الباب الثامن

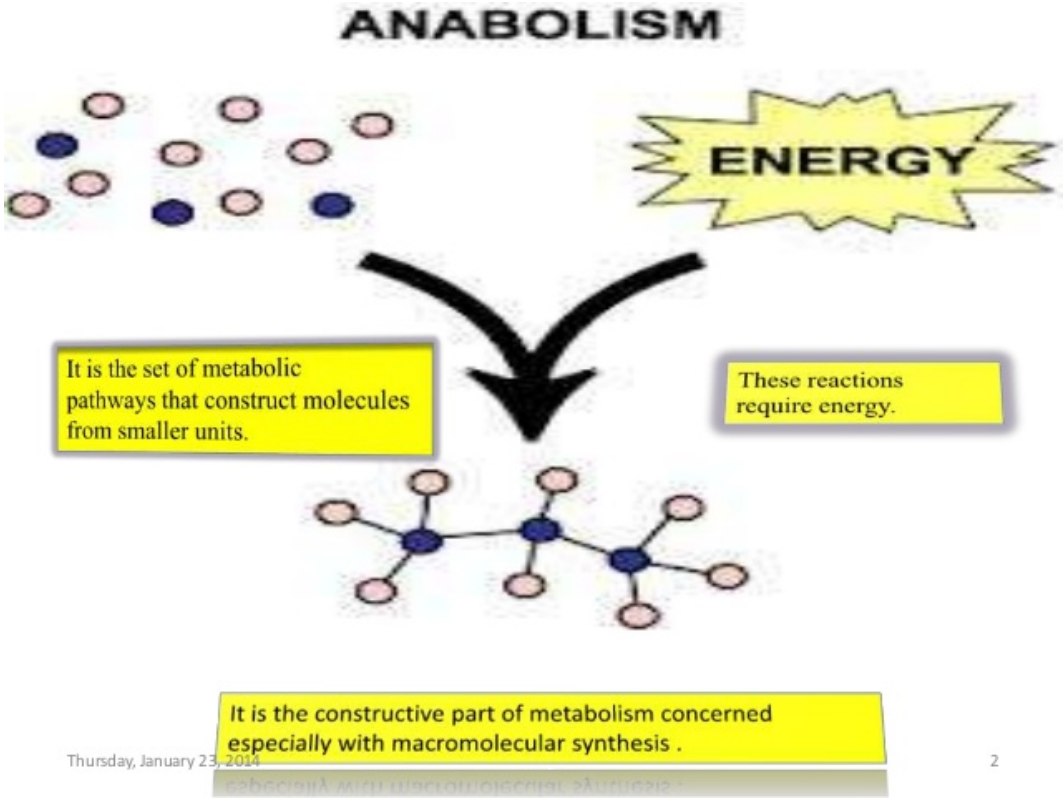
الأيض (الاستقلاب)
Metabolism

الأيض هو مجموعة العمليات الكيماوية التي تحدث في الكائن الحي عقب التغذية لتوفير المركبات الضرورية لبناء الجسم والحصول على الطاقة اللازمة للقيام بالأنشطة الحيوية المختلفة. وينقسم الايض إلى نوعين من التفاعلات هما:

1- الابتناء (البناء)
2- الانتقاض (الهدم)

أولا: الابتناء Anabolism

هو كل العمليات الأيضية المؤدية إلى تكوين المركبات العضوية المعقدة مثل الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والأحماض النووية من مركبات بسيطة مثل ثاني أكسيد الكربون والماء واختزان الطاقة في هذه المركبات المعقدة.

