

الجهاز الهضمي Digestive system

يعرف الهضم Digestion بأنه تكسير الطعام وتحويله من مواد بسيطة يسهل امتصاصها والاستفادة منها، وبمعنى أوضح هو تكسير الكربوهيدرات إلى جلوكوز والبروتينات إلى أحماض أمينية والدهون إلى أحماض دهنية. والجزء الذى يصعب هضمه وامتصاصه يطرد خارج الجسم على صورة براز. وتجرى هذه العمليات فى الجهاز الهضمي وبواسطة عوامل مساعدة حيوية ذات تراكيب بروتينية عالية التخصص تسمى الأنزيمات.

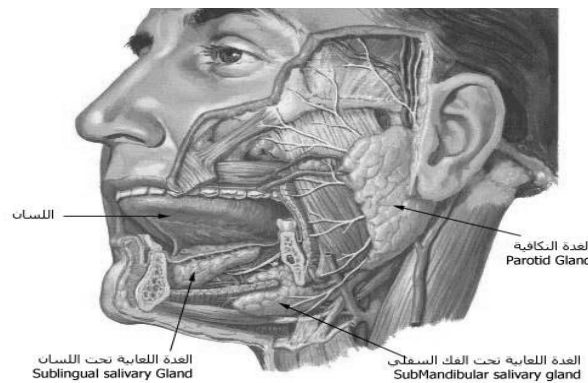
مراحل الهضم:

تتم عملية الهضم على ثلاثة مراحل، تجرى كل مرحلة منها فى منطقة رئيسية من الجهاز الهضمي. ولكل منطقة من تلك وسط هاضم خاص وعصارات مميزة.

أولاً : الفم Mouth:

يتم الهضم فى الفم على الكربوهيدرات اساساً بفضل وجود الغدد اللعابية التى تفرز فى الفم تسمى اللعاب Saliva، وتحتوى على انزيمين هامين هما : الأميليز Amylase والمالتيز Maltase بالإضافة إلى مواد أخرى كالميوسين وبيكربونات الصوديوم والوسط فى الفم متعادل تقريباً ($pH = 7.1$) ، إلا أنه يميل قليلاً نحو الحامضية ($pH = 6.6$) لوجود ثانى أكسيد الكربون.

والغدد اللعابية فى الإنسان ثلاثة أزواج هى النكفية وتحت النكفية وتحت اللسانية. وتقدر كمية اللعاب الذى تفرزه الغدد اللعابية فى الإنسان بحوالى ١.٥ لتر يومياً. ويزداد إفراز اللعاب نتيجة لفعل انعكاسى تنبيهى بمجرد دخول الطعام إلى الفم أو نتيجة لفعل منعكس نفسى عند مشاهدة الطعام أو شم رائحته أو حتى مجرد التفكير فيه، وكذلك بفعل إثارة العصب الحائر نظير السمبتاوى بينما تقل إثارة العصب السمبتاوى من إفراز اللعاب.



شكل يوضح الفم والغدد اللعابية

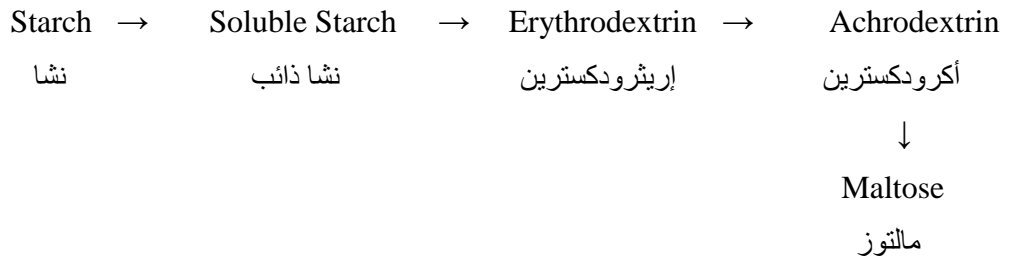
وتتلخص وظائف اللعاب فى الآتى:

- ١- يعمل اللعاب على ترطيب الطعام وتسهيل أنزلاقه من أجل أبتلاعه.
- ٢- يعمل على تنظيف الفم والأسنان من الجراثيم.

