

DIGESTION DAN ABSORPTION

TUJUAN BELAJAR

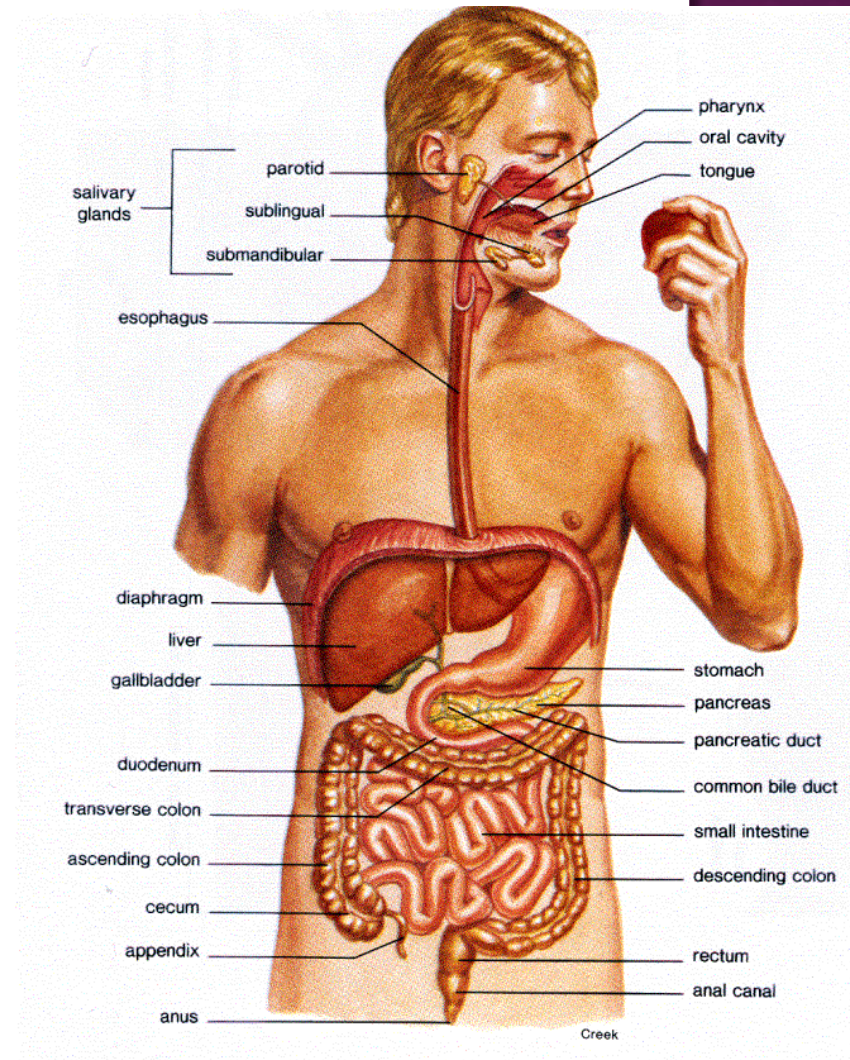
- ◉ Mahasiswa mampu mengetahui dan memahami:
- ◉ Proses digestion dan absorbtion
- ◉ Metabolisme Karbohidrat, Lemak, Protein, Vitamin, Mineral

METABOLISME

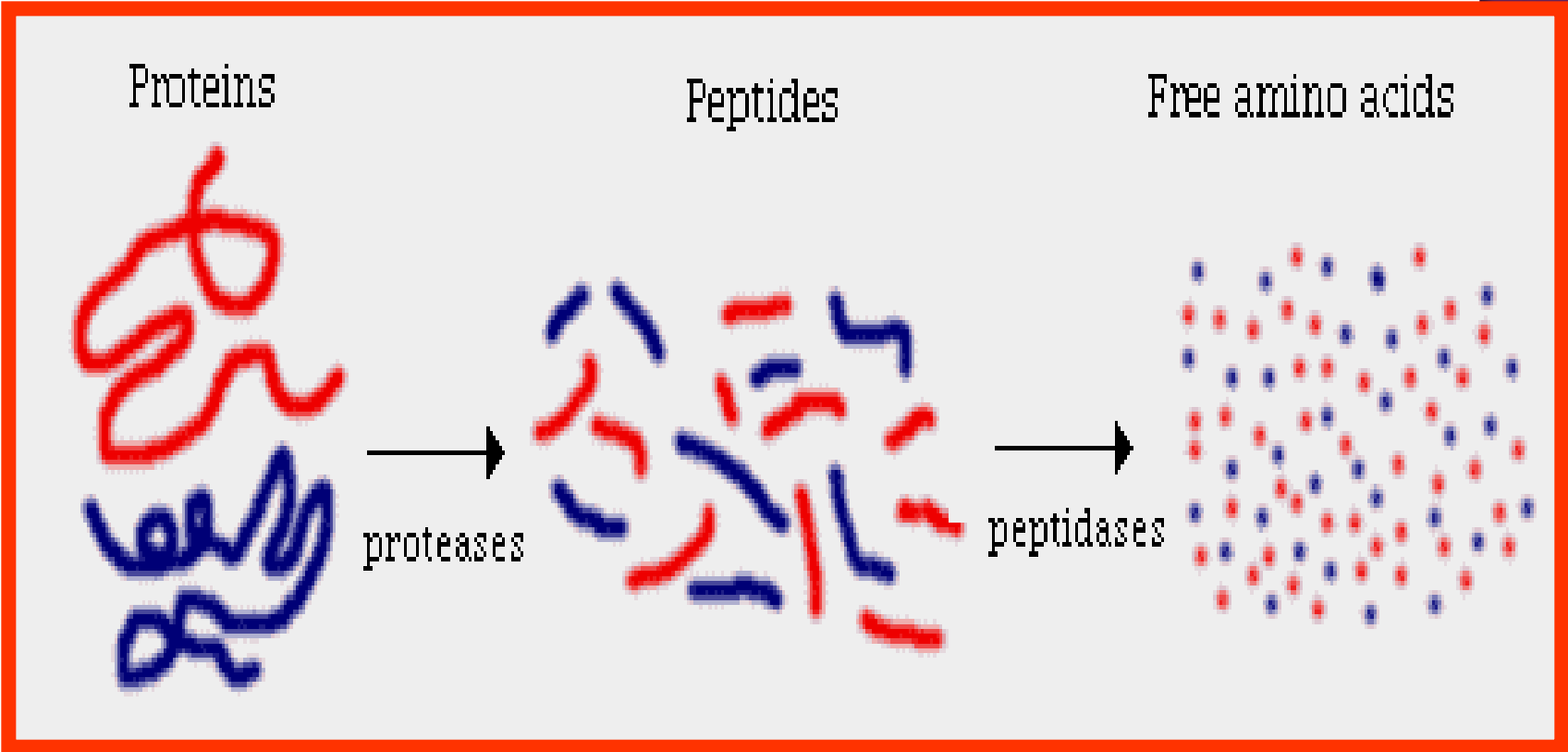
- ⦿ Proses interaksi kimia dalam tubuh yang melibatkan enzim dan koenzim
- ⦿ Reaksi kimia dalam tubuh saling berhubungan dan saling mempengaruhi.
- ⦿ Contoh: jika banyak glukosa yang teroksidasi untuk produksi energi, maka glikogen dalam hati akan mengalami hidrolisis untuk membentuk glukosa

MEKANISME PENCERNAAN

- The digestive system performs six basic process:
 - Ingestion
 - Secretion
 - Mixing & propulsion (peristalsis)
 - Digestion
 - Mechanical digestion
 - Chemical digestion
 - Absorbtion
 - Defecation (elemination)



FROM MACROMOLECULES INTO MONOMERS





MACROMOLECULES:

→ → →

MONOMERS:

Carbohydrates

- polysaccharides
- maltose
- lactose
- sucrose
- starch

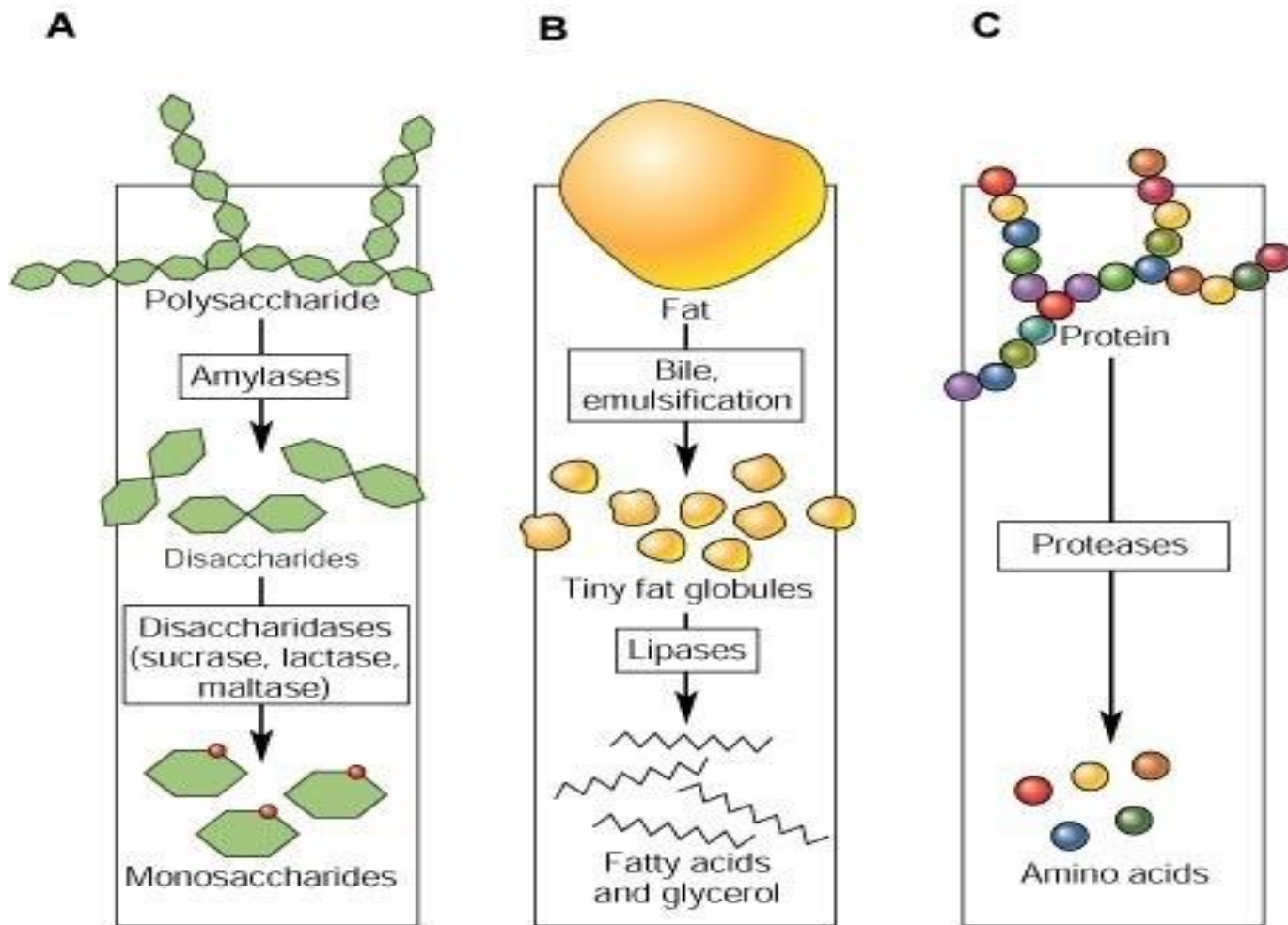
- Monosaccharides
- 2 glucose
- glucose + galactose
- glucose+fructose
- maltose
- Amino Acids (AA)
- peptides

