اللبيدات (الشحميات) Lipids

● المقدمة ● التركيب الكيميائي للبيدات ● تقسيم اللبيدات ● وظائف اللبيدات ● احتياجات اللبيدات ● مصادر اللبيدات ● خواص اللبيدات ● الكوليستيرول ● علاقة الدهن بمرض تصلب الشرايين ● الأجسام الكيتونية

(٥,١) المقدمة Introduction

تشمل اللبيدات كلمة الدهون fats والزيوت Oils ، إلا أن كلمة الدهون هي الأكثر شيوعًا واستعمالاً . وتعتبر اللبيدات المصدر الرئيسي المركز للطاقة في الأغذية، وتمد الجسم بحوالي ٣٠ ـ ٣٥٪ من احتياجات الطاقة الكلية في اليوم . وبالإضافة إلى أنها مصدر غني بالطاقة فإنها تحتوي على الأحماض الدهنية الأساسية والفيتامينات الذائبة في الدهن، كما يستفيد منها الإنسان لتصنيع بعض المركبات الوسطية الضرورية لنمو الجسم ونشاطه . كذلك تستخدم الدهون في طهي الخضروات واللحوم وغيرها من الأغذية، مما يكسبها الطعم الدسم المرغوب . والدهون مركبات عضوية عديمة الذوبان في الماء ولكنها تذوب في المذيبات العضوية مثل الإثير البترولي petroleum ether والكحول alcohol والإثير ether وخليط من الكلوروفورم chlorophorm والكحول المثيلي methyl alcohol أو البنزين benzen. يخزن الدهن في الجسم داخل مستودعات تسمى الأنسجة الدهنية adipose tissue ، والتي تمد الجسم بالطاقة في حالة نقص تناول الغذاء لفترة طويلة . وتحدد العوامل الاجتماعية والاقتصادية والجغرافية والثقافية والدينية كمية الدهن في الوجبة ونوعيته، فمثلاً الوجبة اليابانية منخفضة في كمية الدهن في حين أن الوجبة الإيطالية مرتفعة في كمية الدهن نتيجة إفراطهم في استخدام زيت الزيتون olive oil. كذلك فإنه يحرم على المسلمين تناول دهن الخنزير لأسباب دينية .

وتتفاوت نسبة اللبيدات في الأغذية المختلفة، لهذا قسمت الأغذية حسب محتواها من اللبيدات إلى : (١) أغذية غنية بالدهون (أكثر من ١٠٪ دهن) مثل الدهون

الحيوانية والزيوت النباتية وبعض اللحوم وصفار البيض، (٢) أغذية متوسطة في محتواها من الدهن (٢ ـ ١٠٪ دهن) مثل الحليب وبعض اللحوم، (٣) أغذية فقيرة في محتواها من الدهن (لا يزيد على ٢٪ دهن) مثل الفواكه والخضروات وبعض الحبوب.

(٢,٥) التركيب الكيميائي للبيدات Lipids Chemical Composition

اللبيدات عبارة عن مركبات عضوية يدخل في تركيبها الكربون والهيدروجين والأكسجين، حيث تكون نسبة الأكسجين فيها أقل من الكربوهيدرات، كما أنها تختلف في تركيبها structure وخواصها عن الكربوهيدرات. تحتوي بعض اللبيدات على الكربوهيدرات carbohydrates أو الفوسفور phosphates أو مركبات نيتروجينية nitrogenous compounds .

تسمى اللبيدات الغذائية dietary lipids أحيانًا بالمستخلص الأثيري ether extract أو بالجلسريدات الثلاثية triglycerides ، وهي تتألف من جزئين رئيسيين هما:

١) الأحماض الدهنية Fatty acids

تشكل الأحماض الدهنية المكون الرئيسي لمعظم اللبيدات، وهي عبارة عن مركب عضوي يتكون من سلسلة كربونية ينتهي أحد طرفيها بمجموعة المثيل (CH_3) (methyl group) ، في حين ينتهي الطرف الآخر بمجموعة الكربوكسيل (COOH) carboxyl group ومعظم الأحماض الدهنية الموجودة في الأغذية والجسم عبارة عن سلاسل مستقيمة تحتوي على أعداد زوجية even number من ذرات الكربون. توجد الأحماض الدهنية إما على صورة قصيرة (٤ـ٦ ذرات كربون)، أو سلاسل متوسطة (٨ ـ ١٢ ذرة كربون) أو سلاسل طويلة (أكثر من ١٢ ذرة كربون) حيث إن معظم الأحماض الدهنية الموجودة في الأنسجة الحيوانية تحتوي على ١٦ ـ ٢٦ ذرة كربون. والأحماض الدهنية إما أن تكون مشبعة saturated أو غير مشبعة unsaturated .

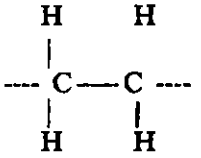
$$COOH - (CH_2)_n - CH_3$$

حمض دهني

الأحماض الدهنية المشبعة Saturated fatty acids

هي التي تحمل أقصى عدد ممكن من ذرات الهيدروجين، أي أن جميع ذرات

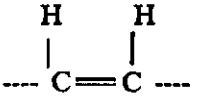
الكربون في السلسلة تحتوي على ذرتي هيدروجين مرتبطتين بها.



رابطة مشبعة

الأحماض الدهنية غير المشبعة Unsaturated fatty acids

هي التي فقدت ذرة هيدروجين من كل واحدة من ذرتي الكربون المتجاورتين، مما أدى إلى تكون رابطة مزدوجة بين ذرتي الكربون.



رابطة مزدوجة

وتقسم الأحماض الدهنية غير المشبعة إلى الآتي:

١ ـ أحماض دهنية غير مشبعة أحادية Monounsaturated fatty acids

هي أحماض تنقصها ذرتي هيدروجين، وتحتوي على رابطة مزدوجة واحدة، ومثالها حمض الأوليك oleic acid الذي يعتبر من أكثر الأحماض الدهنية انتشارًا في دهون الأغذية ودهون الجسم، ويتكون من ١٨ ذرة كربون ورابطة مزدوجة واحدة في الموقع ٩ $(18 : 1\ \Delta^9)$

$$CH_3 - (CH_2)_7 - CH = CH - (CH_2)_7 - COOH$$

حمض الأوليك Oleic acid

٢ ـ أحماض دهنية غير مشبعة متعددة Polyunsaturated fatty acids (PUFA)

هي أحماض ينقصها أربع ذرات هيدروجين أو أكثر، وتحتوي على رابطتين مزدوجتين أو أكثر. ومن الأمثلة عليها حمض اللينوليك linoleic acid الذي يتكون من ١٨ ذرة كربون ورابطتين مزدوجتين $18 : 2\ \Delta\ 9,12$ ، وحمض اللينولينيك linolenic acid الذي يتكون من ١٨ ذرة كربون وثلاث روابط مزدوجة $18 : 3\ \Delta\ 9,12,15$ ، وحمض

الأراكيدونيك arachidonic acid الذي يتكون من ٢٠ ذرة كربون و ٤ روابط مزدوجة 20 : 4 ، وتعتبر هذه الأحماض من أهم الأحماض الدهنية غير المشبعة والمتعددة من الناحية الغذائية.

