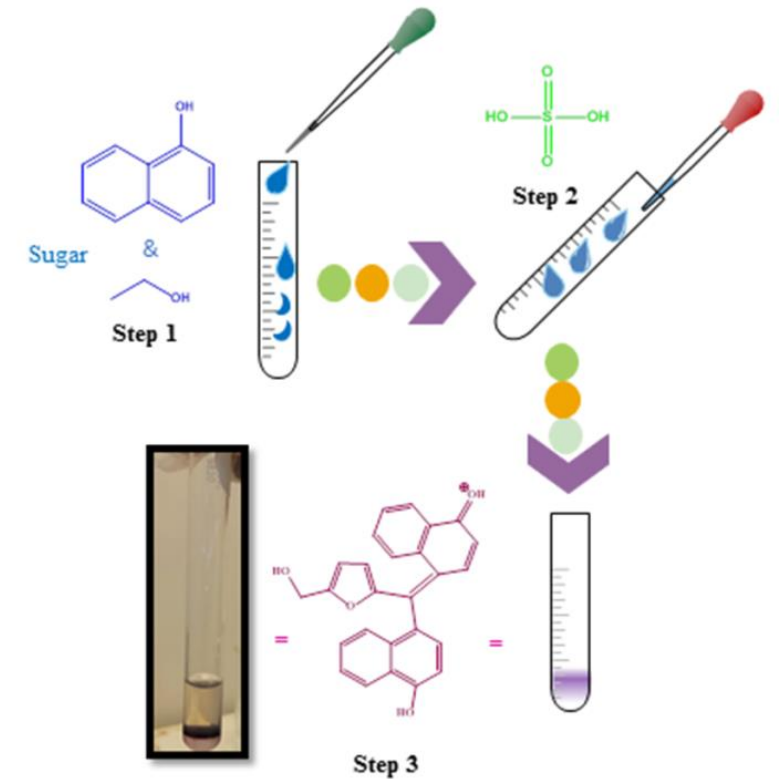
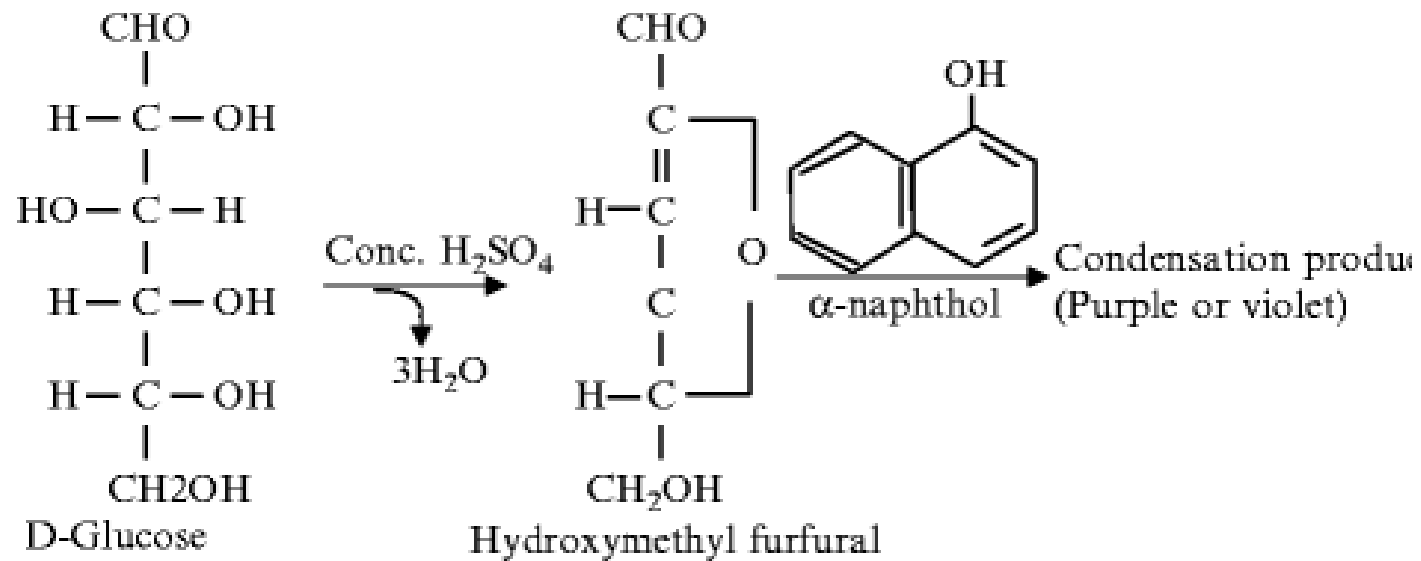
เข็ม

maltosazone

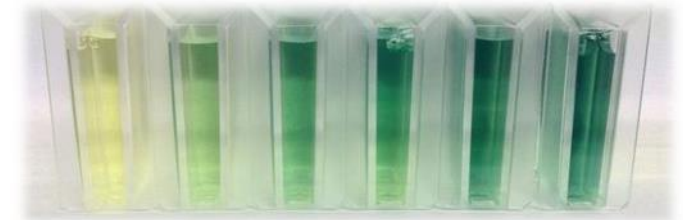
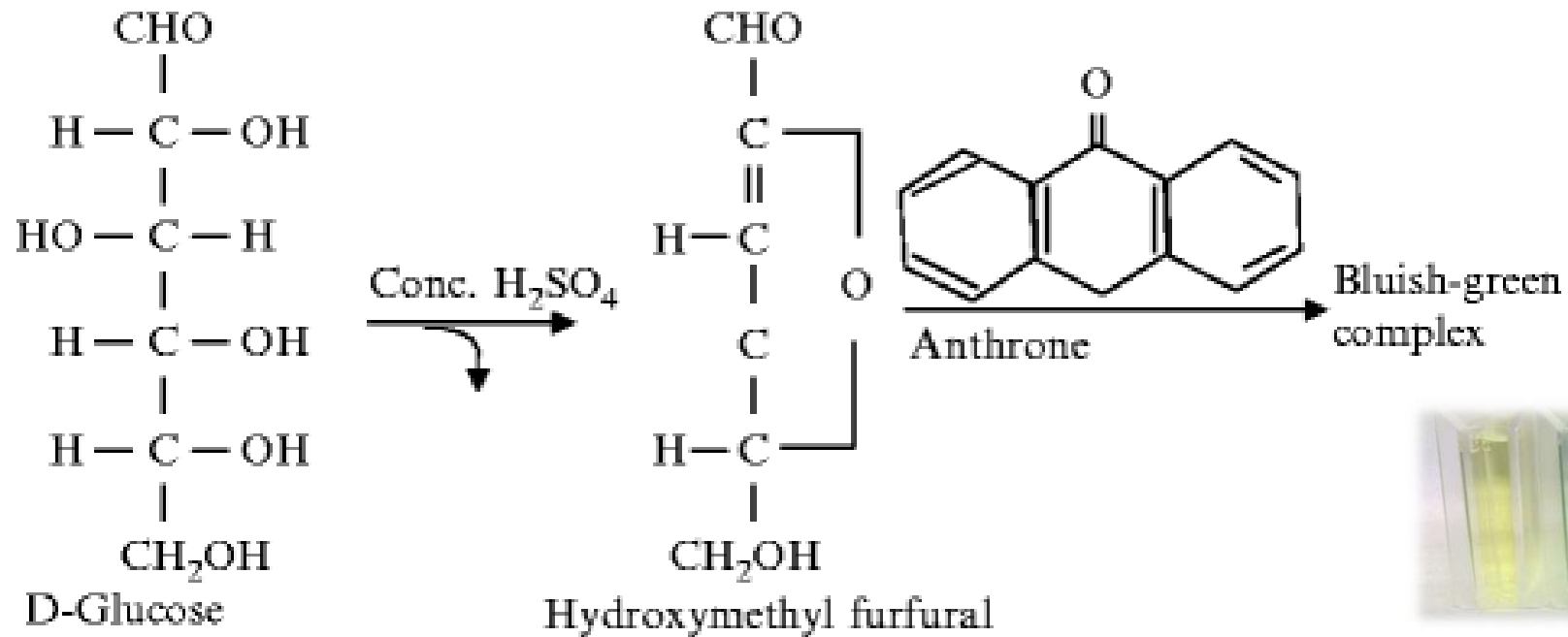


ดอกทานตะวัน

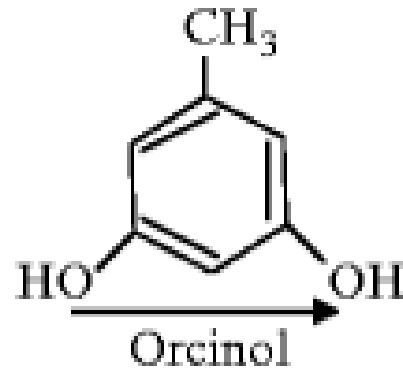
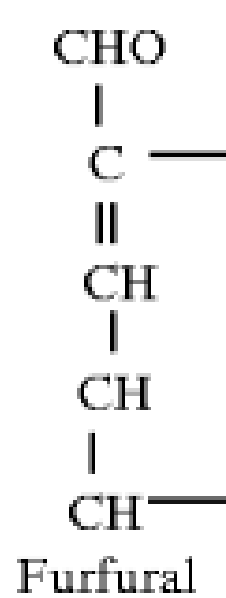
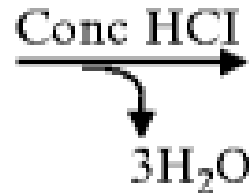
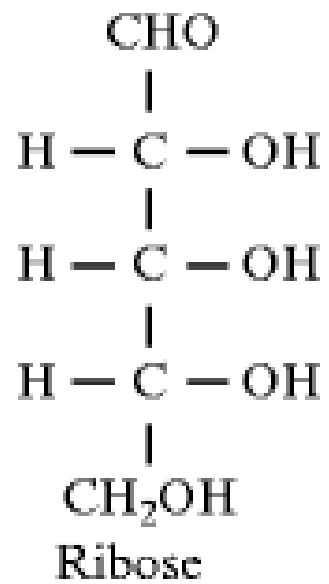
Moilisch test