Proteins

Fats

- Tryglycerides
- Phospholipids

- Monoglycerides+ FFA
- Lysophospholipids + FFA

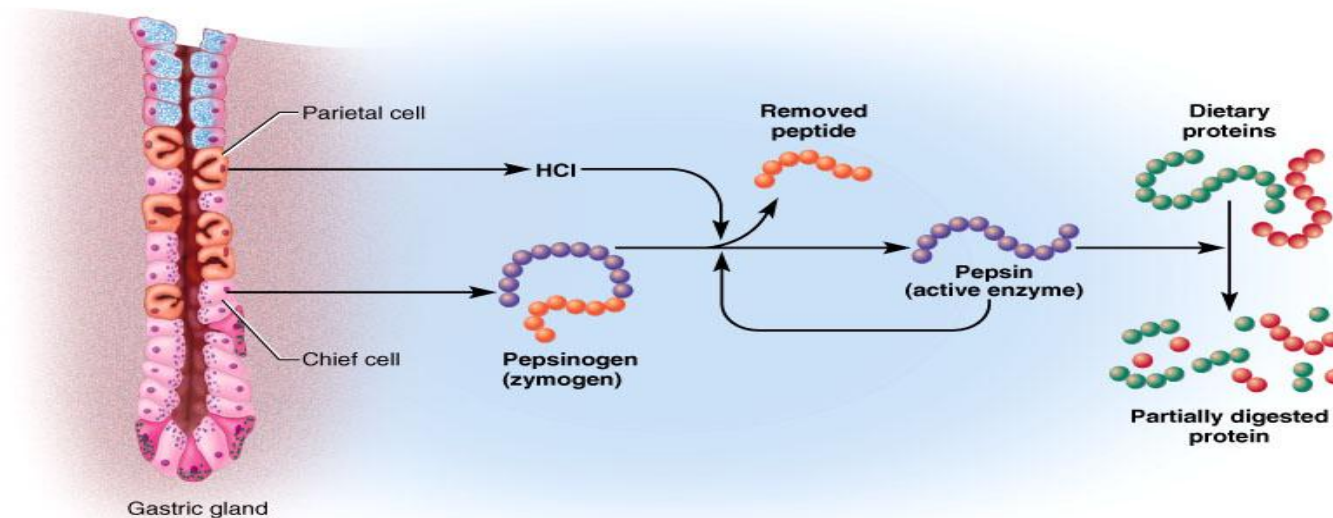


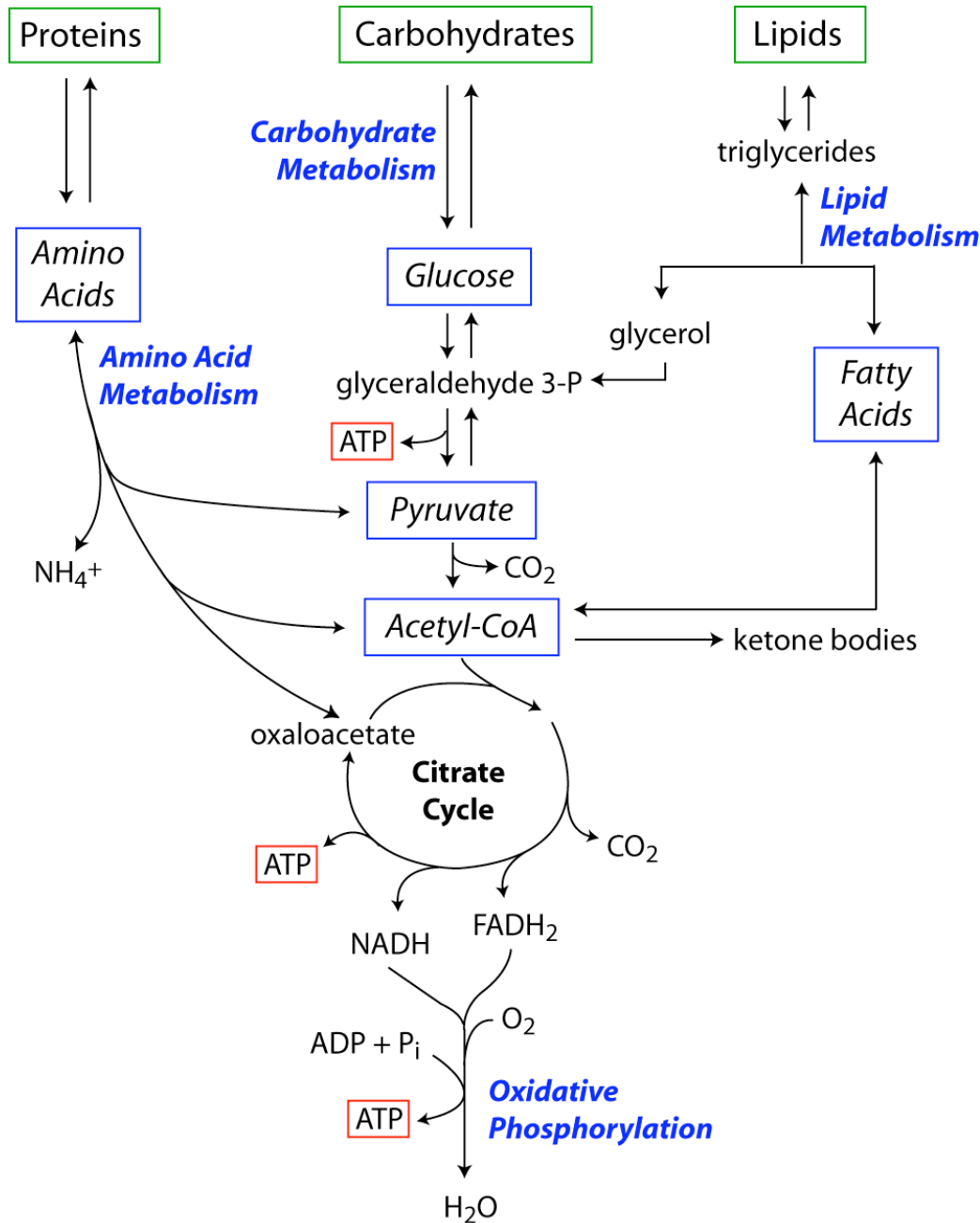
From Herlihy B, Maebius NK: The human body in health and illness, Philadelphia, 2000, Saunders, p 407.

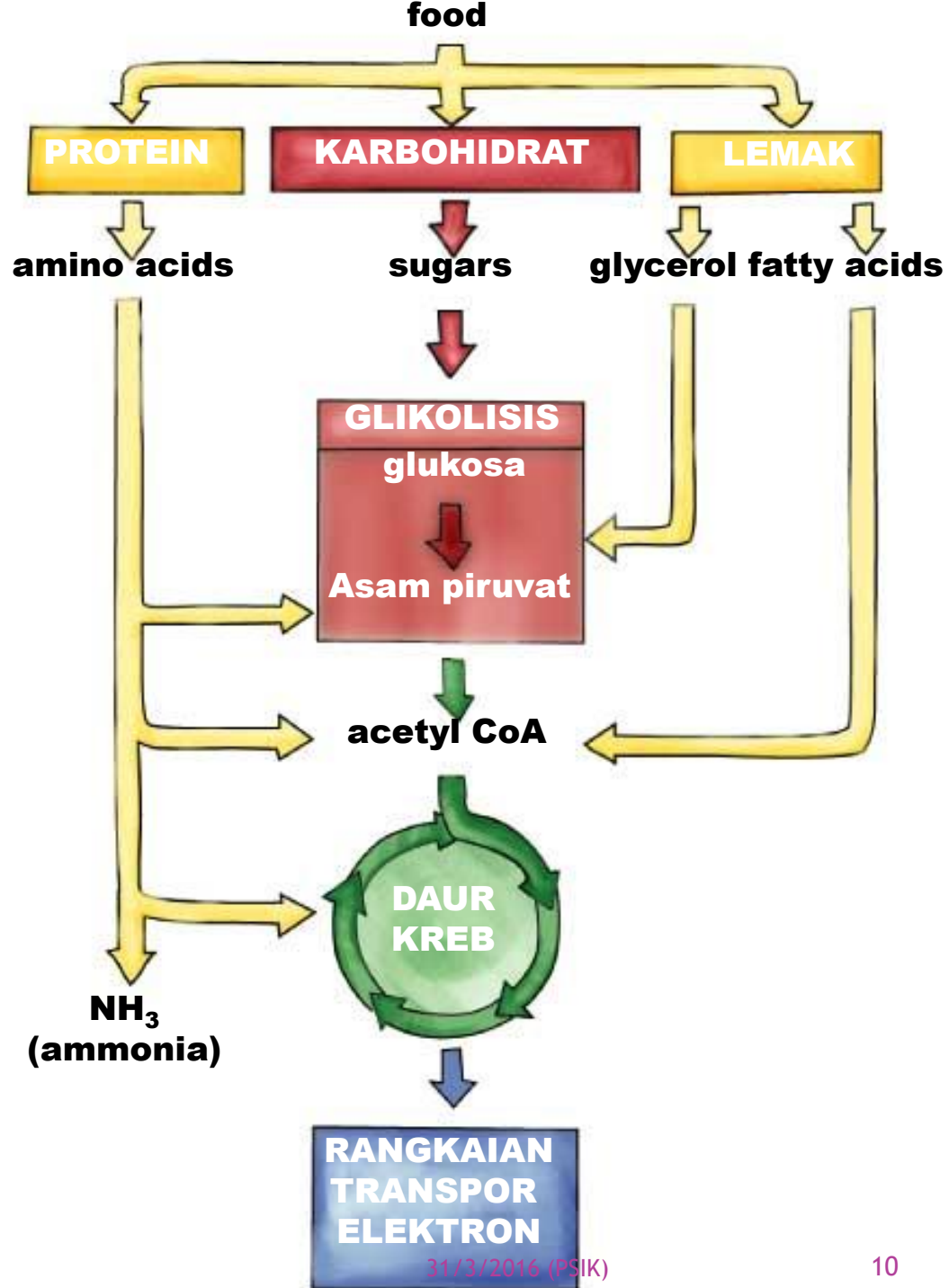
CHEMICAL DIGESTION IN THE STOMACH

- 1. pepsinogen $\xrightarrow{\text{HCl}}$ pepsin (pH 1 - 3)
pepsin \downarrow
proteins \longrightarrow peptides
- 2. gastric lipase
- 3. rennin (infant only)

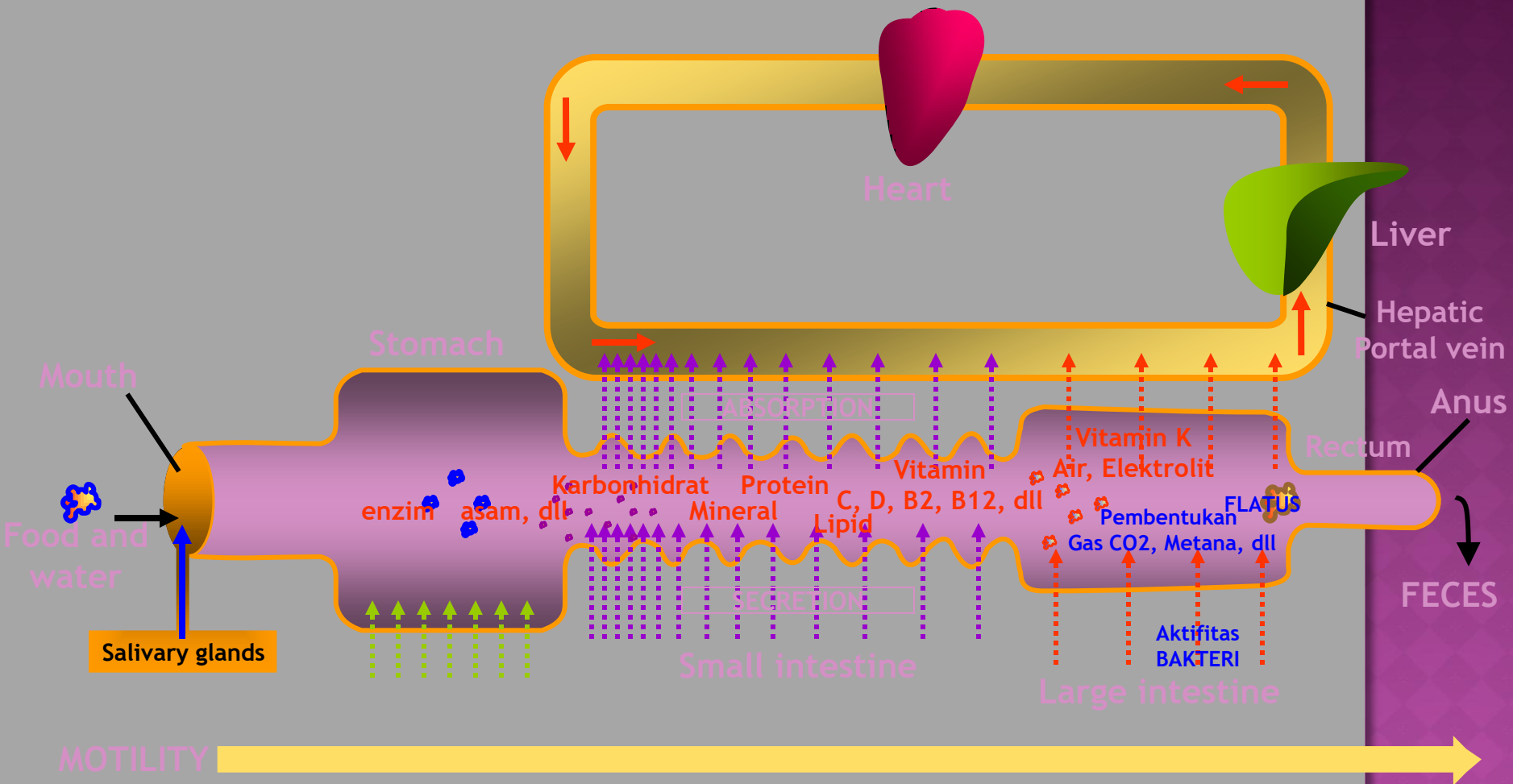
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.







THE GI DIAGRAM



Adapted by:

Dr. Andreanyta Meliala, PhD.

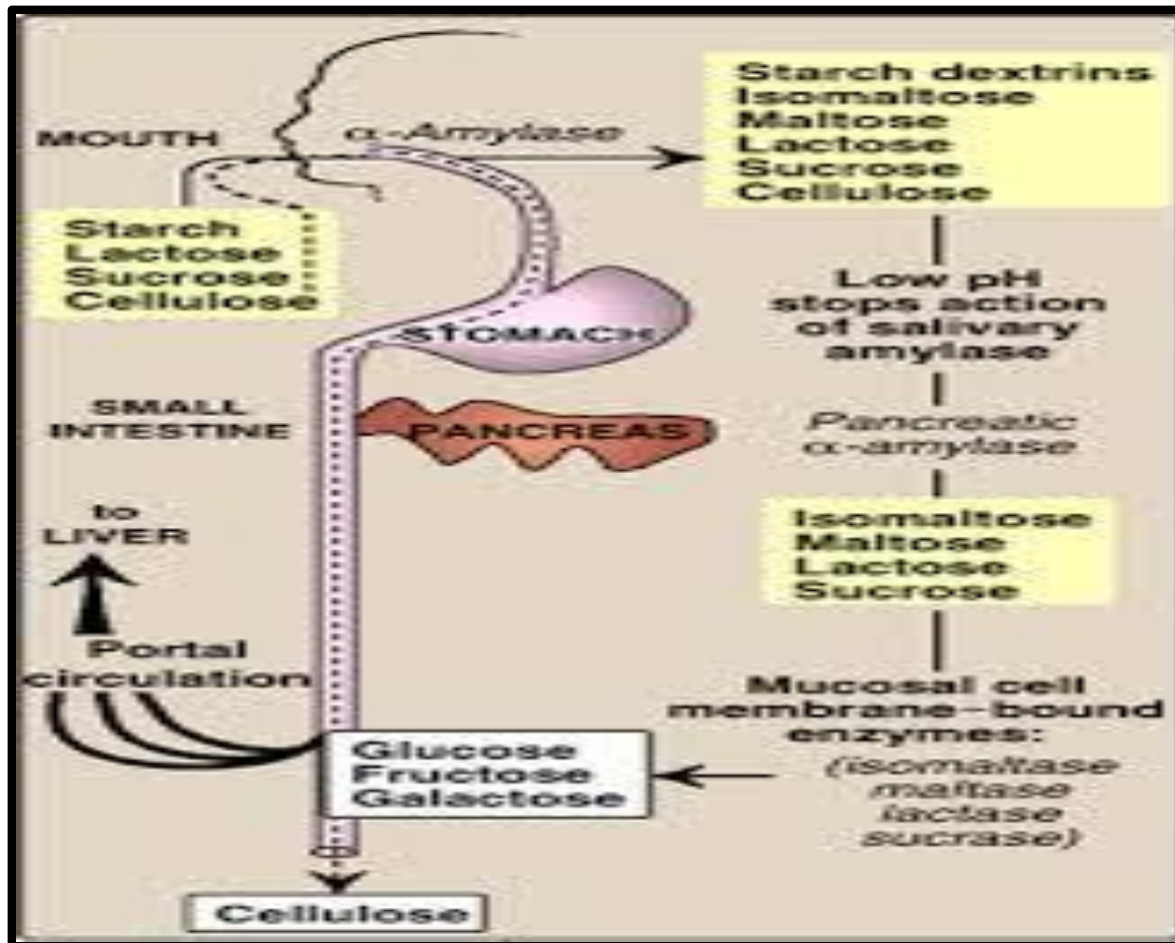
KARBOHIDRAT

Manfaat karbohidrat adalah :

- ⦿ sebagai sumber energi
- ⦿ sebagai sparing action dari protein :
sepanjang kebutuhan energi dapat dipenuhi oleh karbohidrat, maka protein sepenuhnya digunakan untuk membentuk protein tubuh.
- ⦿ membentuk volume makanan, memberi rasa kenyang.
- ⦿ membantu cadangan energi dalam tubuh.