وفيما يلي التركيب الكيميائي للأحماض الدهنية غير المشبعة المذكورة أعلاه.

$$CH_3-(CH_2)_4-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$$

حمض اللينوليك linoleic acid

$$CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$$

حمض اللينولينيك linolenic acid

$$CH_3-(CH_2)_4\,(CH=CH-CH_2)_3\,CH\,(CH_2)_3-COOH$$

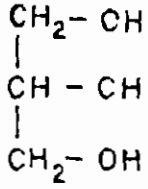
حمض الأراكيدونيك Aeachidonic acid

ويبين الجدول (١ , ٥) الأحماض الدهنية الموجودة في أنواع متعددة من الأغذية، وعدد ذرات الكربون والروابط المزدوجة ومواقعها فيها.

توجد دهون الغذاء والجسم أساسًا principally في الوضع سيس cis (ذرتا الهيدروجين على جهة واحدة)، وبنسبة قليلة (٨٪) في الوضع ترانس trans (ذرتا الهيدروجين على جهتين متقابلتين) والصورة الأخيرة مصدرها المارجرين margarines والسمن النباتي shortenings المصنوعان من الزيوت النباتية المهدرجة جزئيًا.

ب) الجليسرول Glycerol

هو عبارة عن كحول عضوي يحتوي على ثلاث ذرات كربون وثلاث مجموعات هيدروكسيل وترتبط الأحماض الدهنية بواحدة أو اثنتين أو ثلاث من مجموعات الهيدروكسيل (OH) .

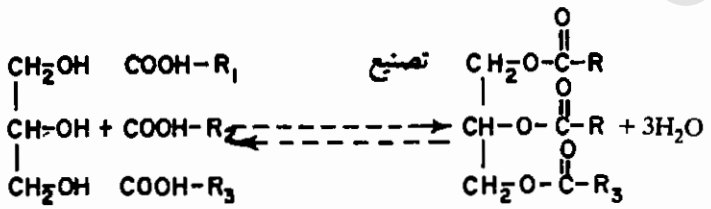


شكل (١ , ٥) . جليسرول glycerol.

جدول (١, ٥). الأحماض الدهنية والأغذية الغنية بها.

الحمض الدهني	عدد ذرات الكربون: الروابط المزدوجة ومواقعها	الأغذية الغنية بها
بيوتريك butyric acid	٤ : صفر	الزبدة
الكابرويك caproic	٦ : صفر	الزبدة
كابريليك caprylic	٨ : صفر	زيت جوز الهند والنخيل
كابريك capric	١٠ : صفر	زيت النخيل والزبدة
لوريك lauric	١٢ : صفر	زيت جوز الهند والزبدة
مريستيك myristic	١٤ : صفر	الزبدة وجوز الهند
باليتيك palmitic	١٦ : صفر	اللحوم والخضروات
ستياريك stearic	١٨ : صفر	الدهون والزيوت
أراكيديك arachidic	٢٠ : صفر	زيت الفول السوداني
كابروليك caproleic	١٠ : ١	الزبدة
لوروليك lauroleic	١٢ : ١	الزبدة
ميريستوليك myristoleic	١٤ : ١	الزبدة
باليتوليك palmitoleic	١٦ : ١	الزبدة وزيت البذور
أوليك oleic	١٨ : ١	الزيوت والدهون
لينوليك linoleic	١٨ : ٢	زيوت البذور
لينولينيك linolenic	١٨ : ٣	زيت فول الصويا
أراكيدونيك arachidonic	٢٠ : ٤	الدهون الحيوانية

تتكون الجليسريدات الثلاثية (الدهون) من اتحاد جزيء جليسرول glycerol مع ثلاثة أحماض دهنية (أستره esterification) حيث إن ٩٥٪ من الليبيدات في الوجبة عبارة عن جليسريدات ثلاثية triglyceride . أما الجلسريدات الثنائية والأحادية فتتكون من اتحاد الجليسرول مع حمضين دهنيين أو مع حمض دهني واحد على التوالي.



(ماء) (جليسريد ثلاثي) تصبين في محول قلوي (٣ أحماض دهنية) (جليسرول)

شكل (٢, ٥) .

(٥, ٣) تقسيم الليبيدات Classification of Lipids

تقسم الليبيدات تبعًا لتركيبها الكيميائي إلى الآتي:

(ا) الليبيدات البسيطة Simple lipids

وتسمى أحيانًا بالدهون المتعادلة neutral fats ، وهي إسترات esters لأحماض دهنية وكحولات alcohols ، وتقسم إلى التالي:

١ ـ الجلسريدات الثلاثية Triglycerides (TG)

تشمل الدهون والزيوت، وهي عبارة عن إسترات esters جليسرول مع ثلاثة أحماض دهنية، تحتوي عادة على خليط من اثنين أو ثلاثة أحماض دهنية مختلفة بدلاً من ثلاثة أحماض دهنية متشابهة. وتشكل الجليسريدات الثلاثية mixed triglyceride حوالي ٩٠٪ من الدهون الغذائية وأكثر من ٩٠٪ من دهون الجسم.

٢ ـ الشموع Waxes

وهي عبارة عن إسترات esters لأحماض دهنية مع كحولات alcohols ذات وزن جزيئي كبير، وتشمل هذه المجموعة إسترات فيتامين د وفيتامين ا (esters of vitamins D and A) وإسترات الكوليسترول (esters of cholesterol). وتتوافر الشموع بكميات كبيرة في الطبيعة، فهي تكون طبقة وقائية على أوراق النباتات وثمارها وبشرة الحيوانات وفرائها.

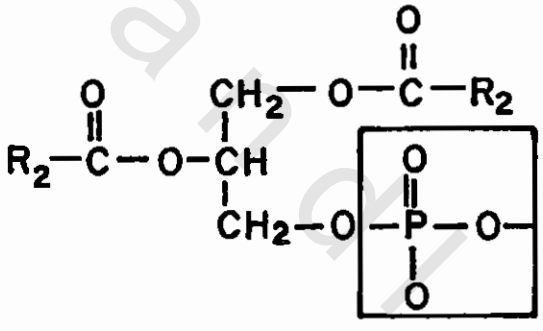
(ب) الليبيدات المركبة Compounds lipids

هي عبارة عن إسترات الجليسرول وأحماض دهنية، بمعنى آخر إنها عبارة عن دهون مركبة من جليسريدات ثنائية حل فيها حمض الفوسفور ومركبات أخرى محل

الحمض الدهني الثالث ومنها:

١ ـ الفوسفوليبيدات Phospholipids

تشبه في تركيبها الكيميائي الدهون (TG) ، فيما عدا أن واحدًا من الأحماض الدهنية تم استبداله بحمض الفوسفوريك phosphoric acid وقاعدة نيتروجينية nitrogen-containing base (كولين cholin أو إيثانول أمين ethanolamine أو سيرين serine). كما تشمل الفوسفوليبيدات السفنجوليبيدات (سفنجومايلين) والفوسفاتيديل إينوسيتول والفوسفاتيديل كولين. تشكل الفوسفوليبيدات حوالي ١ ـ ٢٪ من معظم الزيوت النباتية، كما أن نسبتها مرتفعة في صفار البيض (٢٠٪). توجد هذه المركبات في أغشية خلايا الجسم وتلعب دورًا مهمًا بالنسبة لبعض الأنظمة الإنزيمية ونقل الليبيدات في البلازما plasma ، بالإضافة إلى أنها مصدر للطاقة. والفوسفوليبيدات يمكن اعتبارها مشتقة من حمض الفوسفاتيديك.

