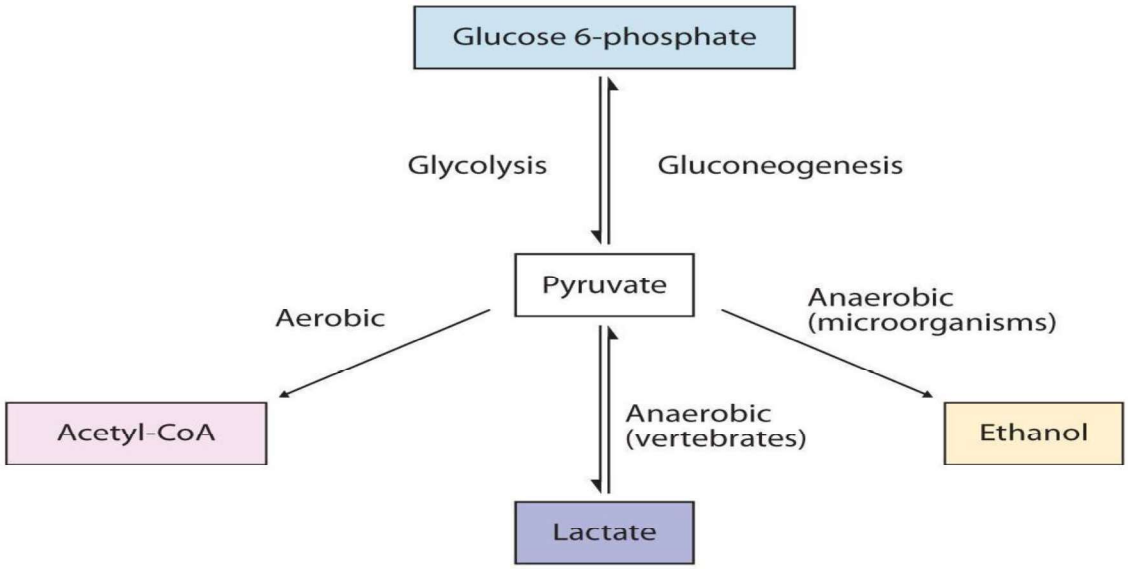
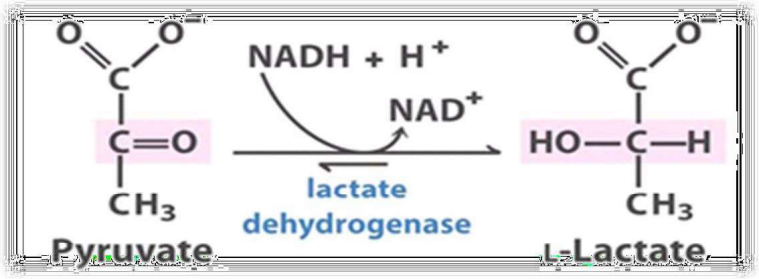
مصير البيروفيت الناتج من تحلل الكلوكوز



التفاعلات اللاهوائية للبيروفيت

يُحول إلى لاكتيت:

- في العضلات أو في البكتيريا وعند غياب الأكسجين يتحول البيروفيت إلى حامض اللاكتيت بواسطة إنزيم اللاكتيت ديهيدروجينيز (LDH)



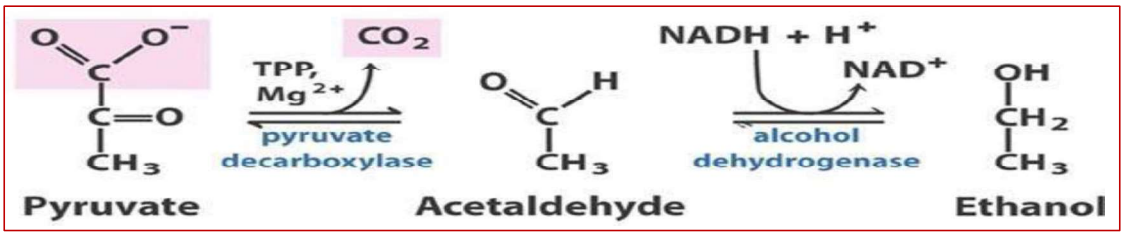
التفاعلات اللاهوائية للبيروفيت

يُحول إلى إثانول:

• في بعض الكائنات الدقيقة (مثل الخميرة) وفي غياب الأكسجين يتم تحويل (تخمُر) البيروفيت إلى كحول الإثانول في خطوتين:

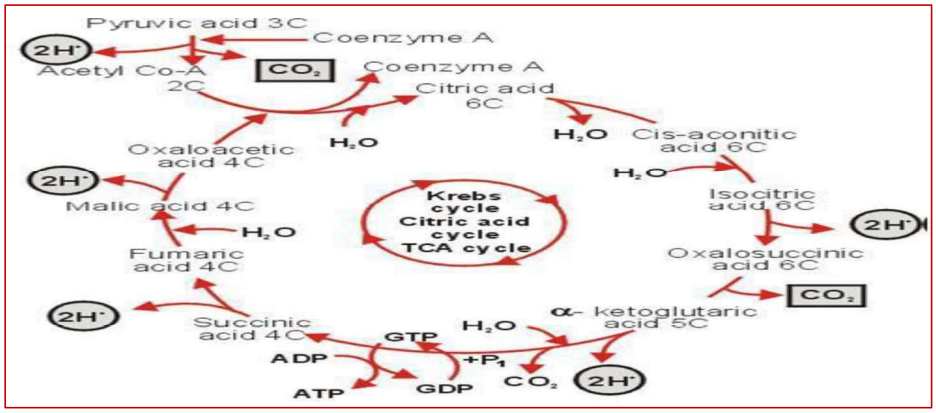
1) تحويل البيروفيت إلى أسيتلدهيد بفقد ثاني أكسيد الكربون بواسطة إنزيم بيروفيت ديكربوكسيليز في وجود أيونات المغنيسيوم.

2) إختزال الأسيتلدهيد إلى كحول إيثيلي مع أكسدة ال NADH إلى NAD+ .



التفاعلات الهوائية للبيروفيت

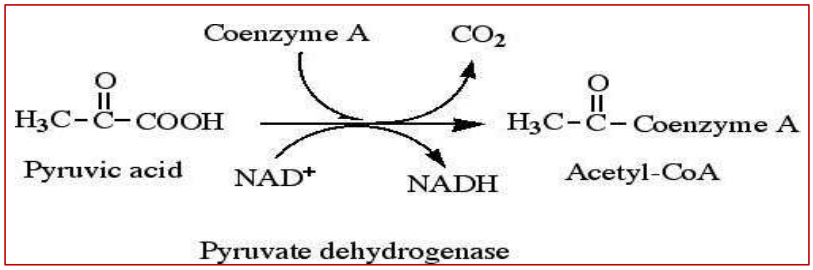
في وجود الأكسجين ينتقل البيروفيت من السيتوبلازم إلى الميتوكوندريا ليبدأ سلسلة من تفاعلات الأكسدة (دورة كربس)والتي تنتهي بإنتاج ثاني أكسيد الكربون، ماء، وطاقة.



دورة كربس (Krebs Cycle)

تُمثل دورة كربس المسار الأخير في أكسدة الكربوهيدرات، الليبيدات، والبروتينات حيث يتم فيها أكسدة أستيل المرفق الإنزيمي أ (Acetyl Co A) إلى ثاني أكسيد الكربون + ماء + إنتاج طاقة.

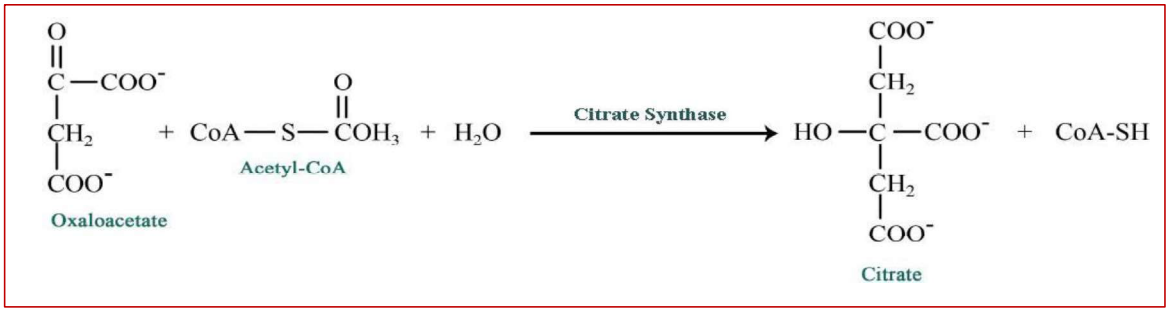
- في وجود الأكسجين، ينتقل البيروفيت إلى الميتوكوندريا ليتحول إلى أستيل المرفق الإنزيمي أ الذي بدوره يبدأ سلسلة تفاعلات دورة كربس.