1. Monosakarida : bentuk karbohidrat yang tidak dapat dihidrolisis menjadi bentuk yang sederhana lagi.
2. Disakarida
3. Oligosakarida
4. Polisakarida

PENCERNAAN KARBOHIDRAT



CARBOHYDRATE DIGESTION

In intestinal lumen

starch → limit dextrins + maltose

at enterocyte surface

lactose → glucose + galactose


trehalose → glucose


maltose → glucose


limit dextrins → glucose

sucrose → glucose + fructose

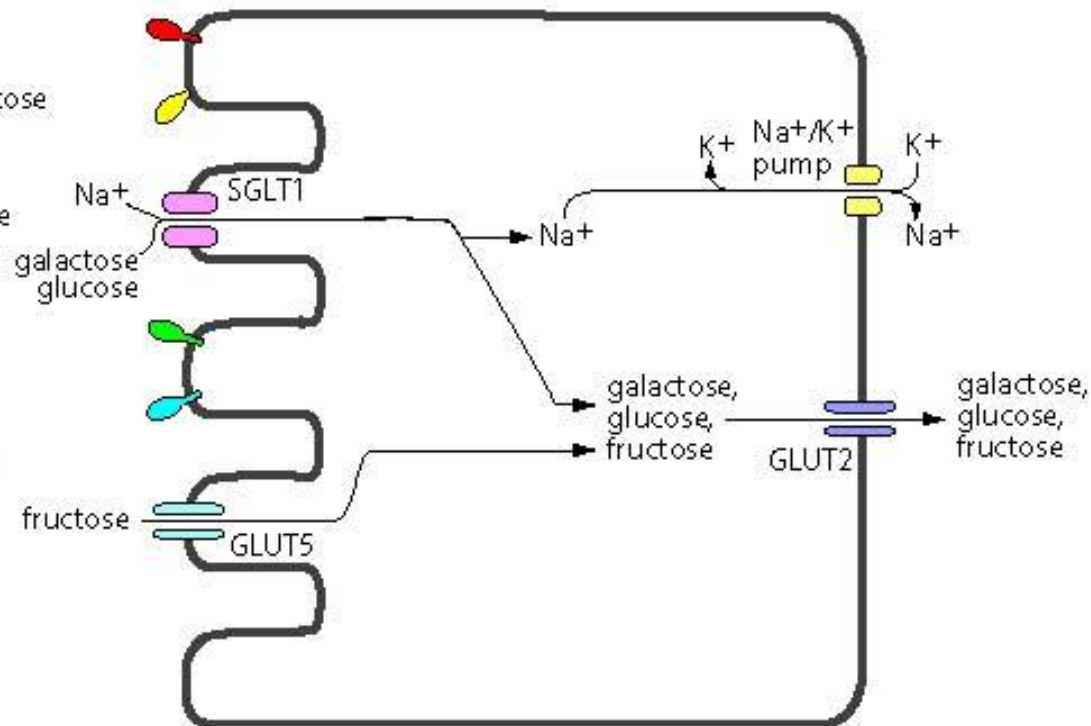
 lactase

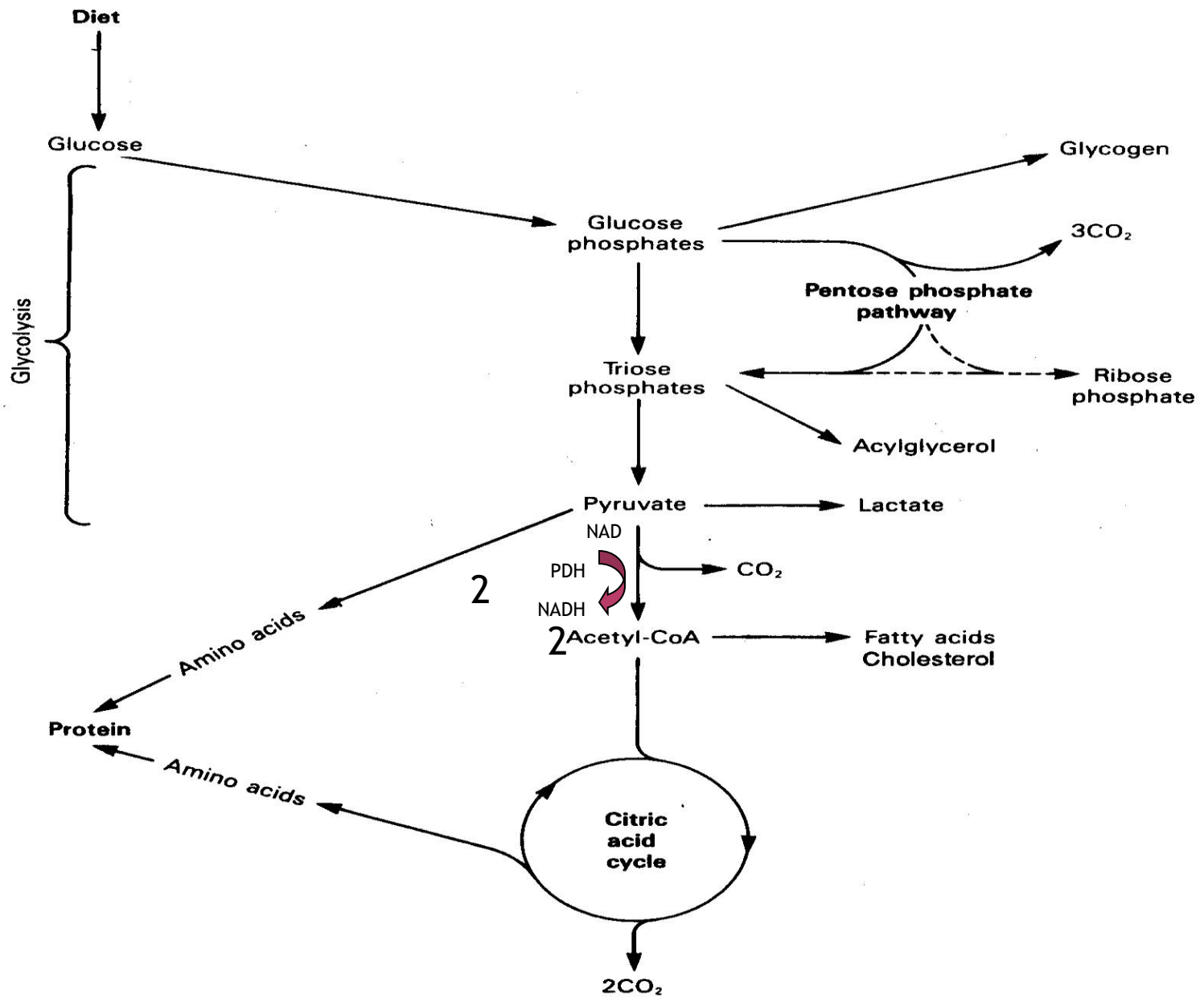
 trehalase

 maltase-glucoamylase

 sucrase-isomaltase

HEXOSE UPTAKE



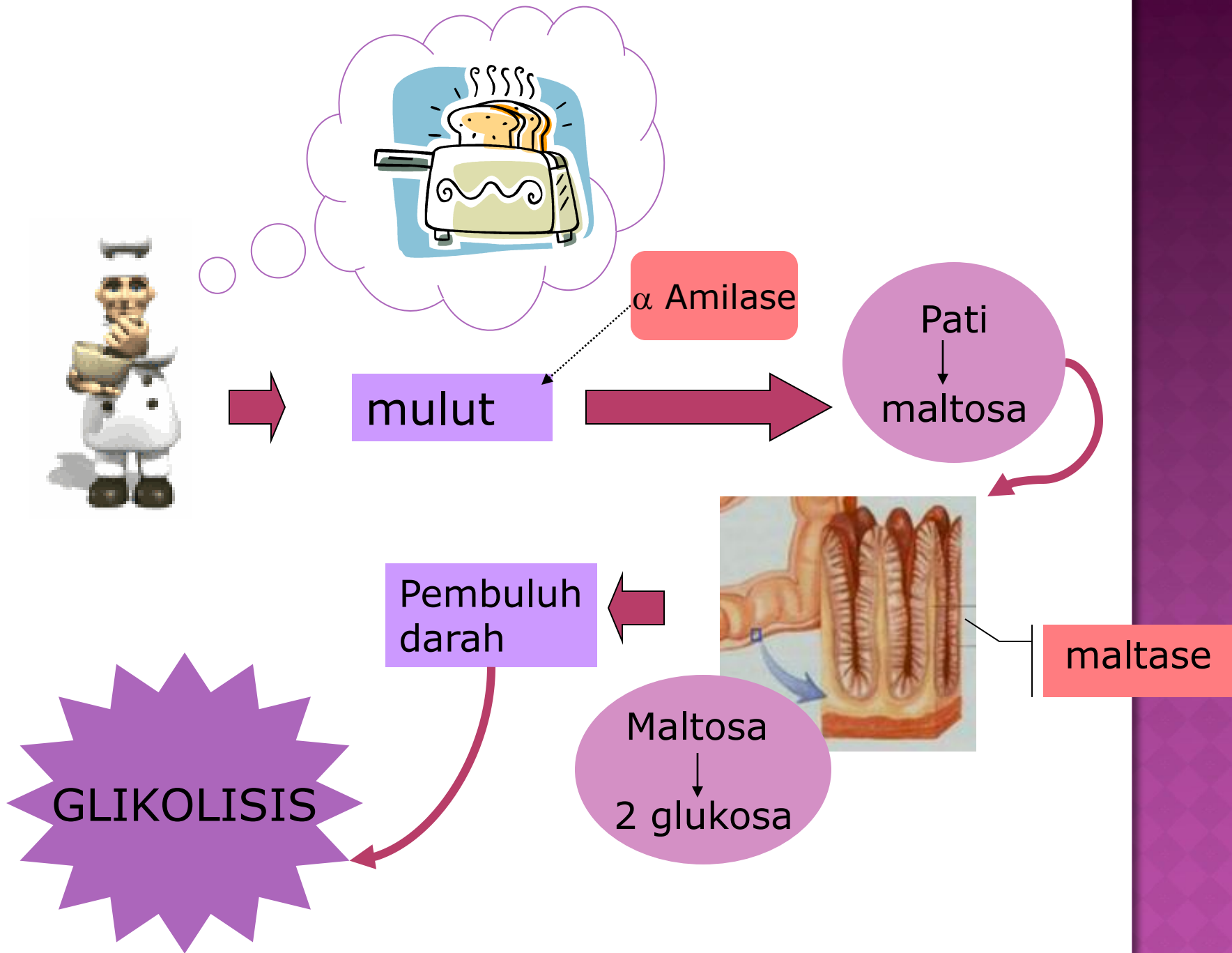


OKSIDASI SEMPURNA GLUKOSA MELIBATKAN RX

- ⦿ Glikolisis, menghasilkan 8 ATP
- ⦿ Dekarboksilasi oksidatif piruvat, 6 ATP
- ⦿ Siklus Krebs, 24 ATP
- ⦿ Fosforilasi Oksidatif dan RR

Total ATP = 38 ATP (Aerob)

Total ATP an aerob = 2 ATP



GLIKOLISIS

- ❖ Sebagai jalur utama metabolisme glukosa
- ❖ Proses pemecahan Glukosa menjadi Asam piruvat
 - ❖ Terjadi di sitosol semua sel
- ❖ Dapat berfungsi dalam keadaan anaerob dan aerob

GLIKOLISIS

anaerob

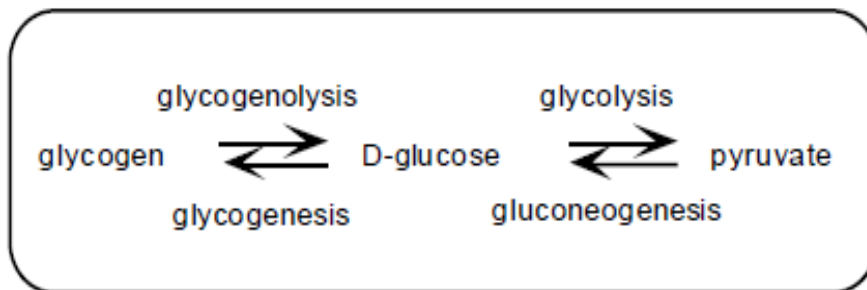
- ◉ Berlangsung tanpa O₂
- ◉ **Glukosa menjadi piruvat**
- ◉ Terdiri dari 2 kelompok reaksi
 - ◉ Reaksi heksosa
 - ◉ Reaksi Triosa
- ◉ Perbedaan keduanya pada aspek energi yang berkaitan dengan reaksi
- ◉ eritrosit

aerob

- ◉ Memerlukan oksigen & sistem enzim mitokondria
- ◉ Piruvat menjadi asetil KoA

Anabolisme glukosa:

1. Glukoneogenesis : pembentukan glukosa dari precursor non karbohidrat (lemak, benda keton, asam amino)
2. Glikogenesis



Katabolisme Glukosa :

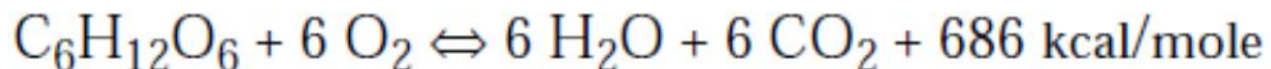
1. Glikolisis (pemecahan glukosa)
2. Glikogenolisis (pemecahan glikogen)

Tahapan

1. Glikolisis (jalur Embden Myer Hoff) di sitosol (aerob atau non aerob)

Aerob : glukosa \rightarrow piruvat \rightarrow TCA
non aerob : glukosa \rightarrow piruvat \rightarrow laktat

2. Siklus asam sitrat (TCA) di mitokondria : Rantai respireasi CO₂
+H₂O



Regulation of liver and muscle glycogen metabolism:

State	Regulators	Response
Liver		
Fasting	Glucagon ↑, Insulin ↓ cAMP ↑	Glycogen degradation ↑ Glycogen synthesis ↓
Carbohydrate meal	Glu ↑, Glucagon ↓, Insulin ↑ cAMP ↓	Glycogen degradation ↓ Glycogen synthesis ↑
Exercise and stress	Adrenalin ↑ cAMP ↑, Ca ²⁺ -calmodulin ↑	Glycogen degradation ↑ Glycogen synthesis ↓
Muscle		
Fasting (rest)	Insulin ↓	Glycogen synthesis ↓ Glucose transport ↓
Carbohydrate meal (rest)	Insulin ↑	Glycogen synthesis ↑ Glucose transport ↑
Exercise	Epinephrine ↑ AMP ↑, Ca ²⁺ -calmodulin ↑, cAMP ↑	Glycogen synthesis ↓ Glycogen degradation ↑ Glycolysis ↑

Glucose homeostasis:

- Mempertahankan kadar glukosa darah : 80 to 100 mg/dL (4,4-5,6 mmol/l)
- insulin and glucagon (mengatur penyimpanan dan penggunaan bahan bakar)

Pencegahan Hypoglycemia :

1. Melepaskan glucose dari simpanan glycogen di hepar (glycogenolysis)
2. synthesis glucose dari lactate, glycerol, and amino acids di hepar (gluconeogenesis)
3. release of fatty acids from adipose tissue (lipolysis)

Pencegahan Hyperglycemia :

1. Mengubah glucose menjadi glycogen (glycogen synthesis)
2. Mengubah glucose menjadi triacylglycerols di hepar dan jaringan lemak/adipose (lipogenesis)

Glucagon release ← ↓ Blood glucose ↑ → Insulin release



↑ Glycogenolysis
↑ Gluconeogenesis
↑ Lipolysis
↓ Liver glycolysis



↑ Glycogen synthesis
↑ Fatty acid synthesis
↑ Triglyceride synthesis
↑ Liver glycolysis

ASPEK KLINIS

- ⦿ 1. glukosuria terjadi jika ambang ginjal untuk glukosa terlampaui
- ⦿ 2. hiperglikemia dapat terjadi saat kehamilan atau neonatus
- ⦿ 3. diet rendah karbohidrat menyebabkan penurunan berat badan (kebutuhan energi pada glukoneogenesis)

CHEMICAL DIGESTION IN THE LARGE INTESTINE

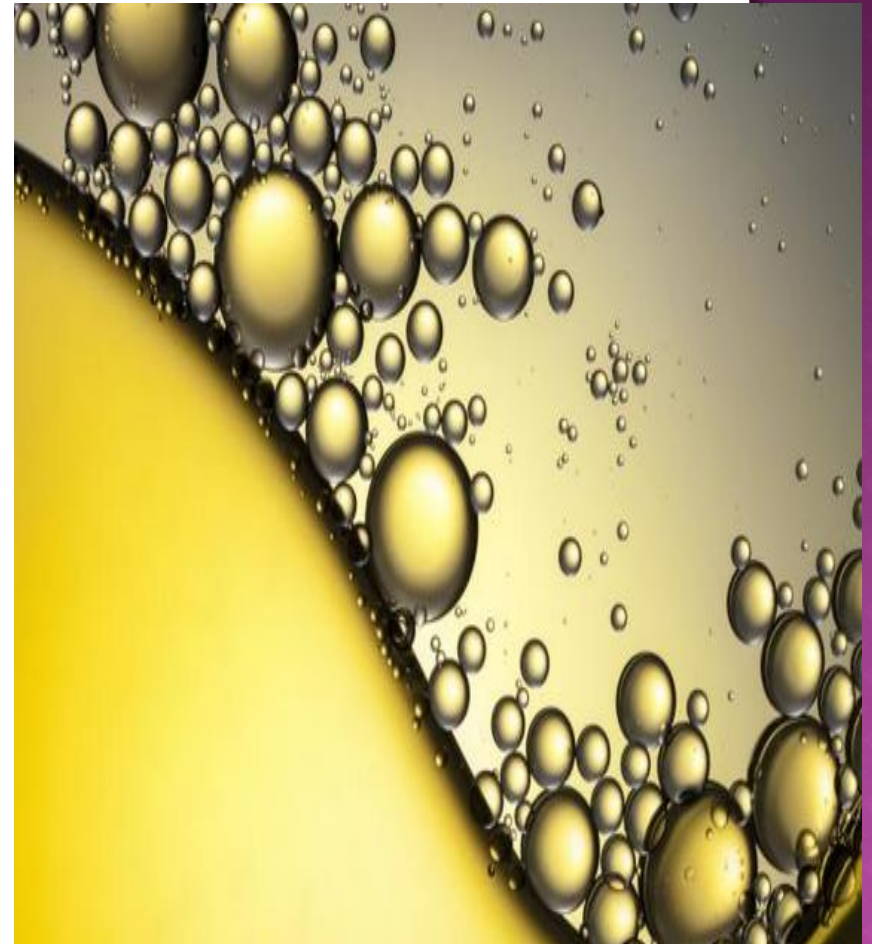
- 1. bacteria fermentation
- 2. bacteria secrete vitamin K and some B complex vitamins

LARGE INTESTINE ABSORPTION

- 1. simple molecules and vitamins
- 2. most remaining water (~900 ml/day)

- Feces consists of:
 1. water (about 100 ml/day)
 2. undigested foodstuffs (plant fibers = cellulose)
 3. bacteria
 4. products of bacterial decomposition
 5. sloughed epithelial cells

LIPID DAN METABOLISME LIPID



?????



DEFINISI

- Lipid adalah golongan senyawa yang relatif tak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut nonpolar
- Turunan/berkaitan dengan asam lemak
- ◉ Macam2 Lipid :
 - ✓ Triasilgliserol (TG)
 - ✓ Kolesterol
 - ✓ Fosfolipid
 - ✓ Steroid

FUNGSI LIPID

- ◉ Sumber energi
- ◉ Cadangan penghasil energi
- ◉ Hormon
- ◉ Pelarut beberapa vitamin (A, D, E, K)
- ◉ Isolator panas
- ◉ Pelindung organ penting
- ◉ Ciri kelamin sekunder
- ◉ Bahan penyusun :
 - ◉ - membran sel/organel
 - ◉ - lipoprotein

ABSORBSI LIPID PD GIT

* Lipid dr diet → > TG

* Pencernaan dan Absorpsi Lemak →
mutlak perlu asam / garam empedu untuk
emulsifikasi lemak dlm sistem pencernaan dan
melarutkannya dalam



MICELLE

TRANSPORT LIPID DLM DARAH

Dasar :

- Lipid (Hidrofobik) → Tdk larut dalam air
- Darah terutama terdiri dari air

Transport Lipid Dlm Darah → LIPOPROTEIN, strukturnya terdiri dari :

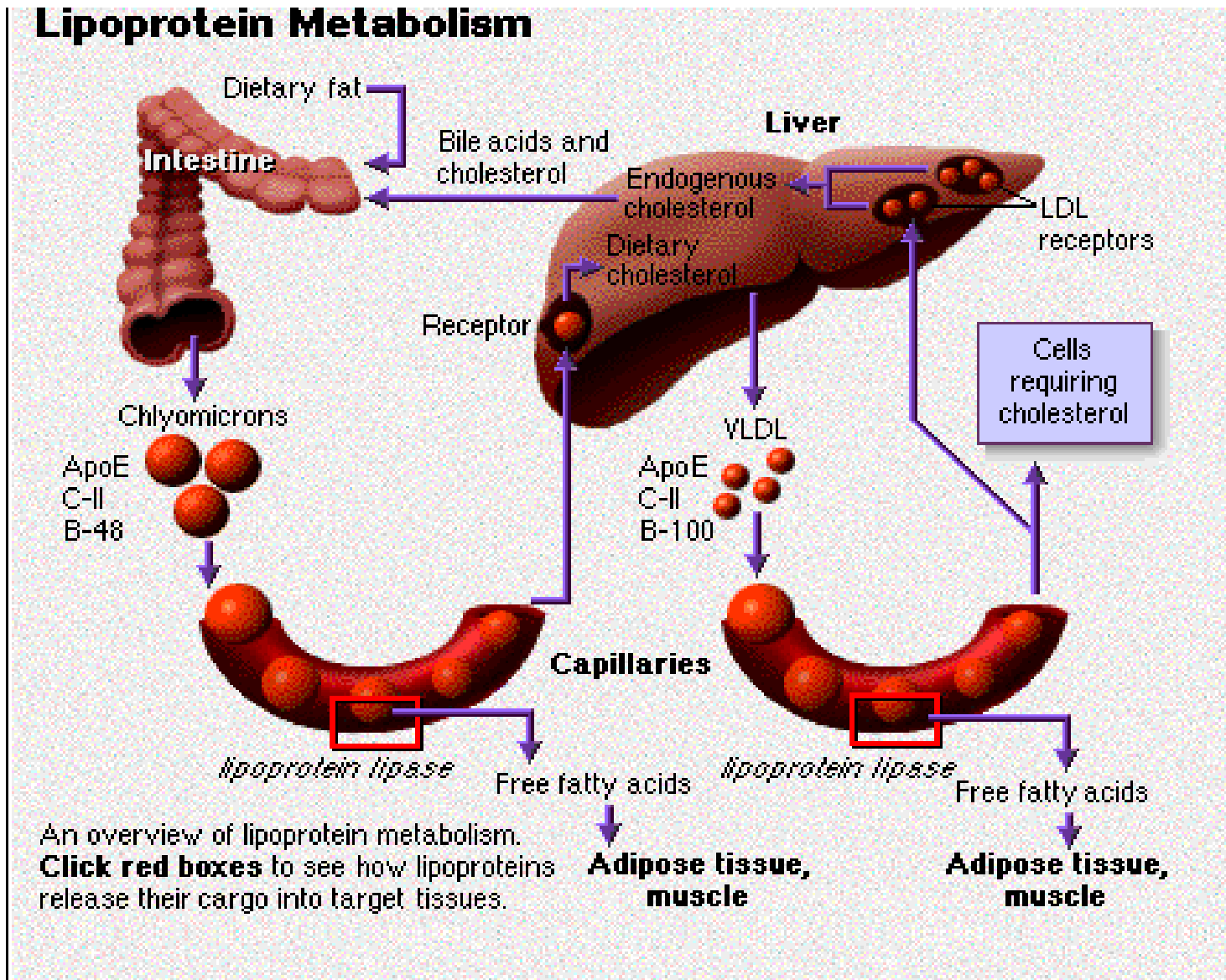
- Lemak polar : Fosfolipid
- Lemak agak polar : Kolesterol Bebas
- Lemak Nonpolar : TG, Kolesterol Ester
- Protein : Apoprotein

◉ PEMERIKSAAN FRAKSI LIPOPROTEIN BERDASAR

DENSITAS - ULTRASENTIFUGASI :

- KILOMIKRON
- VLDL (Very Low Density Lipoprotein)
- IDL (Intermediate Density Lipoprotein)
- LDL (Low Density Lipoprotein)
- HDL (High Density Lipoprotein)

METABOLISME LIPOPROTEIN



PROTEIN

- ◉ Protein adalah salah satu bio-makromolekul yang penting peranannya dalam makhluk hidup
- ◉ Fungsi protein :
 - sebagai bahan struktural
 - sebagai mesin yang bekerja pada tingkat molekular.