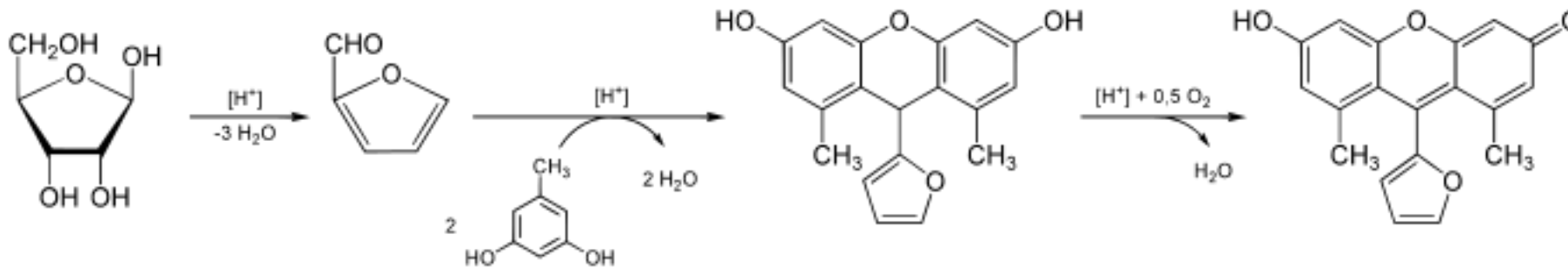
Anthrone test



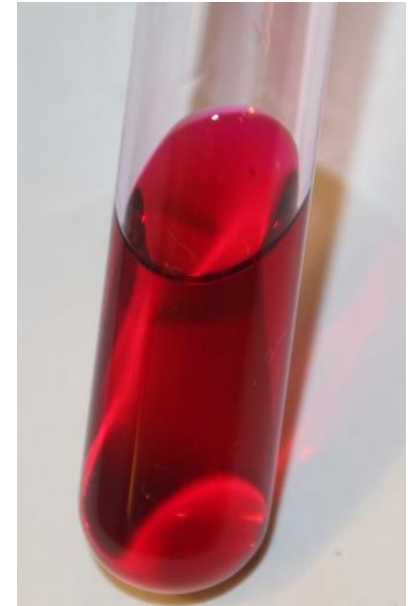
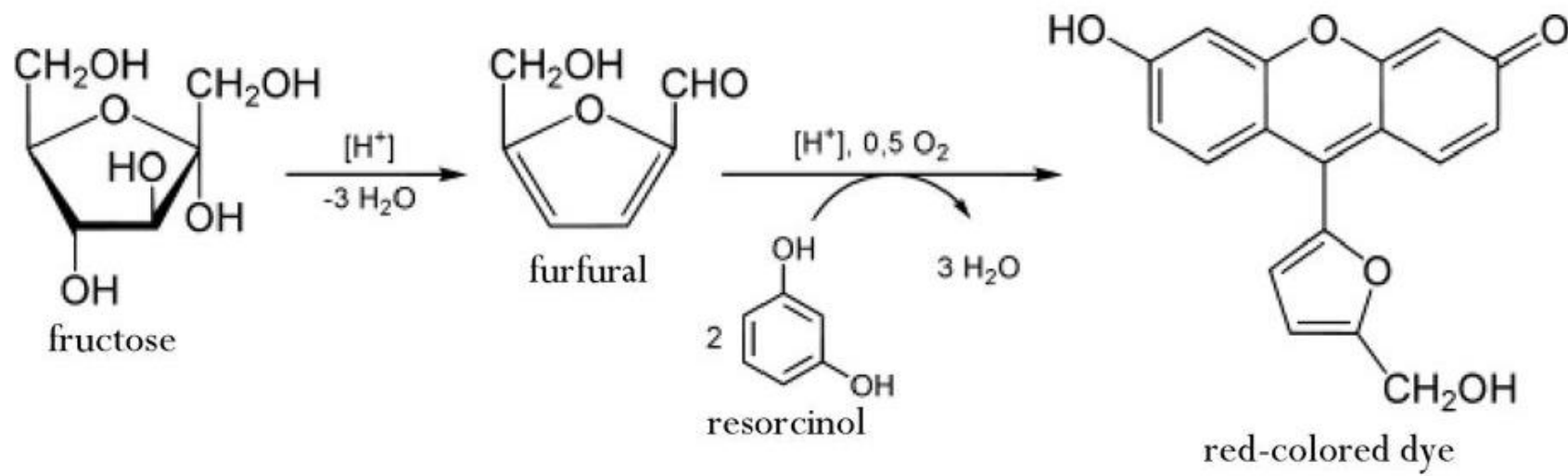
Bial test



Blue-green
condensation
product



Seliwanoff test

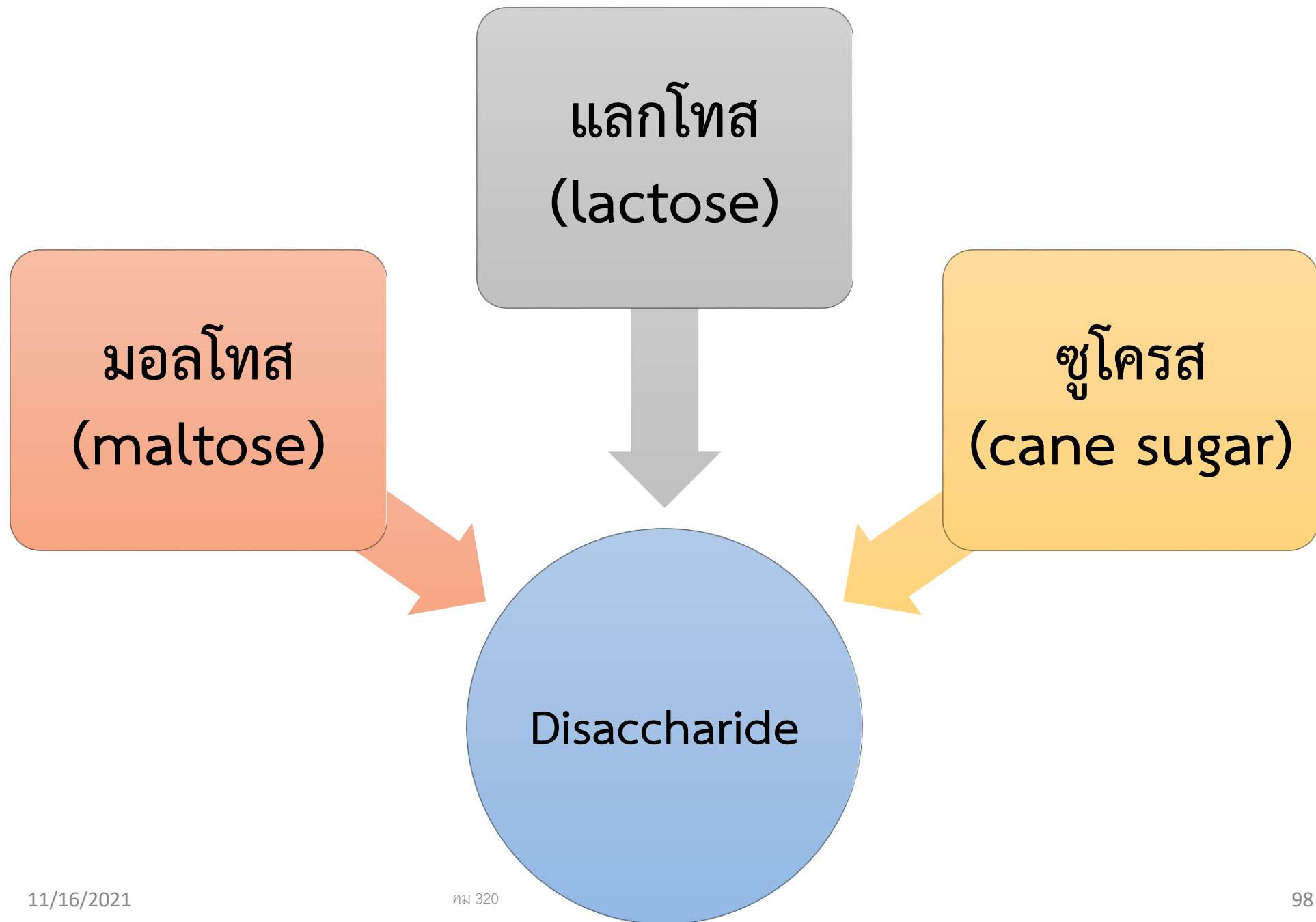


มอนอแซ็กคาไรด์ 2 โมเลกุล

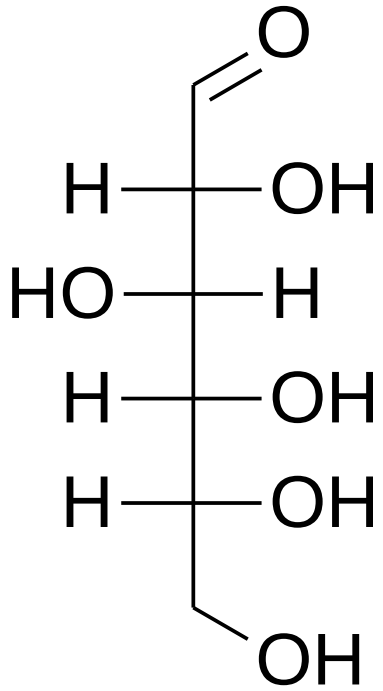
เชื่อมกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก

ไดแซ็กคาไรด์
(Disaccharide)





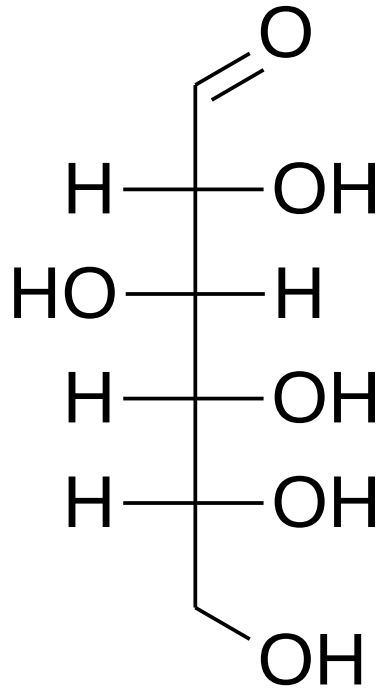
α -D-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- α -D-glucopyranose



D-Glucose



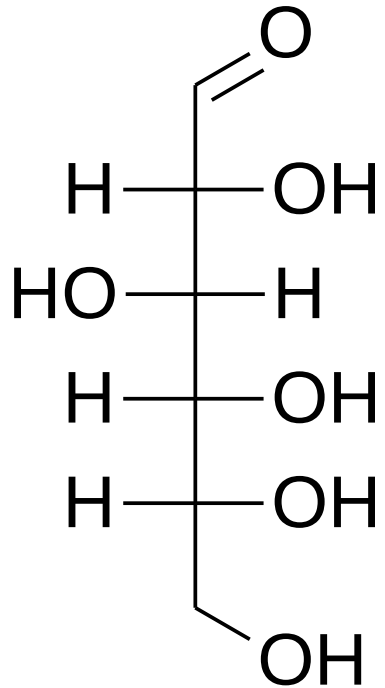
β -D-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- β -D-glucopyranose



D-Glucose



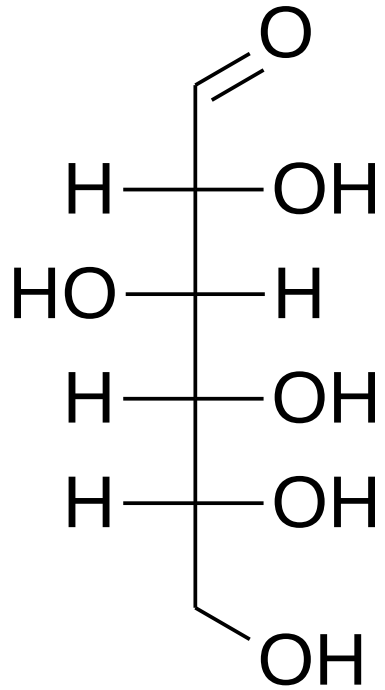
α -D-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 6)- β -D-glucopyrananose