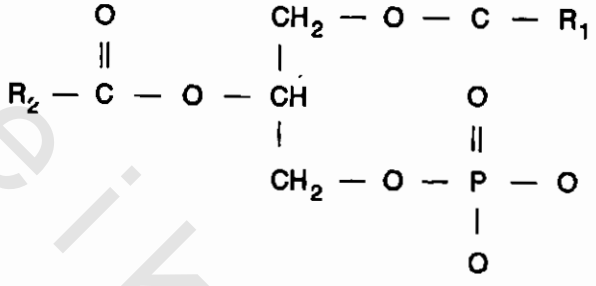


شكل (٥,٣) . حمض الفوسفاتيديك phosphatidic acid .

ويمكن تلخيص مركبات الفوسفوليبيدات كالتالي:

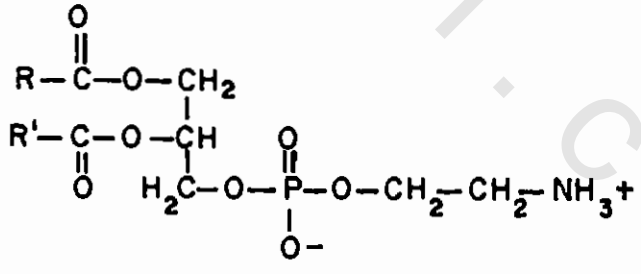
* **الليسيثين Lecithin:** القاعدة النيتروجينية كولين cholin ، لهذا يسمى أحيانًا فوسفاتيديل كولين phosphatidyl cholin وترتبط ذرة الكربون الأولى مع حمض دهن مشبع (باليتيك palmatic أو ستياريك stearic) في حين تحتوي ذرة الكربون الثانية على حمض دهني غير مشبع (أوليك olic أو لينوليك linoleic أو لينولينيك linolenic أو أراكيدونيك arachidonic) . يوجد الليسثين في العديد من الأغذية مثل الزيوت النباتية والكبدة وصفار

البيض وفول الصويا، ويستخدم تجاريًا كمادة مضادة للأكسدة antioxidant أو مادة مستحلبة emylsifyer ، وهو من أكثر الفوسفوليبيدات انتشارًا في الأغذية والأنسجة.



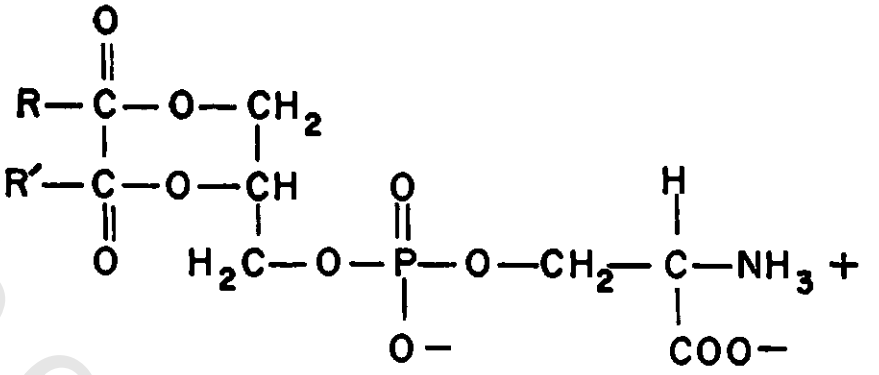
شكل (٤, ٥) . ليسيثين (فوسفاتيديل كولين phosphatidyl choline).

* السيفالين Cephalin: القاعدة النيتروجينية إيثانول أمين ethanol amine ويوجد في الكبدة والخميرة والمخ ويساعد على تخثر الدم لاحتوائه على أحماض دهنية غير مشبعة ومجاميع أمينية حرة.



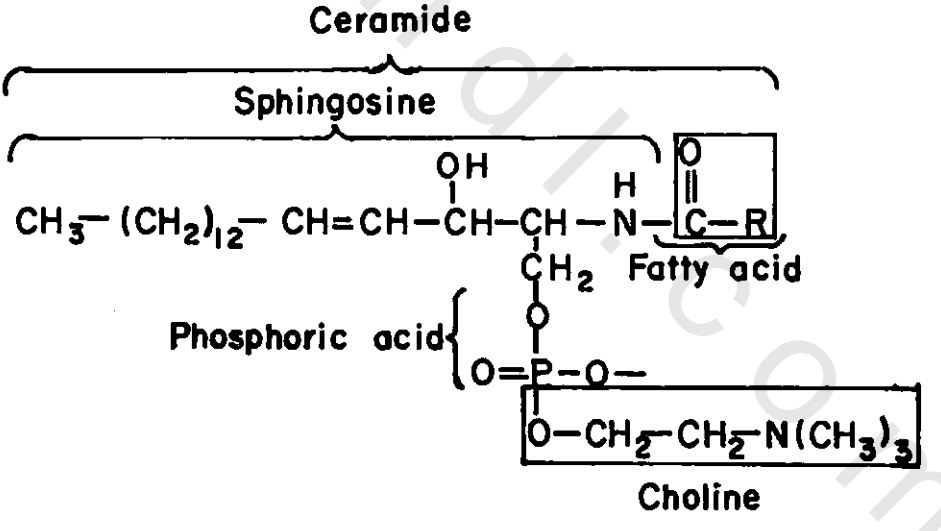
شكل (٥, ٥) . سيفالين (فوسفاتيديل إيثانول أمين phosphatidyl ethanolamine).

* فوسفاتيديل سيرين Phosphatidyl serine: القاعدة النيتروجينية سيرين Serin.



