II الدهون النباتية

1.II تعريف الدهون

تعرف المواد الدهنية على أنها أسترات أحماض دهنية مع الغليسيرول أو الكحول، تتواجد في النباتات والحيوانات، وتعتبر مصدرا هاما للطاقة حيث تنتج من الطاقة ضعف ما تنتجه المواد الكربوهيدراتية والبروتينية وبالتالي تعد مصدرا غذائيا هاما للإنسان.

2.II تصنيف الدهون

1.2.II الزيوت الثابتة

تتكون من أحماض دهنية غير مشبعة مرتبطة مع الغليسيرول لتكون الأستر، تتصف بأنها سائلة ومصدرها الأساسي المملكة النباتية من البذور والثمار.

2.2.II الشحوم

هي أسترات من أحماض دهنية مشبعة مع الغليسيرول، تتصف بأنها شبه صلبة ومصدرها الأساسي الحيوان .

3.2.II الشموع

تتكون من أحماض دهنية مرتبطة مع كحول أولي لتكون الأستر وهي ذات وزن جزيئي عالي جدا. تتواجد الشموع في المملكتين الحيوانية والنباتية ومن أمثلتها Spermaceti الذي نحصل عليه من رؤوس حوت المن وشمع الخرنوبا (Carnuba wax) الذي نحصل عليه من النخيل، تستعمل هذه الشموع صناعيا في الدهانات وملمعات الأثاث والجلود. من بين الأحماض الدهنية التي تدخل في تركيب مختلف أنواع الدهون، نجد الأحماض الدهنية غير المشبعة (جدول 2) والأحماض الدهنية المشبعة (جدول 3)

جدول 2: الأحماض الدهنية غير المشبعة ومصادرها

عدد ذرات C والروابط الزوجية	الحمض الدهني	المصدر
16: 1; 9	Palmitoleic	واسعة الانتشار في المملكة الحيوانية والنباتية
18: 1; 9	Oleic	واسعة الانتشار في المملكة الحيوانية والنباتية
18:2;9,12	Linoleic	العديد من الزيوت النباتية مثل الذرة، الفول السوداني، بذورالقطن وفول الصويا
18:3; 6,9,12	Linolenic	بذور الكتان
20: 4; 5,8,11,14	Arachidonic	الحيوانات

جدول 3: الأحماض الدهنية المشبعة ومصادرها

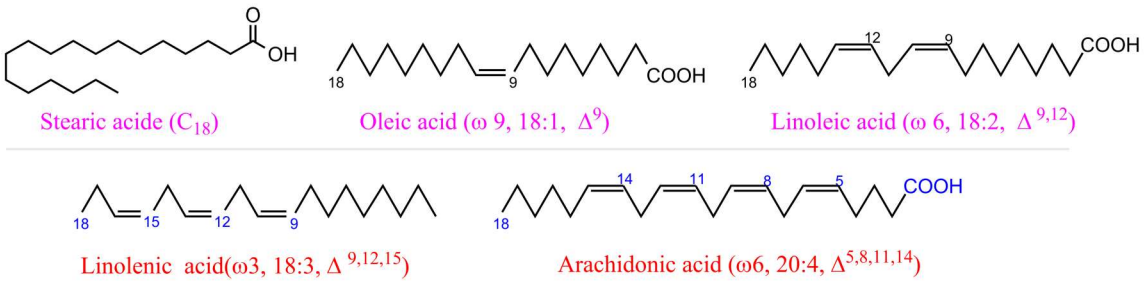
عدد ذرات C	الحمض الدهني	المصدر
6	Caproic	الزبدة وحليب المعز
12	Lauric	الحوت، نواة النخيل، زيت جوزالهند والزبدة
14	Myristic	جوز الطيب، نواة النخيل، زيت جوزالهند والزبدة
16	Palmitic	تتواجد في جميع الحيوانات والنباتات
18	Stearic	تتواجد في جميع الحيوانات والنباتات

3.II الأحماض الدهنية الأساسية ودورها البيولوجي

تتمثل الأحماض الدهنية الأساسية في أحماض دهنية مشبعة وغير المشبعة منها:

- Stearic acide : هو حامض دهني مشبع يحتوي على 18 ذرة كربون، من استعمالاته أنه يدخل في تحضير المستحلبات وكمزلق في صناعة الأقراص.