خطوات دورة كربس

1) تفاعل الأستيل مرفق الإنزيمي أ لتكوين السترات:

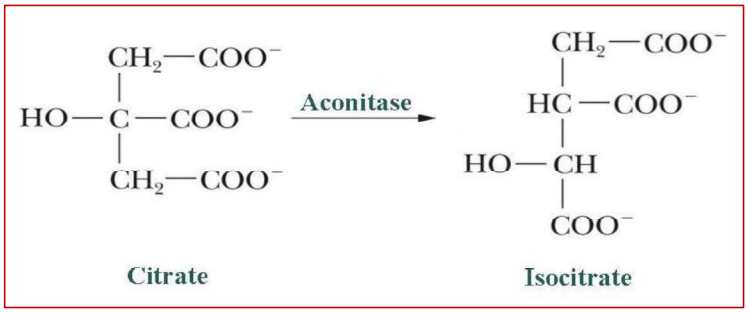
- يُحفز إنزيم سترات سينثيز (Citrate Synthase) تفاعل الأستيل مرفق الإنزيمي أ مع أوكسالو أسيتات لتكوين السترات.
- يُثبط هذا الإنزيم بواسطة الNADH أو ال ATP



خطوات دورة كربس

2) تحول السترات إلى أيزوسيترات:

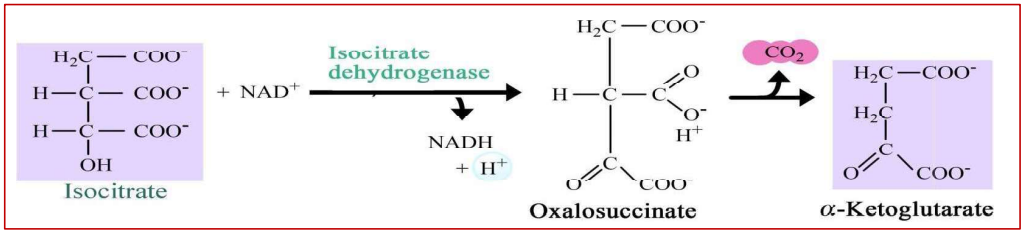
- يُحفز إنزيم أكونيتاز (Aconitase) تحول السترات إلى أيزوسيترات عن طريق إزاحة جزيء ماء.
- يحتاج هذا الإنزيم إلى أيونات الحديد كعامل مساعد.



خطوات دورة كربس

3) نزع مجموعة كربوكسيل من الأيزوسيترات:

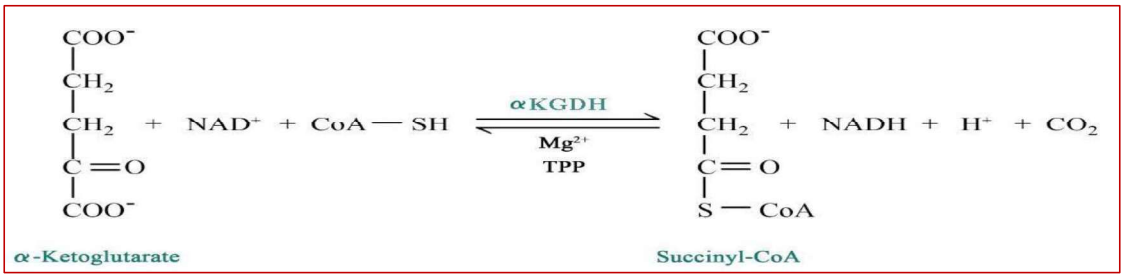
- يُحفز إنزيم الأيزوسيترات ديهيدروجينيز (Isocitrate Dehydrogenase) نزع مجموعة الكربوكسيل من الأيزوسيترات **(6 ذرات كربون)** ليكون الألفا كيتوكلوتاريت **(5 ذرات كربون)**.
- أثناء التفاعل يتكون مركب وسيط وهو أوكسالوسكسنيت الذي يتحلل بسرعة ليعطي الألفا كيتوكلوتاريت.