- ٣- يذيب بعض المواد الغذائية الصلبة لوفرة الماء به، وبذلك يخدم حاسة التذوق.
- ٤- يلعب دوراً هاماً في تنظيم التوازن المائي في الجسم.
- ٥- يعمل على تخليص الجسم من بعض الأملاح كألاح الزئبق والرصاص واليود، التي يخرجها عن طريق اللعاب.
- ٦- تحويل النشا إلى مالتوز بفعل إنزيم الأميليز، ثم تكسير المالتوز إلى جلوكوز بفعل أنزيم المالتيز.

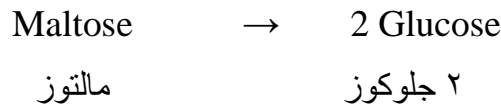
- أنزيم الأميليز Amylase

وهو يحول النشا إلى مالتوز



- أنزيم المالتيز Maltase

وهو يحول المالتوز إلى جلوكوز

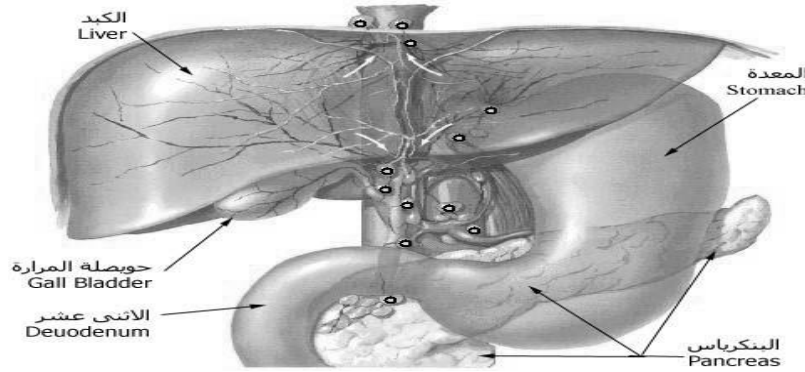


ثانياً: المعدة Stomach

عندما يصل الطعام إلى المعدة فإنها تفرز العصارة المعدية Gastric juice كاستجابة لمؤثرات عصبية وهرمونية خاصة، وتبدأ هذه المؤثرات العصبية بعمليات التزوق أو رؤية الطعام أو بشم رائحته أو حتى مجرد التفكير في الأكل وعندما يلامس الغذاء الغشاء المخاطي المبطن للجزء الفؤادي من المعدة يفرز هذا الغشاء هرمون الجاسترين Gastrin الذي يدور مع الدم حتى يعود مرة أخرى إلى خلايا المعدة فينبهها إلى إفراز العصارة المعدية.

❖ العصارة المعدية Gastric juice:

هي عبارة عن محلول مائي يتكون من حامض الهيدروكلوريك Hydrochloric Acid ، لذا في الوسط في المعدة حامضي وانزيمين هامين هما الببسين Pepsin والليباز lipase وفي الثدييات الرضع تحتوي العصارة المعدية على انزيم والرنين Rennin بدلا من الليبسين.



شكل يوضح الجهاز الهضمي

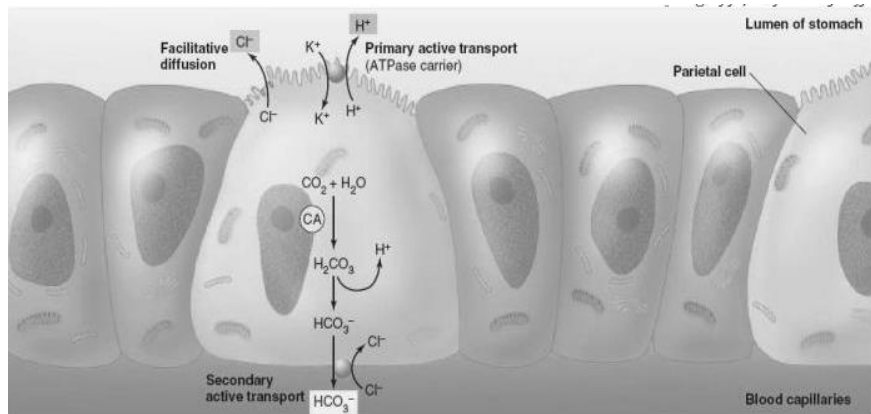
❖ ويتلخص دور حامض الهيدروكلوريك Hydrochloric Acid