- **Oleic acide:** هو حامض دهني غير مشبع يحتوي على رابطة زوجية واحدة و18 ذرة كربون، يستعمل كعامل استحلاب ومطري على شكل Oleyl Alcohol .
- **Linoleic acid:** هو حامض دهني يحتوي على رابطتين مزدوجتين.
- **Linolenic acid:** ويعرف بزيت الكتان وهو يحتوي على 3 روابط مزدوجة وعند اتحاده مع حمض Linoleic يتكون فيتامين F.
- **Arachidonic acid:** هو حامض دهني غير مشبع يحتوي على أربع روابط زوجية و20 ذرة كربون، الجسم لا يتمكن من تصنيعه لذا يجب أن يزود به الجسم من خلال الطعام ويعتبر Prostaglandine من مشتقات هذا الحمض حيث يستخدم كمعجل للولادة.



شكل 9: أمثلة عن الأحماض الدهنية الأساسية ذات الأهمية الفسيولوجية.

4.II بعض العقاقير الرئسية التي تحوي الزيوت النباتية الثابثة

إستخلاص الزيوت النباتية من الثمار أو البذور يتم بطرق تقليدية، ميكانيكية وكيميائية (استخلاص بالمذيبات مثل الهكسان، السيكلوهكسان، الهبتان،...إلخ)، وللزيوت استخدامات غذائية تدخل في العديد من المنتجات الغذائية الصناعية، مثل المايونيز والخردل، ورقائق البطاطا، المعلبات وغيرها. كما تدخل في المنتجات الصناعية غير الغذائية مثل الصابون، المنظفات، والطلاء، البلاستيك ومواد التشحيم. تسود في الزيوت النباتية الأحماض ذات العدد الزوجي من ذرات الكربون 12-18 ذرة كربون مشبعة وغير مشبعة. (جدول 4) يبين أهم العقاقير والنسب المئوية للأحماض الدهنية فيها

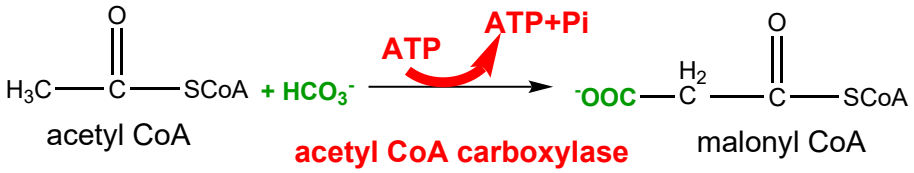
جدول 4: النسب المئوية للأحماض الدهنية في بعض العقاقير

تعيين	زيت النخيل	زيت الصويا	زيت الكرنب	زيت عباد الشمس	زيت جوز الهند	الزبدة
الأحماض الدهنية المشبعة	55-45	21-11	8-2	16-10	95-87	52.2
Myristic C14:0	2-0.5	0.2	0.2	0.2	23-15	9.5
Palmitic C16:0	47.5-39	13-8	5-1	8-5	11-6	24.5
Stearic C18:0	6-4	4-1	10.9	8-5	11-6	24.5
الأحماض الدهنية أحادية التشبع	45-38	26-17	65-56	26-15	11-4	28.2
Oleic C18:1n-9	44-36	26-17	62-55	26-15	7	28.2
الأحماض الدهنية متعددة التشبع	12-9	72-54	32-26	70-62	2-1	2.1
Linoleic C18:2n-6	12-9	62-50	22-18	70-62	1.8	3
Linolenic C18:3n-3	0.5	10-4	10-8	0.2	0.1	0.5

5.II التخليق الحيوي للدهون (اللبيدات)

