فصل ٤

الليبيدات

Lipids

الليبيدات هى مجموعه المركبات البيولوجيه التى يمكن إستخلاصها من الخلايا والأنسجة الحيه بالمذيبات العضويه مثل الكلوروفورم والايثير والبنزين. وبالرغم من أن الليبيدات تشمل مجموعه كبيره ومتنوعه من المركبات فإن لها فقط أربع وظائف بيولوجيه: (١) فى جميع الخلايا تمثل الليبيدات أحد العناصر البنائية الأساسية فى الأغشيه الخلويه، (٢) بعض الليبيدات (ثلاثى أسايل جليسرولات) تستخدم كمخزن إحتياطى للطاقه، (٣) بعض الفيتامينات والهورمونات التى توجد في الحيوانات هى ليبيدات أو مشتقاتها، (٤) الأحماض المرارية وهى نوع من الليبيدات تستخدم فى إذابه أنواع الليبيدات الأخرى أثناء عملية الهضم.

الأحماض الدهنيه هى الوحدات البنائية لمعظم الليبيدات

توجد عده أقسام من الليبيدات، كل منها يقوم بوظيفة بيولوجية متخصصه (جدول ٤ ـ ١). بعض هذه الليبيدات وهى ثلاثى أسايل جليسرولات وفوسفو جليسريدات وسفنجوليبيدات والشموع تحتوى على أحماض دهنية كأحد عناصرها الأساسية. هذه المجموعه من الليبيدات تنتج أملاح الاحماض الدهنية بالتميؤ القاعدى، لذلك يطلق عليها أحيانا بالليبيدات المتصبنة. التربينات والأستيرويدات لا تحتوى على أحماض دهنية لذلك تسمى أحيانا بالليبيدات غير المتصبنه. البروستاجلاندينات من ناحية أخرى هى أحماض دهنيه طويلة السلسلة تحتوى على حلقة خماسية. ويتضح من ذلك أن الأحماض الدهنيه تشكل العناصر البنائية لمعظم أنواع الليبيدات.

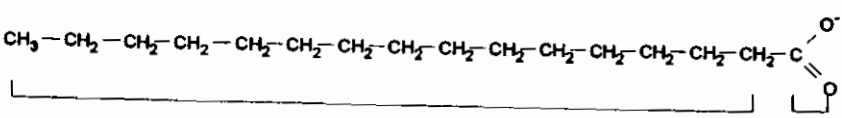
جدول ٤ ـ ١

أنواع الليبيدات الأساسية

١ ـ ثلاثى أسايل جليسرولات	Triacylglycerols
٢ ـ الفوسفو جليسريدات	phosphoglycerides
٣ ـ سفنجو ليبيدات	Sphingolipids
٤ ـ الشموع	Waxes
٥ ـ التربينات	Terpens
٦ ـ الاسترويدات	Steroids
٧ ـ البروستاجلاندين	Prostoglandins

تسميه الأحماض الدهنية

سوف نبدأ مناقشتنا بالأحماض الدهنيه وهى الوحدات البنائية لمعظم الليبيدات. الحمض الدهنى مثل حمض البالمتيك (شكل ٤ ـ ١) يحتوى على منطقتين مميزتين: سلسلة هيدروكربونيه طويله وهى مجموعه كارهه للماء (لاتذوب فى الماء) وليست نشطه كيميائيا، ومجموعه كربوكسيل التى تتأين فى المحاليل وهى محبه للماء (تذوب فى الماء) وتكوّن أسترات وأميدات بسهوله. والأحماض الدهنيه التى لا تحتوى على روابط مزودجه فى السلسله الهيدروكربونيه تعرف بالأحماض الدهنية المشبعه، أما التى تحتوى على رابطة مزدوجة أو أكثر فى السلسلة الهيدروكربونيه تعرف بالأحماض الدهنيه غير المشبعه.



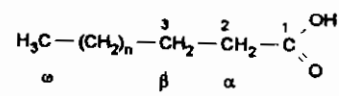
سلسلة هيدروكربونية
لاتذوب فى الماء

مجموعة كربوكسيل
تذوب فى الماء

شكل ٤ ـ ١

حمض بالمتيك

بالإضافة لوجود أسماء شائعه للأحماض الدهنيه فإنها أيضا تُعطى أسماء تصنيفيه (نظاميه). ويشتق الاسم التصنيفى للحمض الدهنى من اسم الهيدروكربون المقابل باستبدال الحرف e الاخير بالمقطع oic. مثال ذلك الحمض الدهنى المشبع الذى يحتوى على ١٨ ذره كربون (C_{18}) يسمّى اوكتا ديكونويك octadecanioc وذلك لأن الهيدروكربون المقابل هو اوكتاديكان octadecane . الحمض الدهنى ذو ١٨ ذره كربون ويحتوى على رابطه مزدوجة واحده يُسمّى اوكتاديكينويك octadecenoic، والذى يحتوى على رابطتين مزدوجتين يُسمّى أوكتاديكادينويك octadecadienoic، والذى يحتوى على ثلاثة روابط مزدوجة يُسمّى أوكتاديكاترينويك octadecatrienoic. الرمز المختصر 0 : 18 يعطى للحمض C_{18} المشبع، بينما الرمز 2 : 18 يشير إلى وجود رابطتين مزدوجتين. ويتم ترقيم ذرات الكربون فى الحمض الدهنى بدايه من مجموعه الكربوكسيل الطرفية.