D-Glucose



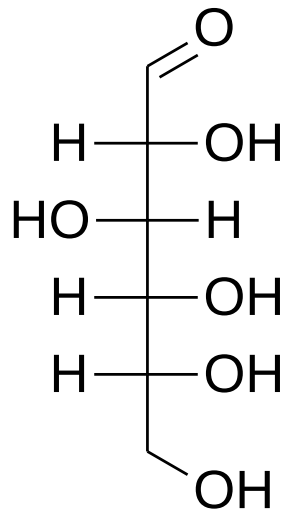
α -D-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 1)- β -D-glucopyrananose



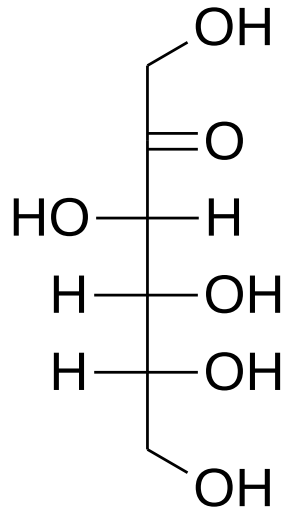
D-Glucose



α -D-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-fructofuranose

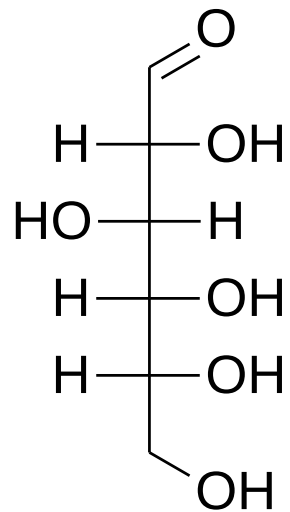


D-Glucose



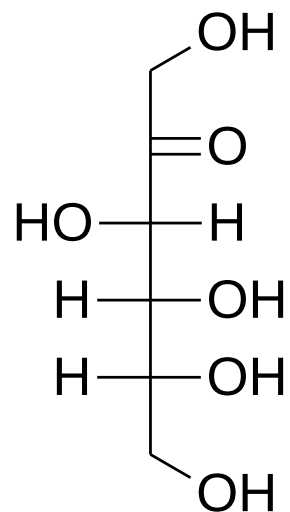
D-Fructose





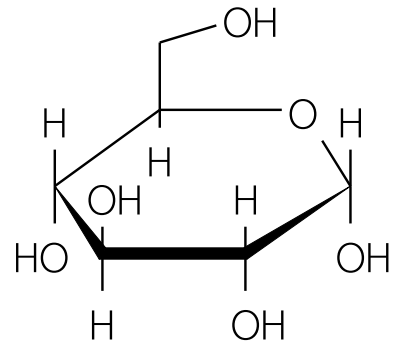
D-Glucose

α -D-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- β -D-fructofuranose

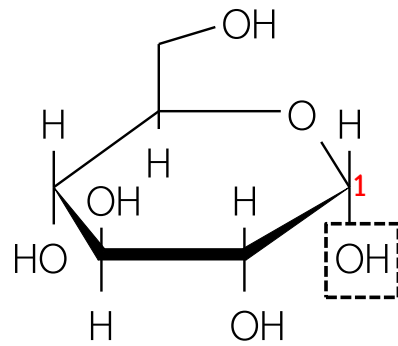


D-Fructose



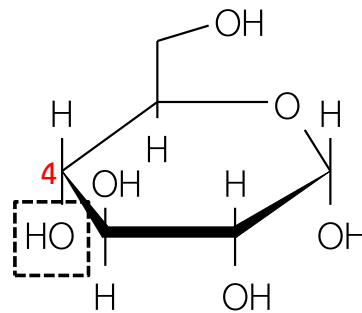


α -D-Glucopyranose

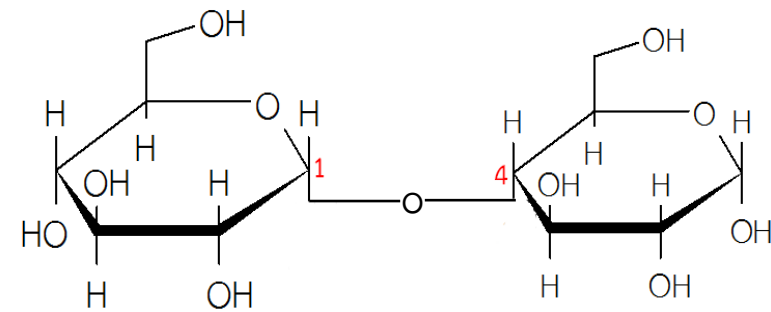
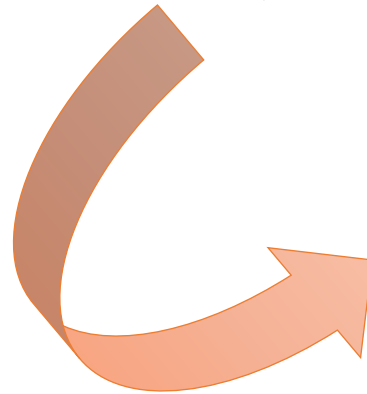


α -D-Glucopyranose

+



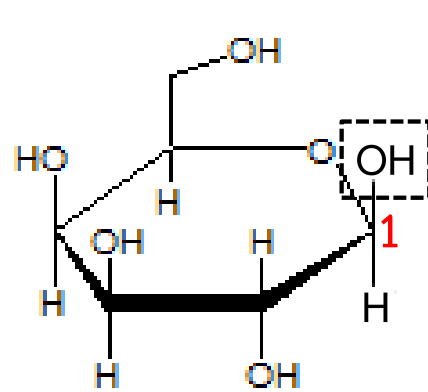
α -D-Glucopyranose



Maltose

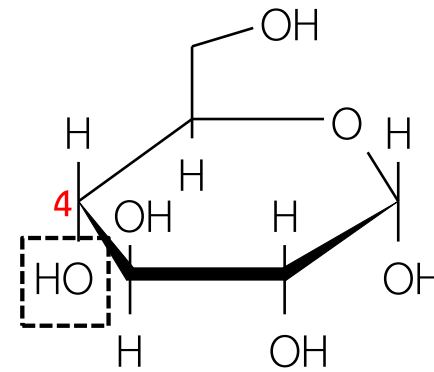
α -D-Glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)-D-glucopyranose



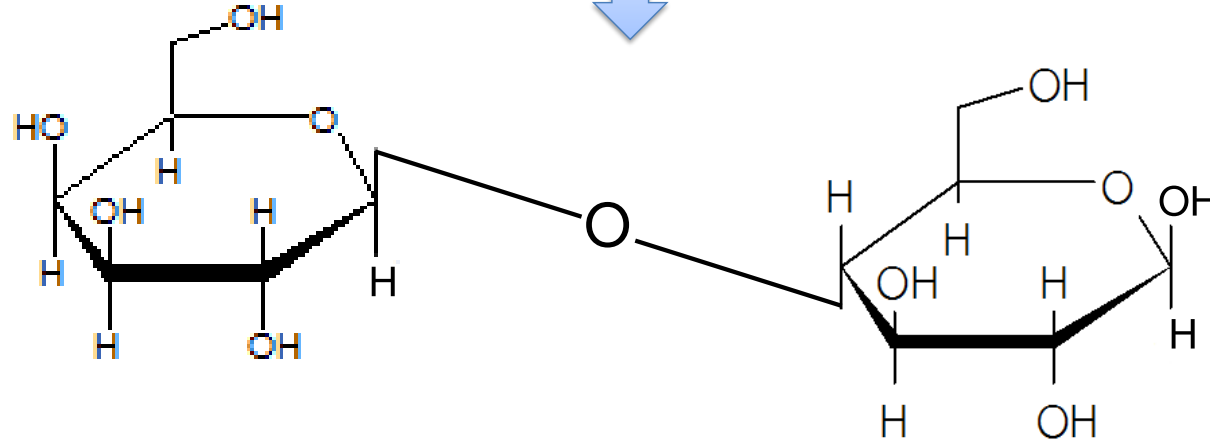


β -D-Galactopyranose

+



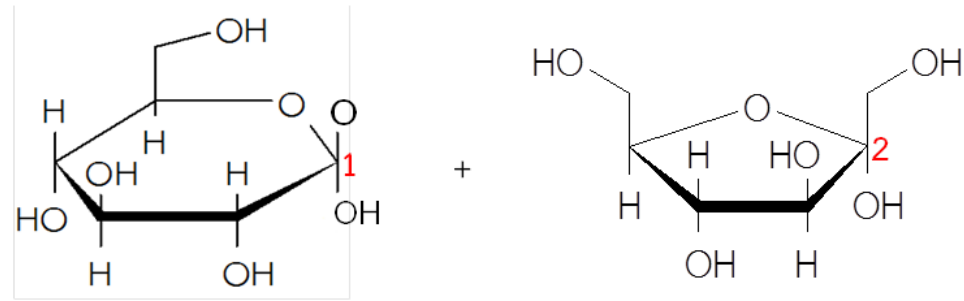
α -D-Glucopyranose



lactose

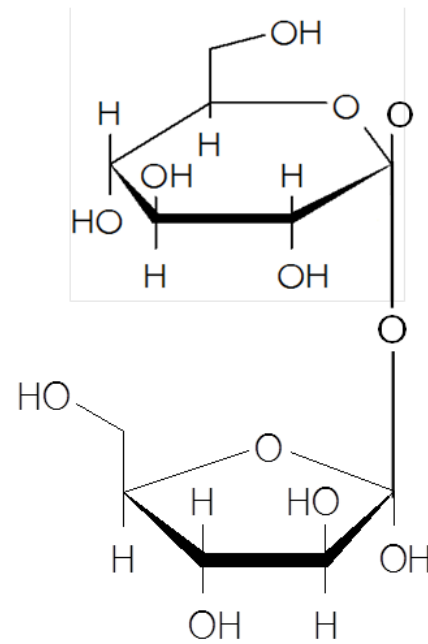
β -D-Galactopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)-D-glucopyranose