1.5.II بناء الأحماض الدهنية وأماكن تخليقها

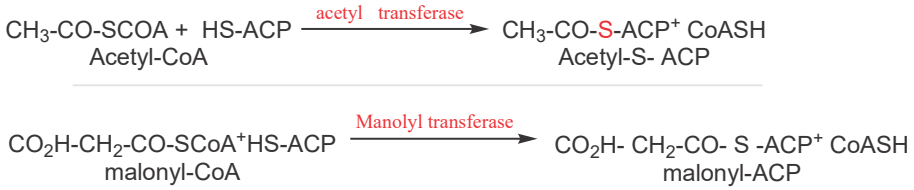
إن المكون الأساسي في نظام تخليق الأحماض الدهنية هو Acetyl-CoA، الذي ينتج من نزع مجموعة (CO_2) من حمض البيروفيك ، كما تتطلب هذه العملية وجود مركبات طاقوية مثل ATP، NAD^+و $NADP^+$ ، بعدها يتم تكوين مركب Malonyl-CoA في **البلاستيدات** (شكل 10 وشكل 14)



شكل 10: تكوين مركب Malonyl-CoA

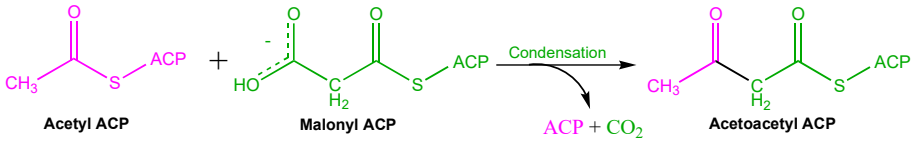
يتم انتقال مجموعتي Acetyl و Malonyl من Acetyl-CoA إلى مستقبل بروتيني يطلق عليه اسم البروتين

الناقل للأسيل (acyl-carrirer Protein ACP)، وقد سمي بهذا الاسم لأن وظيفته هو نقل مجموعات الأسيل أثناء بناء الأحماض الدهنية، ويعد هذا البروتين مكوناً أساسياً ضمن نظام إنزيمي معقد محفز لتفاعلات البناء (Fatty acid synthetase system) ويتم ارتباط كل منهما بالبروتين الناقل عن طريق مجموعة الهيدروكبريت ويتم التفاعل حسب المعادلتين المبينتين في(شكل 11)



شكل 11: تخليق مركبي Malonyl-ACP وAcetyl-ACP

يتحد ناتجا التفاعلين السابقين، فيفقد الشق Malonyl مجموعة الكربوكسيل في صورة ثاني أكسيد الكربون ويتكون ناتج ذو أربع ذرات كربونية هو اسيتو أسيتيل البروتين (Aceto acetyl-ACP) كما هو موضح في التفاعل



شكل 12: تكوين مركبAceto acetyl-S-ACP

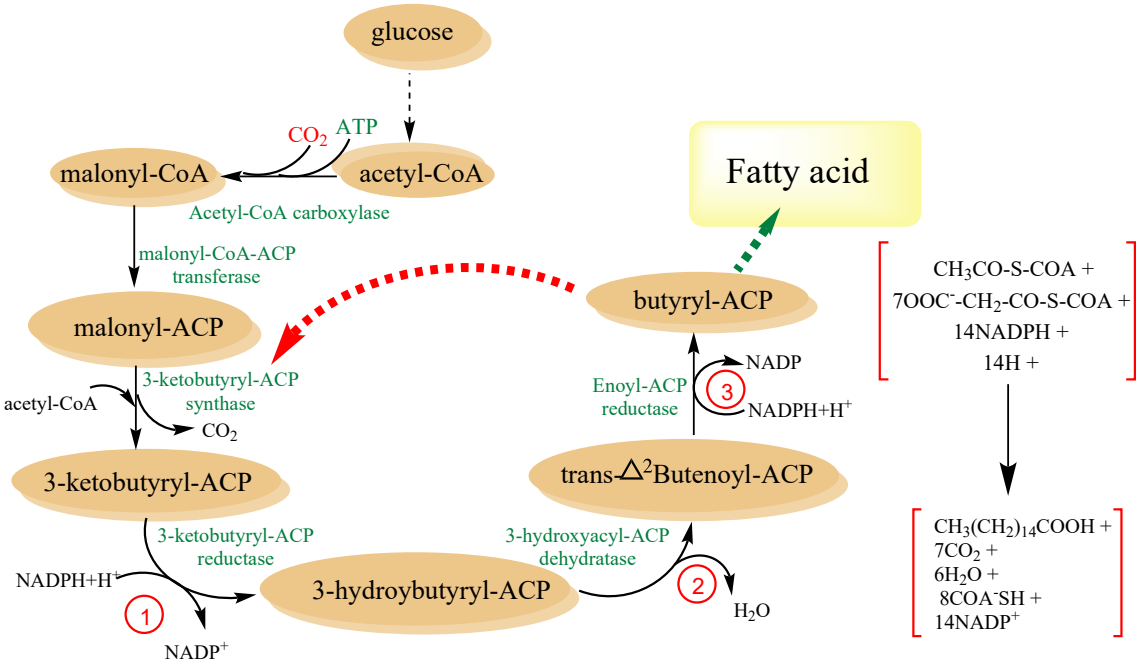
أما التفاعلات اللاحقة والمبينة في (شكل 13) فتشبه الاتجاه العكسي لتفاعلات مسار بيتا التأكسدي إلا أن التفاعلات تتطلب مركبات وسطية مرتبطة بالبروتين ACP وليس بالمرافق الإنزيمي، كما أن العامل المختزل هو NADPH وليس NADH و $FADH_2$ ، وتتم هذه التفاعلات على النحو التالي:

- يحفز إنزيم (3-ketoacyl-ACP reductase) التفاعل الاختزالي الأول للسلسلة ذات أربع ذرات كربون.

- يلي ذلك نزع جزيء ماء في وجود إنزيم (3-hydroxyacyl-ACP dehydratase) مما يخلف رابطة كربونية مزدوجة بين موضعي ألفا وبيتا في المركب Butenoyl–S-ACP.

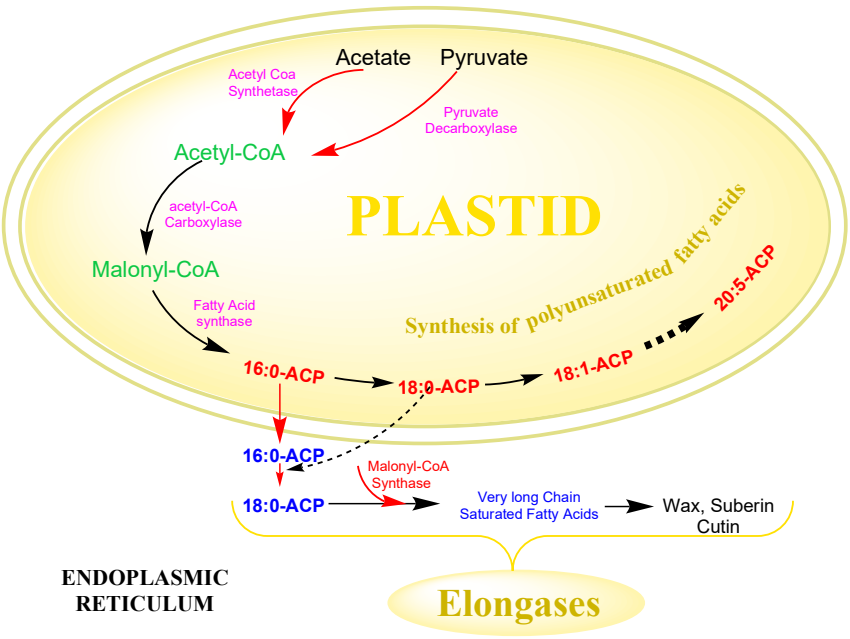
- أخيراً يحدث اختزال آخر عبر الرابطة المزدوجة في وجود إنزيم enoyl-ACP reductase منتجاً مركب مشبعاً هو بيوتريل الناقل Butyryl-S-ACP

بعدها يتم تكثيف Malonyl-CoA مع الأسيتات النشطة إلى أن يتكون حمض الباليتيك (شكل 13)