ذرات الكربون ٢ و ٣ يشار إليهما بالحروف α (الفا) و β (بيتا) على التوالى، ومجموعه الميثايل الطرفيه يشار اليها بالكربون ω (أوميجا). موضع الروابط المزدوجة يتحدد بالحرف Δ (دلتا) الذى يتبعه رقم ذرات الكربون التى يبدأ عندها الرابطة المزدوجة مثال ذلك Δ^9 يشير إلى وجود رابطة مزدوجة بين ذرتى الكربون ٩و ١٠.

تختلف الأحماض الدهنيه فى طول السلسلة وفى درجة عدم التشبع

الأحماض الدهنية فى الأنظمة الحية (جدول ٤ ـ ٢) غالبا ما تحتوى على عدد زوجى من ذرات الكربون ما بين ١٤ إلى ٢٤ ذره، ولو أن الأحماض ذوات ١٦ و١٨ ذره كربون هى اكثرها انتشاراً. والسلسة الهيدروكربونيه فى الأحماض الدهنيه الحيوانيه تكون غير متفرعه، ولكنها قد تكون مشبعه أو تحتوى على رابطه مزدوجة أو أكثر. والروابط المزدوجة فى معظم الأحماض الدهنيه الطبيعية تكون فى الهيئة الفراغيه المضاهى cis.

جدول ٤ . ٢
بعض الأحماض الدهنية الشائعة فى الأنظمة الحية

عدد ذرات الكربون	عدد الروابط المزدوجة	الاسم الشائع	الاسم التصنيفى (النظامى)	الصيغة الجزيئية	الرمز المختصر
الأحماض الدهنية المشبعة					
١٤	—	حمض ميرستيك	حمض تترادیكانويك	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$	14:0
١٦	—	حمض بالمتيك	حمض مكساديكانويك	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	16:0
١٨	—	حمض ستباريك	حمض أوكتاديكانويك	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	16:0
٢٠	—	حمض أراكيديك	حمض ايكوسانويك	$CH_3(CH_2)_{18}COOH$	20:0
الأحماض الدهنية غير المشبعة					
١٦	١	حمض باليتوليك	حمض cis - 9 - هكساديكنيويك	$CH_3(CH_2)_5CH=CH(CH_2)_7COOH$	$16:1\Delta^9$
١٨	١	حمض أوليك	حمض cis - 9 -أوكتاديكينويك	$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$	$18:1\Delta^9$
١٨	٢	حمض لينوليك	حمض - cis - 9، 12 -أوكتاديكادينويك	$CH_3(CH_2)_4CH=CH-CH_2-CH=CH(CH_2)_7COOH$	$18:2\Delta^{9,12}$
١٨	٣	حمض لينولينيك	حمض cis 9، 12، 15 ـ أوكتاديكاترينويك	$CH_3(CH_2)-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH(CH_2)_7COOH$	$18:3\Delta^{9,12,15}$

تتوقف خواص الأحماض الدهنيه والليبيدات المشتقه منها بدرجة كبيرة على طول السلسلة الهيدروكربونية وعلى درجة عدم التشبع. فالأحماض الدهنيه غير المشبعه لها درجة إنصهار أقل من الأحماض الدهنيه المشبعه التى لها نفس طول السلسلة الكربونيه، مثال ذلك درجة إنصهار حمض الاستياريك stearic acid تساوى ٦٩,٦°م، بينما هى لحمض الأولييك oleic acid (يحتوى على رابطة مزدوجة) ١٣,٤°م. والأحماض الدهنيه التى تحتوى على درجة عدم تشبع أكبر (رابطتين أو ثلاثة روابط مزدوجة) تكون درجة إنصهارها أقل من حمض الأولييك. وطول السلسلة الهيدروكربونيه يؤثر أيضا على نقطه الإنصهار، فدرجة إنصهار حمض البالمتيك palmetic acid (١٦ ذره كربون) أقل بـ ٦,٥°م عن درجة حرارة إنصهار حمض الاستياريك (١٨ ذره كربون).