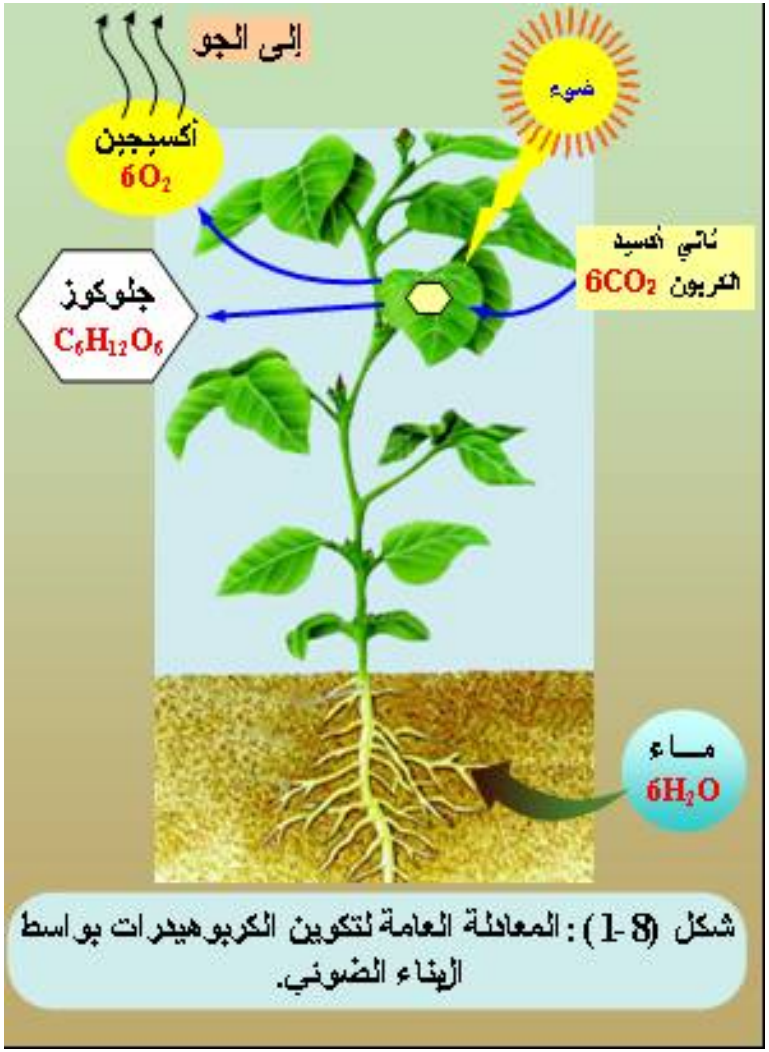


أولا: الابتناء Anabolism

- البناء الضوئي: البلاستيدات الخضراء والتمثيل الضوئي (النظام الضوئي):
  - ✓ تفاعل الضوء
  - ✓ تفاعل الظلام (دورة كالفن)
- بناء الكربوهيدرات
- بناء الدهون
- بناء البروتينات

التمثيل الضوئى (البناء الضوئى):

- عملية خاصة بالكائنات ذاتية التغذية مثل النباتات وتتم في البلاستيدات الخضراء للخلايا النباتية.
- تؤدي هذه العملية إلى تكوين الكربوهيدرات من الماء و ثاني أكسيد الكربون حسب المعادلة العامة التالية:



شكل (8-1) : المعادلة العامة لتكوين الكربوهيدرات بواسط البناء الضوئي.

ماء H_2O + ثاني أكسيد الكربون CO_2

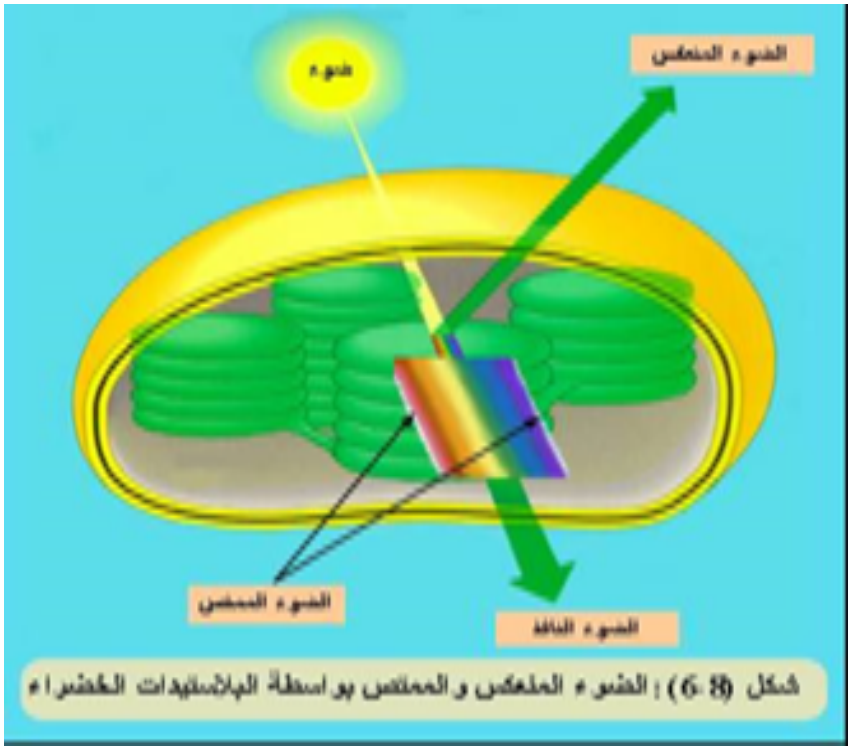
ضوء

جلوكوز $C_6H_{12}O_6$ + اكسجين O_2

البلاستيدات الخضراء والتمثيل الضوئي:

- تعتبر الورقة هي العضو النباتي المسئول عن التغذية الذاتية في خلايا النسيج المتوسط بالنبات والتي تحتوي على البلاستيدات الخضراء وهى مكان حدوث عملية البناء الضوئي نظراً لاحتوائها على صبغات الكلوروفيل أ و ب والتي توجد في الكيس القريصي والقريصات.

شكل (8-4): قطاع عرضي يبين التركيب الدقيق للورقة، والبلاستيدة.



شكل (8-6): الضوء المنعكس والممتص بواسطة البلاستيدات الخضراء

تفاعلات البناء الضوئي: تتمثل في عمليتين رئيسيتين هما:

- **تفاعل الضوء (Light Reaction):هو سلسلة من التفاعلات تتم في وجود الضوء و تتم بطريقتين (نوعين من التفاعلات):**
  1) **النقل الالكتروني الدائري Cyclic electron transport**
  2) **النقل الالكتروني غير الدائري Noncyclic electron transport**
- **تفاعل الظلام (Dark Reaction): تحدث هذه العملية فى غياب الضوء (في الظلام).**

- ✓ **يتم تكوين الكربوهيدرات خلال هذا الجزء من عملية التمثيل الضوئى.**
- ✓ **يتم تثبيت ثانى أكسيد الكربون حيث يتم خلال هذا التفاعل تحويل ثانى أكسيد الكربون إلى كربوهيدرات.**
- ✓ **تسمي بدورة كالفن لأن مكتشف سلسلة التفاعل هذه هو العالم كالفن ولأنها تؤدى إلى إعادة إنتاج المركب الذى بدء به التفاعل مؤدية بذلك إلى تكرار العملية.**

تكوين الكربوهيدرات:

- ✓ عادة يتم تكوين الكربوهيدرات المختلفة في أي كائن بواسطة الجلوكوز.
- ✓ في النبات يتم بناء السكر من مركب جليسرالدهيد أحادي الفوسفات (PGAL) الناتج من تفاعل الظلام في عملية التمثيل الضوئي.
- ✓ يعتبر النشا النباتي هو المخزن الأساسي للسكريات البسيطة في خلايا النبات وكذلك النشا الحيواني في خلايا الحيوان (الجليكوجين).
- ✓ في النبات يقوم اللحاء بنقل الجلوكوز من مناطق التخزين الى الأماكن التي تحتاج إليه.
- ✓ يتفسفر الجلوكوز بمجرد دخوله الخلايا.
- ✓ يتحول بعد ذلك الجلوكوز المفسفر بتفاعله مع ثلاثي فوسفات اليورادين ، (UTPمركب يشبه ATPمن حيث الوظيفة) إلى الجلوكوز-UDP.
- ✓ الجلوكوز-UDP يؤدي بعد ذلك الى تكوين كل أنواع الكربوهيدرات التي يحتاجها الكائن.

تكوين الدهون:

يلزم لبناء الدهون :

