

هضم الدهون وأيضها

أكسدة بيتا

هضم الدهون

- أكسدة الأحماض الدهنية من أهم مصادر الطاقة في الحيوانات الراقية والنباتات التي تحتزن الطاقة على شكل دهون متعادلة.
- الدهون المتعادلة تحتوي على طاقة تقدر بـ (9 كيلو سعرة / جم) أما الجلايكوجين تحتوي على طاقة تقدر بـ (4 كيلو سعرة / جم).

تابع هضم الدهون

● في الفم:

- يوجد أنزيم اللابيز الذي يفرز من غدد اللسان (يعرف باللابيز اللساني) لكن بسبب قصر المدة التي يبقى الطعام فيها في الفم لا يجعل للهضم في الفم أهمية تذكر.

● في المعدة:

- يوجد أنزيم اللابيز المعدي الذي له دور أساسي في الأطفال الرضع.
- تتحول معظم الدهون الصلبة إلى مستحلب بسبب حرارة المعدة العالية.

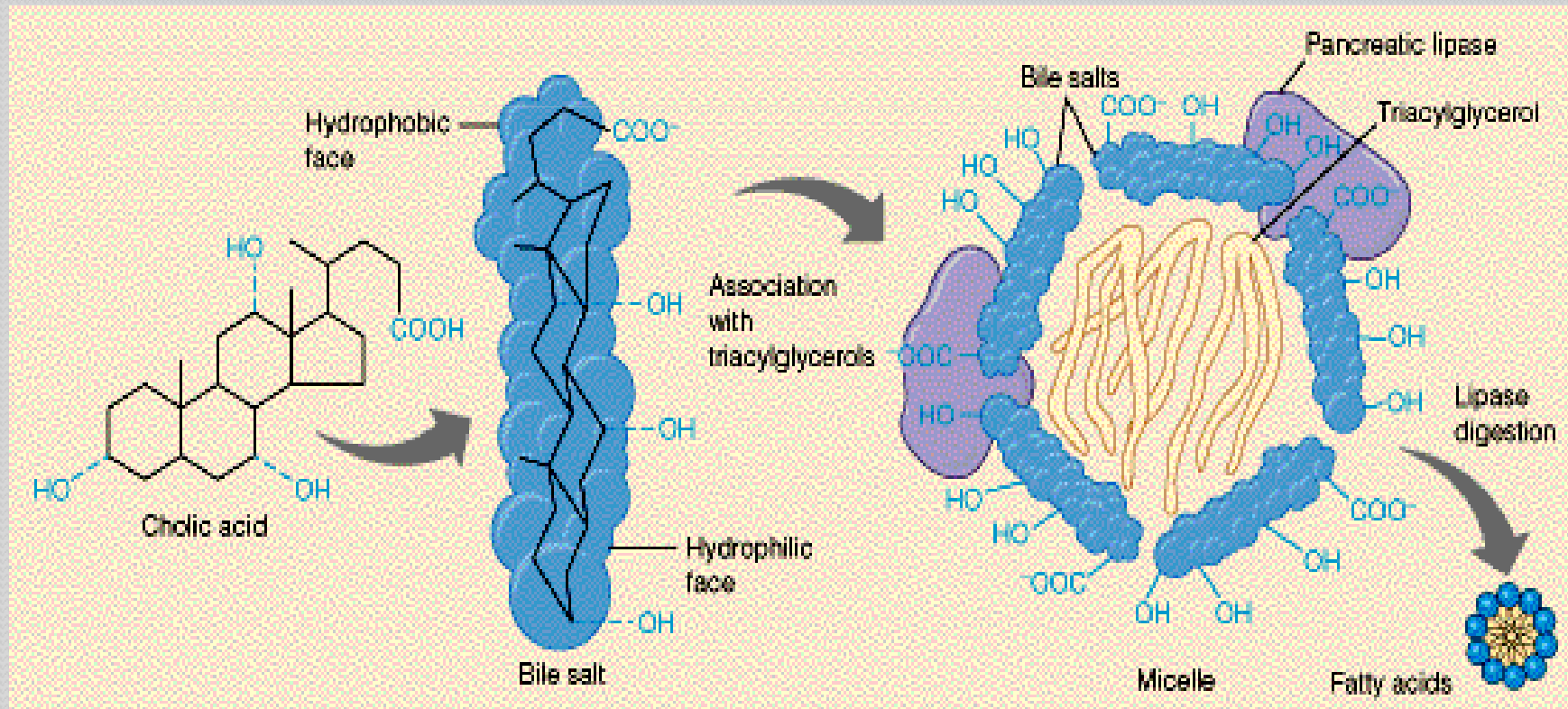
● في الإثني عشر:

- تصب عصارة الكبد في الإثني عشر التي لديها دور كبير في عملية هضم وامتصاص الدهون لإنتاجها العصارة الصفراء.
- تمتزج عصارة الكبد والبنكرياس معاً لتدخل الأمعاء لتباشر هضم الدهون الآتية من المعدة.

