

التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية

Carbohydrates metabolism

أ. د. سوسن علي حميد

كيمياء غذائية

كلية الزراعة – قسم علوم الأغذية 2025

تعريف التمثيل الغذائي

- التمثيل الغذائي يقصد بالتمثيل الغذائي جميع التغيرات الكيميائية التي تحدث داخل الخلايا الحية, ويشتمل أيضا على جميع التغيرات الكيميائية التي تحدث للعناصر الغذائية بعد امتصاصها, ومقدار الطاقة التي تصدر عنها .
- يوجد في الخلايا نوعان من التفاعلات وهي :
 - -البناء : تتميز هذه التفاعلات بامتصاص الحرارة endergonic إضافة الى تكون مركبات ذات وزن جزيئي عالي من مركبات ذات وزن جزيئي صغير مثل تكون الكلايكوجين من الكلوكوز وتكون البروتينات من الاحماض الامينية

التمثيل الغذائي للكربوهيدرات

- - الهدم : تتميز هذه التفاعلات بأنها مصحوبة بانطلاق الحرارة exergonic وهدم في هذه المركبات ذات الوزن الجزيئي العالي الى مركبات ذات وزن منخفض مثل تحول الكلايوجين الى كلوكوز واكسدة الكلوكوز الى $CO_2 + H_2O$ في الشخص البالغ الطبيعي يوجد اتزان بين عمليات الهدم والبناء لذلك يبقى وزن الجسم ثابتا تقريبا.
- . اما في مرحلة الطفولة والمراهقة فان البناء يكون اعلى من عملية الهدم لذلك يزداد الوزن
- . اما في حالة المرض ينقص الوزن فان الهدم يكون اعلى من البناء لذلك ينقص الوزن.

هضم الكربوهيدرات في الجسم

■ في الفم : لا تتأثر السكريات الاحادية او الثنائية او السليلوز. أما النشا المطبوخ والدكسترين فأنها تتأثر بأنزيم Amalyses اللعاب متحول الى سكر maltose واثناء ذلك تتكون مركبات وسطية من الدكسترين ومالتوز وكلوكوز .

■ في المعدة : يستمر عمل الامليز اللعاب لمدة تتراوح بين 15-30 ويقف عمل الانزيم عندما تصل حموضة المعدة الى حد معين .
لأتفرز المعدة اي انزيمات تؤثر على مواد الكربوهيدراتية ولكن وجود حامض HCL الموجود في المعدة قد يحلل جزءا بسيطا من السكريات الثنائية مثل Sucrose الى fructose ,glucose

هضم الكربوهيدرات في الجسم

- في الاثني عشر : 1- بواسطة العصارة البنكرياسية يتحلل الجزء المتبقي من المواد النشوية بواسطة amylase البنكرياس الى maltose بنفس خطوات amylase اللعاب وعن طريق amylase البنكرياس يتحلل النشا غير المطبوخ الى مالتوز وبانتهاء عمله يتحول جميع ما بالطعام من نشا الى مالتوز
- - بواسطة العصارة المعوية تتحلل السكريات الثنائية الى سكريات احادية اذ يؤثر انزيم maltase على المالتوز ليتحول الى جزيئتين من الكلوكوز اما انزيم lactase على lactose الحليب ليعطي كلوكوز + كلاكتوز اما انزيم Invertase فيحلل sucrose ليعطي كلوكوز + فركتوز .

امتصاص المواد الكربوهيدراتية

Absorption of carbohydrates

■ يتم امتصاص السكريات الاحادية من الامعاء الدقيقة بواسطة الطرق الاتية :

■ 1- الانتشار الغشائي الى زيادة تركيز هذه السكريات في الامعاء الدقيقة عن تركيزها في الدم . ويعتمد الامتصاص بواسطة الانتشار الغشائي على الوزن الجزيئي للسكر . فالامتصاص بواسطة الانتشار الغشائي يحدث ببطء لذلك فهذه العملية لا تعتبر العملية الاساسية بالنسبة لامتصاص السكريات الاحادية من الامعاء .

2- الامتصاص عن طريق عملية الفسفرة phosphorylation
يعتمد الامتصاص بهذه الطريقة على فسفرة السكريات
الاحادية قبل ان يمتص ويتم ذلك بواسطة انزيمات خاصة
ومركب خاص له القدرة على منح مجموعة الفوسفات للسكر
الأحادي هو ATP

أكسدة المواد الكربوهيدراتية

Carbohydrate oxidation

■ أكسدة بغياب O_2 (أكسدة لاهوائية) anaerobic oxidation
تشتمل عدة تفاعلات متتابعة تحدث تحت ظروف لاهوائية.
تتفكك المواد الكربوهيدراتية وتنبعث منها كمية من الطاقة
يحصل عليها الكائن الحي , في هذا النوع من الأكسدة لا تتأكسد
المواد الكربوهيدراتية أكسدة كاملة الى ماء وثاني اوكسيد
الكاربون .