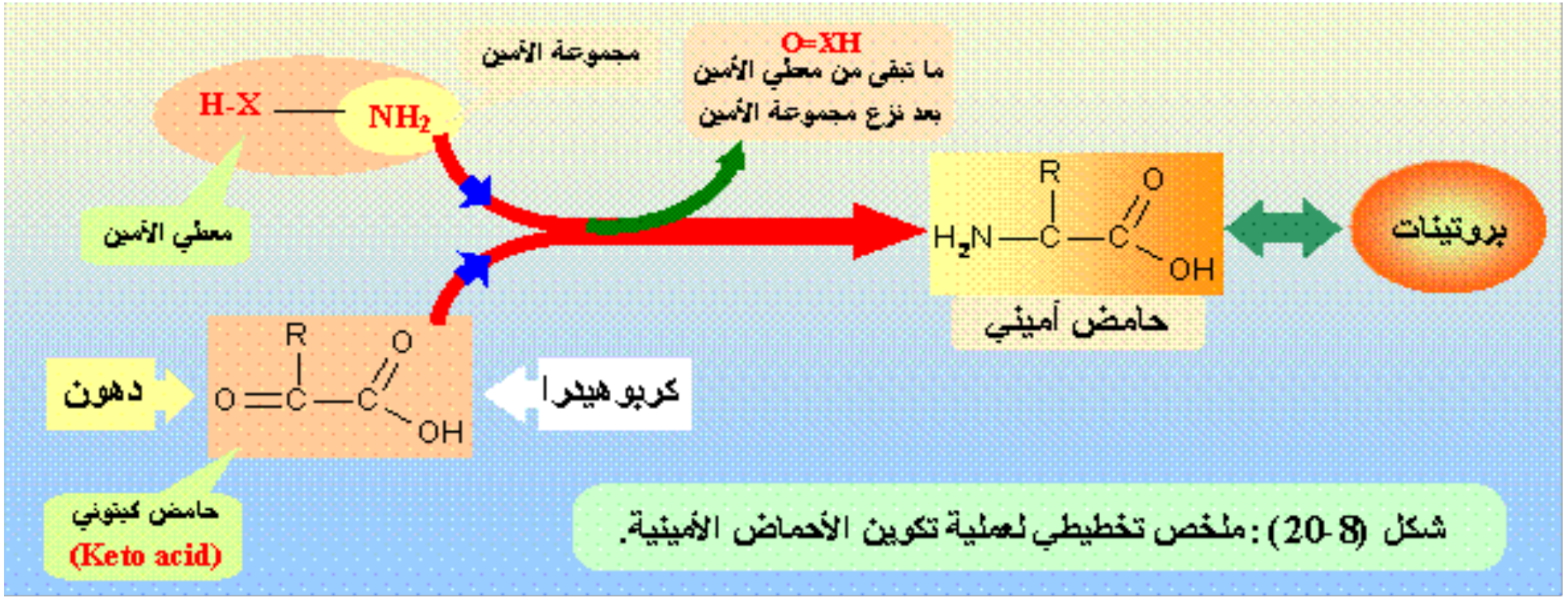
1- الاحماض الدهنية (تتكون من مركب خلات مرافق الإنزيم أ)

2- الجليسرول (يمكن توفيره عن طريق مركب جليسرالدهيد أحادي الفوسفات (PGAL) ومصدره الكربوهيدرات.

شكل (8-19) : ملخص تخطيطي لطريقة تكوين الدهون.