تابع هضم الدهون

- تحتوي العصارة الصفراء على أملاح الصفراء ، الماء ، صبغة الصفراء ، الكوليسترول و الأملاح غير العضوية.
- وظائف العصارة الصفراء:
- استحلاب الدهون أثناء الهضم عن طريق الأملاح الصفراء (مثل التاوروكوليك اسيد).
- تعديل حموضة السائل الناتج من المعدة (شديد الحموضة) لأن عصارة الكبد والبنكرياس قلويات.
- إفراز الكوليسترول وأملاح الصفراء المشتقة منه للتخلص من الكوليسترول الزائد والاصبغة الصفراء الناتجة من تحطم الهيم وغيرها.
- إذابة الكوليسترول عن طريق تحويلها إلى ميسيلات المختلطة.
- امتصاص الدهون والمواد الذائبة بها.
- البنكرياس يفرز سائلا قلويا يحتوي على عدة أنزيمات مسئولة عن هضم البروتينات ، الكربوهيدرات والدهون وغيرها.

- الأملاح الصفراء تحتوي على كل من السطحين الهيدروفوبك و الهيدروفولك
- سطح الهيدروفولك يرتبط مع السطح القابل للذوبان, في المقابل سطح الهيدروفوبك يرتبط مع السطح الغير قابل للذوبان (الدهون)



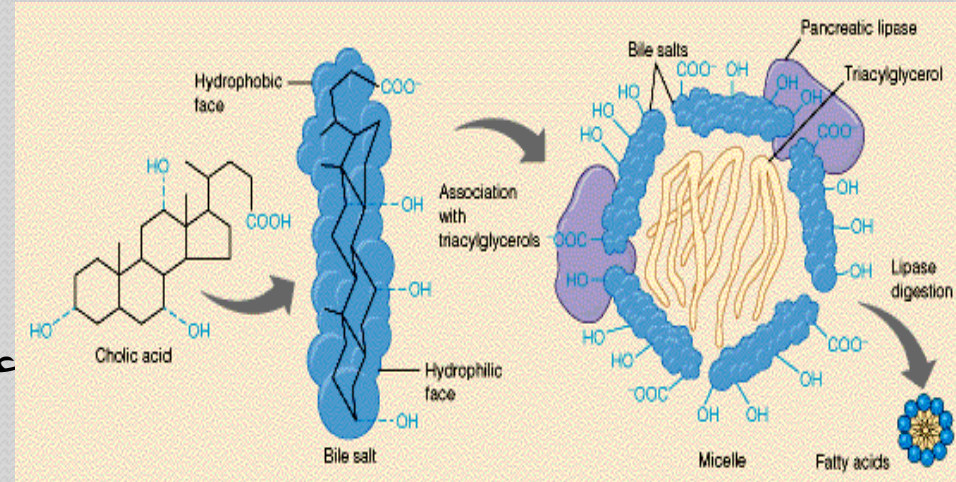
تابع هضم الدهون

- يحتوي البنكرياس على أنزيم اللايباز البنكرياسي الذي يعمل على فك الارتباط الأستري بين الأحماض الدهنية والجليسيرول ، خصوصاً في الموقع الأول والثالث.
- يفرز البنكرياس بروتيناً خاصاً ضرورياً لعمل اللايباز يسمى مساعد اللايباز والذي يساعد على ارتباطه مع قطيرات الدهن.

