

التمثيل الغذائي للبيدات / هضم وامتصاص المواد الدهنية

ا.م.د. سوسن علي حميد

كيمياء اغذية

كلية الزراعة – قسم علوم الأغذية

٢٠١٨

التمثيل الغذائي للبيدات / هضم وامتصاص المواد الدهنية

الدهون من بين المواد الغذائية التي تزود الجسم بأقصى طاقة (kcal/gm) 9 لكل كمية من المادة الدهنية المتأكسدة . وهذه القيمة تعادل تقريبا ضعف مثلتها لنفس الوزن من البروتينات والكاربوهيدرات والجسم لا يؤكسد الدهون فقط ولكنه ايضا يخلقها وبصفة خاصة من الكاربوهيدرات ، وثبت ان الدهون والبروتينات والكاربوهيدرات الموجودة في الجسم تكون في حالة ديناميكية من الهدم والبناء .

حيث ان الخلايا الحية لا يمكنها ان تستعمل الحرارة لتقوم بوظائفها لان الطاقة الحرارية تؤدي شغلا فقط عند انسيابها من المناطق الدافئة الى الاكثر برودة . ولكن من الجهة العلمية لا يوجد اختلاف في درجات حرارة الخلية الحية . وتسترجع الخلية الطاقة المنبعثة من أكسدة المواد الغذائية ليس كحرارة ولكن كطاقة كيميائية تستطيع ان تقوم بعمل في نظام ثابت الحرارة وللحصول على طاقة في صورة مفيدة فأن الخلية تؤكسد وقودها على مراحل والأنزيمات هي المحرك لعملية الاحتراق

التمثيل الغذائي للبيدات / هضم وامتصاص المواد الدهنية

وفي هذا القسم من التفاعلات الكيميائية العضوية التي بواسطتها تنهدم وتخلق المواد الدهنية توصف باختصار كما يأتي ((تدخل الدهون الجسم من خلال الفم وتمر الى المعدة ولكنها تتأثر قليلا بمحيطها الحامضي وتمتص الدهون اولا في الأمعاء الدقيقة حيث تستحلب بواسطة املاح حوامض الصفراء bil acid & salts وتتحلل الى حوامض وكلسيرين بواسطة انزيمات مختلفة للذوبان في الماء Lipase ومن الأمعاء تدخل البيدات المتحللة الى مجرى الدم وتنتقل الى الأعضاء الاخرى وخاصة الكبد لتكملة عملية التمثيل الغذائي. وقد يحدث اعادة اتحاد ا وان الكلسيرين الذي يشابه في تركيبه الكاربوهيدرات

التمثيل الغذائي للبيدات / هضم وامتصاص المواد الدهنية

■ يمكن ان يدخل دورة التمثيل الغذائي للكاربوهيدرات . كما ان الأحماض الدهنية قد تحلل كلياً الى ثاني اوكسيد الكربون وماء لتزويد الطاقة ((.والخاصية التركيبية الأساسية في المرافق الأنزيمي CoA والهامة في التمثيل الغذائي للمواد الدهنية هي مجموعة SH ولهذا يرمز لها برمز SH-CoA

■ ١- في الفم : لا يحدث شيء للدهون

٢- في المعدة : تتأثر الدهون بواسطة لايبيز العصارة المعدية وتتحلل الى احماض دهنية وكلسيرول وعمل لايبيز المعدة محدود اذ ان الاس الهيدروجين للمعدة يتراوح بين ١-٢ وهذا لا يلائم عمل هذا الانزيم ولكن هذا لا يمنع ان هذا الانزيم له اهمية عند الاطفال لان الاس الهيدروجيني للعصارة المعدية في هذه الحالة ٥-٦ وهو ملائم تماماً لعمل هذا الانزيم .

التمثيل الغذائي للبيدات /هضم وامتصاص المواد الدهنية

■ في الاثني عشر : يؤثر انزيم الايبيز الذي يوجد بالعصارة البنكرياسية والمعوية على الدهون وهو يقوم بفصل الاحماض الدهنية وكلسيرول من الدهون ويتم هضم الدهون بهذا الانزيم على خطوات مع تكوين مركبات وسيطة هي ثنائي واحادي الكيلسيريد وبالتحلل الكامل للدهون يتم فصل جميع ما بالدهون من احماض دهنية وكلسيرول وفي الامعاء الدقيقة لا تتحلل الدهون كلها الى مكوناتها من احماض دهنية بل يظل ٤٠% منها بصورة مستحلب دهني .