■ أكسدة هوائية (في وجود O_2) Aerobic oxidation تشمل
عدة تفاعلات متتابعة تحدث في ظروف هوائية في هذه الحالة
تتأكسد المواد الكربوهيدراتية الى ماء وثاني اوكسيد الكاربون
حيث تصل الى مرحلتها النهائية . لابد ان يسبق الأكسدة الهوائية
مرحلة من الأكسدة اللاهوائية

الأكسدة اللاهوائية للمواد الكربوهيدراتية

anaerobic oxidation of carbohydrate

- يقسم التنفس الى نوعين من التنفس اللاهوائي في غياب الأوكسجين والتنفس الهوائي في وجود الأوكسجين .
- ويعطى التنفس اللاهوائي طاقة أقل ومركبات وسطية غير مكتملة الأكسدة ويطلق عليه مسمى التخمر في الغالب ويحدث في الكائنات الدقيقة كالبكتيريا والفطريات .
- والهوائي هو الغالب في النباتات العليا ويعطى طاقة اكبر ومركبات وسطية أكثر .

الأكسدة اللاهوائية للمواد الكربوهيدراتية

- تتم عن طريق مسار امبدن مايرهوف Embeden Meyerhof pathway يتحول الكلوكوز او الكلايكوجين بالعضلات الى حامض اللاكتيك وتبدأ الخطوة الاولى بتهيئة جزيئة الكلوكوز وذلك بفسفرتها في الموقع 6 ويتحول الى glucose-6- phosphate بواسطة انزيم Hexokinase الذي يحتاج الى وجود ايونات المغنسيوم لعمله ويتم استهلاك جزيئة ATP وحسب المعادلة التالية
- $$\text{Glucose} + \text{ATP} \rightarrow \text{glucose-6-phosphate} + \text{ADP}$$

الأكسدة اللاهوائية للمواد الكربوهيدراتية

- 1- إذا بدأ التفاعل بالكلايوجين فيتكون Glucose-1-phosphate
- 2- glucose-6-phosphate,
- 3- يتحول إلى fructose-6-phosphate بواسطة إنزيم isomerase
- 4- يتحول الفركتوز إلى fructose 1,6 diphosphate في وجود ATP
- 5- يتفكك المركب إلى مركبين هما Dihydroxyacetone phosphate و 3-phosphoglyceraldehyde بواسطة إنزيم Aldolase

الأكسدة اللاهوائية للمواد الكربوهيدراتية

- 6- لا يلبث مركب ثنائي هيدروكسي فوسفات كلسيرول ان يتحول الى فوسفات الديهايد 3- كلسيرول بواسطة انزيم phosphor triose isomerase (وبذلك يمكن القول ان كل جزيئة من الكلوكوز تعطي جزيئتي من مركب كلسيرالدهايد 3- فوسفات)
- 7- يتحد كل جزئي من هذا المركب مع الفوسفات بوجود انزيم ديهيدروجينيز وهو نازع للهيدروجين ويختزل NAD^+ معطيا مركب 1,3- Diphosphoglyceric acid

الأكسدة اللاهوائية للمواد الكربوهيدراتية

- 7- يقوم انزيم فوسفوكليسيروميوتيز بتحويل 3-فوسفات حامض الكليسيريك الى 2- فوسفات حامض الكليسيريك في وجود ايونات المغنسيوم
- 8- ينتزع الماء من هذا المركب بوجود انزيم Enolase فيتكون حامض phosphoenol pyruvic
- 9- ثم يتحول هذا الحامض من الصورة الاينولية الى الصورة الكيتونية (حامض بيروفيك) الاكثر ثباتا .
- 10- وهذا الحامض هو الذي يختاره NADH لكي يزوده بما يحمله من الهيدروجين ونتيجة لذلك يختزل حامض البير وفيك متحولا الى حامض اللاكتيك وفي نفس الوقت يتحول NADH الى NAD الذي يعود مره اخرى لتكرار وظيفته .