PROTEIN SEBAGAI BAHAN STRUKTURAL

- ◉ Protein dapat memerankan fungsi sebagai bahan struktural karena seperti halnya polimer lain, protein memiliki rantai yang panjang dan j dapat mengalami *cross-linking*
- ◉ Berfungsi sebagai pelindung, contoh : a dan b-keratin pada kulit, rambut, dan kuku dan berfungsi sebagai perekat contoh : kolagen

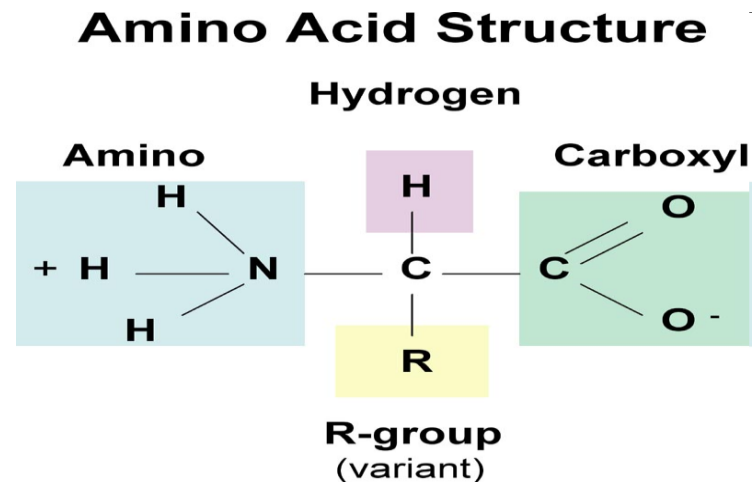
PROTEIN BERPERAN PADA SISTEM MOLEKULER

- ◉ Protein berperan sebagai biokatalis pada reaksi kimia dalam sistem makhluk hidup.
- ◉ Makromolekul ini mengendalikan jalur dan waktu metabolisme yang kompleks untuk menjaga kelangsungan hidup suatu organisme

STRUKTUR PROTEIN

◉ Terdapat 4 macam struktur protein, yang dibedakan berdasarkan struktur asam amino sebagai penyusunnya :

- Struktur primer
- Struktur sekunder
- Struktur tersier
- Struktur kuartener



Asam amino esensial dan asam amino non esensial

Cannot be synthesized de novo, hence, must be supplied in the diet.

Synthesized by body

Essential

Arginine^a
Histidine
Isoleucine
Leucine
Lysine
Methionine^b
Phenylalanine^c
Threonine
Tryptophan
Valine

Nonessential

Alanine
Aspartate
Cysteine
Glutamate
Glycine
Proline
Serine
Tyrosine

^a Arginine is synthesized by mammalian tissues, but the rate is not sufficient to meet the need during growth.

^b Methionine is required in large amounts to produce cysteine if the latter is not supplied adequately by the diet.

^c Phenylalanine is needed in larger amounts to form tyrosine if the latter is not supplied adequately by the diet.

POOL ASAM AMINO DALAM TUBUH

Pool asam amino diperoleh dari :

- Degradasi protein tubuh
- Derivasi protein makanan
- Sintesis dari asam amino non esensial

Peran asam amino :

- Untuk Sintesis protein tubuh
- Precursor nitrogen untuk molekul kecil mengandung nitrogen (porphirin, neurotransmitter, nukleotida)
- Di ubah menjadi glukosa, glikogen, asam lemak atau CO₂

Pada orang keadaan normal pool asam amino konstant.

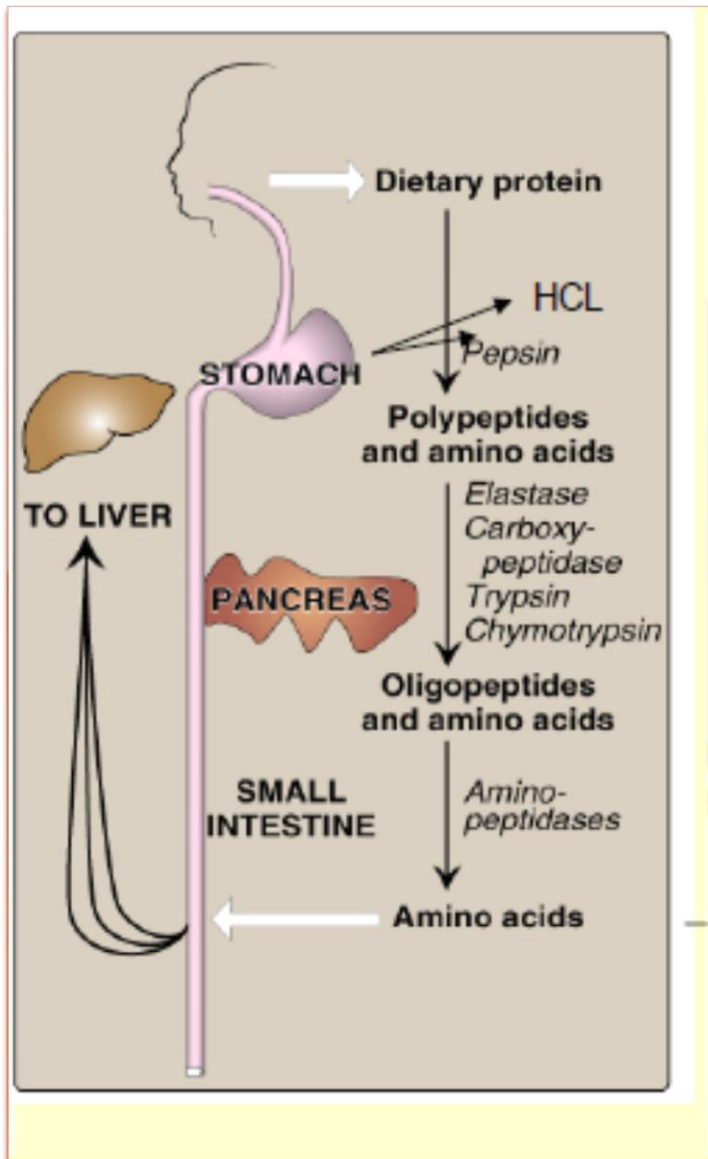
Asam amino mengalami degradasi oksidatif dalam tiga lingkup :

Selama sintesis dan degradasi protein seluler

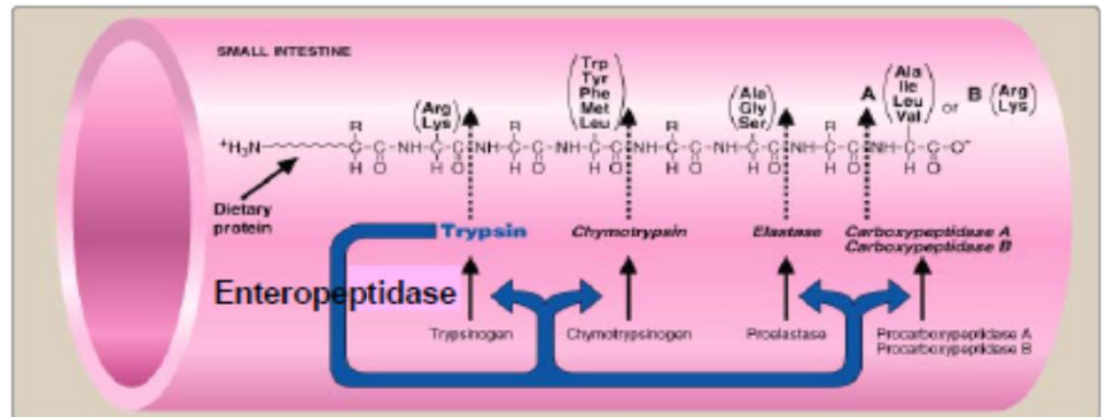
JK diet kaya protein dan asam amino di cerna berlebihan (aa tdk disimpan)

Selama kelaparan asam amino di gunakan sbg bahan bakar.

Perjalanan Protein makanan dalam tubuh dicerna di lambung, kemudian di intestinum

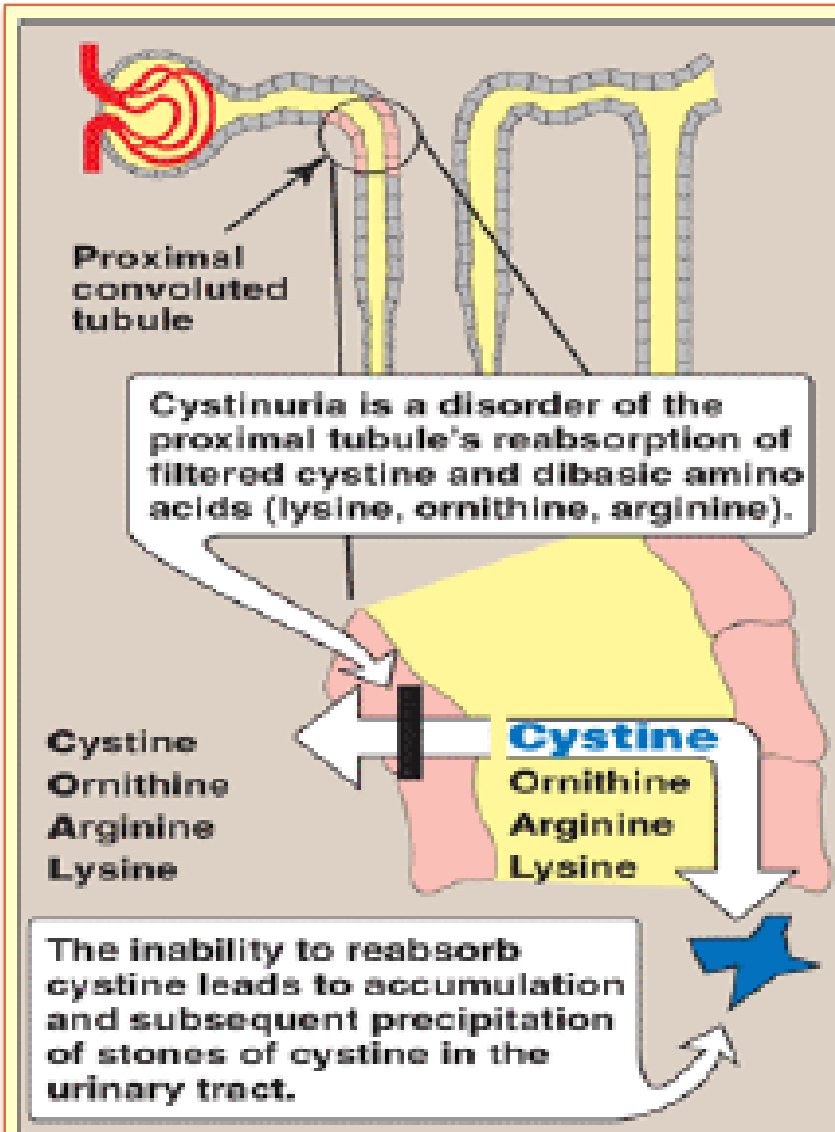


Entero peptidase : cascade aktivitas proteolitik



Enzim memiliki spesifitas untuk mencerna ikatan peptida .

AA masuk ke enterocyte dg sistem transport aktif Na^+ pump. Di dan Tripeptida masuk dg sistem transport H^+ , dihidrolisis mj d AA bebas di sitosol



Transport Asam Amino ke dalam sel

- Sistem transport aktif tergantung ATP mengatur gerakan AA dari extracel ke dalam sel.
- Kadar AA di extrasel lebih rendah dari dalam sel

Transport umum terdapat di intestinum dan tubulus proksimal ginjal.

Cysteinuria : gangguan ambilan sistein dan AA di basic

TRIPSIN, KEMOTRIPSIN, ELASTASE

- ◉ Ke 3 enzim ini bekerja pada protein, proteosa dan pepton untuk diubah menjadi polipeptida
- ◉ Tripsin bekerja pada ikatan peptida asam amino basa
- ◉ Kemotripsin bekerja pada ikatan peptida yang mengandung residu asam amino tak bermuatan (asam amino aromatik)
- ◉ Elastase bekerja pada ikatan yang berdekatan dengan residu asam amino kecil (glisin, alanin, serin)

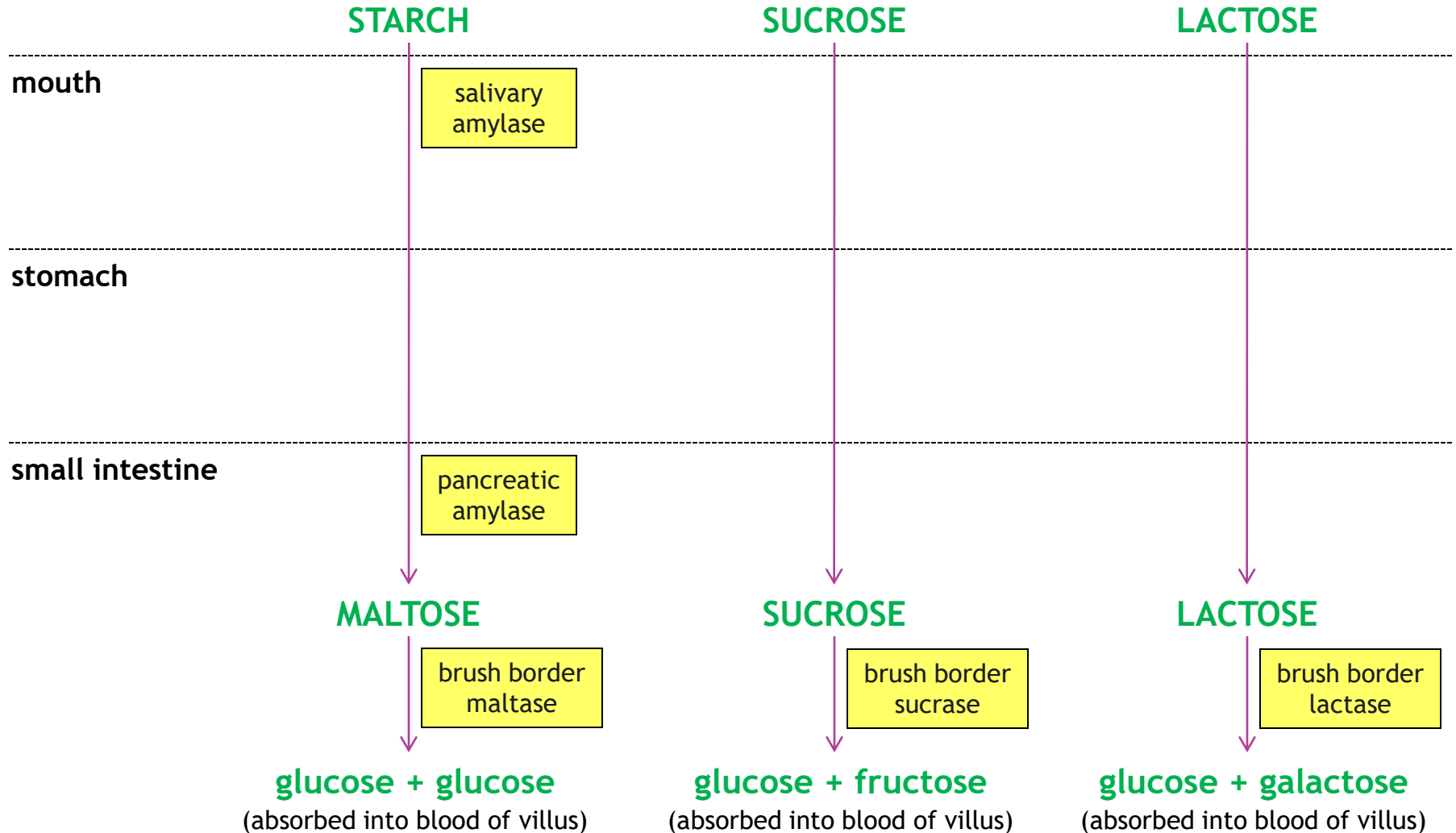
KARBOKSIPEPTIDASE

- ◉ Enzim ini melanjutkan sintesis polipeptida dengan menyerang ikatan peptida karboksi-terminal, membebaskan asam amino tunggal