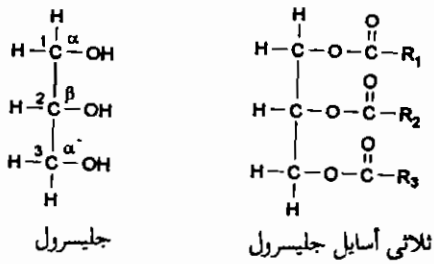
بالإضافة إلى الأحماض الدهنيه الشائعه الإنتشار (جدول ٤ ـ ٢)، فإنه امكن فصل اكثر من ١٠٠ حمض دهنى آخر من الكائنات الحيه المختلفه. وهذه الأحماض تختلف فى تركيبها عن الأحماض الشائعه، فقد تحتوى على سلسلة كربونيه متفرعه، أو تحتوى على رابطه ثلاثيه، أو قد تحتوى على بعض المجموعات الفعّاله فى السلسلة الكربونيه مثل مجموعه هيدروكسيل، أو مجموعة ابوكسى، أو حلقة سيكلوبروبين. هذه الأحماض غالبا ما يكون وجودها مرتبطاً بوظيفة متخصصة.

ثلاثى أسايل جليسرولات هى أسترات الأحماض الدهنيه مع الجليسرول

ثُلاثى أسايل جليسرولات triacylglycerols هى أبسط وأكثر الليبيدات انتشاراً والتى تحتوى فى تركيبها على أحماض دهنيه كوحدات بنائية. أحيانا يشار إلى ثلاثى أسايل جليسرولات بالجليسريدات الثلاثية triglycerides أو الدهون المتعادلة neutral fats وذلك لأنها جزيئات غير قطبية غير محبة للماء، فلا تحتوى على شحنات كهربيه أو مجموعات قطبية. وثلاثى أسايل جليسرولات هى الصوره التى تخزن عليها الأحماض الدهنيه كمستودع مُركّز لطاقة الأيض وذلك لوجودها فى صوره مختزله لا مائية، حيث تخزن فى سيتوبلازم خلايا النبات والحيوان ولكنها لا توجد فى الأغشية الخلويه.

وثلاثى أسايل جليسرولات هى أسترات للجليسرول، وهو كحول ثلاثى الهيدروكسيل،

مع ثلاثة أحماض دهنيه (شكل ٤ ـ ٢). وتوجد ثلاثى أسايل جليسرولات فى صور مختلفه بناء على نوع وموضع الأحماض الدهنيه الثلاثة المرتبطة مع الجليسرول. فثلاثى أسايل جليسرولات التى تحتوى على نوع واحد من الأحماض الدهنيه فى المواضع الثلاثه (١ ، ٢ و٣) تعرف بثلاثى أسايل جليسرولات بسيطة. كما تسمى ثلاثى أسايل

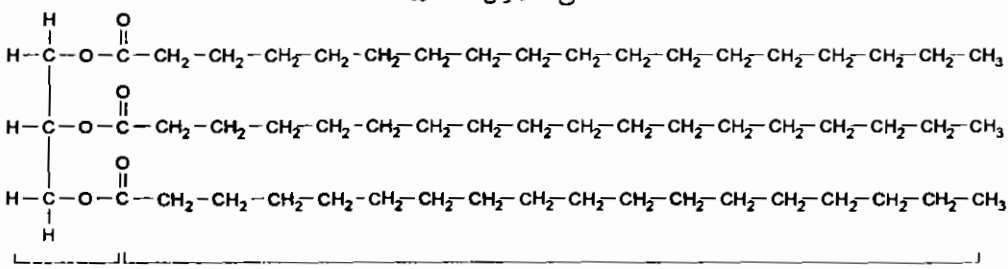


شكل ٤ ٢

الجليسرول والتركيب العام لثلاثى أسايل جليسرول R_1 و R_2 و R_3 تمثل السلسلة الهيدروكربونيه للأحماض الدهنيه الثلاثه.

جليسرولات البسيطة باسماء توضح نوع الحمض الدهنى الداخل فى تركيبها. مثال ذلك ثلاثى أسايل جليسرول البسيط الذى يحتوى على حمض إستياريك يدعى ثلاثى إستياريل الجليسرول tristearoylgycerol ، أما الذى يحتوى على حمض الأوليك يدعى ثلاثى أوليل جليسرول troleylglycerol (شكل ٤ ـ ٣). الأسماء البسيطة والأكثر شيوعا لهذين المركبين هما ثلاثى الإستيارين tristearin وثلاثى الأوليين triole-in على التوالى. ثلاثى أسايل جليسرول التى تحتوى على نوعين أو أكثر من الأحماض الدهنيه تدعى ثلاثى أسايل جليسرول مختلط، فذلك الذى يحتوى على جزيئين من حمض استياريك على ذره الكربون الأولى والثانيه وجزئ حمض أوليك على ذره الكربون الثالثه يدعى ١ ، ٢ ثنائى استيارو أوليل جليسرول 1,2-distearooleylglyce-rol . ومعظم الدهون الطبيعيه مثل زيت الأذره والذبد هى مخلوط معقد من ثلاثى أسايل جليسرولات البسيطة والمختلطة.