α -D-Glucopyranose

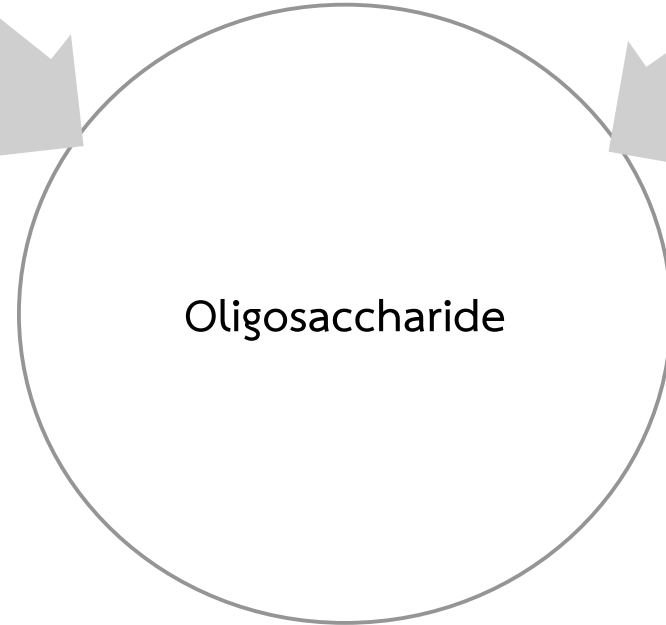
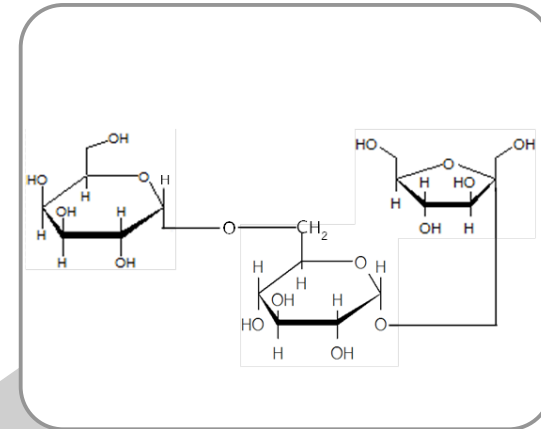
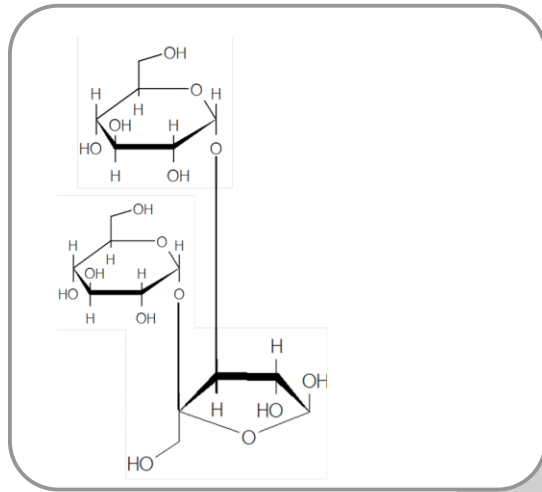
β -D-Fructofuranose



Sucrose

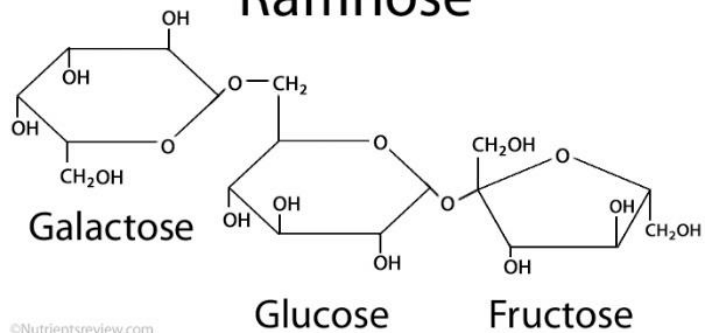
α -D-Glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2) β -D-fructofuranose





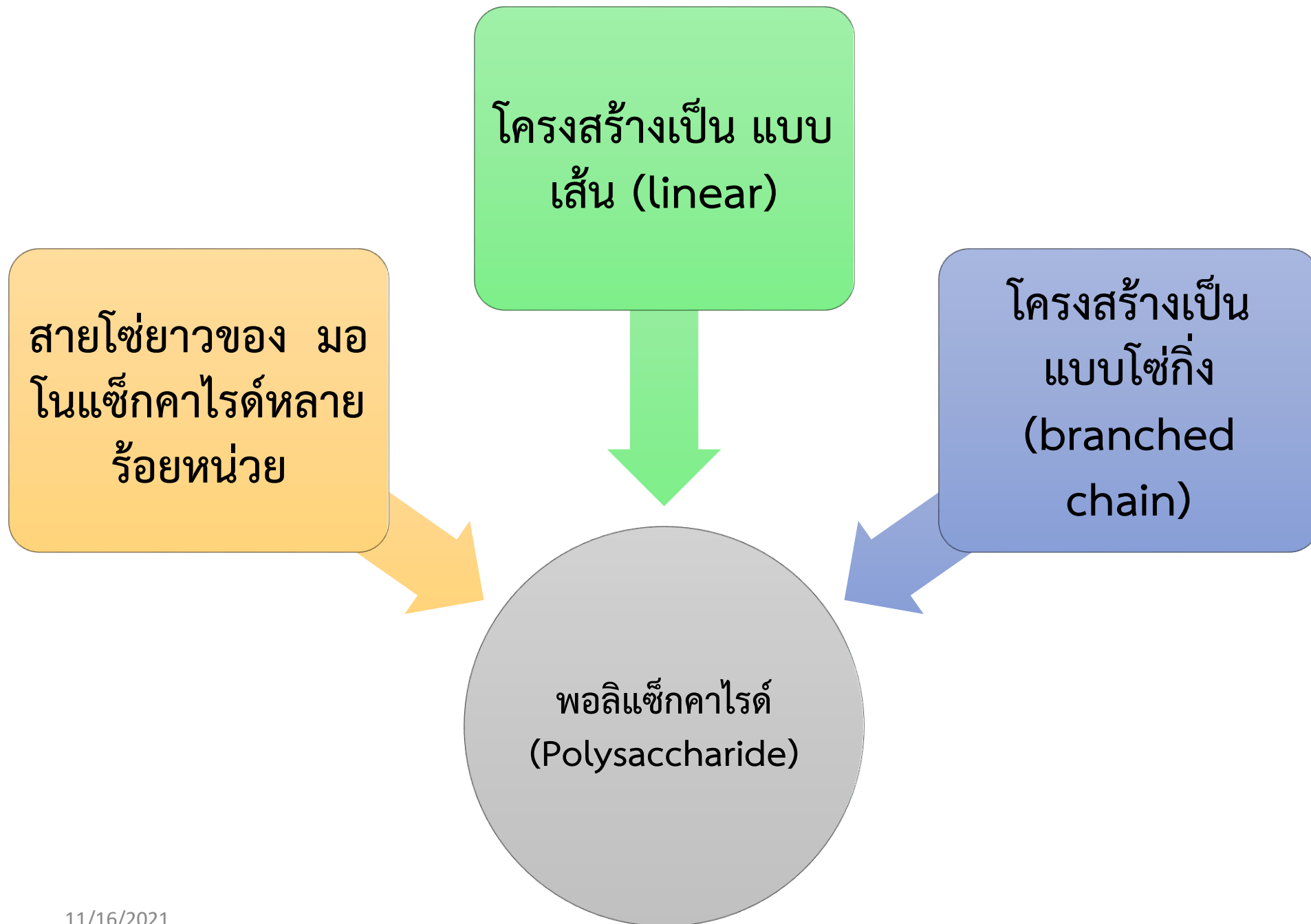
Oligosaccharides

Raffinose



©Nutrientsreview.com





Polysaccharide

โฮโมพอลิแซ็กคาไรด์
(homopolysaccharide)

เฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์
(heteropolysaccharide)

สายโซ่
ประกอบด้วยมโน
แซ็กคาไรด์ชนิด
เดียว

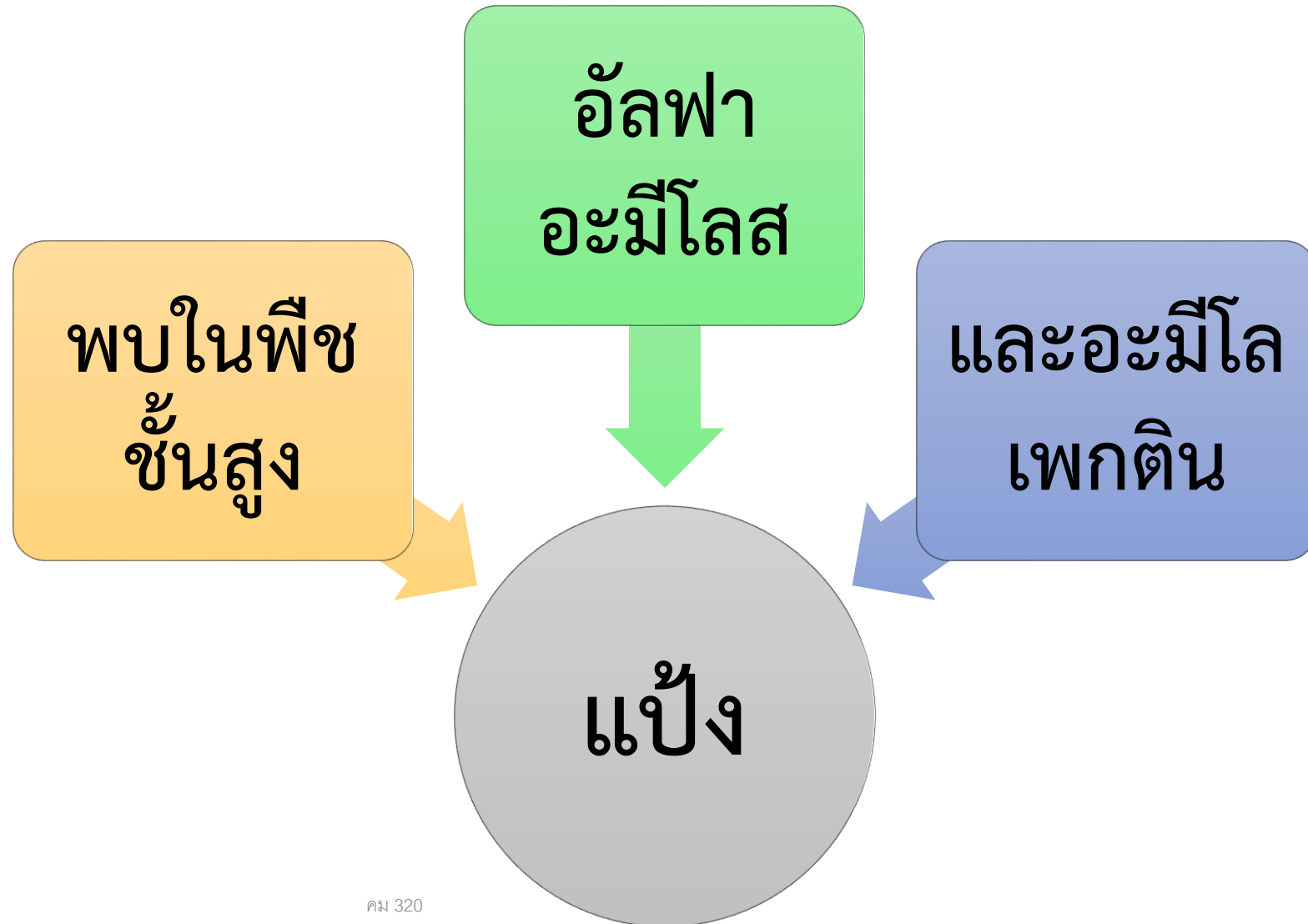
โฮโมไกลแคน
(homoglycan)