خطوات دورة كربس

4) نزع مجموعة كربوكسيل من الألفا كيتوجلوتاريت:

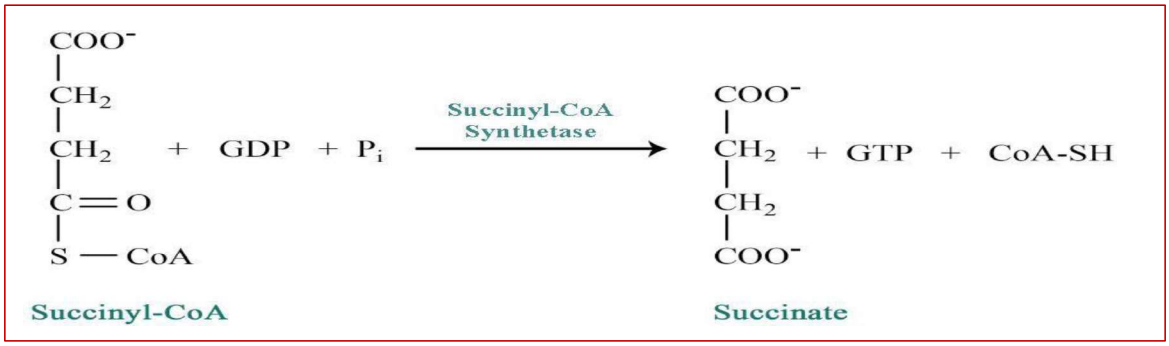
- يُحفز إنزيم الألفا كيتوكلوتاريت ديهيدروجينيز(Alpha ketoglutarate Dehydrogenase) نزع مجموعة الكربوكسيل من الألفا كيتوجلوتاريت **(5 ذرات كربون)** ليتحول إلى ساكسينيل مرفق إنزيمي أ **(4 ذرات كربون)**.
- هذا التفاعل يُنتج طاقة في شكل . NADH



خطوات دورة كربس

5)تكوين مركب الساكسينات وتوليد جزيء طاقة (GTP)

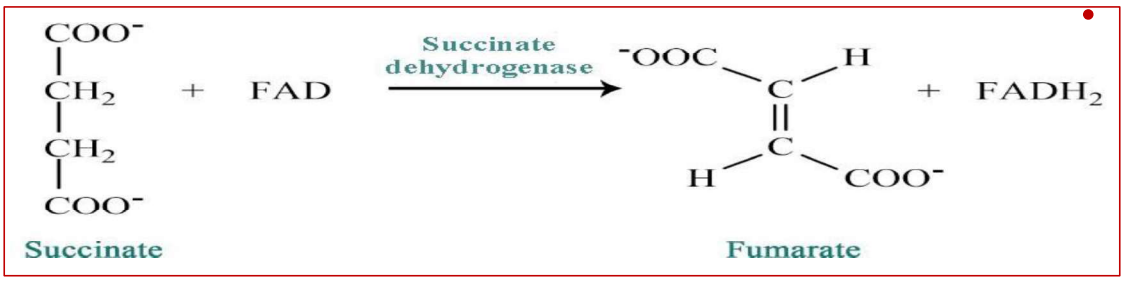
- يُحفز إنزيم الساكسينات ثايوكينيز (Succinate Thiokinase) كسر رابطة الثيوإستر (عالية الطاقة) في مركب الساكسينيل مرفق إنزيمي أ ليعطي مركب الساكسينات وتوليد طاقة بصورة ال GTP



خطوات دورة كربس

6) أكسدة الساكسينات إلى فيومارات:

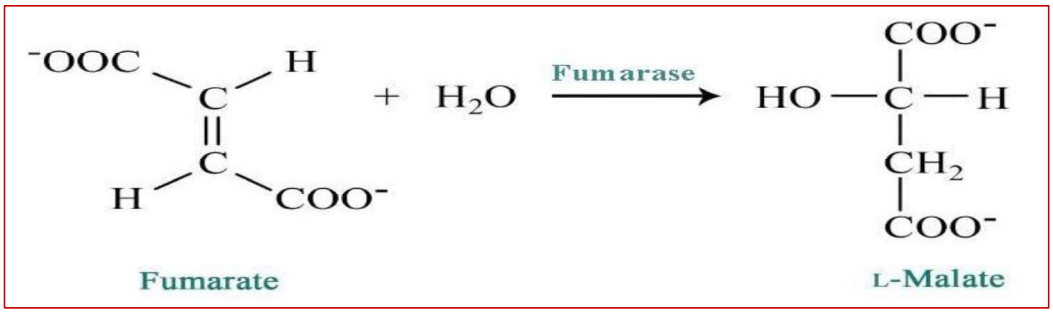
- يُحفز إنزيم الساكسينات ديهيدروجينيز(Succinate Dehydrogenase) أكسدة الساكسينات وتحويله إلى فيومارات.
- يحتاج هذا الإنزيم لل FADكعامل مساعد والذي يستقبل جزيء من الهيدروجين المزاح من مركب الساكسينات ليُختزل ويعطي ال FADH2



خطوات دورة كربس

7) إنتاج المالات:

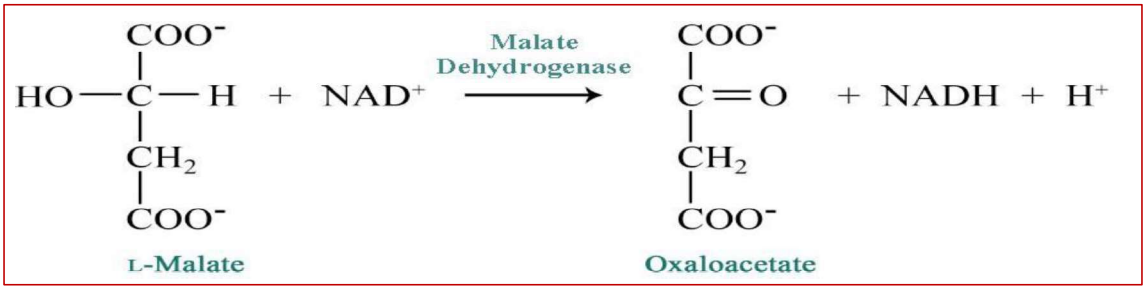
- يُحفز إنزيم الفيومارات هيدراتيز (Fumarate Hydratase) ويُطلق عليه الفيوماريز (Fumarase) إضافة جزيء ماء للفيومارات ليعطي المركب اليساري المالات (L-malate)



خطوات دورة كربس

8) أكسدة المالات إلى أوكسالوأسيتات:

- يُحفز إنزيم المالات ديهيدروجينيز(Malate Dehydrogenase) أكسدة جزيء من المالات ليعطي أوكسالوأسيتات.
- يُستخدم هذا الإنزيم العامل المساعد ال +NADكمستقبل للهيدروجين ليتحول بدوره إلى NADH



محصلة الطاقة الناتجة من دورة كربس

- إنتاج جزيء واحد من ال NADHفي الخطوة رقم 3 ليعطي 3 . ATP
- إنتاج جزيء واحد من ال NADHفي الخطوة رقم 4 ليعطي 3 . ATP
- إنتاج جزيء واحد من ال GTPفي الخطوة رقم 5 والذي يتحول إلى جزيء واحد من ال . ATP
- إنتاج جزيء واحد من ال FADH2في الخطوة رقم 6 ليعطي 2 . ATP
- إنتاج جزيء واحد من ال NADHفي الخطوة رقم 8 ليعطي 3 . ATP
- وبالتالي يكون ناتج تحول جزيء واحد من البيروفيت إلى ثاني أكسيد الكربون وماء تساوي:

3 + 3 + 1 +2 +3 = 12 ATP

- خطوت تحول جزيئين من البيروفيت إلى جزيئين من الأستيل المرفق الإنزيمي أ تنتج 6 . ATP
- ويكون ناتج تحول جزيء الجلوكوز إلى 2 جزيء بيروفيت يساوي 8 . ATP
- وبالتالي تحلل جزيء من جلوكوز إلى ثاني أكسيد الكربون وماء تساوي:

8 + 6 + (12x2) = 38 ATP