تكوين البروتين

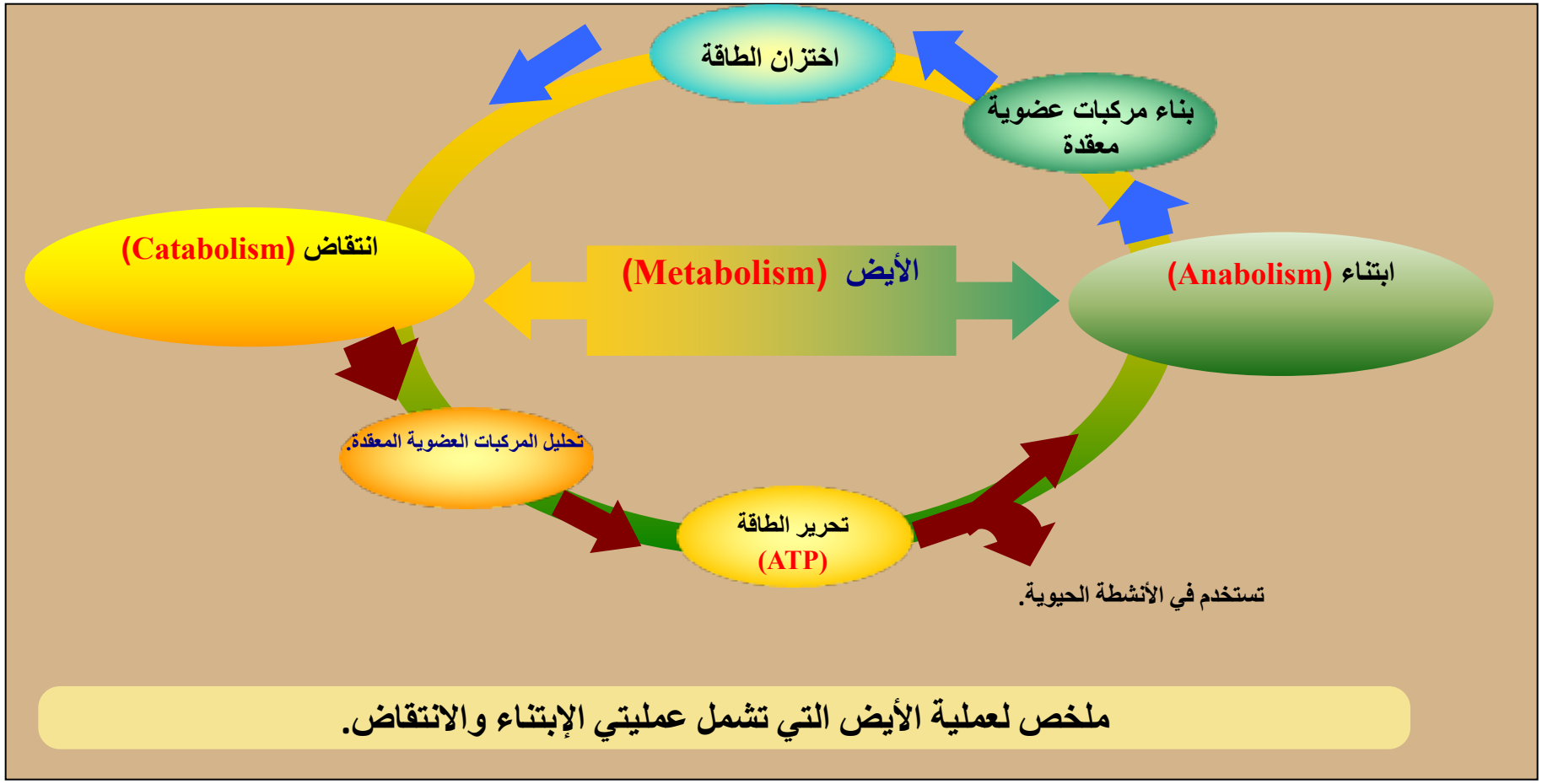
- ✓ تتكون كل البروتينات كما هو معروف من أحماض أمينية خلال عمليتي النسخ و الترجمة.
- ✓ يتم تكوين الأحماض الأمينية في الخلية عن طريق النقل الأميني وذلك بتفاعل مجموعة أمين (NH_2) [مصدر مجموعة الأمين في النبات هي مجموعة النترات] مع حامض كيتوني (Keto acid) [مصدره كربوهيدرات أو دهون].



شكل (8-20): ملخص تخطيطي لعملية تكوين الأحماض الأمينية.

ثانيا: الانتقاض Catabolism

هو تفاعلات مؤكسدة تؤدي إلى تحليل المركبات العضوية المعقدة مثل الكربوهيدرات والدهون والبروتينات إلى مكوناتها الأساسية البسيطة ويرافق هذا التحليل إنتاج وتحرير الطاقة المختزنة في هذه المركبات المعقدة وتخزينها في صورة ATP والتي يحتاجها الكائن لجميع أنشطته الحيوية.



ثانيا: الانتقاض Catabolism

- انتقاض الكربوهيدرات
  - ✓ التنفس اللاهوائي
  - ✓ التنفس الهوائي
  - ✓ حساب الطاقة
  - ✓ بناء مركب الطاقة ثلاثي فوسفات الأدينوسين
- انتقاض الدهون والبروتينات