- ١- يطهر الطعام من الميكروبات التي قد توجد به.
- ٢- يهيئ الوسط الحامضي المناسب لعمل إنزيمات العصارة المعدية.
- ٣- يعمل على تنشيط أنزيم الببسين من صورته غير الفعالة التي يفرز عليها (الببسينوجين) إلى صورته الفعالة (الببسين).
- ٤- يعمل على التحلل المائي الجزئي لبعض السكريان.
- ٥- يحول البروتينات إلى ميتا بروتينات حمضية، وهي خطوة تمهيدية لازمة لهضم البروتينات.

❖ كيفية إفراز حامض الهيدروكلوريك Hydrochloric Acid:

يتم إفراز حامض الهيدروكلوريك بواسطة الخلايا الغدية المنتشرة في الغشاء المخاطي المبطن للمعدة على الوجه التالي:

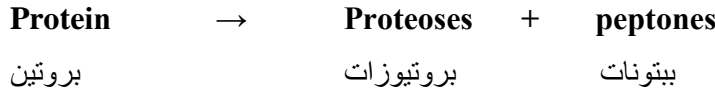
يتفاعل ثاني أكسيد الكربون (CO_2) مع الماء فينتج حامض الكربونيك (H_2CO_3) الذي يتأين إلى أيونات البيكربونات (HCO_3^-) والهيدروجين (H^+). ويعبر أيون البيكربونات إلى بلازما الدم بينما يفرز أيون الهيدروجين إلى المعدة مع أيون الكلوريد.



شكل يوضح إفراز حامض الهيدروكلوريك من الخلايا المعدة

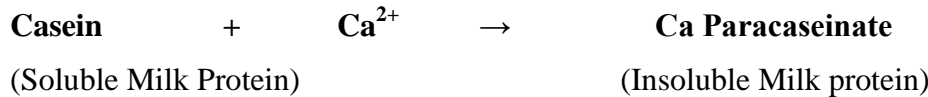
❖ إنزيم الببسين Pepsin

يفرز هذا الإنزيم على شكل غير فعال يسمى الببسينوجين Pepsinogen. ويعمل حامض الهيدروكلوريك على تحويله إلى الشكل الفعال الببسين Pepsin. وهو إنزيم محلل البروتينات ويعمل في وسط حمضي، ودرجة الأس الهيدروجيني المثلى له تقع بين ١ - ٢ ووظيفة هذا الإنزيم هي اسراع تحلل البروتينات إلى أحماض أمينية، إلا أنه خلال الفترة الوجيزة التي تستغرقها عملية الهضم في المعدة فإن هذا الإنزيم يعمل عادة على تحلل البروتينات جزيئاً إلى (بروتيازات وبيتونات).



❖ إنزيم الرنين (مخثر اللبن) Rennin

لا يوجد هذا الإنزيم إلا في معد الحيوانات الثديية الصغيرة والأطفال. وهو يحول الكازين (بروتين اللبن الذائب) إلى باركازين (بروتين اللبن الغير ذائب)، وأفضل درجة تركيز الأس الهيدروجيني لهذا الإنزيم تقع بين ٥ - ٦.



كازين (البروتين اللبن الذائب)

باركازينات الكالسيوم (بروتين اللبن الغير ذائب)

ثم يأتي إنزيم الببسين فيحول الباركازين (بروتين اللبن الغير ذائب) إلى بيتونات وهي الصورة قبل النهائية لهضم البروتينات. وفي الكبار حيث لا يوجد إنزيم الرنين يقوم إنزيم الببسين بتخثير اللبن وهضمه معاً.

وتعتمد صناعة الأجبان على الدور الذي يلعبه إنزيم الرنين في تخثر اللبن. ويمكن تحضير هذا الإنزيم من معد الحيوانات الثديية الصغيرة كالعجول لكي يستخدم في تلك الصناعة.

❖ إنزيم الليباز المعدي Gastric lipase

هو إنزيم محلل للدهون ضعيف المفعول يعمل في وسط حمضي تتراوح فيه درجة الأس الهيدروجيني ما بين ٥ - ٦ وهو مثل الرنين يقتصر دوره في الهضم على معدة الثدييات الصغار حيث يحلل الدهون المستحلبة إلى أحماض دهنية وجلسرين.