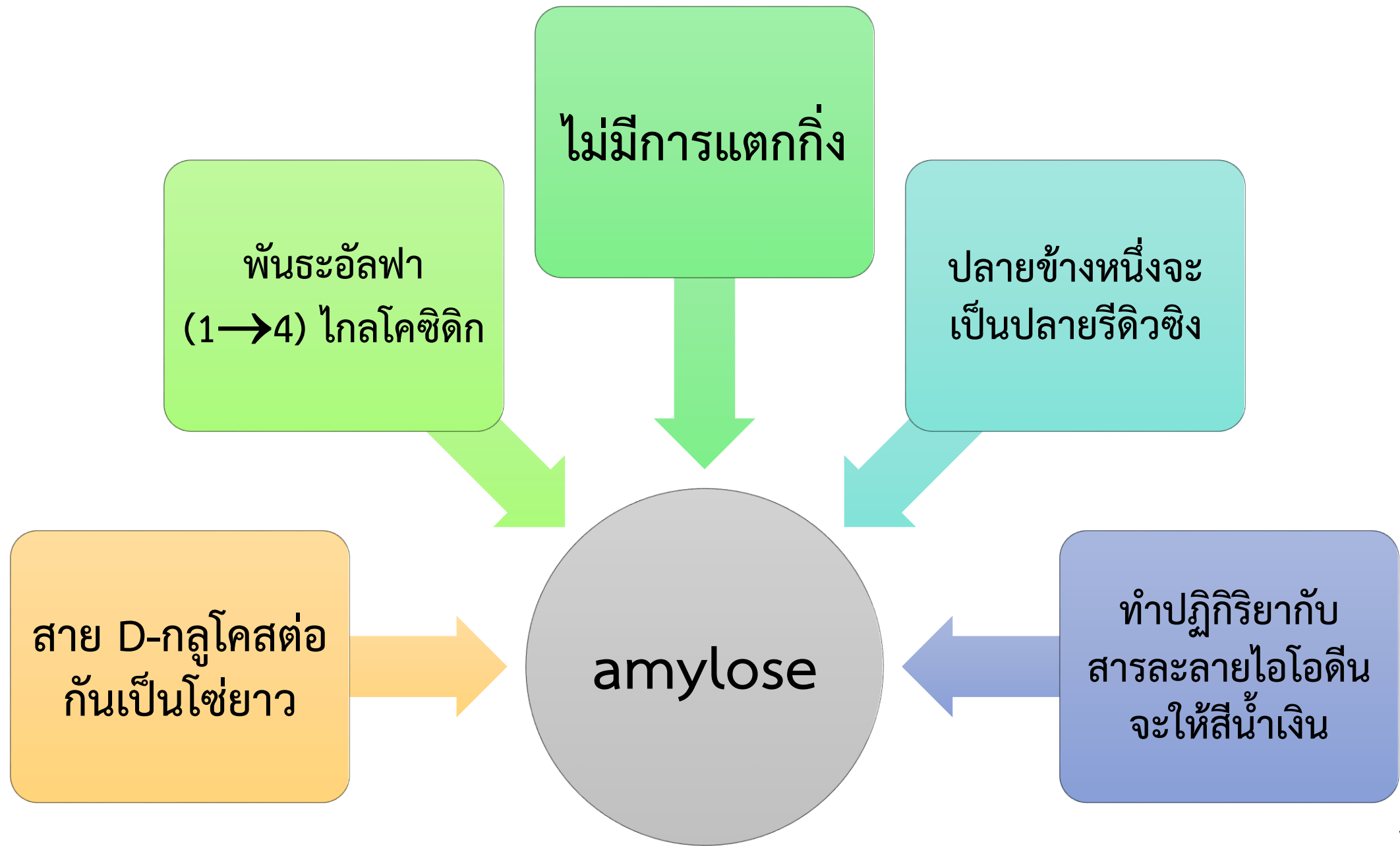
สายโซ่
ประกอบด้วยมโน
แซ็กคาไรด์ตั้งแต่
2 ชนิดขึ้นไป

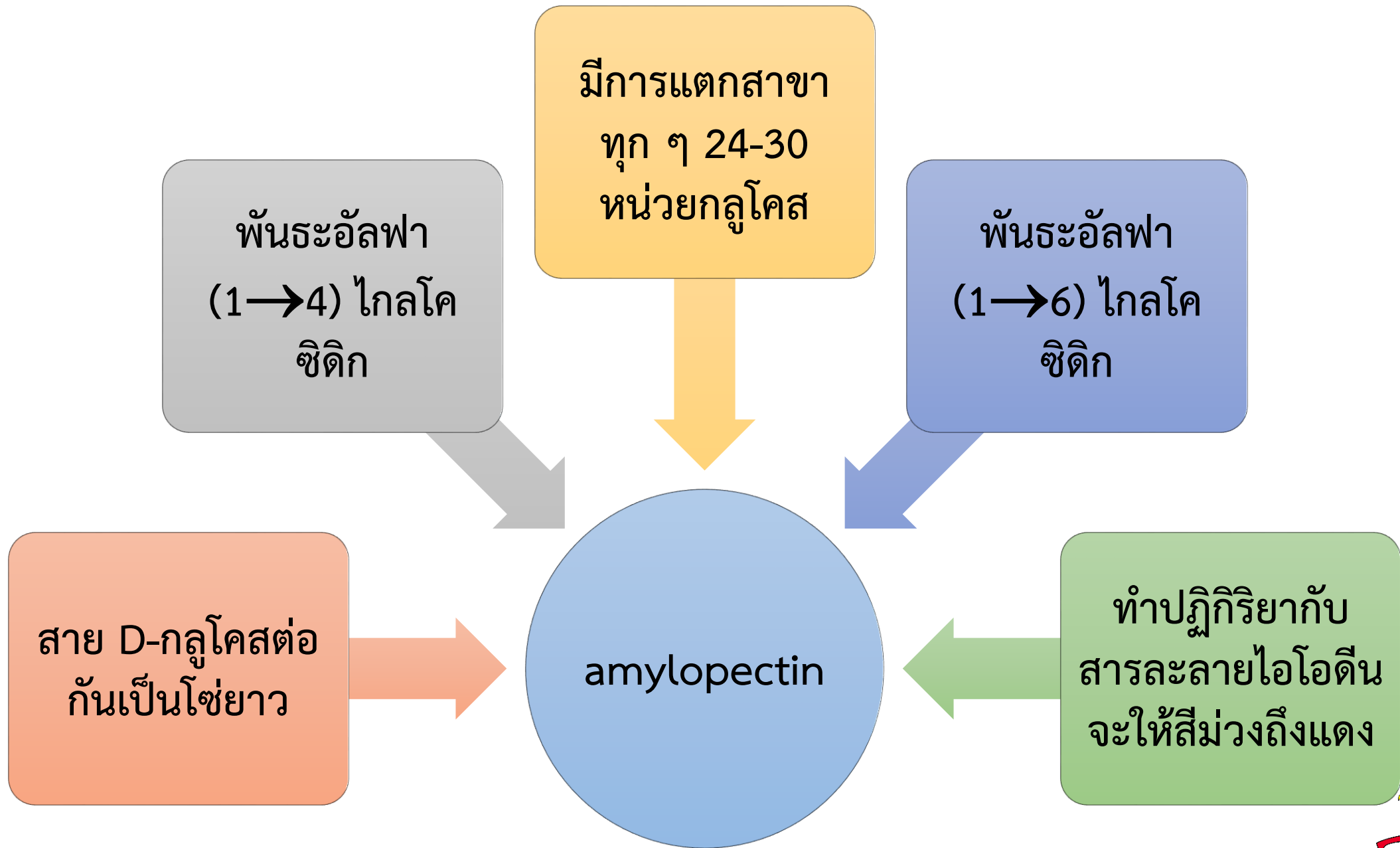
เฮเทอโรไกลแคน
(heteroglycan)



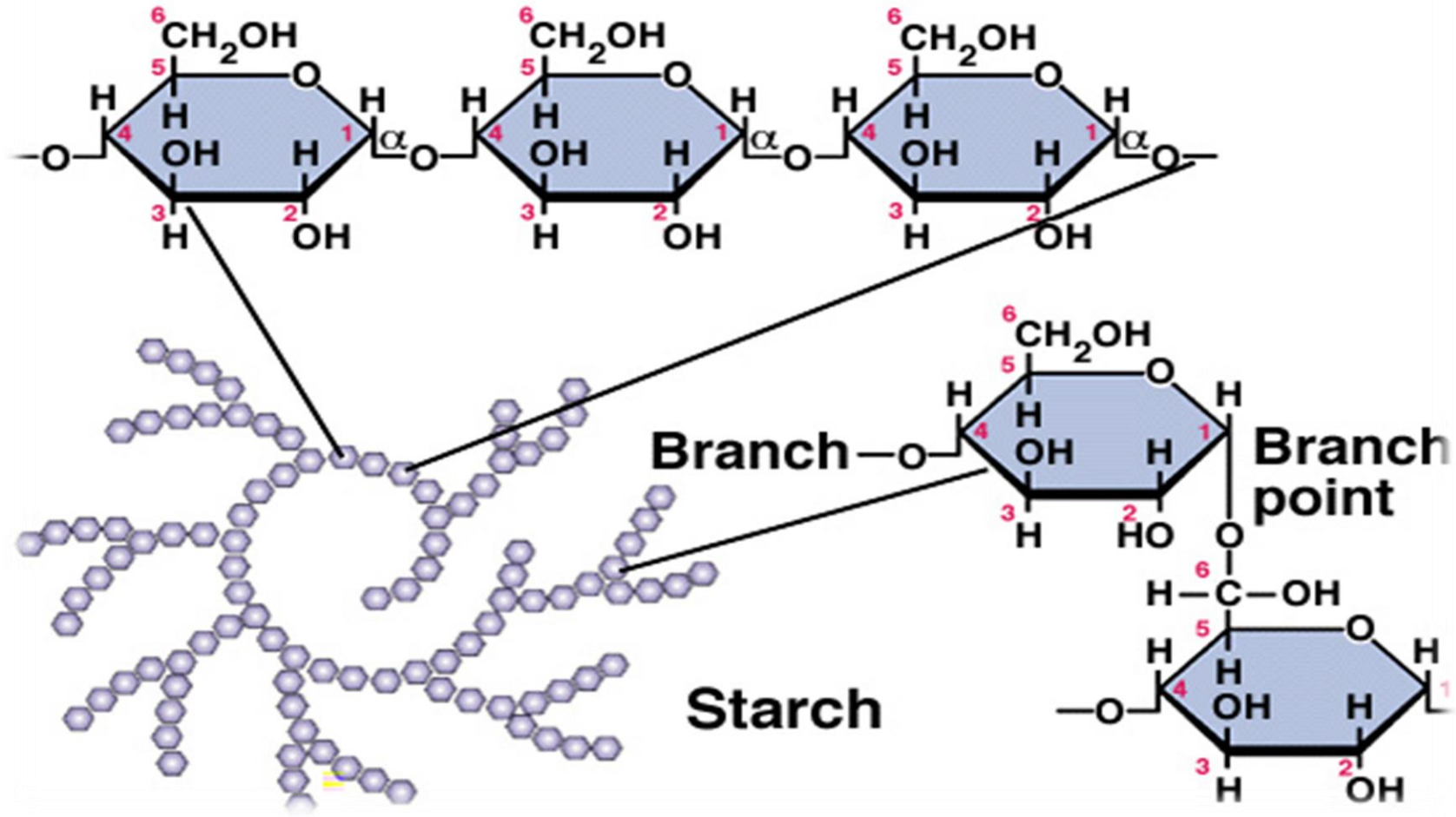
โฮโมพอลิแซ็กคาไรด์ (homopolysaccharide)