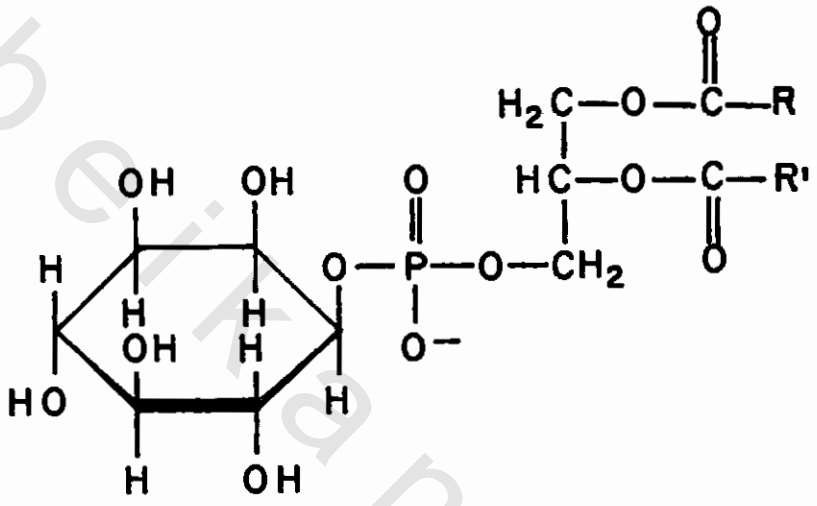
شكل (٥,٦) . فوسفاتيديل سيرين phosphatidyl serine .

* الاسفنجوميلين Sphinogomyelin: يوجد أساسًا في المخ brain وأنسجة الأعصاب nerve tissues.

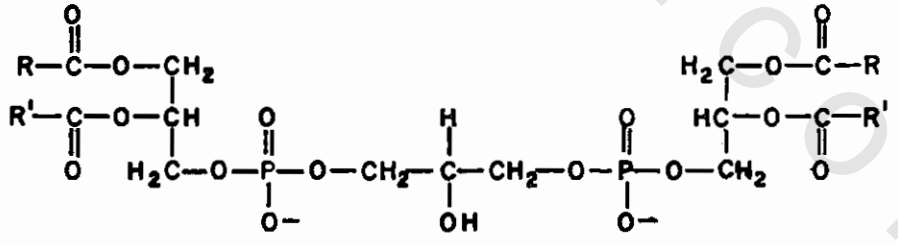


شكل (٥,٧) . سفنجوميلين sphingomyelin .

* **فوسفاتيديـل إينوسيتـول Phosphatidyl inositol وفوسفاتيديـل جليسـرول Phosphatidyl glycerol:** يوجد الإينوسيتول بنسبة عالية في زيت فول الصويا (١٦٪)، أما الفوسفاتيديل جليسرول فإنه مهم من الناحية البيولوجية.



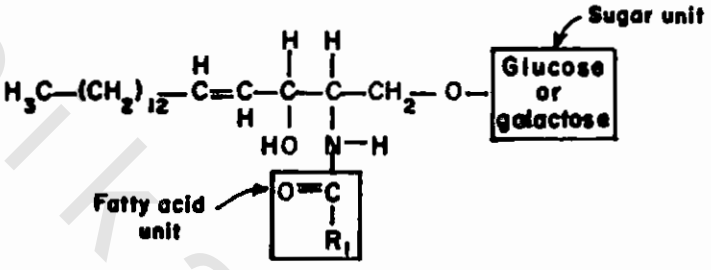
شكل (٨,٥) . فوسفاتيديل إينوسيتول phosphatidyl inositol .



شكل (٩,٥) .. ثنائي فوسفاتيديل جليسرول diphosphatidyl glycerol .

٢ ـ الجليكوليبيدات Glycolipids

هي عبارة عن لبيدات تحتوي على جزيء من سكر الجلوكوز glucose أو الجالاكتوز galactose ، وتوجد في الخلايا العصبية والمخ والكبد، ومن أمثلتها السيريبروسيدات cerebrosides والجانجليوسيدات gangliosides .



شكل (٥,١٠) . سيريبروسيد (A glycolipid) cerebroside .

٣ ـ الليبوبروتينات Lipoproteins

هي عبارة عن لبيدات تحتوي على بروتين مما يسهل عملية نقلها (اللبيدات) في الدم لأنها غير قابلة للذوبان في الماء. وتقسم الليبوبروتينات الموجودة في الدم إلى الليبوبروتينات المرتفعة الكثافة high density lipoproteins (HDL) والليبوبروتينات المنخفضة الكثافة (LDL) والليبوبروتينات المنخفضة الكثافة جدًا (VLDL) والكيلوميكرونات chylomicrons . وتحتوي هذه المركبات على البروتين والدهون، والفوسفوليبيدات والكوليسترول ولكن بنسب مختلفة. ويبين جدول (٥,٢) التركيب الكيميائي لليبوبروتينات بلازما الدم.

٤ ـ السلفوليبيدات Sulpholipids

هي لبيدات تحتوي على الكبريت sulfur .

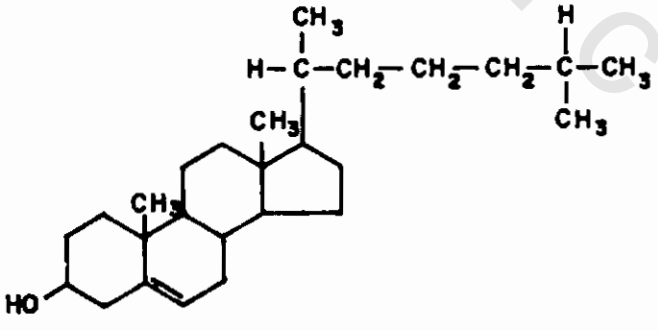
(جـ) الليبيدات المشتقة Drived lipids

تشمل هذه المجموعة الأحماض الدهنية الحرة والألكحولات (الجليسرول)

والجليسريدات الأحادية والثنائية والفيتامينات الذائبة في الدهن (فيتامين ك، هـ، د) والكاروتينويدات carotenoids والإستيرولات (ergosterol, phytosterol, cholesterol) sterols التي يمكن بها التمييز بين الدهون الحيوانية والزيوت النباتية.

جدول (٢، ٥). التركيب الكيميائي التقريبي (٪) لليبوبروتينات البلازما Plasma lipoproteins.

أنــواع الليبوبروتينات	القطر (nm)	الكثافة	الجلسريدات الثلاثية (TG)	الفوسفو ليبيدات	الكوليسترول Cholesterol	البروتينات Proteins	الوظيفة
الكيلوميكرونات Chylomicrons	٨٠ـ٦٠٠	أقل من ٠,٩٥	٨٥	٨	٥	٢	نقل الجلسريدات الثلاثية من الأمعاء الدقيقة إلى الكبد
الليبوبروتينات	٣٠ـ٨٠	٠,٩٥ـ ١,٠٠٦	٥٩	٢٠	١٣	٨	نقل الجلسريدات الثلاثية من الكبد إلى الأنسجة الطرفية Perpheral tissues
الليبوبروتينات المنخفضة الكثافة LDL (Beta-)	١٧ـ٣٠	١,٠٠٦ـ ١,٠٦٣	١٠	٢٢	٤٣	٢٥	نقـل وتنظـيم الكوليسترول
الليبوبروتينات المرتفعة الكثافة HDL (Alpha-)	١٧	١,٠٦٣ـ ١,٢١٠	٣	٢٥	١٨	٥٤	



شكل (٥، ١١). كوليستيرول Cholesterol.