وتتلخص أهمية المعدة في عملية الهضم في أنها تعمل على نقل الطعام إلى الأمعاء في صورة كتلة متجانسة شبة سائلة تعرف بالكيμος Chyme. وخلال عملية الهضم ينقبض جدارها العضلي باستمرار لخلط العصارة المعدية بالطعام ولدفع الكيμος في اتجاه الأمعاء. ويحرس مدخل الأمعاء عضلة عاصرة قوية Sphincter Muscle لا تفتح إلا بعد انتهاء عملية الهضم في المعدة.

ثالثاً : الأمعاء الدقيقة Small Intestine

يتم الهضم فى الأمعاء الدقيقة على الدهون أساساً ثم على ما تبقى مما لم يتم هضمه من الكربوهيدرات فى الفم وبروتين فى المعدة. والوسط فى الأمعاء الدقيقة قلوئى نتيجة لإفراز بيكربونات الصوديوم من جدارها ومع العصارة البنكرياسية أيضاً. ويجرى الهضم فى الأمعاء الدقيقة بفعل ثلاثة عصارات هى : العصارة الصفراوية، البنكرياسية، المعوية.



شكل يوضح الأمعاء الدقيقة والغليظة

(١) الصفراء Bile:

الصفراء سائل قلوئى لزج يقوم بإفرازه الخلايا الكبدية ثم يمرر فى القنوات الصفراوية إلى الحويصلات الصفراوية حيث يركز ويخترن.

- مكونات الصفراء:

ويتتركب الصفراء من أصباغ الصفراء bile pigments أملاح الصفراء bile salts وتنتج أصباغ الصفراء عن تحلل الهيموجلوبين الدم وهى تشمل صبغ البيليفردين biliverdin (أخضر اللون) وصبغ البيلوروبين bilirubin (أحمر اللون). أما أملاح الصفراء فهى عبارة عن جليكوكولات glycolate وtaurocholate الصوديوم والبوتاسيوم.

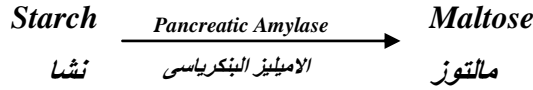
وهى تساعد على تقليل التوتر السطحى للسوائل ومن ثم فهى تعمل على تحويل الدهون إلى مستحلب وبذلك يساعد على إفراز الصفراء على إمتصاص الدهون والفيتامينات القابلة للذوبان فى الدهون ويمنع حدوث عملية التخمر البكتيرى فى الأمعاء وبالإضافة إلى ذلك فإن إفراز الصفراء يعمل على تنبيه الحركة الدودية فى القناة الهضمية وتخرج كمية معينة من أملاح البيكربونات مع إفراز الصفراء فترتفع درجة الأس الهيدروجينى له إلى ٨.

(٢) العصارة البنكرياسية Pancreatic Juice:

تفرز العصارة البنكرياسية بواسطة البنكرياس. وهى تحتوى على خمسة إنزيمات يؤثر واحد منها على الكربوهيدرات وثلاثة على البروتينات وواحد على الدهون.

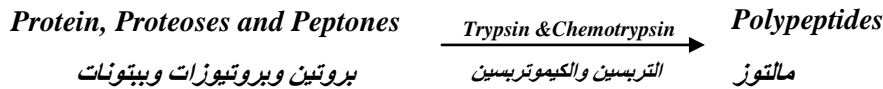
أ- إنزيم الأميليز البنكرياسي **Pancreatic Amylase**:

وهو يقوم بهضم الكربوهيدرات التي لم تهضم بإنزيم الأميليز اللعابي ، فيحولها إلى المالتوز (سكر ثنائى)



ب- إنزيم التربسين **Trypsin** والكيموتريرسين **Chemotrypsin**:

وهما يفرزان فى صورة غير فعالة تربسينوجين Trypsinogen وكيموتريرسينوجين Chemotrypsinogen. ويتحولان إلى صورتهم الفعالة تربسين وكيموتريرسين (على الترتيب) بواسطة إنزيم الإنتروكيناز Entrokinase الذى يفرز من جدار الإثنى عشر. ويعمل هذان الإنزيمان على البروتين الذى لم يتأثر فى المعدة بإنزيم الببسين أو الذى تأثر به فهضم إلى بروتيازات وببتونات، فيحولان كل ذلك إلى عديد الببتيد.