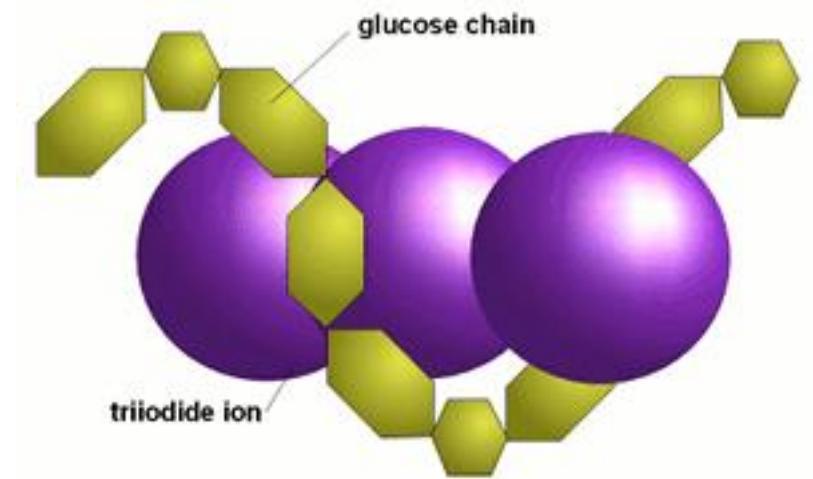
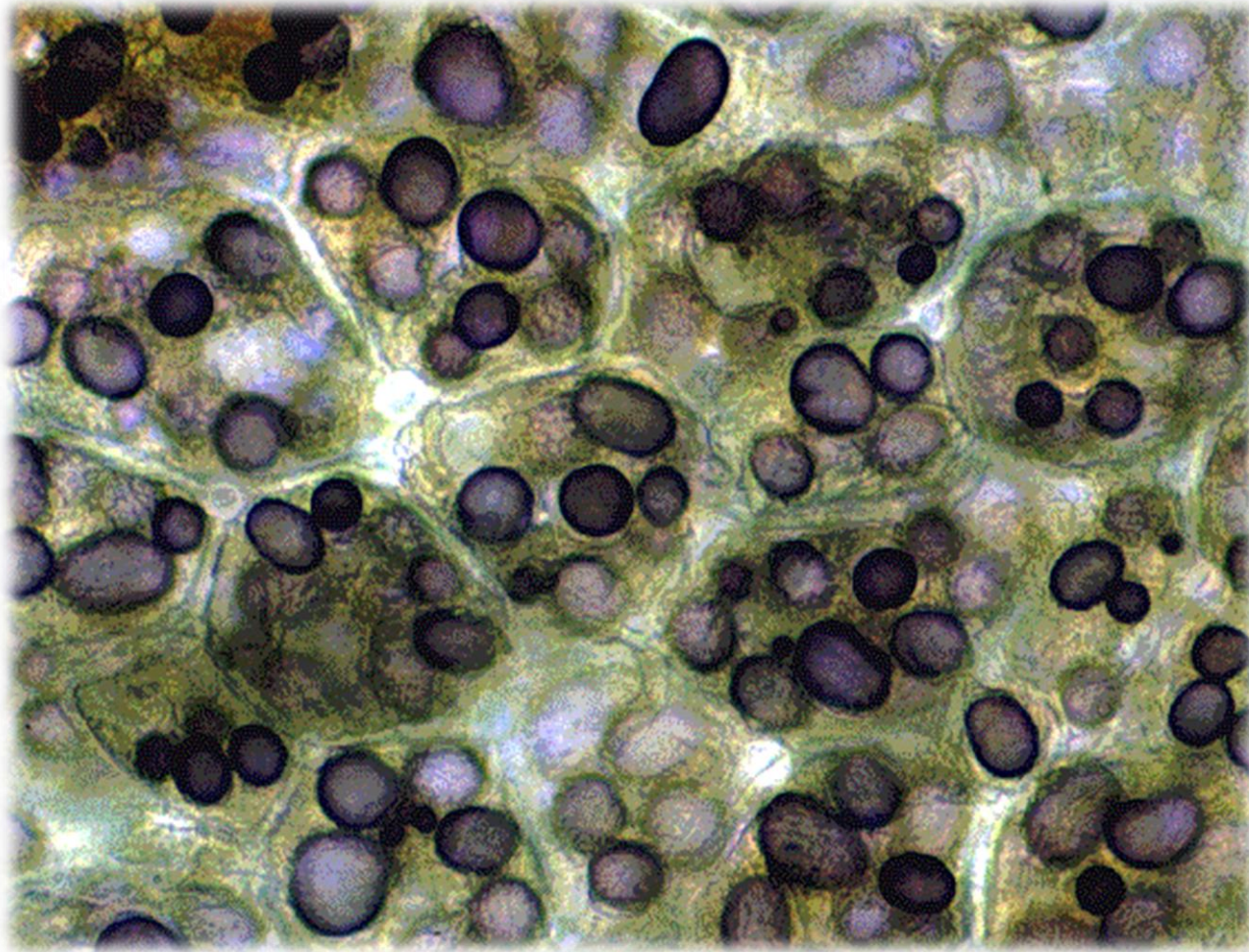