(٤, ٥) وظائف الليبدات Lipids Functions

١ ـ الطاقة Energy

الوظيفة الأساسية للدهون هي أنها المصدر المركز والرئيسي للطاقة التي يحتاجها الجسم، حيث إن تناول جرام واحد منها يمد الجسم بحوالي ٩ سعرات Kcal . يخزن الدهن في الجسم في صورة أنسجة دهنية adipose tissues تزود الجسم بالطاقة عند الحاجة، بالإضافة إلى أن جميع الأحماض الأمينية والسكريات (جلوكوز) الزائدة عن حاجة الجسم تتحول إلى أنسجة دهنية. يوصى بأن تمد الدهون الجسم بحوالي ٣٠٪ من احتياجات الطاقة الكلية في اليوم.

٢ ـ حوامل للفيتامينات الذائبة في الدهن Carriers of Fat-soluble vitamines

تحمل دهون الغذاء الفيتامينات الذائبة في الدهن، وتشمل فيتامينات ك، ا، هـ، د، كما أنها تساعد على امتصاصها. لهذا فإن خفض نسبة الدهون في الوجبة الغذائية عن المستوى الموصى به يقلل من استفادة الجسم من هذه الفيتامينات. كما أن تزنخ الدهن fat rancidity أو حدوث انسداد في قناة الصفراء bile duct يتعارض مع امتصاص الدهون من خلال جدار الأمعاء مما يقلل من استفادة الجسم من الفيتامينات الذائبة فيها.

٣ ـ الاستساغة (التقبل) Palatability

تستخدم الدهون والزيوت في طهي الخضروات واللحوم والدواجن والأسماك وغيرها من الأغذية مما يعطيها طعم ونكهة مفضلة ومستحبة ويزيد من تقبلها لدى الشخص. وتحفز الدهون في الوجبة الغذائية إفراز العصائر الهاضمة digestive juices ، وكذلك تُشحم القناة الهضمية مما يسهل انزلاق الغذاء داخلها.

٤ ـ الشعور بالشبع Satiety

تقلل الدهون من إفرازات المعدة الهاضمة ومن الحركة المعدية gastric motility، كذلك تبقى مدة طويلة في المعدة مما يجعل الإنسان يشعر بالشبع لمدة طويلة.

٥ ـ العزل والحماية Isolation and protection

تمنع طبقة الدهن التي تتكون تحت الجلد من فقدان حرارة الجسم وتساعده على الاحتفاظ بحرارته ثابتة خصوصًا في الأجواء الباردة، ويحمي ذلك الجسم من التقلبات المفاجئة لدرجات الحرارة في البيئة. كما تحاط الأعضاء الحيوية vital organs في الجسم مثل الكليتين والقلب بطبقة من الدهن تحميها من الصدمات والخدوش.

٦ ـ الأحماض الدهنية الأساسية Essential fatty acids (EFA)

يعتبر اللينوليك linoleic acid هو الحمض الدهني الأساسي الذي لا يمكن للجسم تصنيعه بكميات كافية تسد احتياجاته، مما يستدعي وجوده في الوجبة الغذائية. وتظهر أعراض نقص حمض اللينوليك عادة على الأطفال الرضع infants الذين يتغذون على الحليب الصناعي الخالي من الدهن non-fat milk formula على شكل التهاب في الجلد dermatitis (جفاف وأكلان واحمرار وتقشر skaling). ومما تجدر الإشارة إليه أن حمض اللينوليك يوجد بتركيزات مرتفعة تزيد على ٥٠٪ في الزيوت النباتية vegetable oils مثل زيت الذرة وزيت عباد الشمس وزيت القرطم safflower.

كما تعتبر الدهون المكون الأساسي للمواد التي تحفز على انقباض العضلات في الأوعية الدموية والتي تعرف باسم prostaglandins.

(٥,٥) احتياجات الليبيدات Lipids Requirements

لا يوجد إلى الوقت الحاضر رأي ثابت يحدد كمية الدهن في الوجبة الغذائية اليومية حيث إن كميته في الغذاء تتوقف على عدة عوامل منها الحالة الصحية للفرد ودرجة نشاطه والعادات الغذائية. يوصى بألا تزود الدهون في المتوسط عن حوالي ٣٠٪ من احتياجات الطاقة الكلية في اليوم بالنسبة للشخص السليم، بحيث يجب أن تكون ١٠٪ من هذه الطاقة الكلية مصدرها الدهون المشبعة و ٢٠٪ مصدرها الدهون غير المشبعة الأحادية والمتعددة وبنسب متساوية فيما بينها (١٠٪ + ١٠٪)، أي بنسب ١ : ١ ، وهذه الكمية كافية لتزويد الجسم باحتياجاته من الأحماض الدهنية الأساسية والفيتامينات الذائبة في الدهن. كما يوصى بألا تزيد كمية الكوليسترول cholesterol

المتناولة في اليوم عن ٣٠٠ جرام. ويعزى السبب في التوصية بزيادة نسبة الدهون غير المشبعة في الوجبة إلى حماية الشخص من الإصابة بأمراض القلب والدورة الدموية، وتعتبر الزيوت النباتية مثل زيت الذرة وزيت السمسم وزيت فول الصويا وزيت بذرة القطن وزيت عباد الشمس من المصادر الغنية بالأحماض الدهنية غير المشبعة. وتستخدم في الوقت الحالي نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة (PUFA) إلى نسبة الأحماض الدهنية المشبعة (P/S ratio) كمؤشر للتعرف على طبيعة الدهن في الوجبة. حيث ينصح بأن تكون هذه النسبة مرتفعة نظرًا لأن تناول الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة يخفض من مستويات الكوليسترول في الدم أكثر مما تفعله بقية الأحماض الدهنية الأخرى. تقدر نسبة الـ P/S في المارجرين العادي regular margarin بحوالي ٠,٥ وترتفع هذه النسبة في بعض المارجرين الخاص special margarin إلى حوالي ٢,٤ . وعندما تمد الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة polyunsaturated fatty acids الجسم بحوالي ١٠٪ من احتياجات الطاقة الكلية في اليوم فإننا نضمن بذلك ألا تقل الطاقة التي يؤمنها حمض اللينوليك linoleic acid منفردًا عن ٣٪ من الطاقة الكلية. وهناك بعض الحالات التي تستدعي خفض نسبة الدهن في الوجبة مثل ارتفاع نسبة الدهن في الدم hyperlipidemia ومرض المرارة gallblader disease (حيث تكون كمية الصفراء bile المفرزة محدودة جدًا)، مما يستدعي خفض كمية الدهن في الوجبة بحيث تمد الجسم بحوالي ١٠٪ من احتياجات الطاقة الكلية في اليوم.