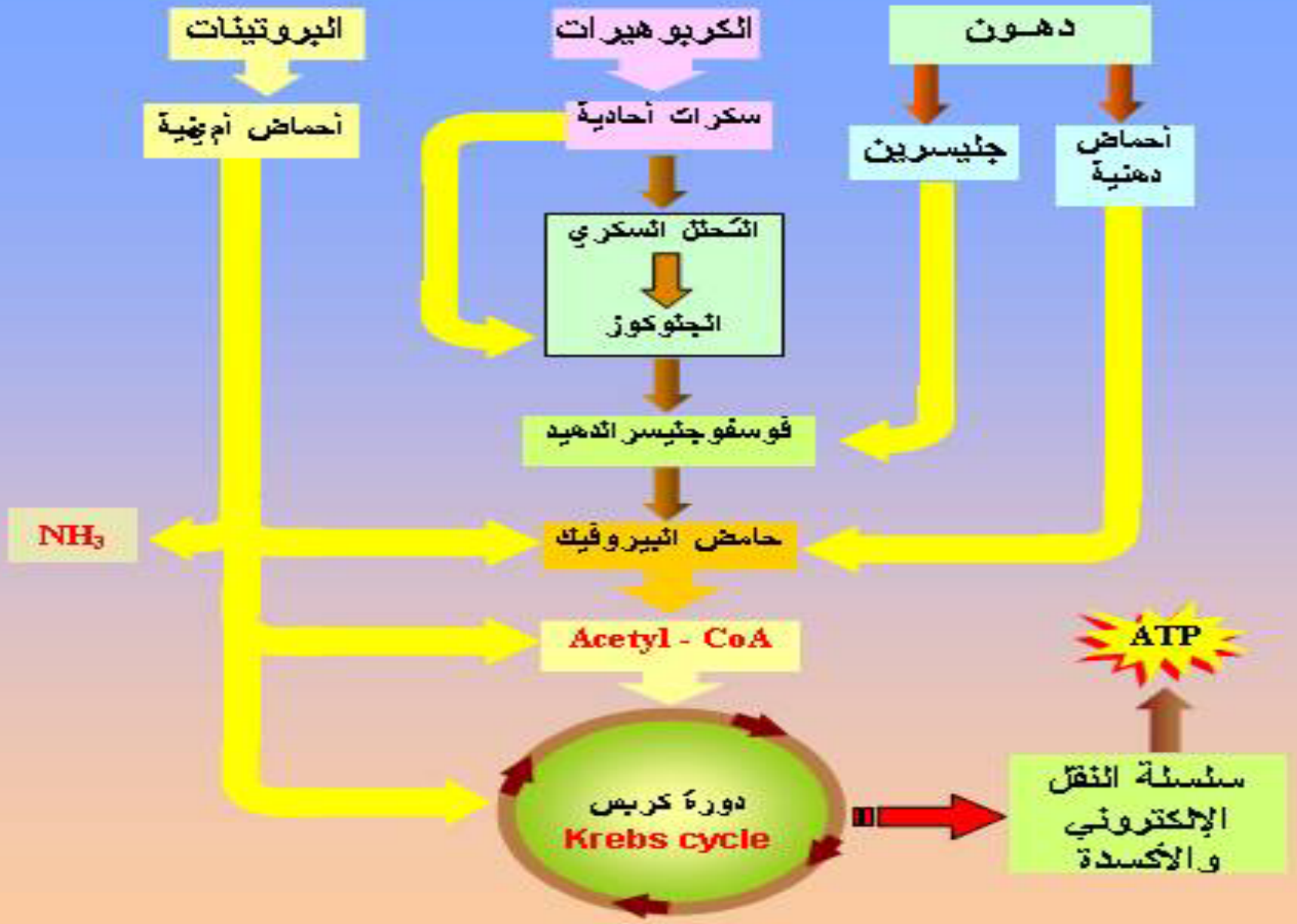
انتقاض الكربوهيدرات: ينتقض الجلوكوز بواسطة التحلل السكري Glycolysis للحصول على الطاقة اللازمة لقيام الكائن الحي بالأنشطة الحيوية وتعرف هذه العملية بالتنفس الخلوي وهناك طريقتين للتنفس الخلوي:

أ- التنفس اللاهوائي (التخمر): يحدث في الكائنات الدقيقة وعضلات الحيوان وهو يتم بدون الأكسجين.

ب- التنفس الهوائي: يحدث في جميع الكائنات الراقية وهو يتطلب وجود أوكسجين.

انتقاض الدهون والبروتينات:

- تنتقض الدهون بتحويلها إلى:
  - ✓ أحماض دهنية (تتحول إلى خلات مرافق الانزيم أ الذي يدخل في دورة كربس).
  - ✓ جليسرول (يتحول إلى حامض بيروفيك الذي يدخل في دورة كربس ثم في سلسلة نقل الالكترونات).
- تنتقض البروتينات بتحويلها إلى: أحماض امينية يتم نزع مجموعة الأمين منها وتتحول باقي السلسلة إلى مركبات تدخل في دورة كربس ثم في سلسلة نقل الالكترونات.



شكل (8-35): ملخص تخطيطي لانتقاض المواد الغذائية الرئيسية ودور مكوناتها الأساسية في إنتاج الطاقة.