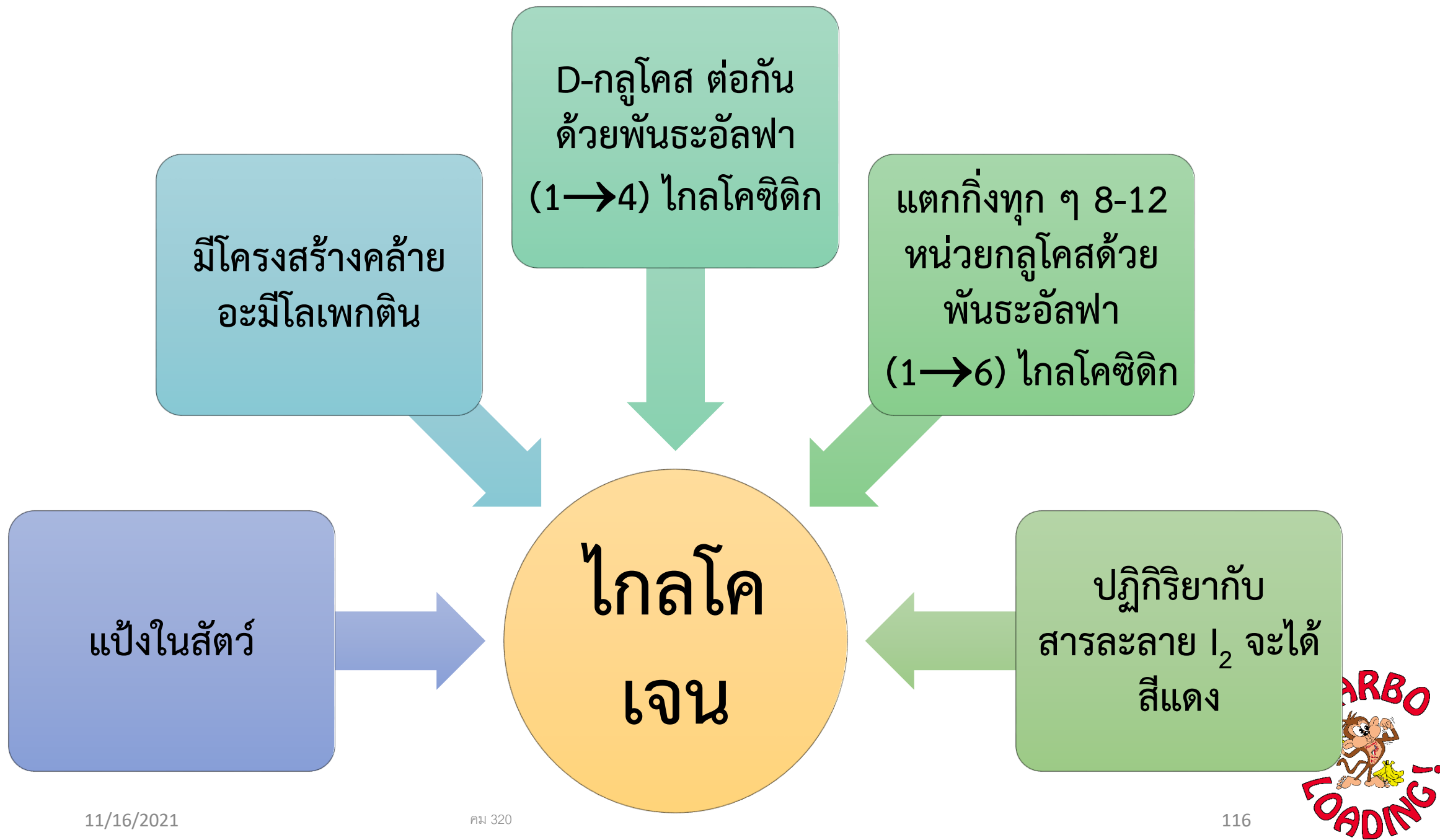




Polysaccharides







Structure of Glycogen

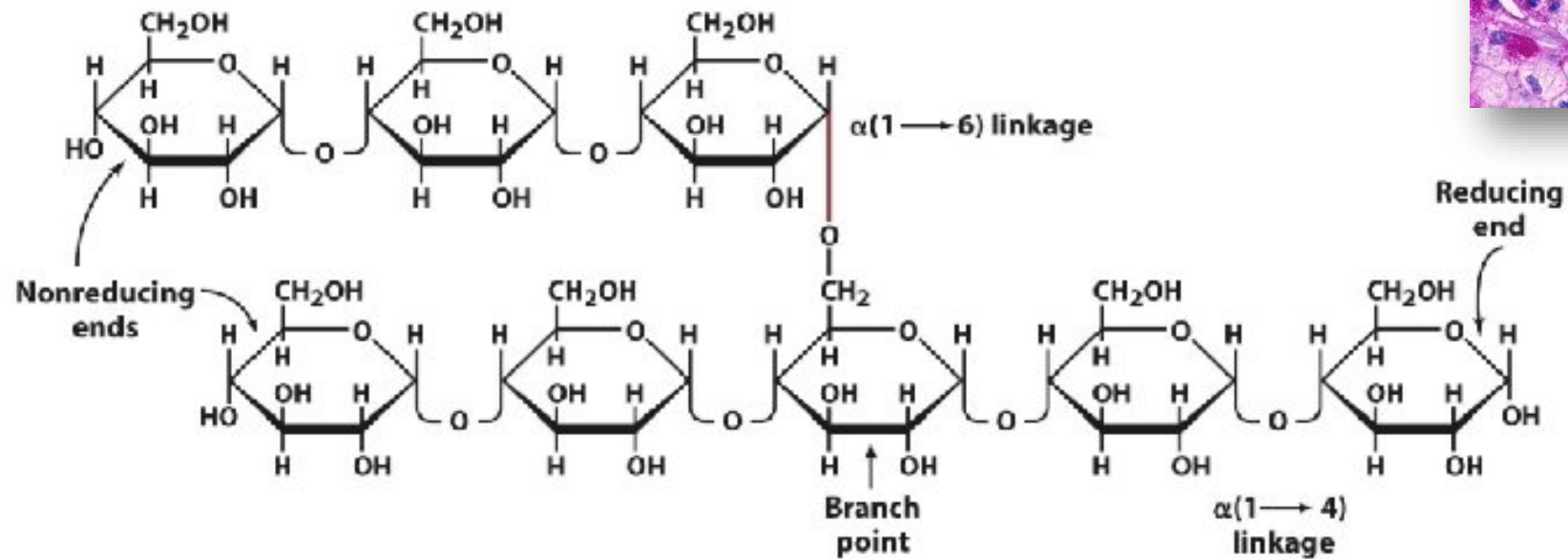
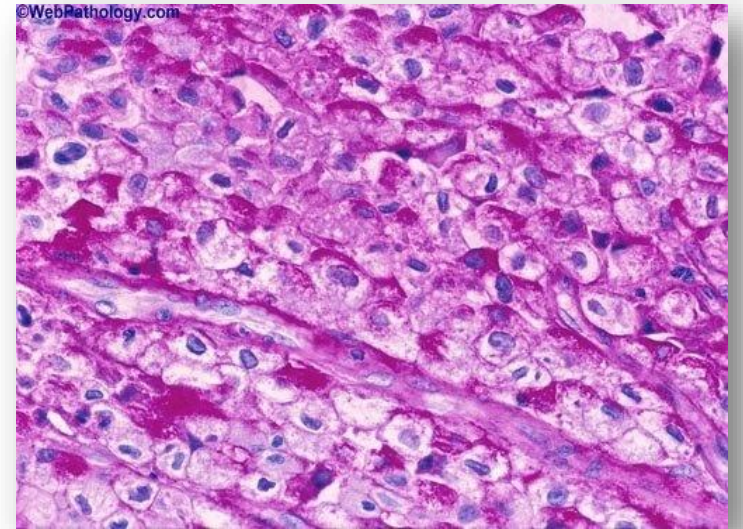


Figure 16-2a
© 2013 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

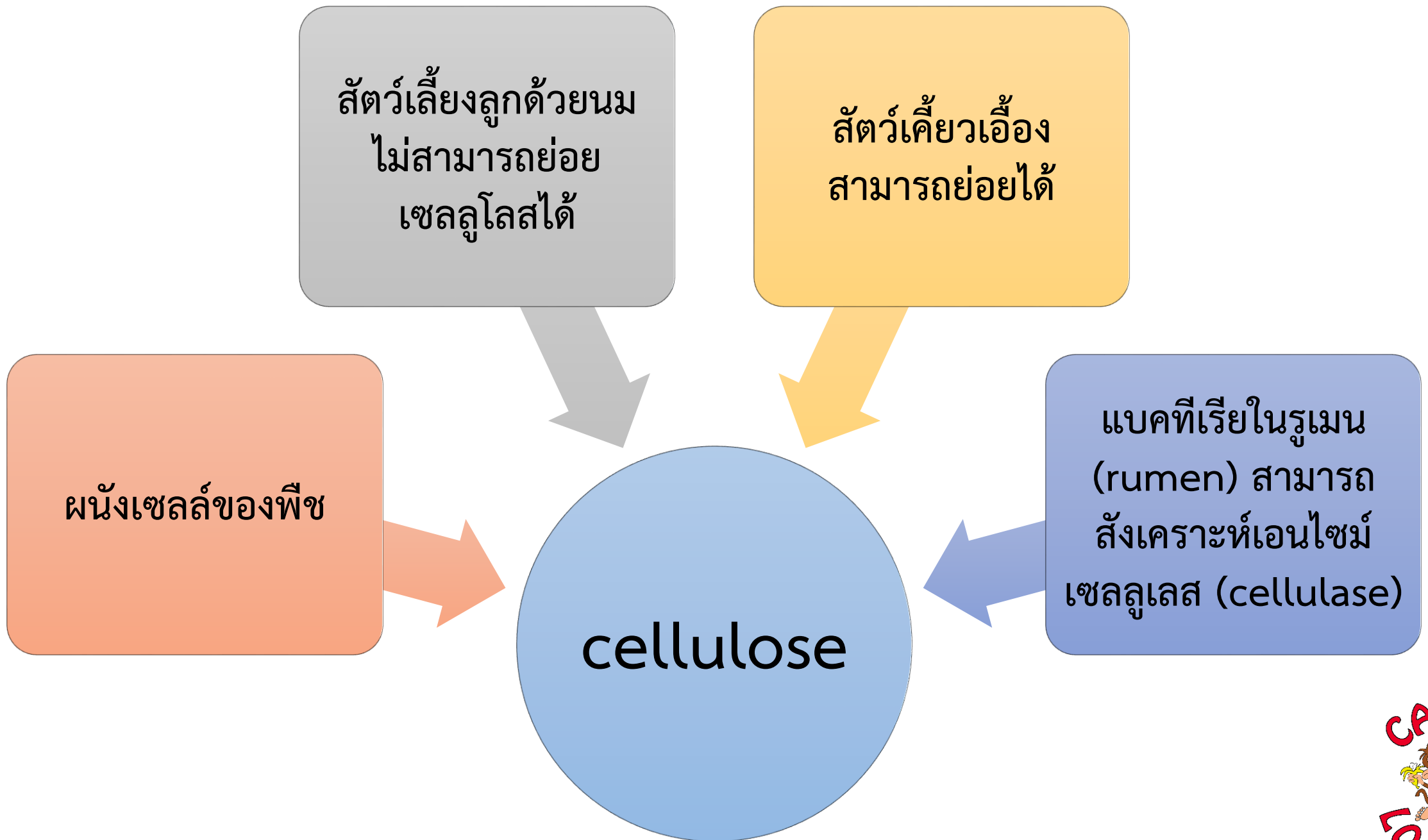
น้ำตาล D-กลูโคส
ที่เชื่อมต่อกันด้วย
พันธะเบตา
(1→4) ไกลโคซิดิก

แต่ละเส้นวางตัว
เป็นเส้นยาวเรียง
ขนานและเชื่อมกัน
ด้วยพันธะไฮโดรเจน

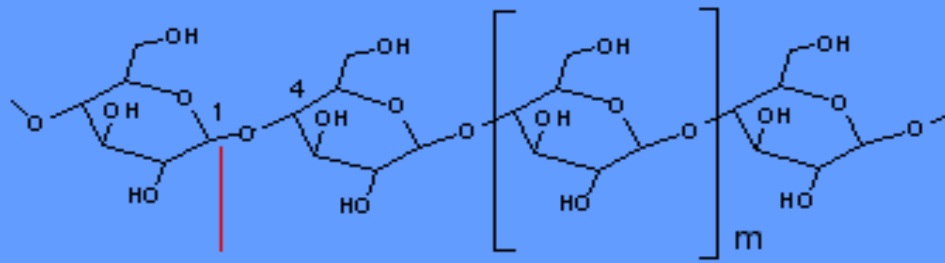
โฮโมไกลแคน
แบบสายยาว

ไม่ละลายน้ำ

เซลลูโลส

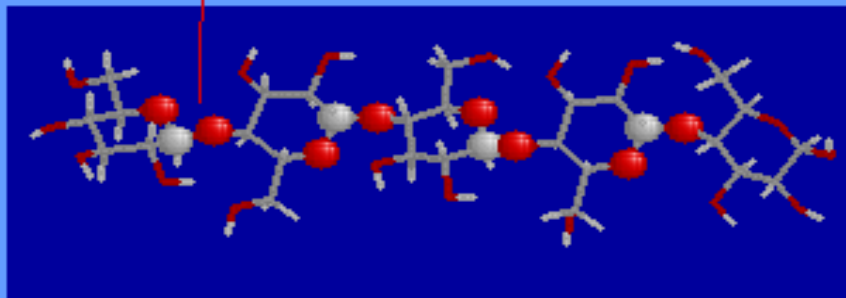


Cellulose



1,4 beta
acetal

$m = 2000 - 26,000$



C. Ophardt, c. 2003



เชื่อมต่อกันด้วย
พันธะเบตา (1→4)
ไกลโคซิดิก

ส่วนประกอบของ
โครงร่างแข็งภายนอก
(exoskeleton) ของ
แมลง และพวกปู กุ้ง

โพลิเมอร์ของ N-
อะซีทิล-D กลูโคซามีน

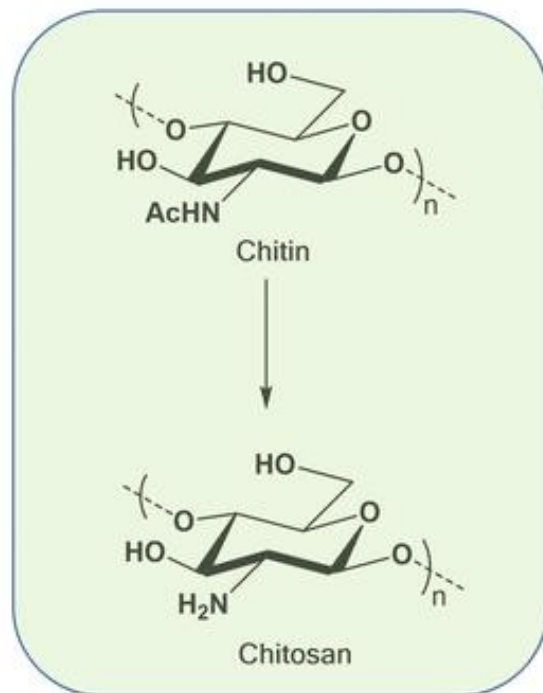
เป็นส่วนประกอบของ
ผนังเซลล์ (cell wall)
ของ fungi และ
algae หลายชนิด