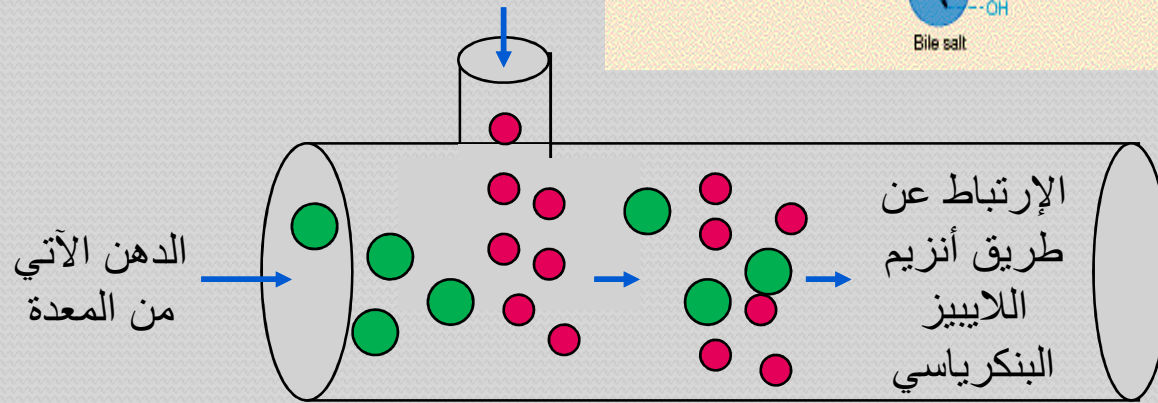
● في الأمعاء:

- يعمل أنزيم اللايباز البنكرياسي وأملاح الصفراء القادمة من الكبد.
- اللايباز يؤثر على الأحماض الدهنية الموجودة في موقع ألفا أما الموجودة على شكل بيتا فيجب تحويلها إلى شكل ألفا ثم يعمل عليها.