التمثيل الغذائي للبيدات / هضم وامتصاص المواد الدهنية

■ اما الباقي فيتحلل اما تحللا كاملا او جزئيا وتلعب املاح الصفراء دورا هاما في هضم الدهون وبما ان الاحماض الدهنية لا تذوب بالماء فأنها تتحد مع الاملاح الصفراوية مكونه معقد Choleric complex يذوب بسهولة في الماء وبذلك يمكن للإحماض الدهنية من اختراق جدران الامعاء بسهولة وبعد اختراقها تتحلل مرة اخرى الى احماض دهنية و املاح صفراوية . بعد امتصاص الدهون يتجه الجزء الذي سيمثل غذائيا الى الكبد اما الجزء الزائد الذي لا يحتاج الجسم ال تمثيله يتجه الى بعض الأنسجة حيث يخزن هناك .

مصير الدهون بعد امتصاصها :

- أكسدتها إلى طاقة عبر أكسدة بيتا.
- يختزن جزء في الخلايا الدهنية (النسيج الدهني).
- يتحول إلى الأغشية الدهنية (مثل الأغشية ثنائية الطبقة).
- اخراج جزء بسيط من الدهون عن طريق الغدد اللبنية في الحليب.

-وفي الكبد يحدث للدهون مايلي :

تمثيل لكليسرول في الجسم : تتحلل الدهون قبل تمثيلها الى احماض دهنية وكليسيروول ويتحول الكليسيروول الى كلوكوز (عن طريق تحوله اولا الى فوسفوكليسيرالدهايد) او قد يتأكسد الى H_2O , CO_2 وذلك بطريقة التي ذكرناها في تمثيل الكربوهيدرات وكذلك بإمكان الكليسيروول ان يتحول الى كلايكوجين .

التمثيل الغذائي للأحماض الدهنية

الأحماض الدهنية والتي تشكل الجزء الأكبر ٩٠% من تمثيل المواد الدهنية تتعرض إلى سلسلة مختلفة من التغيرات تؤدي في النهاية إلى أكسبتها إلى ماء و CO_2 .

■ ماذا يحدث للأحماض الدهنية في الكبد ؟

■ **أولاً :** تتشبع الأحماض غير المشبعة وبأماكن الكبد إن يوم بتشبيع الأحماض غير المشبعة عن طريق تزويدها بالهيدروجين ومثال على ذلك الأوليك يتحول إلى ستياريك

■ وهذه العملية غير محدودة أي لا توجد قيود تحد من هذه العملية .
ولذلك لا يقتصر التشبع للأحماض احتوية على أصرة واحدة بل على أكثر من أصرة مزدوجة ،

التمثيل الغذائي للأحماض الدهنية

■ كذلك يقوم الكبد بعكس العملية اي نزع الهيردوجين من الحامض الدهني وتكوين اصرة مزدوجة وتختلف هذه العملية عن السابقة في انها محدودة جدا اذ يقتصر الكبد على تكوين اصر واحدة فقط من الحامض الدهني . وهذا يفسر عدم استطاعة الكبد في تكوين الاحماض الدهنية الأساسية essential fatty acid

■ **ثانيا :** اطالة وتقصير السلسلة الكربونية للاحماض الدهنية في الكبد يتم اطالة السلسلة الكربونية carbon chain للاحماض الدهنية كما يتم تقصيرها، وتتم اكسدة الاحماض الدهنية في الكبد وهناك عدة نظريات لأكسدة الاحماض الدهنية

أكسدة بيتا

- يوجد عدة طرق الأكسدة الدهون أهمها أكسدة بيتا.
- تعتبر المصدر الرئيسي للطاقة أثناء الامتناع عن الأكل.
- تحدث أكسدة بيتا بشكل خاص في الميتوكتريا.
- يوجد الدهن في السيتوبلازم وعملية نقلها (من السيتوبلازم إلى الميتوكتريا) تنقسم إلى ثلاث مراحل
- - **في السيتوبلازم:**
- يحدث تنشيط للأحماض الدهنية عن طريق الأسترة الأنزيمية مع مساعد الأنزيم CoA الموجود خارج الميتوكتريا عن طريق تكوين رابطة استرية كبريتية.

اكسدة بيتا

- يحتاج إلى أنزيم الفاتي أسيل سينثيز fatty acyl synthase.
- تستهلك جزيئين من الطاقة (2ATP) لتكوين الرابطة الأسترية الكبريتية.