ABSORBSI ASAM AMINO DAN PROTEIN

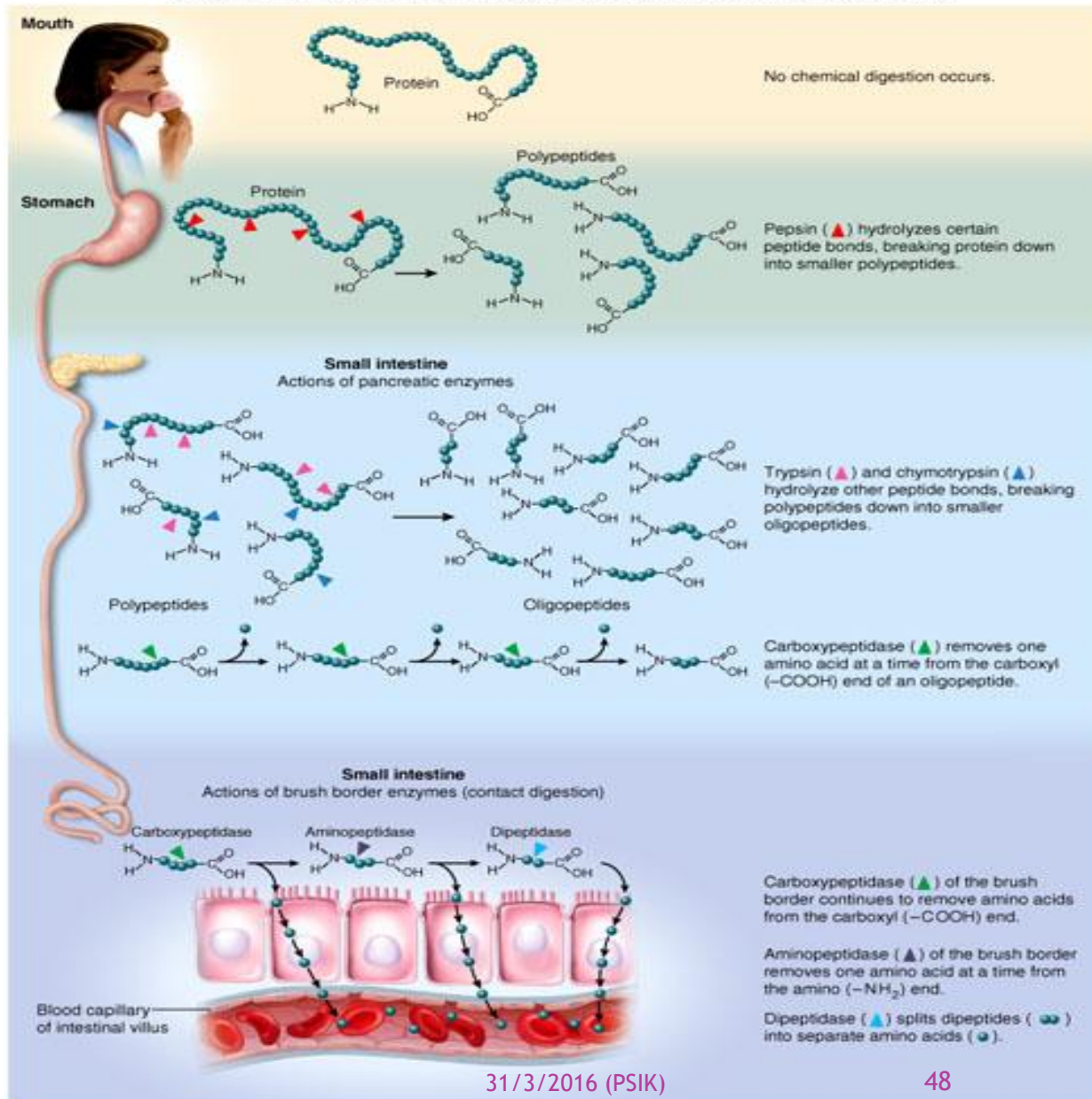
- Terdapat 2 cara absorpsi asam amino :
 - L-isomer asam amino akan ditransport aktif dengan bantuan vitamin B6 serta energi pompa ion Na^+ dan K^+
 - D-isomer asam amino diangkut dengan cara difusi biasa

Review of Chemical Digestion of Carbohydrates



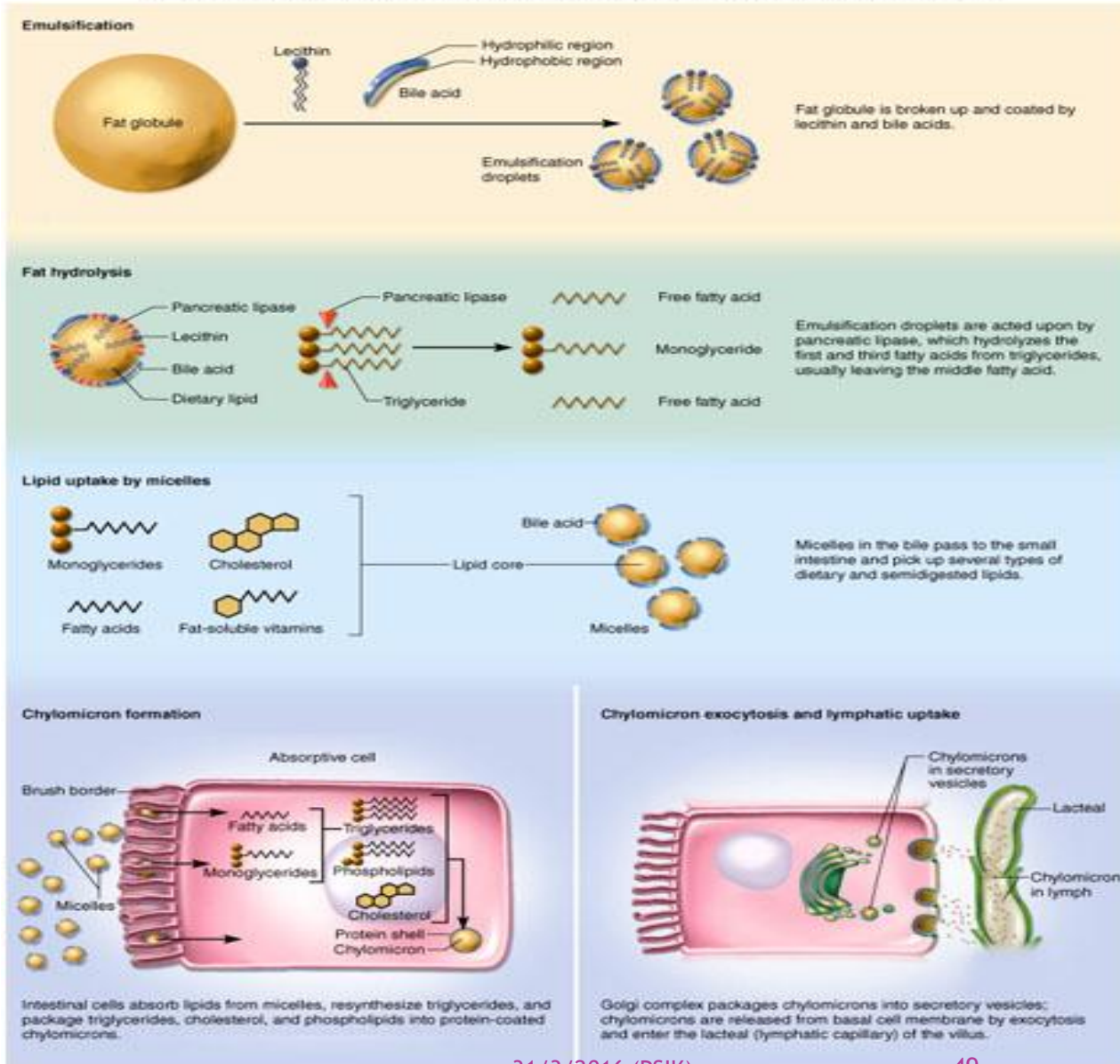
REVIEW THE CHEMICAL DIGESTION OF PROTEINS

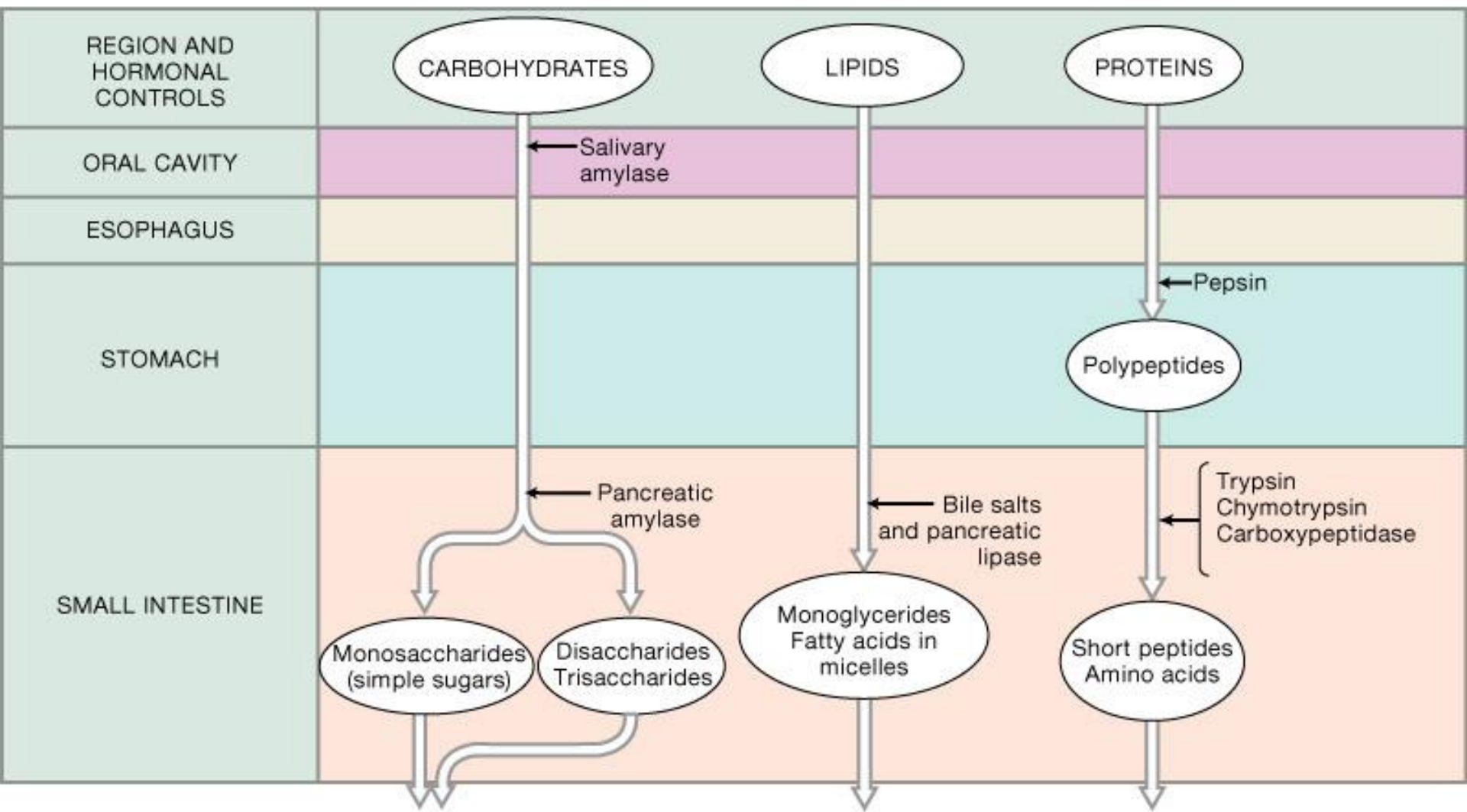
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