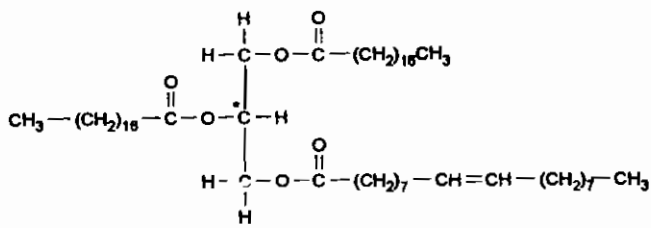
ثلاثى استياريل جليسرول



جليسرول وحده حمض الاستياريك

١ ، ٢ ثنائى استيارو أوليل جليسرول

(الهيئة الفراغية L)



شكل ٤ ـ ٣

تركيب ثلاثى أسايل جليسرول البسيط والمختلط. لاحظ أنه بارتباط ذره الكربون ١ و ٣ فى الجليسرول بنوعين مختلفين من الاحماض الدهينه تصبح ذوه الكربون ٢ مركز كيرالى. ثلاثى اسايل جليسرول من هذا النوع الموجوده طبيعيا تكون فى الهيئة الفراغيه L

ثلاثى أسايل جليسرولات قد توجد فى صوره صلبه أو سائله إعتماداً على محتواها من الأحماض الدهينه. فثلاثى أسايل جليسرولات التى تحتوى فقط على أحماض دهنيه مشبعه (ذات درجة إنصهار مرتفعه) مثل ثلاثى الاستيارين وهو العنصر الأساسى فى شحم الابقار توجد فى صوره مواد صلبه بيضاء على درجة حراره الغرفه، وعاده تسمى دهن. من ناحية أخرى فإن ثلاثى أسايل جليسرولات التى تحتوى على نسبه كبيره من الأحماض الدهنيه غير المشبعه (ذات درجة إنصهار منخفضة) توجد فى صوره سائله على درجة حراره الغرفه وعاده تُدعى بالزيت مثل الزيوت النباتية كزيت الزيتون.

ثلاثى أسايل جليسرولات تُشكّل مخزون مركّز للطاقة

تُمثّل ثلاثى أسايل جليسرول مخزون مركّز لطاقة الأيض فى الحيوانات والنباتات وذلك لأنها مركبات مختزله وتوجد فى صوره لامائيه. فناتج الاكسده الكامله للأحماض الدهنيه يكون حوالى ٩ كيلو سعر/ جرام بالمقارنه بـ٤ كيلو سعر/ جرام لكل من الكربوهيدرات والبروتينات. ويرجع هذا الإختلاف الكبير فى ناتج الطاقة إلى أن الأحماض الدهنيه أكثر إختزالا عن الكربوهيدرات والبروتينات. بالإضافة إلى ذلك فإن ثلاثى أسايل جليسرول مواد غير قطبيه ولا تحمل شحنات كهربيه ولذلك فإنها تُخزّن فى صوره لا مائية، بينما البروتين والكربوهيدرات ذوات خواص قطبيه مرتفعه ولذلك توجد فى صوره مائية. وفى الحقيقة فإن جرام الجلايكوجين الجاف يرتبط باثنين جرام من الماء. وعلى ذلك فإن جرام الدهن اللامائي يخزن طاقه سته أضعاف ما يخزنه جرام الجلايكوجين المائى، ويتضح من ذلك لماذا أُختيرت ثلاثى أسايل جليسرولات وليس الجلايكوجين كمخزون للطاقة. مركز تجمع ثلاثى أسايل جليسرول فى الثديات هو سيتوبلازم الخلايا الدهنيه حيث تُخزن كميه كبيرة من ثلاثى أسايل جليسرول فى صوره قطرات دهنيه التى قد تملأ حجم الخليه كله. وهذا النوع من الخلايا متخصص فى إبتناء وتخزين ثلاثى أسايل جليسرول وفى تحريك جزيئات الوقود (الأحماض الدهنيه) إلى الأنسجة الأخرى عندما يكون إمداد الطاقة الخارجى محدوداً.

فى النباتات الراقيه توجد ثلاثى أسايل جليسرول بكميات صغيره فى الأنسجة الخضرية، ولكنها تخزن بكميات كبيره فى أنسجة التكاثر (البذور والثمار)، خاصه فى بعض الأنواع مثل الخروع، وهى بذلك تمثل مخزون غذائى يستخدم فى إنتاج الطاقة والكربون العضوى فى فترة الإنبات والنمو الأولى.

المواد الشمعيه هى استرات لأحماض دهنيه طويله السلسلة مع كحولات طويلة السلسلة

المواد الشمعيه waxes عباره عن مخلوط معقد من الليبيدات غير القطبيه، والتي يختلف تركيبها من نوع من الكائنات إلى آخر. مع ذلك فإن الاسترات فى الشموع تمثل فى

كل الأنواع الجزء الأكبر فى هذا المخلوط، وهى عباره عن أسترات لأحماض دهنيه طويله السلسلة (تحتوى على ١٤ إلى ٣٦ ذره كربون) مع كحولات طويلة السلسلة (تحتوى على ١٦ ـ ٢٢ ذره كربون).