شكل 13: التخليق الحيوي للأحماض الدهنية

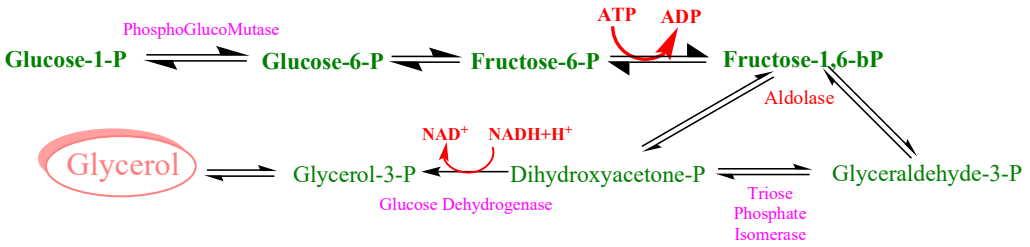
تستطيل السلسلة، إما لتكون أحماض دهنية غير المشبعة وهذا بدخول روابط زوجية أو تستطيل فقط لتكون أحماض دهنية مشبعة، التي تدخل في بناء الشموع ومركبات دهنية أخرى بتحفيز إنزيمات Elongases الموجودة في الشبكة الأندوبلازمية (شكل 14)



شكل 14: التخليق الحيوي للأحماض الدهنية المشبعة والغير مشبعة في النبات

2.5.II بناء الجليسرول

تتم عملية التخليق الحيوي للدهون عند النباتات والحيوانات بمواد أساسية تتمثل في Acyl-CoA و α-glycerol phosphate ويحفز هذه التفاعلات إنزيمات Acyl transferase. حيث يتم بناء الجليسرول من مركب ثلاثي الكربون والمتمثل في فوسفات ثنائي هيدروكسي أسيتون (DAP) الذي يتكون أثناء التنفس وأثناء البناء الضوئي والذي يختزل ويكون ألفا جليسرول فوسفات (شكل 15)

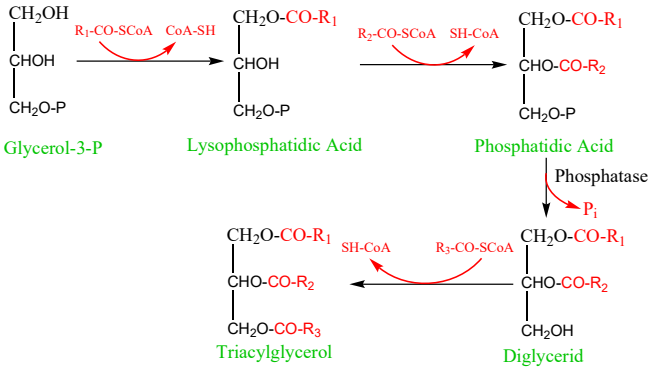


شكل 15: التخليق الحيوي للجليسرول

II.3.5 بناء الجليسريدات

يتم بناء الجليسريدات (شكل 16) حسب الخطوات التالية:

- تخليق حمض الفوسفاتيديك عن طريق تفاعل نقل مجموعات الأسيل بتحفيز إنزيم (Fatty acyl transferase)
- تحليل حمض الفوسفوتيديك تحليلاً مائياً بمساعدة إنزيم (Phosphatase)، حيث ينتج Diacylglycerol بالإضافة إلى حمض الفوسفوريك
- يتفاعل Diacylglycerol من جديد مع Acyl-CoA وينتج عن ذلك تكون Triacylglycerol ويتم إسراع هذا التفاعل بواسطة إنزيم (جليسريد ثنائي أسيل ترانسفيريز)