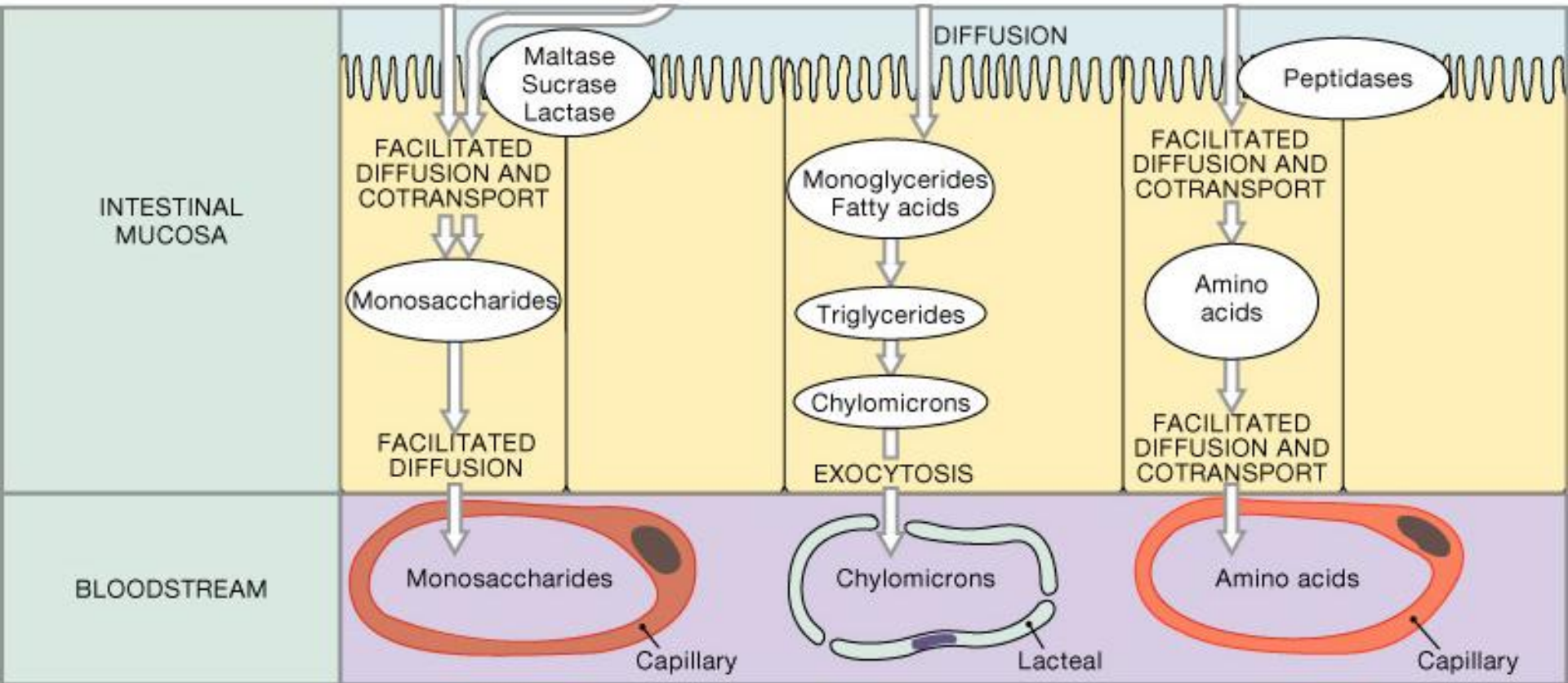


REVIEW THE CHEMICAL DIGESTION OF LIPIDS

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.







(a)

(b)

(c)

WATER ABSORPTION

○ GI tract fluids/24 hours

Ingested or secreted
into GI tract

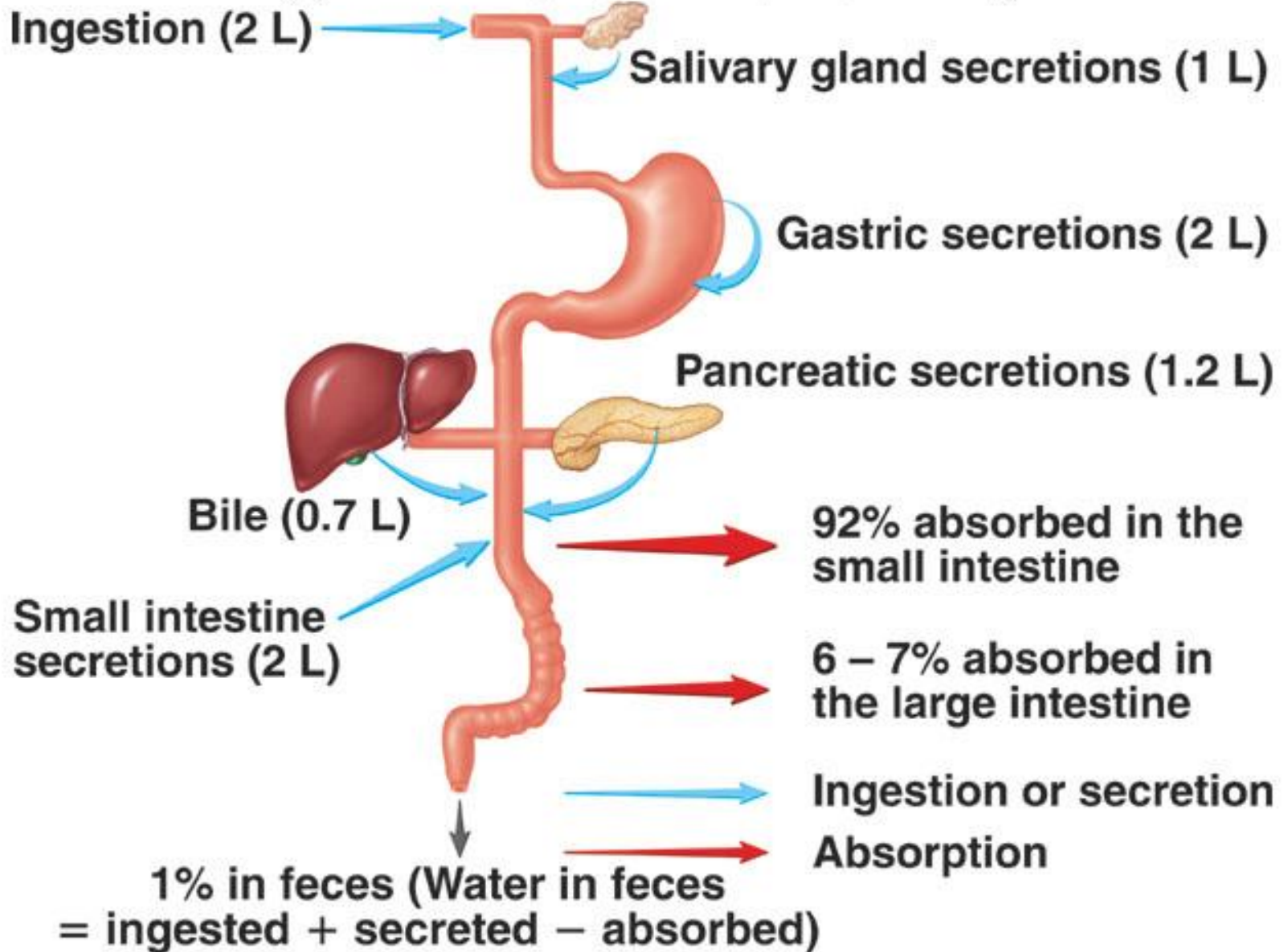
- saliva = 1 L
- ingested liquids = 2L
- gastric juice = 2 L
- bile = 1L
- pancreatic juice = 2 L
- intestinal juice = 1L
- total = 9 L

Absorbed into blood

small intestine =
8 L
large intestine =
0.9 L

Excreted
in feces

0.1 L



VITAMIN

VITAMIN

- ◉ Molekul organik
- ◉ Kofaktor
- ◉ *Micronutrient*
- ◉ Umumnya tidak disintesis di dalam tubuh
- ◉ Kelarutan: Larut lemak dan larut air

Table 45–1. The vitamins.

Vitamin	
A	Retinol, β-carotene
D	Calciferol
E	Tocopherols, tocotrienols
K	Phylloquinone, menaquinones
B₁	Thiamin
B₂	Riboflavin
Niacin	Nicotinic acid, nicotinamide
B₆	Pyridoxine, pyridoxal, pyridoxamine
	Folic acid
B₁₂	Cobalamin
	Pantothenic acid
H	Biotin
C	Ascorbic acid

VITAMIN LARUT LIPID

- ◉ Vitamin larut lipid merupakan bentuk apolar hidrofobik yang hanya dapat diabsorpsi apabila ada absorpsi lipid
- ◉ Sirkulasi darah: vitamin dibawa dalam lipoprotein atau terikat pada *specific binding proteins*.
- ◉ Fungsi vitamin :
 - vitamin A, vision;
 - vitamin D, *calcium and phosphate metabolism*;
 - vitamin E, antioxidant;
 - Vitamin K, *blood clotting*
 - Fungsi selengkapnya vitamin dalam tubuh masih belum seluruhnya diketahui

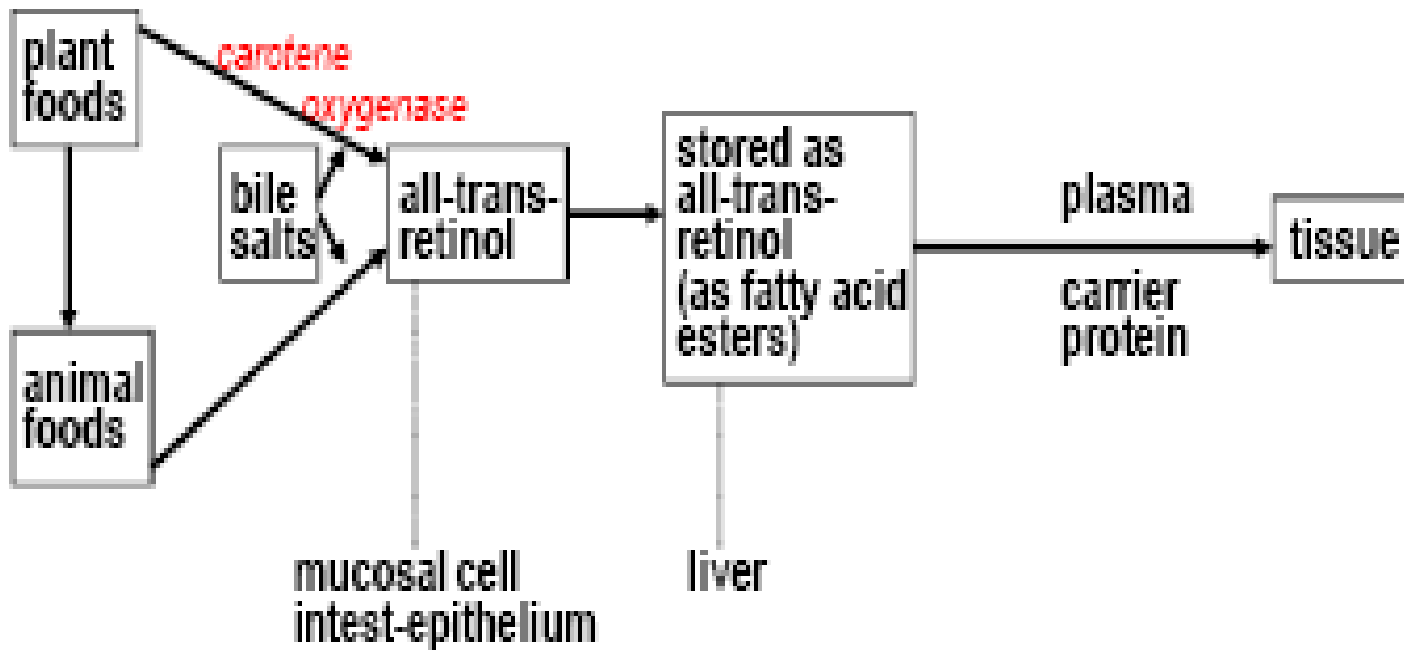
✓ VITAMIN LARUT AIR

- Vitamin larut air: vitamin B kompleks dan vitamin C → fungsi kofaktor enzim
- Defisiensi salah satu dari vitamin B kompleks jarang terjadi → karena terkandung dalam makanan
- Defisiensi vitamin larut air:
 - ✓ Beriberi → thiamin;
 - ✓ Cheilosis, glossitis, seborrhea → riboflavin;
 - ✓ Pellagra → niacin;
 - ✓ Peripheral neuritis → pyridoxine;
 - ✓ Megaloblastic anemia, methylmalonic aciduria, dan pernicious anemia → vitamin B12;
 - ✓ Megaloblastic ania → *folic acid*
 - ✓ *scurvy* → Vitaminem C

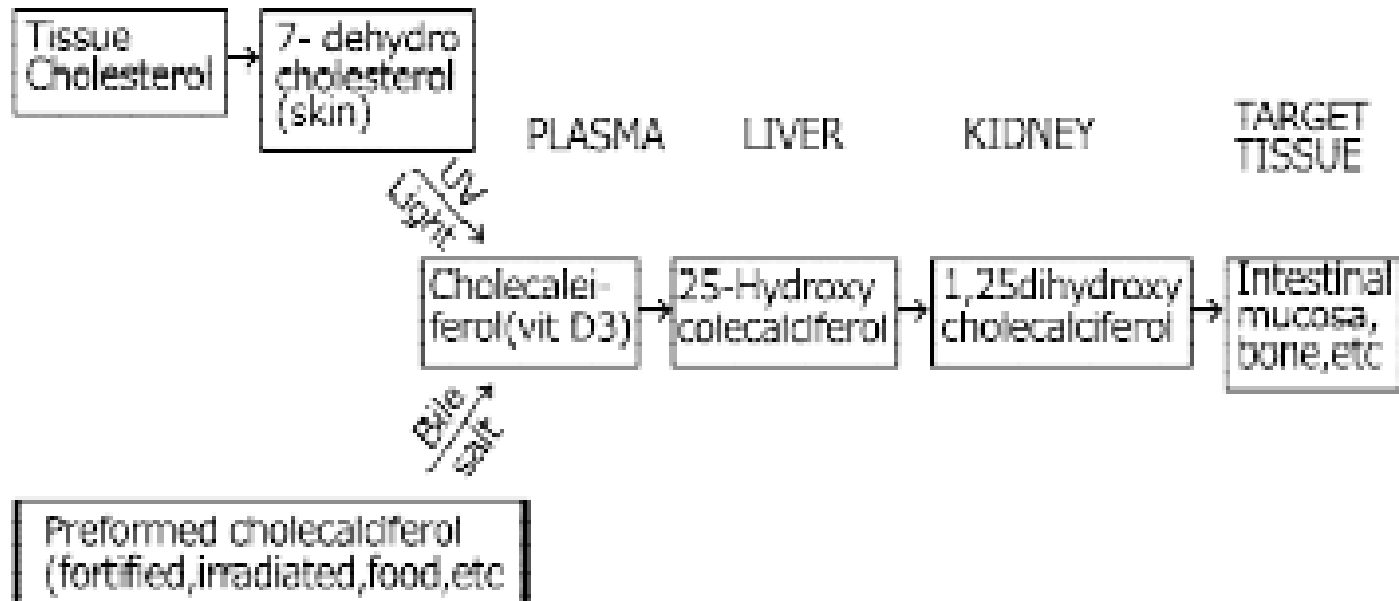
PENCERNAAN VITAMIN

- ◉ Vitamin yang larut dalam lemak akan disimpan di dalam jaringan adiposa dan di dalam hati
- ◉ Vitamin ini kemudian akan dikeluarkan dan diedarkan ke seluruh tubuh saat dibutuhkan
- ◉ Vitamin yang larut dalam air hanya dapat diisimpan dalam jumlah sedikit dan biasanya akan segera hilang bersama aliran makanan
- ◉ Saat suatu bahan pangan dicerna oleh tubuh, vitamin yang terlepas akan masuk ke dalam aliran darah dan beredar ke seluruh bagian tubuh
- ◉ Apabila tidak dibutuhkan, vitamin ini akan segera dibuang tubuh bersama urin
- ◉ Oleh karena itu, tubuh membutuhkan asupan vitamin yang larut air secara terus-menerus.