تشترك معظم المواد الشمعيه فى خاصية عامه وهى أنها تفرز خارج الأنسجة الحيه حيث تقوم بوظيفة حماية أو تكوين طبقه طارده للماء. ففى الفقاريات تفرز المواد الشمعية بواسطة الغدد الجلدية لتعمل كغطاء واق للشعر. كما يغطى الصوف والفراء أيضا بالمواد الشمعيه. أما الطيور وخاصة المائية منها فيغطى ريشها بالمواد الشمعيه لجعله طارداً للماء. وأوراق وثمار العديد من النباتات يغطى سطحها أيضا بالمواد الشمعيه التى تعمل على خفض الفقد الزائد للماء أو دخوله إلى الأنسجة، كما أنها قد تشارك بدرجة ما فى حماية الأنسجة ضد المخاطر الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية.

المواد الشمعيه تنتج وتستخدم بكميات كبيرة فى الكائنات البحريه خاصة فى الكائنات الطافية أو المعلقة فى المياه حيث تمثل المواد الشمعيه فى هذه الحالة صوره مخزنه للطاقة.

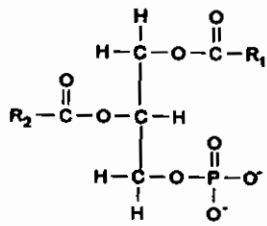
ونظرا لأن ثلاثى أسايل جليسرولات والشموع مواد غير قطبيه فأحيانا يطلق عليهما الليبيدات غير القطبية.

الفوسفوليبيدات عناصر أساسية فى الأغشية الخلوية

الفوسفو ليبيدات phospholipids هى الليبيدات البنائية الأساسية فى جميع الأغشية الخلوية فى كل من الخلايا مميزه النواه والخلايا أوليه النواه. هذه الليبيدات كما يظهر من إسمها تحتوى على فوسفور فى صوره فوسفات. وتعتبر الفوسفو جليسريدات phoshog-lycerids من ناحية الكم أكبر الفوسفو ليبدات أهمية، والاسفنجوميلين يعتبر أيضا من الفوسفوليبدات وسوف نشير إليه عند دراستنا للاسفنجو ليبيدات.

يتألف الفوسفوجليسريد من جليسرول كجزء أساسى وأثنين من الأحماض الدهنيه وكحول مفسفر. وفى الفوسفوجليسريدات ترتبط مجموعتا الهيدروكسيل على ذره الكربون الأولى والثانية مع الحمضين الدهنيين، أما مجموعه الهيدروكسيل الثالثة فترتبط مع حمض الفوسفوريك، والمركب الناتج يسمى حمض الفوسفاتيديك phosphatidic

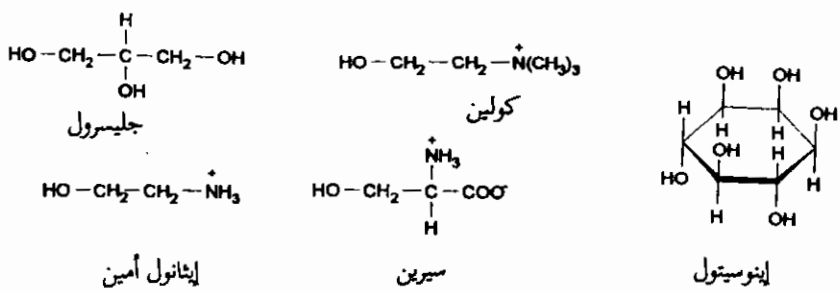
acid (شكل ٤ ـ ٤) وهو المركب الأساسى الذى يتكون منه الفوسفوجليسريدات. يوجد حمض الفوسفاتيديك بكميات صغيره فى الأغشية الخلوية ولكنه مركب وسيط مهم فى ابتناء الفوسفوجليسريدات.



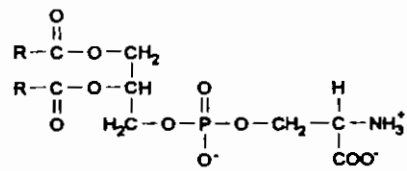
شكل ٤ ـ ٤

التركيب العام لحمض الفوسفاتيديك (ثنائى أسايل جليسرول فوسفات)

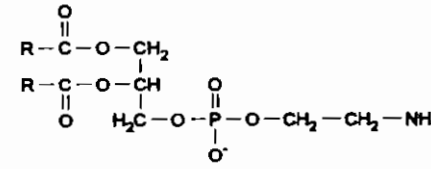
الفوسفوجليسريدات الرئيسية هى مشتقات لحمض الفوسفاتيديك، فترتبط مجموعه الفوسفات فى حمض الفوسفاتيديك مع مجموعه هيدروكسيل فى عدد مختلف من الكحولات. والكحولات الشائعه التى توجد فى الفوسفوجليسريدات تشمل سيرين serine، ايثانول أمين ethanolamine، كولين choilne، جليسرول glycerol، واينوسيتول inositol.