تابع هضم الدهون



عصارة الكبد



الأمعاء الدقيقة

النتائج من عملية هضم الدهون

ينتج من عملية هضم الدهون خليط من

1. الجلسرول

2. الأحماض الدهنيه الحره

3. ثنائي اسيل الجلسرول

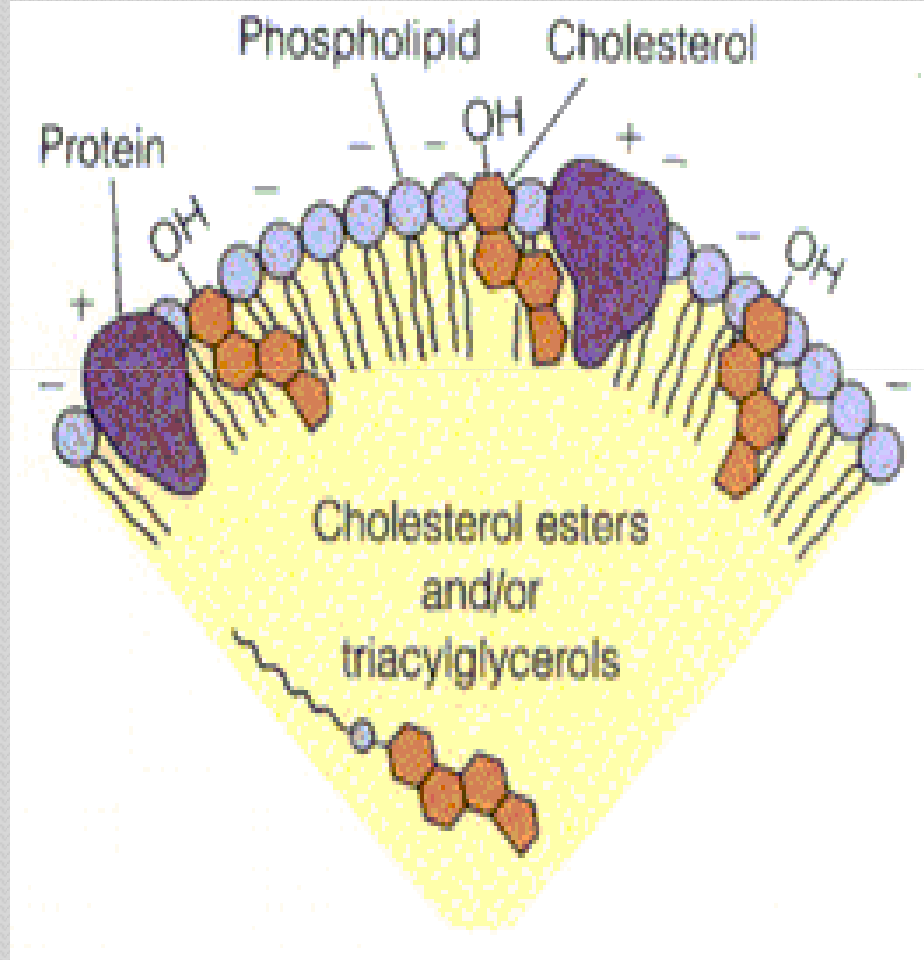
4. احادي اسيل الجلسرول

5. بلاضافه الى اقل من 10 % من ثلاثي اسيل الجلسرول يبقى دون تحليل

امتصاص الدهون

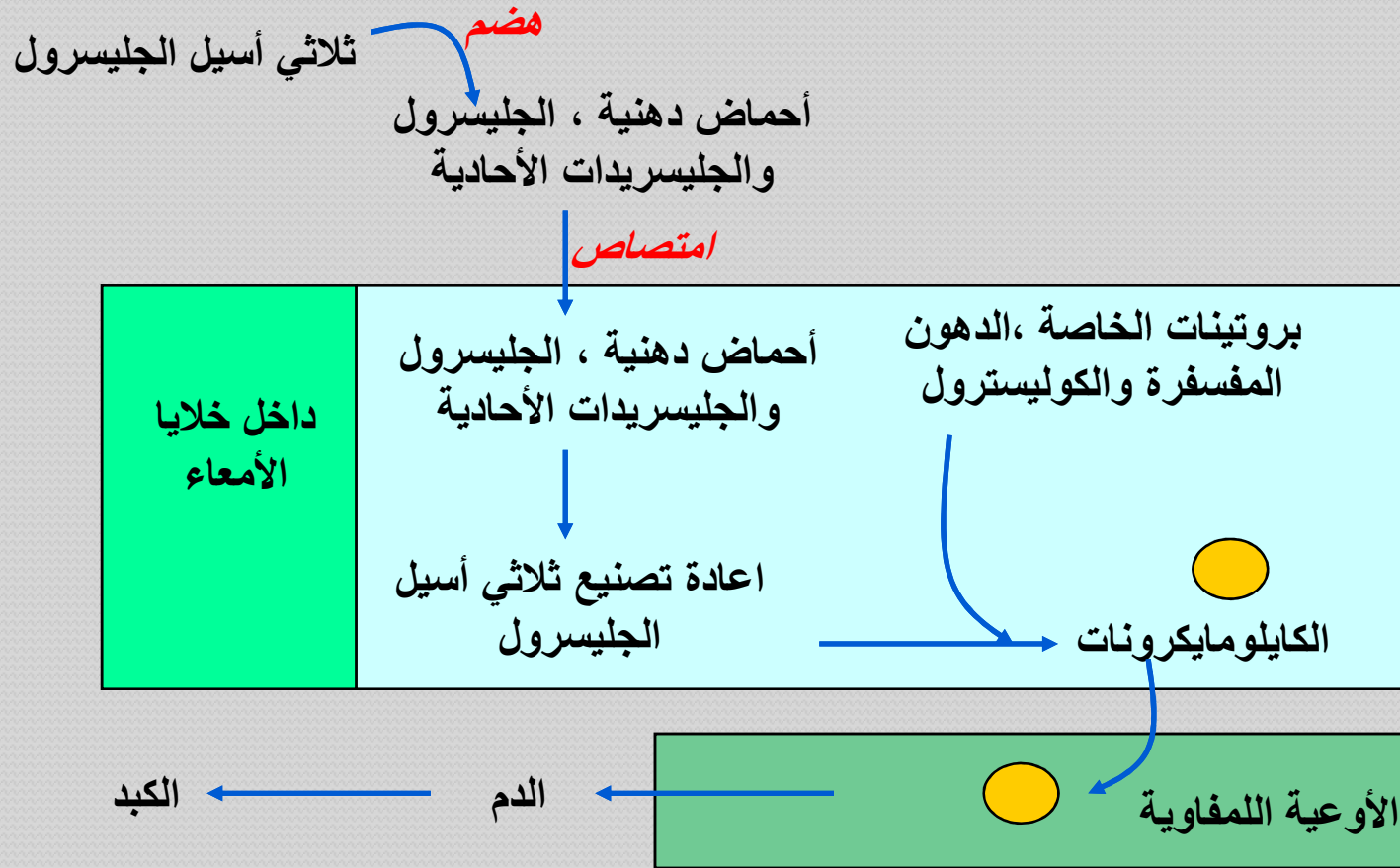
- يتم ذلك بمساعدة أملاح الصفراء والدهون المفسفرة التي تندمج في الميسيلات التي تكونها الأحماض الدهنية والجليسيريدات الأحادية.
- عندما تمر هذه الميسيلات بجانب زوائد خلايا الأمعاء تنفصل الأحماض الدهنية والجليسيريدات الأحادية عن الميسيلات لتدخل خلايا الأمعاء بواسطة الانتشار البسيط.
- الجليسرول الناتج من عملية الهضم يمتص مباشرة دون مساعدة.
- قبل أن تنقل نواتج هضم الدهون الممتصة إلى الدورة الدموية يتم في خلايا الأمعاء إعادة تصنيع الدهون من الأحماض الدهنية والجليسيريدات الأحادية والجليسرول لتعطي ثلاثي أسيل الجليسرول.
- يتم تجميع جزيئات ثلاثي أسيل الجليسرول المتكونة في خلايا الأمعاء مع الكوليسترول والدهون المفسفرة وبروتين خاص في معقدات كبيرة تسمى الكايلومايكرونات **chylomicrons**.
- تنتقل الكايلومايكرونات (لايبروبروتين) عبر الأوعية اللمفاوية إلى الدم ومن ثم إلى الكبد.