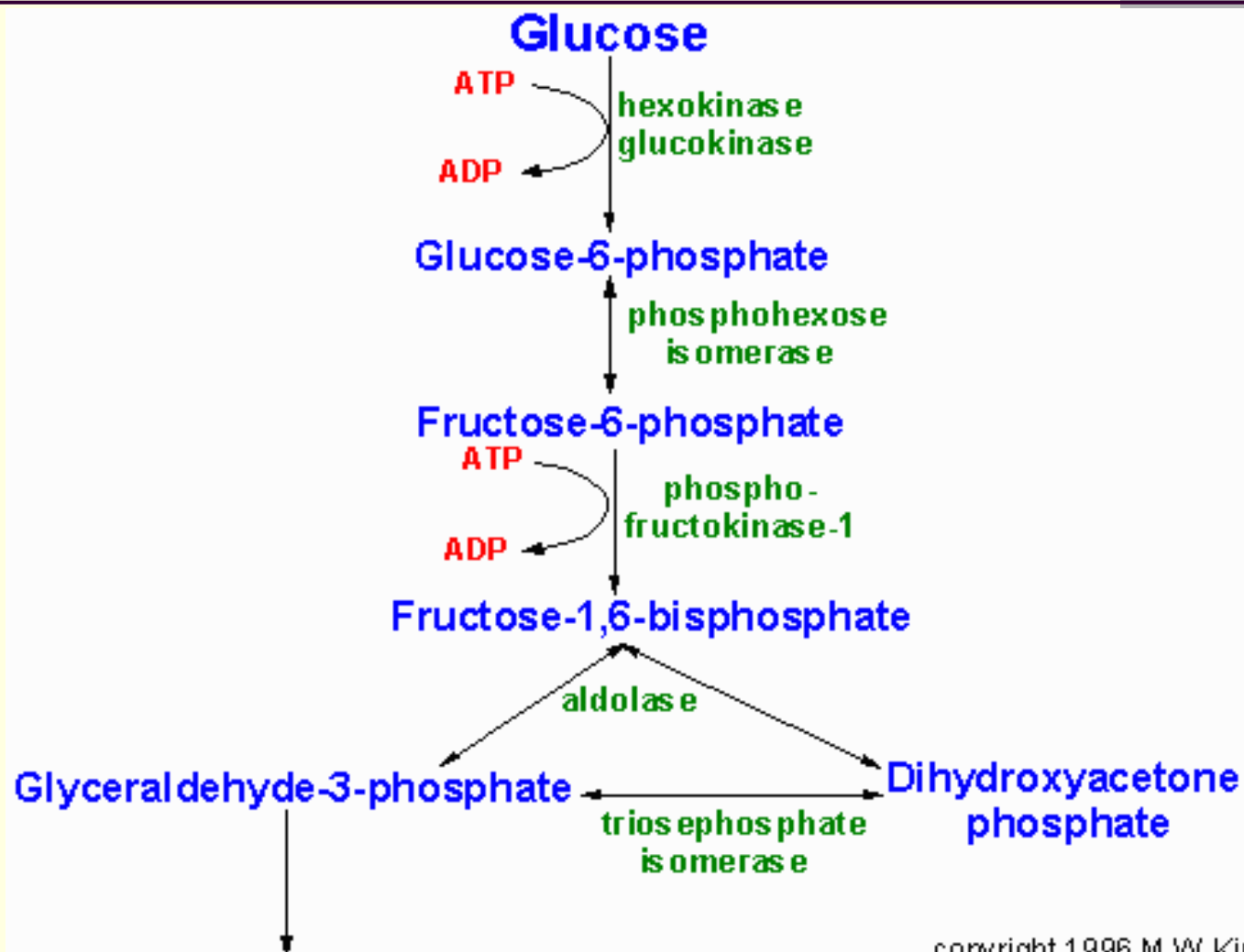
الأكسدة اللاهوائية للمواد الكربوهيدراتية

■ وتحول البيروفيك الى الاكتيك لا تحدث الى في وجود الاوكسجين ولما كان كل من الحامضان لازا لا يحتويان طاقة فيتضح ان الأكسدة اللاهوائية لا تعطي طاقة تامة ,لذا لابد من أكسدة الكربوهيدرات الى ماء وثاني اوكسيد الكربون لتنتقل جميع ما بها من طاقة . وبذلك ينتج 4 جزيئات من ATP في حين يستهلك خلال التفاعل جزيئتين فتكون المحصلة جزيئتان فقط من ATP بعد ذلك يدخل حامض البيروفيك في دورة حامض الستريك تتم الأكسدة الهوائية .

● يحتاج جزيء الكلوكوز الى ATP2 حتى يتحول الى فركتوز ثنائي الفوسفات .

● ينطلق 2 جزيء من ATP الاول عند تحول 1,3PGA الى 3,PGA والثاني عند تحول PEP الى بيروفات وكل منهم يمثل نصف جزيء كلوكوز وبالتالي فان الطاقة الناتجة تصبح 4 جزيئات ATP لكل جزيء كلوكوز.

● في مرحلة تحول 3- فسفوكلسر الدهايد الى 1,3PGA نتج عنه جزيء واحد من NADPH2 اي ان جزيء الكلوكوز ينطلق عنه 2 من NADPH2 اجمالي الطاقة الناتجة من خلال الدورة هي ATP8



مخطط التحلل اللاهوائي