(٥,٦) مصادر الليبيدات Lipids Sources

تقسم مصادر الليبيدات في الغذاء تبعًا لرؤيتها بالعين إلى: (١) دهون مرئية vis-ible fats (تصل إلى ٤٠٪ من الدهون في الوجبة) وتشمل الزيوت النباتية والزبدة والدهون والمارجرين والسمن الصناعي المهدرج hydrogenated shortening ، جميعها تمد الإنسان بكمية كبيرة من احتياجاته اليومية من الطاقة، (٢) دهون غير مرئية invis-ible fats (تصل إلى ٦٠٪ من الدهون في الوجبة) وتشمل اللحوم والبيض والدواجن والأسماك والحليب الكامل والقشدة cream والجبن وغيرها من الأغذية. كما توجد مصادر غذائية أخرى فقيرة في نسبة الدهن وتشمل الخضروات والفواكه والبقوليات

والحبوب cereals والدقيق. وتقدر نسبة الزيت في الخضروات والفواكه بأقل من ١٪ باستثناء الزيتون olive (٣٠٪) والافوكاته (١٦٪) avocados ، بالإضافة إلى أن المكسرات والبذور تحتوي على نسبة مرتفعة من الزيت تصل إلى حوالي ٦٠٪ . وتختلف كمية الدهن في اللحوم باختلاف الحيوان، فمثلاً تتراوح نسبة الدهن في لحوم الدواجن chicken والعجل (البقر الصغير) veal ما بين ٦ ـ ١٥٪ في حين تتراوح نسبة الدهن في اللحم البقري والحمل (خروف صغير) lamb ما بين ١٥ ـ ٣٠٪ . ويمكن خفض نسبة الدهن في اللحوم وذلك بإزالة الطبقة السطحية من الدهن أو طهيه بطريقة الشوي broiling أو roasting . وتجدر الإشارة إلى أن دهن السمك يوجد في صورة سائلة، لهذا يسمى أحيانًا بالزيت oil ، وهذا نتيجة لأنه يتكون من أحماض دهنية طويلة ومتعددة عدم التشبع polyunsaturated مقارنة بدهون اللحوم الحمراء والدواجن. وبشكل عام تصنف الأسماك تبعًا لمحتواها من الدهن إلى أسماك منخفضة الدهن وأسماك مرتفعة الدهن نظرًا لتفاوت نسبة الدهن بها حيث تتراوح نسبته من أقل من ١٪ إلى أكثر من ١٢٪ . تحتوي الأغذية الحيوانية على نسب متفاوتة من الكوليسترول، ومن الأغذية الغنية به الكبدة وصفار البيض والمخ والكلاوي، ويمد صفار البيضة الواحدة الجسم بحوالي ٢٥٠ ملليجرامًا من الكوليسترول.

تعد بعض الزيوت النباتية مثل زيت الذرة وزيت بذرة القطن (٥٨٪) وزيت القرطم (العصفر) (٧٤٪) safflower وزيت فول الصويا soy oil مصادر غنية بالحمض الدهني الأساسي لينوليك linoleic acid . ولقد وجد أن كمية الدهن في الوجبة تتناسب طرديًا مع مستوى المعيشة والحالة المادية للفرد، حيث إن الشخص الذي له القدرة على شراء الأغذية الغالية الثمن مثل اللحوم والبيض والحليب ومنتجاته تكون وجبته الغذائية غنية بالدهون والعكس. وهذا عكس ما يحدث بالنسبة للكربوهيدرات حيث تتناسب كميتها في الوجبة الغذائية عكسيًا مع حالة الفرد المادية. وكما يوضح الجدول (٥,٣) محتوى بعض الأغذية من الكوليسترول. كما يتضمن الجدول (٥,٤) محتوى بعض الأغذية الشائعة الاستعمال من الليبيدات.

جدول (٣, ٥) . محتوى بعض الأغذية من الكوليستيرول Cholesterol .

الغـــذاء	الكميـة	كوليستيرول (ملليجرام)
حليب فرز	١ كوب (٢٤٤ جرامًا)	٥
جبن كوتاج uncreamed	٠,٥ كوب	٧
قشدة light lable - cream	١ أوقية	٢٠
جبن الكوتاج creamed	٠,٥ كوب	٢٤
آيس كريم ـ عادي (١٠٪ دهن)	٠,٥ كوب (٦٦ جرامًا)	٢٧
جبن شدر cheddar	١ أوقية (٢٨ جرامًا)	٢٨
حليب كامل	١ كوب (٢٤٤ جرامًا)	٣٤
زبدة	١ ملعقة مائدة	٣٥
محار oyster ، سالمون salmon	٣ أوقية (٨٥ جرامًا) ـ مطهي	٤٠
تونة clams	٣ أوقية (٨٥ جرامًا) ـ مطهي	٥٥
لحم دجاج، ديك رومي، لحم خفيف	٣ أوقية ـ مطهي	٦٧
لحم بقري، دجاج، ديك رومي، لحم داكن	٣ أوقية ـ مطهي	٧٥
لحم crab, veal, lamb	٣ أوقية ـ مطهي	٨٥
روبيان shrimp	٣ أوقية ـ مطهي	١٣٠
قلب البقر	٣ أوقية ـ مطهي	٢٣٠
بيض	١ بيضة (٥٠ جرامًا) أو صفارها	٢٥٠
كبد (البقر، الغنم، العجول)	٣ أونس (٨٥ جرامًا) ـ مطهي	٣٧٠
كلية	٣ أوقية ـ مطهي	٦٨٠
مـــخ	٣ أوقية	أكثر من ١٧٠٠

المصدر : Nizel, A.E. and Papas, A.S. (1989)

obeikandl.com

جدول (٤, ٥). محتوى بعض الأغذية من الليبيدات.

الأغذيـــة	النسبة المئوية للدهون	النسبة المئوية لحمض اللينوليك 18:2	مقدار وحدة التقديم الواحدة الحصة Serving	كمية الدهن (جرام)	كمية حمض اللينوليك (جرام)
دهن سنام الجمل	١٠٠	١,٨	١ ملعقة مائدة (١٤ جرامًا)	١٤	٠,٣
دهن أحشاء الجمل	١٠٠	٣,٥	١ ملعقة مائدة (١٤ جرامًا)	١٤	٠,٥
دهن لية الخروف	١٠٠	٣,٢	١ ملعقة مائدة (١٤ جرامًا)	١٤	٠,٤
دهن البقر أو الغنم	١٠٠	٣,٠	١ ملعقة مائدة (١٤ جرامًا)	١٤	٠,٤
دهن الدواجن	١٠٠	٢٠,٠	١ ملعقة مائدة (١٤ جراماً)	١٤	٢,٨
زبدة الفول السوداني	٥٠	٢٩,٠	١ ملعقة مائدة (١٦ جرامًا)	٨	٢,٣
كاشيو محمص بالزيت	٤٦	٧,٣	نصف أوقية (١٥ جرامًا)	٦,٩	١,١
لوز almond	٥٤	٩,٩	نصف أوقية (١٥ جرامًا)	٨,١	١,٥
بندق filberts	٦٣	٦,٣	نصف أوقية (١٥ جرامًا)	٩,٥	١,٠
فول الصويا	٢٠,١	٤,٢	نصف أوقية (١٥ جرامًا)	٣	٠,٦
زيت الزيتون	١٠٠	٩,٠	١ ملعقة مائدة (١٤ جرامًا)	١٤	١,٣
زيت السمسم	١٠٠	٤٥,٠	١ ملعقة مائدة (١٤ جرامًا)	١٤	٦,٣
زيت القرطم safflower	١٠٠	٧٤,٠	١ ملعقة مائدة (١٤ جرامًا)	١٤	١٠,٤
زيت عباد الشمس sunflower	١٠٠	٦٥,٥	١ ملعقة مائدة (١٤ جرامًا)	١٤	٩,٢
زيت الذرة	١٠٠	٥٨,٠	١ ملعقة مائدة (١٤ جرامًا)	١٤	٨,١
زيت بذرة القطن	١٠٠	٥١,٥	١ ملعقة مائدة (١٤ جرامًا)	١٤	٧,٢
لحم جمل ـ غير مطهي	٢٣	٠,٤	٣ أوقية (٩٠ جرامًا)	٢١	٠,٣
لحم بقر صاف ـ مشوي	٧	٠,٣	٣ أوقية (٩٠ جرامًا)	٣,٦	٠,٣
لحم دجاج ـ مشوي	٣,٤	١,١	٣ أوقية (٩٠ جرامًا)	٣	١,٠
لحم دجاج مطهي	١١	٢,٥	٣ أوقية (٩٠ جرامًا)	١٠	٢,٣
لحم بقر مشوي مع الدهن	٢٠	٠,٥	٣ أوقية (٩٠ جرامًا)	١٨	٠,٥
لحم بقر مفروم صاف مشوي	١٢	٠,٤	٣ أوقية (٩٠ جرامًا)	١٠,٨	٠,٤
لحم غنم lamb صافي	٩		٣ أوقية (٩٠ جرامًا)	٨,١	
١ بيضة كاملة (مسلوقة أو ١ سكر مبل)	١٢,٥	١,٢	١ حبة (٥٠ جرامًا)	٦,٢	٠,٦