الليوبروتين (الكيلوميكرون)



- الشكل العام لليوبروتين الجزء الخارجي
- يتكون من طبقة من البروتينات و مجموعة من الرؤس القطبيه للدهون المفسفره
- الجزء الداخلي
- يتكون الكليسترول و ثلاثي اسيل الجلسرول

تابع امتصاص الدهون



الليوبروتين (الكيلوميكرون)

- يتم اعادة تحليل ثلاثي اسيل الجلسرول الى جلسرول و احماض دهنيه
- هذه التحلل يتطلب وجود انزيم ليوبروتين لبييز الموجود في الغشاء المبطن للاوعيه الدمويه خارج الكبد.
- بعض الاحماض الدهنيه الناتجه من هذا التحلل تمتص من قبل الخليه القريبه
- و بعض الاحماض دهنيه ترتبط بروتين يسمى البومين للانتقال الى الخليه البعيده

مصير الدهون بعد امتصاصها

- بعد أخذ الدهون يتم استغلالها كآآتي:
 - 1- أكسدها إلى طاقة عبر أكسدة بيتا.
 - 2- يآزن جزء في الخلايا الدهنية (النسيج الدهني).
 - 3- يتحول إلى الأغشية الدهنية (مثل الأغشية ثنائية الطبقة).
 - 4- إآراج جزء بسيط من الدهون عن طريق الغدد اللبنية في الحليب.

مصاد ثلاثي اسيل الجلسرول الاساسيه

● الغداء

● اعادة تصنيع الدهون

● الخلايا الدهنيه (الخلايا المخزنه للدهون)

أيض الدهون أو أكسدة بيتا

- يوجد عدة طرق الأكسدة الدهون أهمها أكسدة بيتا.
- تعتبر المصدر الرئيسي للطاقة أثناء الامتناع عن الأكل.
- تحدث أكسدة بيتا بشكل خاص في الميتوكتدريا.
- يوجد الدهن في السيتوبلازم وعملية نقلها (من السيتوبلازم إلى الميتوكتدريا) تنقسم إلى ثلاث مراحل:

• 1- في السيتوبلازم:

- يحدث تنشيط للأحماض الدهنية عن طريق الأسترة الأنزيمية مع مساعد الأنزيم CoA الموجود خارج الميتوكتدريا عن طريق تكوين رابطة استرية كبريتية.
- يحتاج إلى أنزيم الفاتي أسيل سينثيز *fatty acyl synthase*.
- تستهلك جزئين من الطاقة ($2ATP$) لتكوين الرابطة الأسترية الكبريتية.
- ينتج مشتق أسيل مساعد الأنزيم A.

تابع أكسدة بيتا



● 2- 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 ترانسفيراز carnitine acyl transferase
- تنقلها عبر الغشاء الداخلي للميتوكوندريا.
- إعادة انتقال الأسيل الدهني من الكارنتين إلى مساعد الأنزيم من الميتوكوندريا ليعطي مرة أخرى مشتق الأسيل مساعد الأنزيم A.

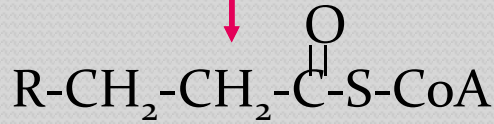
تابع أكسدة بيتا

● 3- في الميتوكوندريا:

- تتم في داخل الميتوكوندريا.
- تتم عملية أكسدة بيتا.
- تتكون من 4 خطوات مكررة حتى يتم تكسير الجزيء كاملاً.