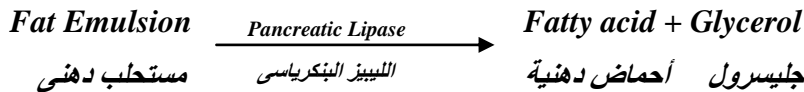


ج- كربوكسى الببتيداز **Carboxy Peptidase**:

ويعمل هذا الإنزيم على عديد الببتيد فيفصل منه الأحماض الأمينية الطرفية التى لها مجموعه كربوكسيل حرة (طرفية) ويحوله فى النهاية إلى ثنائى الببتيد:

د- إنزيم الليبيز البنكرياسي **Pancreatic Lipase**:

وهو يقوم بهضم الدهون وتحويلها إلى أحماض دهنية وجليسول ، وذلك من خلال فك الربطة الإستيرية التى تربط بين الأحماض الدهنية والجلسول فى جزيئات الدهون ويتم تنشيط هذا الإنزيم بواسطة أملاح الصفراء ودرجة تركيز الأس الهيدروجيني المثلى له هى ٧.

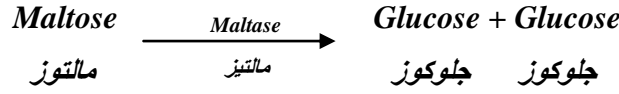


(3) العصارة المعوية **Intestinal Juice**:

تفرز العصارة المعوية من غدد أنبوبية فى الطبقة المخاطية لجدار الأمعاء الدقيقة تسمى بكهوف ليبركين Crypts of Lieberkuhn . وهى عصارة قلبية تحتوى على خمسة أنواع من الإنزيمات ، يؤثر ثلاثة منها على الكربوهيدرات، وواحد على البروتينات، وواحد على الدهون.

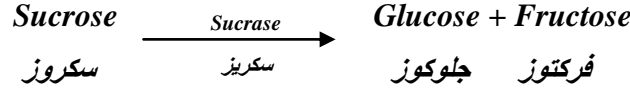
أ- المالتيز Maltase:

وهو يعمل على تكسير جزئ المالتوز إلى جزيئين من الجلوكوز:



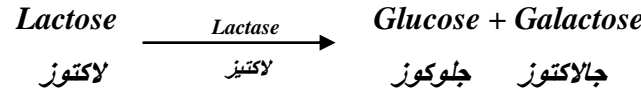
ب- السكريز Sucrase:

وهو يعمل على تكسير جزئ السكروز إلى جزئ جلوكوز وجزئ فركتوز:



ج- اللاكتيز Lactase:

وهو يعمل على تكسير جزئ اللاكتوز إلى جزئ جلوكوز وجزئ جاللاكتوز:



والجلوكوز والفركتوز والجاللاكتوز هم النواتج النهائية لهضم الكربوهيدرات.

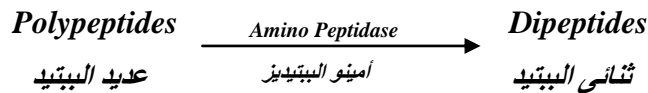
د- الإربسين Erepsin:

ويعد هذا الإنزيم خليطاً من إنزيمين هامين هما إمينو الببتيديز Amino Peptidase وثنائي الببتيديز Dipeptidase.

- إمينو الببتيديز Amino Peptidase

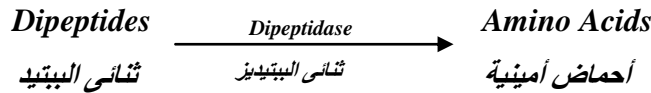
وهو يفصل الأحماض الأمينية التي تحتوي على مجموعة أمين حرة في نهايات سلاسل

عديد الببتيد فيحولها إلى ثنائي الببتيد:



- ثنائي الببتيديز Dipeptidase

وهو يحول ثنائي الببتيد إلى أحماض أمينية :



والأحماض الأمينية هي الناتج النهائي لهضم البروتين.