- ينتج مشتق أسيل مساعد الأنزيم A.

٢- عبر غشاء الميتوكوندريا الداخلي:

- تنقل مجموعة الأسيل الدهني الموجودة في مشتق الأسيل مساعد الأنزيم A من مساعد الأنزيم إلى الجزيئة الناقلة الكارنتين.

- تحتاج إلى أنزيم الكارنتين أسيل ترانسفيريز carnitine acyl transferase

- تنقلها عبر الغشاء الداخلي للميتوكوندريا.

اكسدة بيتا

■ إعادة انتقال الأسييل الدهني من الكارنتينين إلى مساعد الأنزيم من الميتوكوندريا ليعطي مرة أخرى مشتق الأسييل مساعد الأنزيم A.

■ تفاعل dehydrogenation

■ تفاعل Hydration

■ - تفاعل Dehydrogenation

■ خطوة الكسر clavage step

اكسدة بيتا

■ في التفاعل الأول:

■ يتم نقل ذرتي هيدروجين من الكربونة الثانية والثالثة إلى FAD.

■ يتم تكوين رابطة ثنائية.

■ في التفاعل الثاني:

■ يضاف جزيء ماء.

■ تكون هناك مجموعة هيدروكسيل في الكربونة الثالثة (موقع بيتا).

اكسدة بيتا

■ في التفاعل الثالث:

■ تفاعل أكسدة واختزال.

■ تؤكسد مجموعة الهيدروكسيل الموجودة في البيتا كربون إلى مجموعة كيتون.

■ -يختزل جزيء NAD^+ إلى $NADH$.

■ في التفاعل الرابع:

■ يكسر الارتباط بين ذرتي الكربون الثانية والثالثة.

■ يحتاج إلى مساعد أنزيم A جديد.

اكسدة بيتا

■ الناتج أسيتيل مساعد الأنزيم A الذي سوف يدخل إلى دورة كربس لإتمام عملية أكسدته إلى ثاني أكسيد الكربون وماء وطاقة ، وفاتي اسيل مساعد الأنزيم A جديد يختلف عن الأول الذي بدأت به تفاعلات الأكسدة بعدد ذرات الكربون (تقل بذرتين عن الأول).

■ لا يحتاج إلى تنشيط مرة أخرى.

■ يكون داخل الميتوكوندريا.

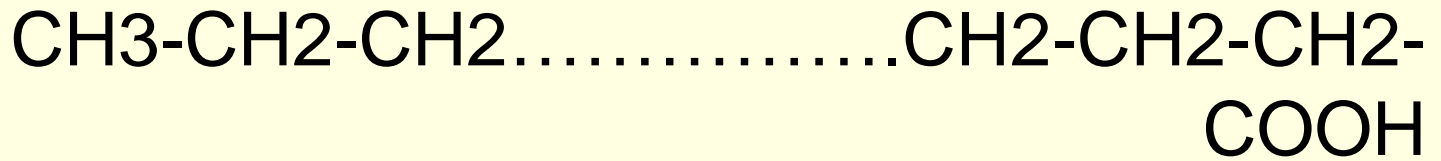
■ أسيتل مساعد الأنزيم COA الناتج سوف يدخل بعد ذلك إلى دورة كربس.

اكسدة بيتا

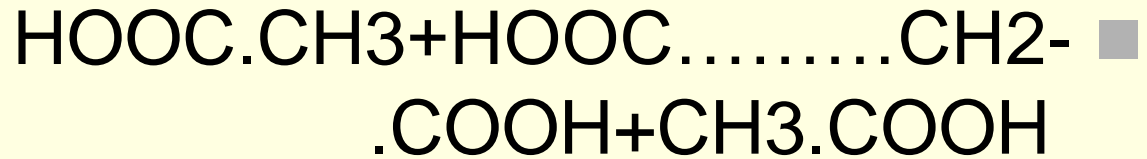
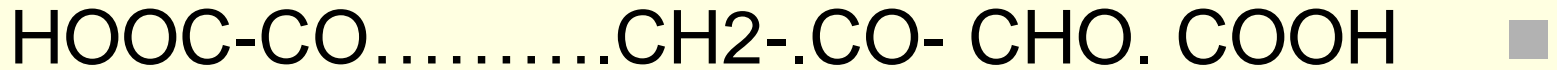
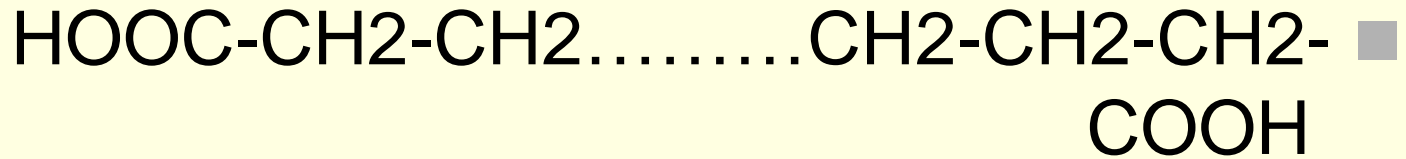
- في كل دورة من أكسدة بيتا يتم إنتاج:
 - جزيء واحد من NADH (تعطي ٣ ATP في سلسلة الإلكترونات)
 - أكسدة بيتا تتأكسد الأحماض الدهنية بالإزاحة المتتالية لذرات من الكربون على صورة أسيتل COA.
 - جزيء واحد من FADH₂ (تعطي ٢ ATP)
 - يكون الناتج النهائي ٥ جزيئات من ATP