تابع أكسدة بيتا

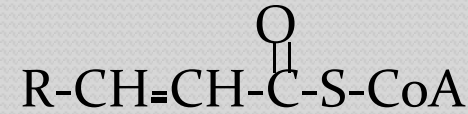
القادم من السيتوبلازم



مشتق الأسيل مساعد الأنزيم A

1- ديهيدروجينأيشن Dehydrogenation: التفاعل الأول

الأنزيم ديهيدروجينيز
الفاطي أسيل مساعد



الأنويل مساعد الأنزيم A

FAD

FADH₂

2- هيدريشن Hydration: التفاعل الثاني

الأنويل مساعد الأنزيم هيدريز



الأنويل مساعد الأنزيم A

H₂O

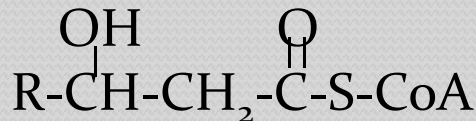


مشتق بيتا هيدروكسي أسيل مساعد الأنزيم A

التفاعل الثالث

3- ديهيدروجينأيشن Dehydrogenation: التفاعل الثالث

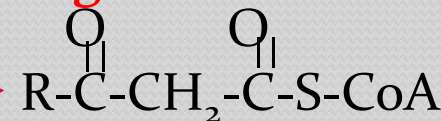
مشتق بيتا هيدروكسي
أسيل مساعد الأنزيم A



مشتق بيتا هيدروكسي أسيل مساعد الأنزيم A

NAD⁺

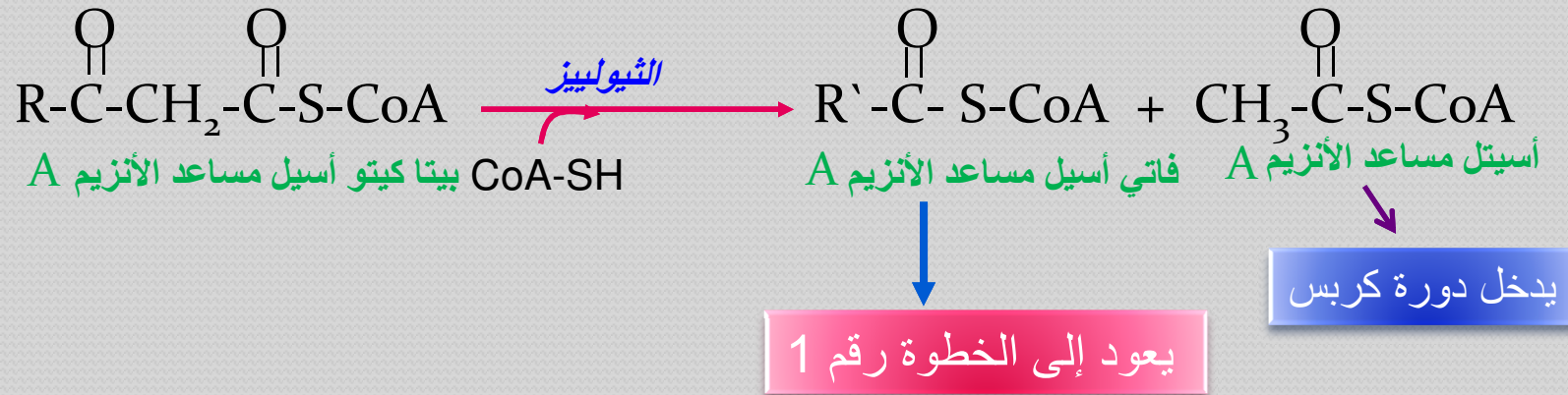
NADH+H⁺



بيتا كيتو أسيل مساعد الأنزيم A

تابع أكسدة بيتا

4- خطوة الكسر Cleavage step: التفاعل الرابع



تابع أكسدة 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).

● في التفاعل الثالث:

- تفاعل أكسدة واختزال.
- تؤكسد مجموعة الهيدروكسيل الموجودة في البيتا كربون إلى مجموعة كيتون.
- يختزل جزيء NAD^+ إلى $NADH$.

تابع أكسدة بيتا

● في التفاعل الرابع:

- يكسر الارتباط بين ذرتي الكربون الثانية والثالثة.
- يحتاج إلى مساعد أنزيم A جديد.
- 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.