ไคติน

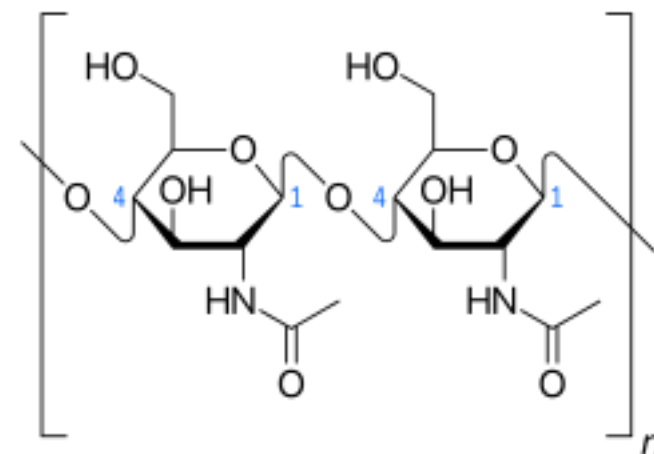




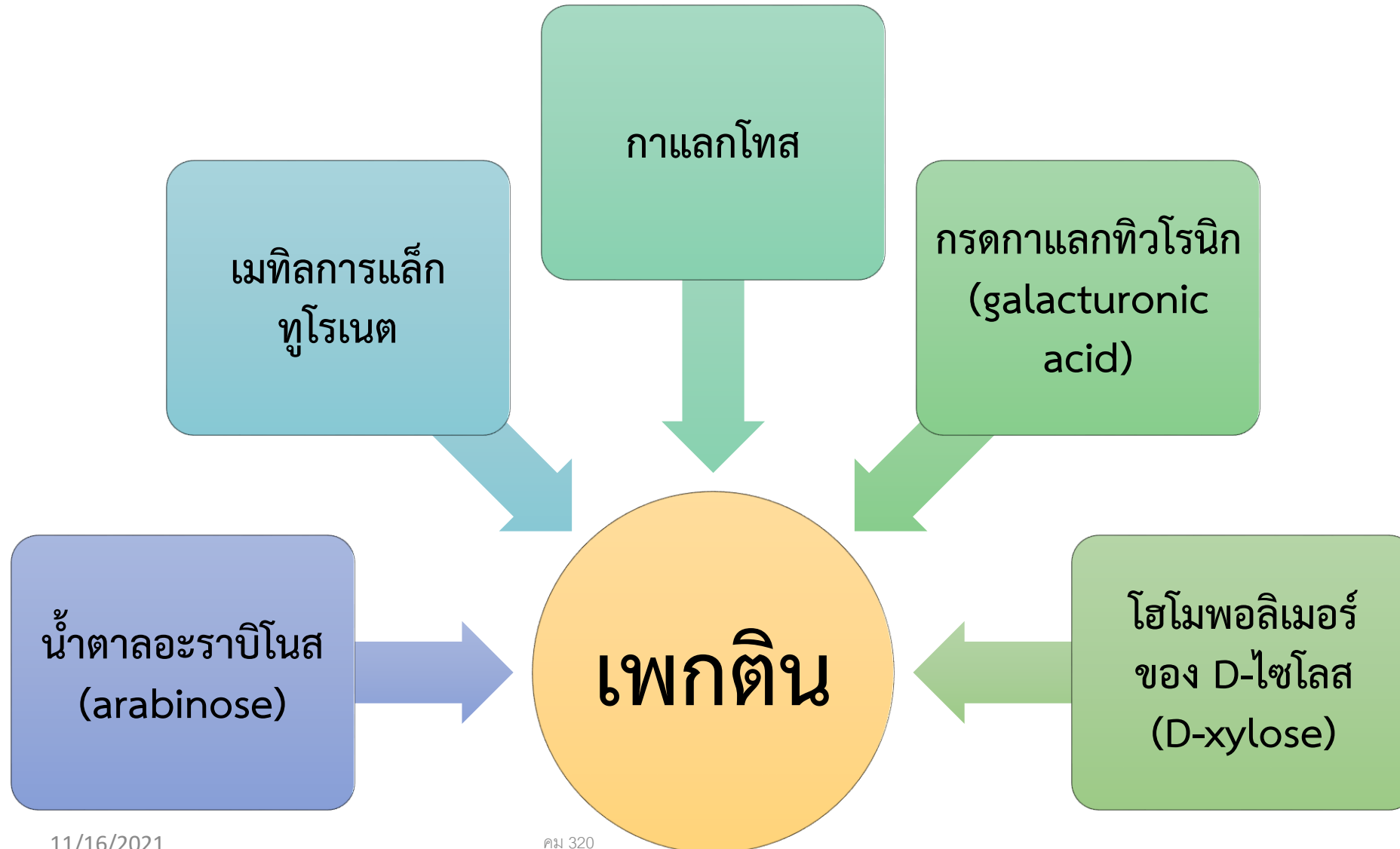
- Biomedical devices
- Drug delivery
- Catalysts

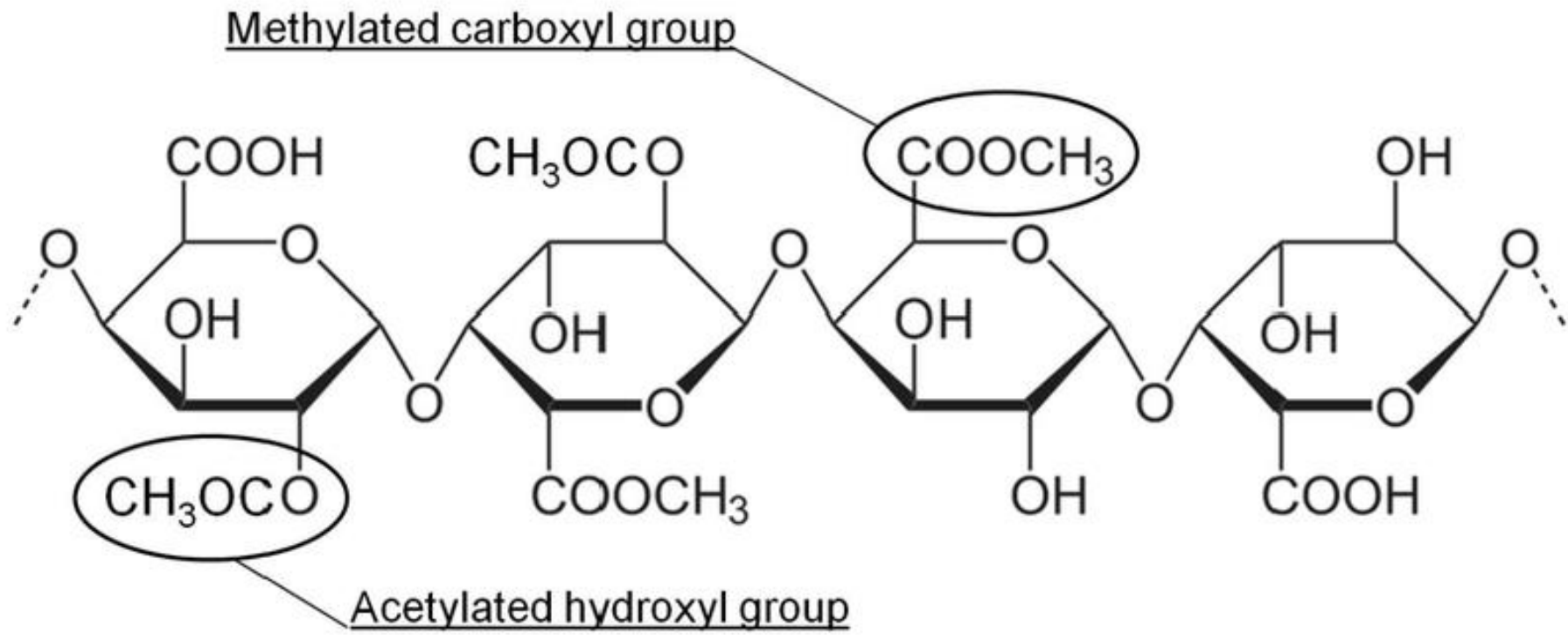


- Water purification
- Cosmetics
- Antimicrobials



เฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ (heteropolysaccharide)





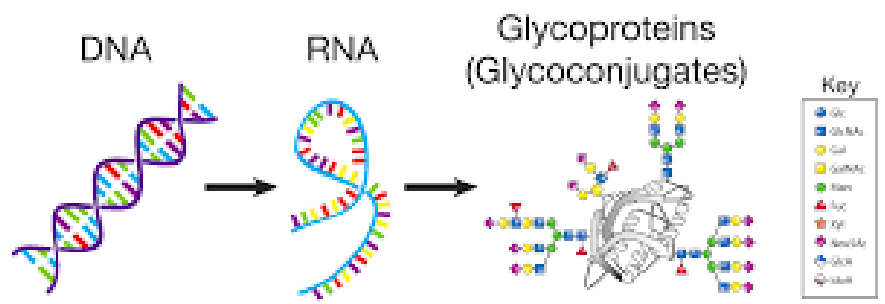
คาร์โบไฮเดรตที่
จับกับสารชีว
โมเลกุลชนิดอื่น

ไกลโคโปรตีน

ไกลโคลิปิด

ไกลโค
คอนจูเกต

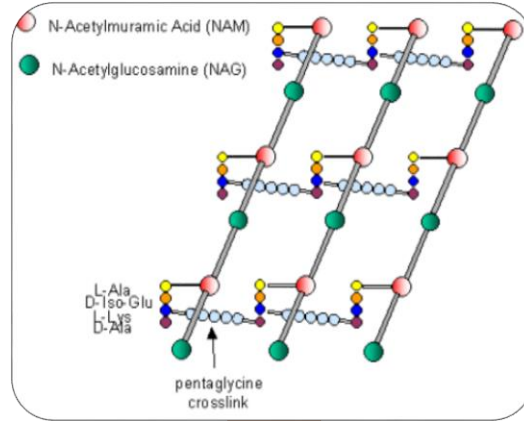
From Small Sugars Come Big Things



Glycoconjugates are Essential to
Normal Health and Development



เป็นพอลิแซ็กคาไรด์
ที่เรียงขนานกันโดย
เชื่อมกันด้วยสายโซ่
ของกรดอะมิโน

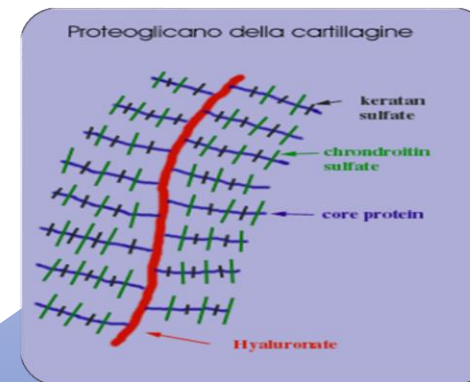


โครงสร้างผนังเซลล์
ของแบคทีเรีย

เพปติโด
ไกลแคน

พบในเนื้อเยื่อ
เซลล์เมมเบรน และ
ของเหลวในร่างกาย

โปรตีนที่
ประกอบด้วย
คาร์โบไฮเดรตใน
ปริมาณที่ต่าง ๆ กัน



ไกลโค
โปรตีน