النظرية الثانية أكسدة الاحماض الدهنية من كلا الطرفين

وفي هذه الحالة يتأكسد الحامض الدهني اولا من طرفه النهائي غير الكربوكسيلي وبذلك يتحول الى حامض ثنائي الكربوكسيل وبما ان المركب الناتج يحتوي على مجموعتين كاروكسيل لذلك تتم اكسدة المركب في وضع بيتا من كلا الطرفين وتسمى الاكسدة ب اكسدة او ميكا ω

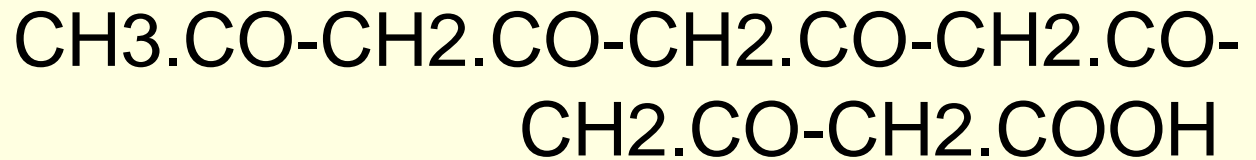
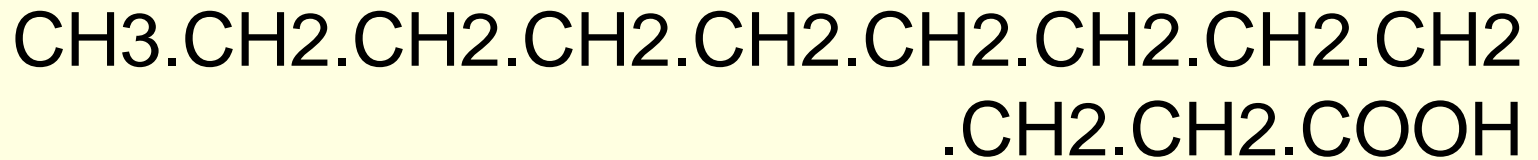


النظرية الثانية أكسدة الأحماض الدهنية من كلا الطرفين



النظرية الثالثة : أكسدة الأحماض الدهنية بطريقة التبادل المتعدد

وفي هذه الطريقة تتم أكسدة ذرة الكربون التي في وضع بيتا وكذلك ذرات الكربون المتبادلة معها في نفس الوقت ونتيجة لذلك يتفكك الحامض الدهني الى ما به من جزيئات حامض الخليك ..



الطاقة الناتجة من أكسدة الاحماض الدهنية :

■ عند أكسدة حمض البالميتك تستخدم جزيئة واحدة ATP لتنشيط حمض البالميتك و ينتج في الاكسدة الكاملة له ثمانية جزيئات من Acetyl- CoA و ٧ جزيئات من FADH2 و ٧ جزئيات من NADH وحصيلة الاكسدة تكون ٣٤ ATP . وان اكسدة جزيئة واحدة من الاستيل كواي في دورة كربس يرافقها انتاج ١٢ ATP فان عدد ال ATP التي تكونت نتيجة اكسدة الجزيئات الثمانية من الاستيل كواي هي $12 * 8 = 96$. اي ان عدد ال ATP التي تكونت نتيجة الأكسدة الكاملة لجزيئة واحدة من البالميتك يساوي

$$ATP \ 130 = 96 + 34$$