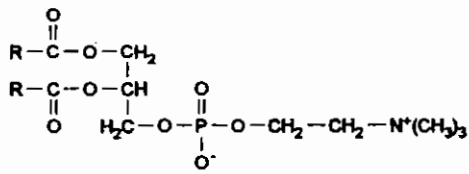
الصيغة البنائية للفوسفو جليسريدات الأساسية الناتجة من إرتباط الكحولات المذكوره مع حمض الفوسفاتيديك وهى فوسفاتيديل سيرين وفوسفاتيديل إيثانول أمين وفوسفاتيديل كولين وفوسفاتيديل جليسرول وفوسفاتيديل اينوسيتول وثنائى فوسفاتيديل جليسرول موضحة فى (شكل ٤ ـ ٥).



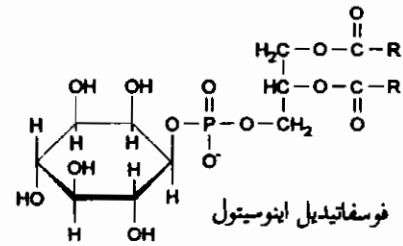
فوسفاتيديل سيرين



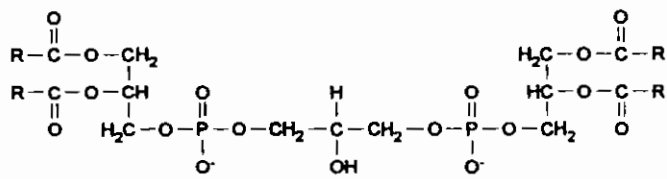
فوسفاتيديل ايثانول أمين



فوسفاتيديل كولين



فوسفاتيديل اينوسيتول



ثنائى فوسفاتيديل جليسرول

شكل ٤ ـ ٥

الصيغة البنائية لبعض الفوسفوجليسريدات

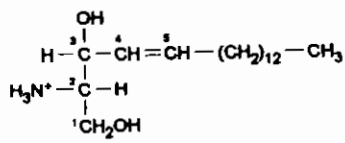
توجد أصناف جزيئية مختلفه فى كل نوع من الفوسفوجليسريدات، فالإسم فوسفاتيديل كولين يشير إلى مخلوط معقد من الفوسفوجليسريدات التى تحتوى جميعها على كولين ولكنها تحتوى على أحماض دهنيه مختلفه مستبدله على ذره الكربون الأولى والثانيه. فخلايا الدم الحمراء تحتوى على واحد وعشرين صنفاً ـ أو نوعاً جزيئيا مختلفا من فوسفاتيديل كولين التى تختلف فيما بينها فى نوع الأحماض الدهنيه المرتبطه مع ذره الكربون الأولى أو الثانيه فى الجليسرول أو كليهما. وهذا صحيح أيضا بالنسبة للفوسفوجليسريدات الأخرى.

الإسفنجوليبيدات هى أيضا عناصر مهمه فى الأغشية الخلوية

الإسفنجوليبيدات shingolipids هى المجموعه الثانيه من الليبيدات القطبيه التى توجد

كعناصر بنائيه فى الأغشيه الخلوية فى معظم الكائنات فيما عدا أنواع عديده من البكتريا. تتألف الاسفنجوليبيدات من ثلاثه عناصر أساسيه: (١) قاعدة سفنجوزين sphingosine (أو أحد مشتقاتها) وهى عباره عن كحول طويل السلسلة، (٢) جزئ حمض دهنى، (٣) مجموعه قطبيه.

توجد ثلاثه قواعد أساسيه فى الأغشية الخلوية التى تحتوى على ١٨ ذره كربون، وعدد من القواعد الأخرى التى تختلف فى طول السلسلة وعدد الروابط المزدوجة أو فى تفرع مجموعه الألكيل. سفنجوزين (٤سفنجانين sphinganine - 4) (شكل ٤ ـ ٦)



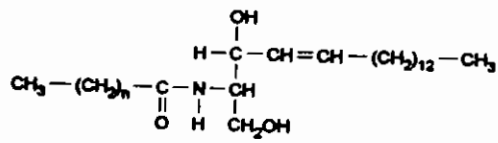
شكل ٤ ـ ٦

تركيب سفنجوزين. فى ثنائى هيدروسفنجوزين تختزل الرابطة المزدوجة بين C_4 و C_5. فى فيتوسفنجوزين تُستبدل ذره هيدروجين من على C_4 فى الاسفنجانين بمجموعه هيدروكسيل

يعتبر من ناحية الكم أكثر القواعد أهميه فى الخلايا الحيوانية (٩٠٪ أو أكثر)، بينما ثنائى هيدروسفنجوزين dihydrosphingosine (سفنجانين sphinganine) يوجد أيضا فى الخلايا الحيوانية ولكن بنسبه صغيره. فيتوسفنجوزين phytosphingosine (٤ ـ هيدروكسى سفنجانين hydroxysphinganine - 4) من ناحية أخرى هو القاعدة التى توجد فى الخلايا النباتيه والخميره. تُعتبر القواعد الحرة سامه للخلايا ولذلك توجد بكميات ضئيله جداً، مع ذلك فإنها مركبات وسيطه مهمة فى إبتناء الاسفنجو ليبيدات.