ه- الليباز المعوي Intestinal Lipase:

ويكمل هذا الإنزيم هضم الدهون التي لم يستطيع الليباز البنكرياسي Pancreatic Lipase

هضمها تماماً. والأحماض الدهنية والجسورول هما الناتجان النهائيان لهضم الدهون.

دور الهرمونات في عملية الهضم:

للهرمونات دور هام في إفراز الإنزيمات الهاضمة وفي تنشيط عمليات الهضم وأهم هرمونات الجهاز الهضمي هي:

١- هرمون الجاسترين Gastrin Hormone:

يعمل هذا الهرمون على زيادة إفراز الكلور وإنزيم الببسين. ويفرز من المعدة ومن مخاطية الأثنى عشر.

٢- هرمون الكولي سيستوكينين - بنكريوزيمين Cholycystokinin- Pancreozymin:

يعمل على تنبيه البنكرياس ليفرز العصارة البنكرياسية، كما يعمل على تنشيط المعدة وإفراجها لمحتوياتها. يفرز أيضاً من المخاطية الأثنى عشر.

٣- هرمون السكرتين Secretin:

يعمل على إفراز البيكربونات من البنكرياس والكبد ويثبط إفراز الكلور من المعدة، وهو يفرز أيضاً من الأثنى عشر.

٤- هرمون الببتيد المثبط للمعدة:

يعمل هذا الهرمون على إفراز الانسولين ويثبط حركة وإفراز المعدة. وهو يفرز أيضاً من الأثنى عشر.

٥- هرمون الببتيد المنشط للأوعية الدموية:

يعمل على إفراز الأيونات المعدنية والماء من الأمعاء. ويعمل كذلك على توسيع الأوعية الدموية ويثبط إفراز الكلور من المعدة. وهو يفرز أيضاً من الأثنى عشر.

الهضم في الأمعاء الغليظة Digestion in Large Intestine:

يعتبر دور عملية الهضم في الأمعاء الغليظة أقل أهمية منه في العواقب حيث تتميز الأمعاء بطولها الواضح ودورها الأكثر حيوية في هضم السليولوز بمساعدة بعض البكتيريا المتوفرة في تجويفها. وتعمل هذه البكتيريا، بواسطة إنزيمات خاصة، على تفكيك جزئيات السليولوز إلى وحدات بسيطة يمكن أن تمتصها الأمعاء بسهولة.

وفي نهاية رحلة الطعام داخل القناة الهضمية، يتبقى البراز Faces ، وهو عبارة عن كتلة شبه صلبة تحتوى على أجزاء النبات الغير مطحون، وقطع من السليولوز وبقايا الغذاء الغير مهضوم الأخرى وكمية قليلة من الماء ويتم إخراج البراز Egestion من الجسم على فترات عن طريق فتحة الشرج.

الامتصاص Absorption

عملية الامتصاص تعنى مرور جزيئات الغذاء العضوى المهضوم والماء والأملاح المعدنية والفيتامينات خلال الغشاء المخاطى المبطن للأمعاء لتصل إلى الدم أو الليمف. ولا يحدث الامتصاص فى تجويف الفم إلا لبعض العقاقير مثل المورفين، ولبعض الهرمونات. ولكن تتم عملية الامتصاص فى الأمعاء الدقيقة. ومن المعروف أن مساحة سطح الغشاء المبطن لهذه الأمعاء تزداد بدرجة كبيرة عن طريق تكوين ثنيات داخلية عديدة أو خملات Villi، عبارة عن زوائد اصبعية الشكل مغطاة بطلائية عمودية، وتحتوى كل خملة على ثلاثة شعيرات: شريانية ووريدية ولمفية.

كيفية الامتصاص:

يجرى امتصاص نواتج الهضم إلى الدم بإحدى وسيلتين :

(١) النقل غير النشط Passive Transport: الذى يحدث من وسط عالى التركيز إلى وسط منخفض التركيز.

(٢) النقل النشط Active Transport: الذى يحدث باتجاه معاكس للتركيز أى من وسط منخفض التركيز إلى وسط عالى التركيز، ولذا فهو يحتاج إلى طاقه.