(٥,٧) خواص الليبيدات Lipids Properties

١ ـ نقطة الانصهار Melting point

تعكس نقطة الانصهار في الليبيدات درجة عدم التشبع (عدد الروابط المزدوجة) وطول السلسلة في الأحماض الدهنية، حيث تنخفض نقطة الانصهار كلما زادت درجة عدم التشبع وطول السلسلة والعكس. لهذا توجد الأحماض الدهنية عالية التشبع highly saturated في صورة صلبة على درجة حرارة الغرفة (٢٠ ـ ٢٥°م)، في حين أن الأحماض الدهنية غير المشبعة تكون سائلة على الدرجة نفسها. كما ترتفع نقطة انصهار الدهون بزيادة عدد ذرات الكربون في الحمض الدهني. وتتميز الدهون الحيوانية بأنها صلبة عند درجة حرارة الغرفة، في حين تكون الزيوت النباتية سائلة عند الدرجة نفسها، ويعزى ذلك إلى احتواء الدهون الحيوانية على نسبة مرتفعة من الأحماض الدهنية المشبعة (٣٠ ـ ٦٠٪) باستثناء دهون الأسماك حيث تحتوي على نسبة مرتفعة من الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة، أما بالنسبة للزيوت النباتية فإنها تحتوي على نسبة مرتفعة من الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة.

٢ ـ الرقم اليودي Iodine number

يمكن تعريف الرقم اليودي بأنه عدد جرامات اليود iodine التي يمتصها ١٠٠ جرام من الدهن. ونظرًا لأن اليود يتفاعل بسهولة مع الروابط المزدوجة في الأحماض الدهنية غير المشبعة فإن ذلك يُعدُّ مقياسًا على درجة عدم التشبع unsaturation. لهذا فإن زيادة نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة في الليبيد كما في حالة زيت الذرة يؤدي إلى ارتفاع في الرقم اليودي له (١٠٥ ـ ١٢٥)، في حين يؤدي انخفاض نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة كما في حالة زيت جوز الهند coconut إلى انخفاض في الرقم اليودي (٨ ـ ١٠).

٣ ـ رقم التصبن Saponification number

عندما يغلي الدهن مع قلوي alkali مثل هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) فإنه ينشطر split إلى جليسرول glycerol وملح قلوي alkali salt للحمض الدهني، وتعرف

هذه العملية بالتصبن ويسمى الملح القلوي الناتج صابونًا soap . ويمكن تعريف رقم التصبن بأنه عدد ملليجرامات هيدروكسيد البوتاسيوم أو الصوديوم اللازمة لتصبن جرامٍ واحدٍ من الدهن.

٤ ـ الهدرجة Hydrogenation

تعني الهدرجة تحويل الزيوت النباتية السائلة إلى دهون صلبة على درجة حرارة الغرفة وجعلها أكثر مقاومة للأكسدة oxidation ، ويحدث ذلك نتيجة لإضافة ذرات الهيدروجين في الروابط المزدوجة الموجودة في الحمض الدهني في وجود محفز catalyst مثل النيكل nickel . ومن الأمثلة على ذلك تصنيع الدهون النباتية (السمن الصناعي) vegetable shortenings والمارجرين margarine ، حيث إن معظم الروابط المزدوجة في الزيوت يحدث لها هدرجة وبذلك تتشكل الدهون النباتية التي تتميز بنعومتها ولدونتها. وتجدر الإشارة إلى أن عملية الهدرجة تجرى عادة على الزيوت النباتية رخيصة الثمن مثل زيت فول الصويا وزيت بذر القطن وزيت عباد الشمس وغيرها، وتحولها إلى مارجرين وسمن صناعي shortening يشبه في صلابته الدهون الحيوانية غالية الثمن.

وأثناء عملية الهدرجة يتحول بعض من حمض اللينوليك (به رابطتان مزدوجتان) إلى حمض أوليك (به رابطة مزدوجة واحدة) أو إلى حمض الاستياريك (لا يحتوي على رابطة مزدوجة).

٥ ـ التزنخ والتسخين Rancidity and heating

يحدث التزنخ نتيجة لأكسدة الدهون بفعل الأكسجين الذي يهاجم الروابط المزدوجة في الأحماض الدهنية غير المشبعة ويحللها إلى بيروكسيدات peroxides . حيث تساعد بعض المعادن الصغرى على تحفيز عملية التزنخ وتكوين النكهة غير المرغوبة. كذلك فإن تسخين الزيوت لمدة طويلة كما في عملية التحمير يؤدي إلى أكسدة الأحماض الدهنية وتكوين نواتج أكسدة لها تأثيرات ضارة على الصحة. كما أنها تكسر الجليسرول وينتج عنه مركب الأكرولين acrolein الذي يسبب تهيج الأغشية المخاطية في المعدة والأمعاء gastrointestinal mucosa .