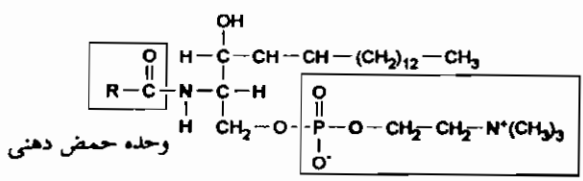
فى الاسفنجوليبيدات ترتبط مجموعه الأمين فى القاعده مع أحد الأحماض الدهنيه برابطه أميد ويتكون سيراميد ceramide وهو التركيب الأساسى المميز الذى يدخل فى تركيب كل الاسفنجوليبيدات. والأحماض الدهنيه التى ترتبط بمجموعه الأمين فى

القاعده تحتوى أساساً على ١٦ أو ١٨ أو ٢٢ أو ٢٤ ذره كربون، وقد تكون مشبعه أو تحتوى على رابطة مزدوجة فردية.



Ceramide

يوجد قسمين رئيسين من الاسفنجو ليبيدات بناءاً على طبيعة المجموعه الكيميائية التى ترتبط بمجموعه الكحول الأولى فى السيراميد هما سفنجو ميلينات sphingomye-lines وجلايكوسفنجو ليبيدات glycosphingolipids (أو جلايكوليبيدات glycolip-ids). فى سفنجوميلين ترتبط مجموعه الكحول الأولى فى السيراميد مع فوسفات الكولين أو فوسفات إيثانول أمين. ونظرا لأن الإسفنجوميلينات تحتوى على فوسفور فيمكن إعتبارها فوسفو ليبيدات، وفى الحقيقة أنها تشابه فى خواصها وهيئتها الفراغيه الفوسفوجليسريدات المقابله فوسفا تيديل كولين وفوسفاتيديل إيثانول أمين.

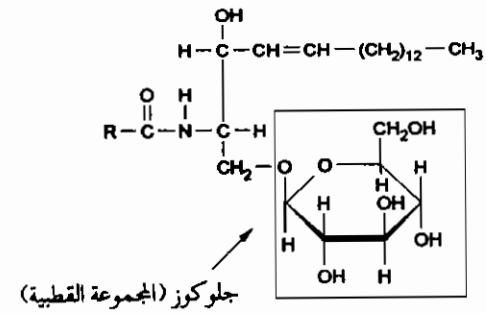


سفنجوميلين

توجد الإسفنجوميلينات فى معظم أغشيه الخلايا الحيوانيه، كما توجد بكميات كبيره فى رقائق الميلين myeline sheets وهو الغشاء متعدد الطبقات الذى يحمى ويعزل الالياف العصبية.

الجلايكوسفنجو ليبيدات أو الجلايكو ليبيدات كما يظهر من إسمها هى ليبيدات تحتوى على جزء كربوهيدراتى. وفى الجلايكو ليبيدات ترتبط وحده سكر أو أكثر (بدلا من فوسفات الكولين أو فوسفات إيثانول أمين) مع مجموعه الكحول الأولى فى السيراميد. وأبسط الجلايكوليبيدات هى سيربروسيد cerebroside التى تحتوى على

وحده سكر فرديه الذى يكون جلوكوز أو جالاكتوز (شكل ٤ ـ ٧). جالاكتوسيربروسيد الذى يحتوى على جالاكتوز كمجموعه قطبية يوجد بصفه خاصة فى أغشيه خلايا المخ، بينما جلوكوسيربروسيد الذى يحتوى على جلوكوز كمجموعه قطبيه يوجد فى أغشية الخلايا غير العصبية.

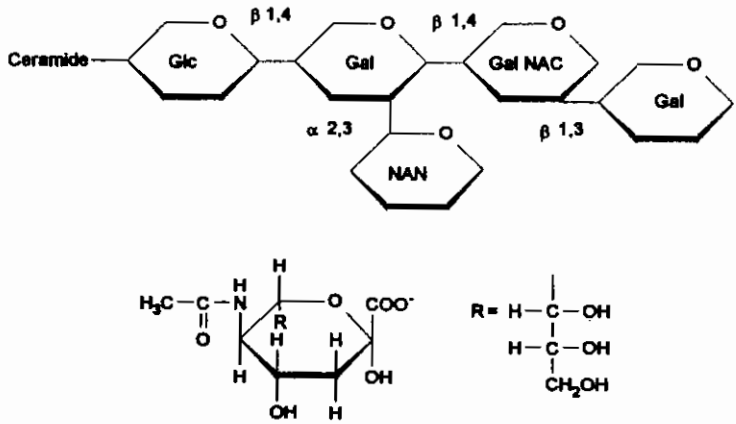


شكل ٤ ـ ٧

جلوكوسيربروسيد الذى يحتوى على جلوكوز كمجموعه قطبيه. فى جالاكتو سيربروسيد تستبدل وحدة الجلوكوز بوحده جالاكتوز.