METABOLISME VITAMIN A



METABOLISME VITAMIN D



FUNGSI VITAMIN D

- Metabolisme vitamin D tergantung pada konsentrasi kalsium dan fosfat plasma
- Fungsi utama vitamin D : mengontrol homeostasis kalsium:
 - Meningkatkan absorpsi kalsium di intestinal
 - Menurunkan ekskresi kalsium
 - Memobilisasi *bone mineral*
- Terlibat dalam:
 - Sekresi insulin
 - Sintesis dan sekresi *parathyroid and thyroid hormones*
 - Menghambat produksi interleukin yang diaktivasi oleh sel T dan sel B
 - Differensiasi *monocyte precursor cells* → proliferasi

MASALAH KESEHATAN VITAMIN D

- **Defisiensi vitamin D:**

- + pada anak-anak: Ricketsia (gangguan proses penulangan / osifikasi sehingga tulang melengkung kaki berbentuk X atau O)
- + pada dewasa: osteomalacia (tulang rapuh, kadar Ca darah menurun sehingga terjadi perubahan ratio Ca / P karena ekskresi kalsium lebih besar dari ekskresi fosfat)

- **Hipervitaminosis D:**

pemberian vitamin D dalam jumlah besar pada umumnya tidak berbahaya, tetapi juga tidak menguntungkan:

- + pada bayi → kalsifikasi jaringan-jaringan lunak seperti paru-paru dan ginjal hiperkalsemia
- + Pada dewasa → kerapuhan tulang dan batu ginjal

METABOLISME VITAMIN E

- ◉ tocoferol mudah diabsorpsi di usus halus, kemudian ditransport ke hati dalam khilomikron. Untuk mencapai jaringan perifer, vitamin E diangkut oleh lipoprotein
- ◉ fosfolipid dari mitokondria, endoplasmik retikulum dan membran plasma mempunyai afinitas yang spesifik terhadap α -tocoferol

MASALAH KESEHATAN VITAMIN E

⦿ Defisiensi vitamin E:

- gangguan reproduksi
- distrofi otot (karena gangguan integritas otot)
- gangguan eritrosit (mudah terhemolisis)

⦿ Hipervitaminosis E:

- vitamin E relatif non toksik pada manusia pada dosis yang sangat besar mata kabur dan pusing

FUNGSI VITAMIN K

- ⦿ untuk memelihara kadar normal dari faktor-faktor pembekuan darah (yakni faktor II, VII, IX, X yang disintesa di hati dalam bentuk prekursor yang inaktif)→Pengaktifan faktor-faktor tersebut perlu vitamin K
- ⦿ sebagai komponen koenzim dalam proses fosforilasi oksidasi

METABOLISME VITAMIN K

- gangguan absorpsi lemak terjadi defisiensi vitamin K
- bakteri usus banyak yang mati → defisiensi vitamin K
- filoquinon dan menaquinon hanya diabsorpsi bila ada garam empedu, kemudian ke pembuluh limfe
- menadion (karena larut dalam air) dapat diabsorpsi tanpa adanya garam empedu, kemudian ke peredaran darah → menadion untuk pengobatan
- disimpan di hati (>>) dan jaringan perifer (<)

DEFISIENSI VITAMIN K & HIPERVITAMINOSIS K

- ◉ **Defisiensi Vitamin K: hampir tidak ada**
- ◉ **Hipervitaminosis K:**
 - pemberian dosis menadion berlebihan:
pemecahan eritrosit berlebihan (tidak terjadi pada vitamin K1)

VITAMIN LARUT AIR

- Mempunyai struktur kimia yang bermacam-macam dan mempunyai bagian molekul yang polar
- Dapat disintesis oleh tumbuh-tumbuhan (kecuali vitamin B12): kacang-kacangan, padi-padian, tumbuhan berdaun hijau. Juga terdapat di sel ragi, daging dan susu
- Terdiri dari:
 - vitamin B complex
 - vitamin C
- Karena larut dalam air, maka tidak stabil dalam penyimpanan sehingga harus selalu ada dalam diet (kecuali vitamin B12 yang dapat disimpan beberapa tahun di hati manusia normal sehingga hati dapat menyuplai vitamin B12)
- Berperan sebagai koenzim adatu kofaktor pada reaksi enzimatik,
- Dapat diekskresi melalui urine → tidak menyebabkan keracunan

VITAMIN BC YANG PENTING DAN TERDAPAT DALAM MAKANAN

- **B1 = tiamin / aneurin / faktor anti beri-beri**
- **B2 = riboflavin / laktoflavin**
- **B3 = asam pantotenat**
- **B5 = niasin / asam nikotinat / P.P faktor = vitamin G**
- **B6 = piridoksin**
- **B7 = biotin = vitamin H**
- **B9 = asam folat / asam pteroil glutamat**
- **B12 = siano kobalamin / anti anemia pernisirosa**

METABOLISME VITAMIN C

- × mudah diabsorpsi di usus.
- × Pada manusia tidak dikenal keracunan vitamin C → vitamin C dapat diubah menjadi oksalat.
→ Garam kalsium oksalat tidak larut sehingga dapat terbentuk batu ginjal maupun batu kandung kencing
- × vitamin C tidak disimpan dalam jaringan tertentu, tetapi didistribusikan di seluruh jaringan tubuh, walaupun pada jaringan-jaringan tertentu (kelenjar adrenal, otak, ginjal, hati, pankreas, timus dan limpa) kadar vitamin C lebih tinggi
- × ekskresi dalam urine dalam bentuk asam askorbat (terutama), asam dehidroaskorbat dan asam oksalat

FUNGSI VITAMIN C

- × pembentukan jaringan kolagen, jaringan ikat, dinding kapiler, dinding kapiler maupun matrix tulang
- × anti oksidant
- × anti stress
- × Berkaitan dengan fungsi tersebut di atas, maka vitamin C sangat diperlukan pada:
 - + penyembuhan luka: sesudah operasi, luka bakar, dsb
 - + keadaan panas dan infeksi (dosis tinggi: mencegah common cold)
 - + reaksi stress (misal: patah tulang, sakit berat, shock)
 - + periode pertumbuhan

DEFISIENSI VITAMIN C

- ◉ disebabkan karena masukan yang kurang
- ◉ terjadi gangguan pembentukan jaringan kolagen dan dinding kapiler sehingga mudah terjadi pendarahan dan anemi
- ◉ bentuk simpanan vitamin C tidak dapat cepat dikosongkan dari tubuh → sehingga 3 - 4 bulan keadaan makanan tanpa vitamin C baru terjadi scurvy (scorbut)

MINERAL

MINERAL

- ⦿ senyawa anorganik yang diperlukan tubuh untuk metabolisme serta u/ pembentukan tulang & gigi
- ⦿ Dibagi 2 kelompok :
 - makromineral :diperlukan dlm jumml > 100 mg/hari
 - mikromineral (*trace element*): diperlukan dlm jumml < 100 mg/hari

MINERAL

Makromineral

- ◉ Kalsium
- ◉ Fosfor
- ◉ Magnesium
- ◉ Kalium
- ◉ Natrium
- ◉ Klorida
- ◉ sulfur

Mikromineral (*trace element*)

- Kromium -Mangan
- Kobalt -Molibden
- Tembaga -Selenium
- Yodium -Seng
- Besi -Fluor

KALSIUM

- ▶ Sumber : produk olahan susu, kacang2an, sayuran
- ▶ Absorpsi perlu vit D
- ▶ Kebutuhan kalsium meningkat pd masa pertumbuhan, laktasi, wanita pascamenopause
- ▶ Fungsi : pembentukan tulang, gigi
pengaturan fgs saraf, otot
- ▶ Hipokalsemia : rasa cemas, iritabilitas, tetani, kejang otot, mudah perdarahan, kontraksi jantung lemah
- ▶ Hiperkalsemia : otot kendur, nyeri sekitar daerah bertulang, batu ginjal
- ▶ Adult requirement: 0.5-1.0 mgCa/day

KALIUM

- ⦿ Sumber : buah2an, sayur2an misal pisang
- ⦿ Fungsi : kation utama dlm cairan intrasel, fungsi saraf dan otot, u/ kerja enzim
- ⦿ Hipokalemia : pd kerusakan sel, muntah, diare, pemakaian diuretik kuat
tanda : mual/muntah, aritmia, kembung, otot paralisis
- ⦿ Hiperkalemia : pd insufisiensi ginjal
tanda : aritmia, mual, kejang perut, oliguria
- ⦿ The minimal requirement for potassium is about 1.6 to 2.0 g/day

NATRIUM

- ⊙ Sumber : garam meja
- ⊙ Fgs : kation utama ekstrasel, mengatur volume plasma, fungsi saraf & otot
- ⊙ Hiponatremia : ok muntah, diare, pembedahan, diuretik kuat
tanda : kejang, mual muntah
- ⊙ Hipernatremia : ok pemakaian ox misal kortison
tanda : kulit terasa panas, suhu tubuh ↑, tekanan darah ↑, lidah kering & kasar

The RDA for sodium is expressed as a range (0.5-2.4 g Na/day).

MAGNESIUM

- ◉ Sumber : sayuran hijau
- ◉ Fungsi : unsur pembentuk tulang
kofaktor enzim
- ◉ Obat mengandung Mg : laksatif & antasid
- ◉ Defisiensi : ok malabsorpsi, diare
- ◉ Hipomagnesemia : berat - tetani, konvulsi
- ◉ Hipermagnesemia : vasodilatasi, hilangnya refleks tendon

FOSFOR

- ⦿ Unsur pembentuk tulang, gigi, ATP, pengantara metabolik, bufer cairan tubuh, asam nukleat
- ⦿ Defisiensi pd alkoholisme, muntah berkepanjangan, penyakit hati, hiperparatiroidisme

Klorida

- ⦿ Sumber : garam meja
- ⦿ Keseimbangan cairan elektrolit ; getah lambung
- ⦿ Defisiensi : muntah, diuretik
- ⦿ The minimal requirement of Cl for the adult is about 0.75 g/day.
- ⦿ The minimal requirement for sodium chloride for the adult is thus about 1.25 g per day

Sulfur

- ⦿ Komponen beberapa asam amino, tiamin, biotin

BESI (FE)

- ◉ Sumber : daging merah, hati, telur
- ◉ Fungsi : Produksi hemoglobin
- ◉ Indikasi : mencegah & mengobati anemia defisiensi besi
- ◉ Efek samping : mual muntah, nyeri lambung, diare, konstipasi
- ◉ Intoksikasi : syok, kolaps kardiovaskular, asidosis metabolik
- ◉ Sediaan : oral (fero sulfat/glukonat/fumarat)
parenteral IM IV

SENG (ZN)

- ◉ Sumber : susu & produk olahannya, kerang, kacang-kacangan
- ◉ Fungsi : Kofaktor enzim, pertumbuhan, fungsi & maturasi alat kelamin, nafsu makan, penyembuhan luka
- ◉ Defisiensi : ggn pertumbuhan
keterlambatan maturasi seksual, hipogonadisme & hipospermia, alopesia, lesi kulit, ggn penyembuhan luka, defisiensi imun, *night blindness*, ggn pengecapan, ggn perilaku

YODIUM

- ⦿ Sumber : makanan laut, garam meja
- ⦿ Bagian hormon tiroid
- ⦿ Defisiensi : daerah endemik
 - anak : kretinisme
 - dewasa : goiter-hipotiroidisme-miksedema
- ⦿ Intoksikasi : akut - edema, demam, konjungtivitis
- ⦿ The RDA for iodine is 0.15 mg.

TEMBAGA

- ◉ Sumber : kerang, rajungan, kacang-kacangan, biji-bijian (bunga matahari, wijen)
- ◉ Fungsi : kofaktor enzim, pembentukan sel darah merah, jaringan ikat
- ◉ Defisiensi : anemia, penurunan jumlah sel darah putih, penurunan pigmentasi kulit & rambut, retardasi mental

SELENIUM

- ⦿ Sumber : daging (t.u hati), makanan laut, telur
- ⦿ Konstituen glutathion peroksidase
- ⦿ Antioksidan sinegistik dengan vit E

KROMIUM

- ◉ Sumber : daging, sereal *whole-grain*, ragi
- ◉ Fungsi : komplek kofaktor u/insulin
- ◉ Defisiensi :
 - neuropati perifer
 - ensefalopati
 - diabetes

MANGAN

- ◉ Fungsi : kofaktor enzim, stimulasi sintesis kolesterol hati dan asam lemak
- ◉ Intoksikasi : parkinson

SUMBER BELAJAR

- ◉ Ganong, W.F. 2010. Review of Medical Physiology, Ganong's 23 edition. New York: The McGraw-Hill Companies.Inc
- ◉ Junqueira LC, Carneiro J. 2007. Histologi Dasar Teks & Atlas. 10th ed . Jakarta: EGC.
- ◉ Robert KM, Daryl KG, Victor WR. 2012. Biokimia Harper. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- ◉ Sherwood, Lauralee. 2001. Fisiologi Manusia. Jakarta : Buku kedokteran EGC.

**TERIMAKASIH
SELAMAT BELAJAR**