ويمكن استعراض المواد المهضومة حسب طريقة انتقالها إلى الدم كالاتى:

الكربوهيدرات Carbohydrates:

تمتص الكربوهيدرات أو الأنواع أحادية السكر على وجه التحديد بطريقة النقل النشط ، بعد أن تحدث لها عملية الفسفرة ، تربط فيها مجموعات فسفات بجزئ السكر السداسى بمساعدة إنزيم ثلاثى الفسفات الأدينوزين Adenosine triphosphate (ATP)، وبذلك يتحول إلى سداسى فسفات الجلوكوز Glucose 6- Phosphate، الذى ينتشر خلال الغشاء المخاطى ، فيها يتم نزع مجموعات الفسفات منه مرة ثانية بمساعدة انزيم الفسفاتيز Phosphatase، فيتحرر الجلوكوز ويمر داخل الأوعية الدموية.

البروتينات Proteins:

تمتص البروتينات على هيئة أحماض أمينية ، وهذه تمتص بطريقة النقل النشط بواسطة الغشاء المبطن للأمعاء الدقيقة وتمرر إلى الأوعية الدموية وقد تمتص البروتينات على هيئة مواد ثنائية الببتيد ، ثم تحلل إلى أحماض أمينية داخل خلايا الطبقة المخاطية.

الدهون Lipids:

تمتص الدهون بطريقة النقل غير النشط وبمساعدة أملاح الصفراء.

الأيونات Ions:

يمتص الصوديوم بطريقة النقل النشط. بمساعدة هرمون الألدوستيرون Aldosterone الموجود فى الأمعاء الدقيقة وكذلك الجلوكوز. لذا يعطى المصاب بالأسهال محلول يحتوى على الصوديوم

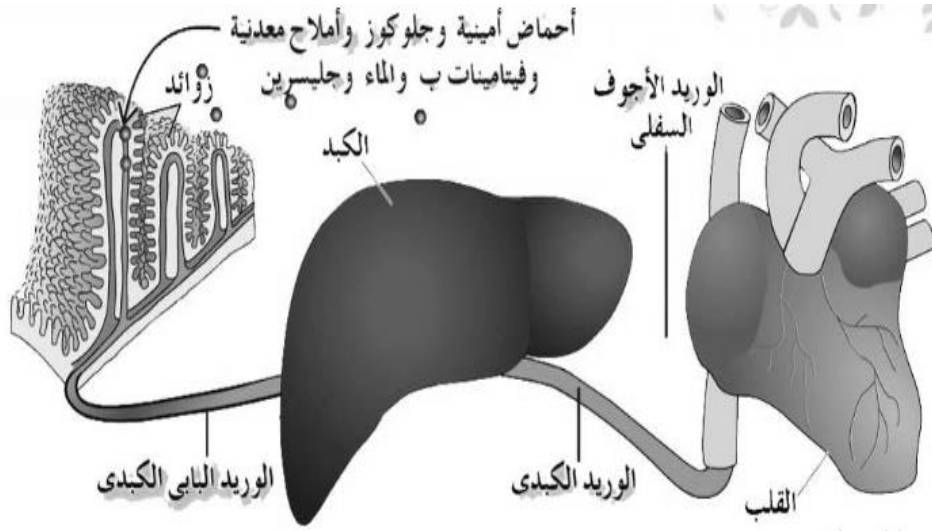
والجلوكوز. أما البوتاسيوم فيتم امتصاصه بطريقة النقل النشط، واما الكلور والبيكربونات فيتم امتصاصها بطريقة النقل النشط عن طريق التبادل في الأمعاء الدقيقة والقولون. فامتصاص الكلور يؤدي إلى خروج البيكربونات إلى الأمعاء الدقيقة.

الفيتامينات Vitamins:

يتم امتصاص الفيتامينات الذائبة في الماء (B, C, H) بسرعة عن طريق النقل غير النشط. أما الفيتامينات الذائبة في الدهون (A, D, E, K) فيعتمد امتصاصها على امتصاص الدهون.

الماء Water:

يتم امتصاص الماء بالنقل غير النشط ، ويتوافق امتصاص الماء مع امتصاص الغذاء ، إلا أن نسبة امتصاص الماء تزداد بعد دخول محتويات الأمعاء الدقيقة إلى الأمعاء الغليظة مما يؤدي إلى تحول محتوى الأمعاء تدريجياً من القوام السائل إلى القوام الصلب.



شكل يوضح كيفية امتصاص بعض المواد الغذائية