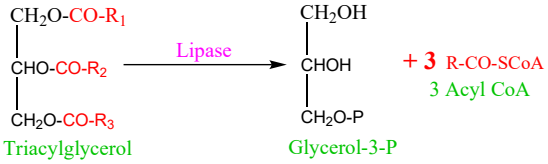


شكل 16: التخليق الحيوي لثلاثي الجليسيريد

II.6 هدم الدهون

II.6.1 أكسدة ثلاثي الجليسيريد

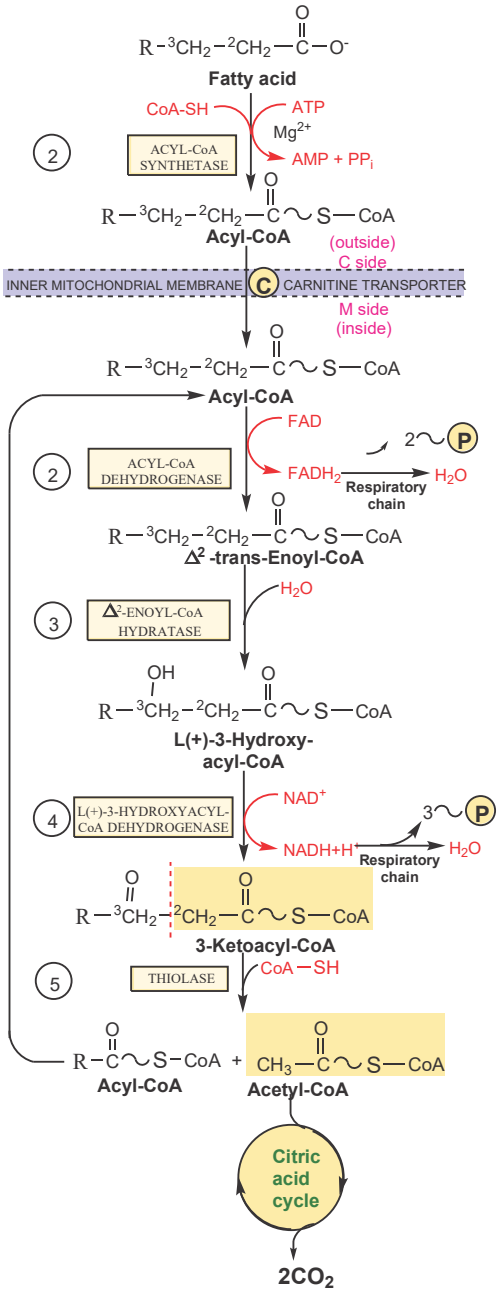
الجليسريدات الثلاثية والتي تخزن في الأنسجة الدهنية بكميات كبيرة لها أهمية كبرى في إمداد الجسم بالطاقة ولكي يحصل عليها الكائن الحي لابد من تحللها إلى مكوناتها الأساسية وهي الأحماض الدهنية والجليسرول، عملية تحلل هذه المركبات تتم بواسطة بعض الإنزيمات التي تؤثر على الروابط الاسترية مثل إنزيم الليبيز الذي يقوم بعملية التحلل (شكل 17)



شكل 17: إماهة الدهون

II.6.2 أكسدة الأحماض الدهنية B-Oxidation

تتم أكسدة الأحماض الدهنية الحرة سواء المشبعة أو غير المشبعة ذات السلاسل الطويلة داخل الخلايا إلى مركبات صغيرة تسمى بـ Acetyl-CoA ويعرف هذا المسار B-Oxidation الذي يتم بواسطة العديد من الإنزيمات المتخصصة وينتج عنه كمية كبيرة من الطاقة الكيميائية كما هو مبين في الشكل(18) ويتمثل دور الإنزيمات باختصار فيما يلي : **الإنزيم الأول**: يقوم بتحويل الحمض ألدهني إلى مركب دهني نشط . **الإنزيم الثاني**: يقوم بنزع ذرتي هيدروجين من ذرتي الكربون رقم 2 و3 في الحمض ألدهني النشط . **الإنزيم الثالث**: يقوم بإضافة جزيء ماء **الإنزيم الرابع**: يقوم بنزع ذرتي هيدروجين من ذرة الكربون رقم 2 . **الإنزيم الخامس**: يقوم بشطر المركب ألدهني إلى مركب يحتوي على ذرتي كربون وهو Acetyl-CoA ومركب آخر الذي بدوره يدخل في التفاعل الثاني من جديد ويأخذ نفس الدورة لينتج المركب الذي يحتوي على ذرتي كربون وهكذا. بهذه الطريقة الإنزيمية تتم أكسدة الأحماض الدهنية المشبعة وبطريقة مشابهة الأحماض الدهنية غير المشبعة. فمثلا حمض البالمتيك يحتاج إلى سبع دورات لينتج عنه ثمانية مركبات من Acetyl-CoA.



شكل 18: أكسدة الأحماض الدهنية β-Oxidation