يوجد أيضا أنواع من سيربروسيد التى تحتوى على وحدتين أو ثلاثه أو أربع وحدات سكر والتى قد تكون جلوكوز أو جالاكتوز أو N ـ أسيتايل ـ جالاكتوز أمين. وهذه السيربروسيد المعقده توجد بدرجة كبيره فى الطبقة الخارجية لغلاف الخلايا.

الجلايكو ليبيدات الأكثر تعقيداً مثل جانجلوسيد gangliosides تحتوى على سلسلة متفرعه من وحدات السكر التى قد يصل عددها إلى سبعه وحدات بالإضافة إلى وحده طرفية أو أكثر من حمض N- أسيتايل نيورامينيك N- acetylneuraminic acid (يعرف أيضا بحمض سياليك sialic acid) (شكل ٤ ـ ٨). توجد الجانجلوسيدات بنسبه كبيره قد تصل إلى ٦ ٪ فى الماده الرماديه للمخ، كما أنها توجد أيضا ولكن بنسبه أقل فى الأنسجة غير العصبية حيث تمثل عنصر مهم فى مواضع الاستقبال الخاصة فى أغشية الخلايا. وقد تم تمييز أكثر من ١٥ نوع من الجانجلوسيدات التى تختلف فى عدد ومواضع السكر السداسى وحمض السياليك.



شكل ٤ ـ ٨

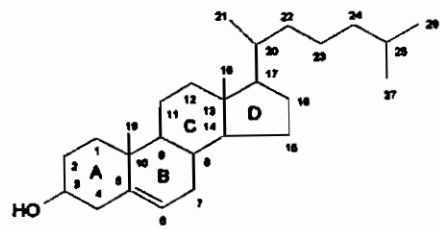
تركيب جانجلوسيد GM_1 . الاختصارات المستخدمه هى: Gal = جالاكتوز؛ GalNAC = أسيتايل جالاكتوز أمين Glc = جلوكوز؛ NAN = N- أسيتايل نيرامينات. فى هذه التسمية المختصره فإن G تشير إلى جانجلوسيد والحرف الثانى يشير إلى عدد وحدات حمض السياليك (M = وحده حمض ساليك) D = وحدتين، T = ثلاثة وحدات) الرقم بمثل (5-n) حيث n هى عدد وحدات السكر المتعادل.

الاسترويدات هى ليبيدات غير متصبنه تقوم بوظائف بيولوجية مختلفة

الاسترويدات steroids جزيئات معقده لا تحتوى فى تركيبها على أحماض دهنيه وتشمل مجموعه كبيره من المركبات ذات النشاط البيولوجى الهام. بعض هذه المواد مثل كولسترول cholesterol تدخل فى بناء الأغشية الخلوية، والبعض الآخر مثل هورمونات الجنس لها نشاط هورمونى متخصص. وتشمل هذه المجموعه أيضا على بعض الفيتامينات الذائبة فى الدهون وكذلك الأحماض المرارية التى تقوم باستحلاب وإذابه الليبيدات الأخرى فى القناه الهضمية.

الكولسترول هو أحد أفراد مجموعه من الاسترويدات والتى تدعى استيرولات sterols وهى عباره عن سترويدات كحوليه. والكولسترول (شكل ٤ ـ ٩) وإستر الكولسترول مع حمض دهنى طويل السلسلة تمثل عناصر مهمه فى الليبوبروتينات التى توجد فى

البلازما وفى الغشاء البلازمى للخلايا مميزه النواه، ولكنه لا يوجد فى النباتات أو البكتريا التى تحتوى على نوع آخر من الإسترويدات. ويعتبر الكولسترول أيضا ماده وسيطه يتكون منها استرويدات أخرى مهمه فى الحيوانات مثل الأحماض المراريه والهورمونات الاسترويديه.



كولسترول

شكل ٤ ـ ٩

كولسترول cholesterol . ستجما ستيرول له تركيب مماثل للكولسترول فيما عدا إحتوائه على رابطة مزدوجة بين ذرتى الكربون رقم ٢٢ و ٢٣ .

تحتوى أغشية الخلايا النباتيه على إستيرولات أخرى تعرف فى مجموعها فيتوستيرولات منها ستجماستيرول الذى يختلف عن الكولسترول فى إحتوائه على رابطة مزدوجة بين ذرتى الكربون ٢٢ و ٢٣ (شكل ٤ ـ ٩). الفطروالخميره تحتوى على نوع من الاستيرولات يدعى ميكوستيرول منها أرجوستيرول الذى يتحول إلى فيتامين D بواسطة أشعه الشمس.

يعتبر الكولسترول المادة البادئة فى البناء الحيوى للهورمونات الاسترويديه والتى تشمل هورمونات الجنس وهورمونات الغده فوق الكلويه. وتصنف هورمونات الجنس إلى مجموعات ثلاثه: هورمونات أنثوية أو إستروجينات، هورمونات الحمل أو بروجستيرونات، وهورمونات ذكرية أو أندروجينات. وتركيب ثلاثه من هذه الهورمونات موضح فى شكل (٤ ـ ١٠).