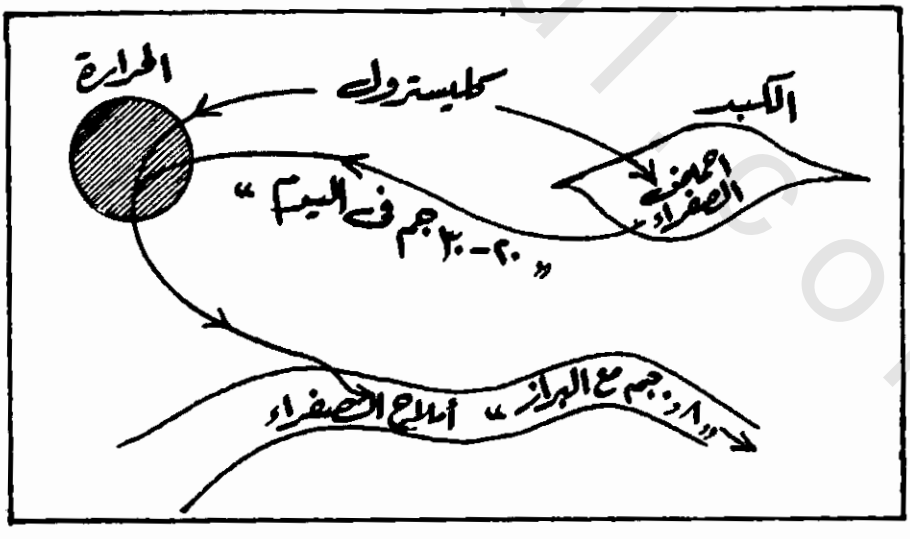
٦ ـ الاستحلاب Emulsification

تتميز الليبيدات بقدرتها على الانتشار والتعلق في المحاليل المائية على هيئة كرات صغيرة، مما يزيد من المساحة المعرضة لتأثير الإنزيمات، وتسمى هذه الحالة بالاستحلاب. وتعد أملاح الصفراء bile salts والليسيثين lecithin من أهم مواد الاستحلاب الضرورية لعملية هضم الدهون وامتصاصها، بالإضافة إلى أن المركب الأخير يستخدم كمادة مستحلبة على نطاق تجاري واسع في صناعات الأغذية مثل المايونيز mayonnaise .

(٥,٨) الكولستيرول Cholesterol

الكولستيرول عبارة عن مركب عضوي حلقي يوجد في معظم الخلايا الحيوانية ويصنف تحت الليبيدات المشتقة. والمصدر الوحيد لجميع ذرات الكربون في حلقة الكولستيرول هو الاستيل كوانزيم ا acetyl coenzyme A الذي يمكن اشتقاقه من الأحماض الدهنية fatty acids والجلوكوز glucose ومركبات أخرى. ويحتوي الكبد على تركيزات مرتفعة من الكولستيرول ويعتبر المكان الرئيسي لتخزينه وتصنيعه (٥٠٠ ـ ٢٠٠٠ ملليجرام/يوم) لتأمين احتياجات الجسم منه. كما يوجد الكولستيرول في خلايا الأمعاء الدقيقة والمخ brain والأعصاب الطرفية peripheral nerves وليبوبروتينات البلازما (الدم) plasma lipoproteins . والمصدر الرئيسي للكولستيرول في جسم الإنسان هو الأغذية المتناولة (الوجبة الغذائية) والتي تتفاوت في محتواها من الكولستيرول، فمثلاً تحتوي الحصة الواحدة (٩٠ جرامًا، ٣ أوقية) من المخ brain على حوالي ١٨١٠ ملليجرامات أو الكلاوي ٧٠٠ ملليجرام أو الكبدة ٣٧٠ ملليجرامًا أو القلب ٢٧٥ملليجرامًا أو الروبيان shrimp ١٠٠ جرام أو اللحم الأحمر (الصافي) ٨٠ ملليجرامًا من الكولستيرول. كما يعتبر البيض من المصادر الغنية بالكولستيرول، حيث إن البيضة الواحدة تحتوي على حوالي ٢٥٠ ملليجرامًا كولستيرول وهو يتركز فقط في الصفار yolk. وتجدر الإشارة إلى أن الكولستيرول يوجد في الأغذية إما على صورة كولستيرول حر free cholesterol أو مرتبطًا مع سلسلة طويلة من الأحماض الدهنية يتم فصلها في الأمعاء الدقيقة بتأثير الإنزيمات.

يحصل جسم الإنسان على حوالي ٤٠٪ من احتياجاته اليومية من الكولستيرول من الغذاء (٥٠٠ ـ ٨٠٠ ملليجرام) و٦٠٪ يتم تصنيعها داخل الجسم في الكبد، وتشمل المصادر الغذائية الرئيسية للكولستيرول صفار البيض والزبدة والقشدة والجبن واللحوم الدسمة والكبدة والكلاوي والمحار shellfish. يؤدي زيادة مستوى الكولستيرول في الدم على ٢٢٥ ملليجرامًا لكل ١٠٠ملليلتر إلى الإصابة بمرض تصلب الشرايين atherosclerosis ، وقد يتجمع في الحوصلة الصفراوية (المرارة) مكونًا حصوات. ويعتبر الكبد العضو الرئيسي في جسم الإنسان لتصنيع الكولستيرول من الأحماض الدهنية والجلوكوز والمركبات الأخرى. ولقد وجد أن كمية الكلولستيرول المتناولة في الغذاء تلعب دورًا كبيرًا في تحديد معدلات تصنيعه في الكبد، وتناول كميات كبيرة من الكولستيرول في الغذاء يقلل من تصنيعه داخل الجسم، والعكس. ويعد الكولستيرول المولد لأحماض الصفراء bile acids (حمض الكيمودي اوكس كوليك chemodeoxy cholic acid وحمض الكوليك cholic acid) التي ترتبط مع الحمض الأميني جلايسين glycine أو مركب التاورين taurine لتظهر في المرارة في صورة أملاح الصفراء (أملاح الصوديوم أو البوتاسيوم). ويبين الشكل (١٢, ٥) دورة أملاح الصفراء في الجسم.



شكل (١٢, ٥) . دورة أملاح الصفراء.

(٩, ٥) علاقة الدهون بمرض تصلب الشرايين

Dietary Fat and Atherosclerosis

يُعد مرض تصلب الشرايين من أمراض العصر الكثيرة الانتشار بين فئات المجتمع المختلفة خصوصًا في الدول المتقدمة وبعد عمر الأربعين. ويقصد بمرض تصلب الشرايين ترسب وتجمع الدهون التي يشكل الكولستيرول حوالي ٤٠٪ منها الجدار الداخلي للشرايين، مما يؤدي إلى زيادة في سمكه وصلابته وضيقه وفقدان مرونته. ويؤدي ذلك في النهاية إلى انخفاض معدل اندفاع الدم إلى أعضاء الجسم الرئيسية مثل القلب والكليتين والمخ وغيرها من الأعضاء الأخرى التي تغذيها هذه الشرايين. ولقد أشارت الدراسات إلى أن انسداد الشريان التاجي coronary artery نتيجة للترسيبات الدهنية يؤدي إلى الإصابة بالذبحة الصدرية pectorise والموت المفاجيء. كما وجد أن احتمال إصابة الإنسان بمرض تصلب الشرايين يزداد عندما يصل مستوى الكولستيرول في الدم إلى ٢٢٥ ملليجرامًا لكل ١٠٠ ملليليتر دم. أي أن هناك علاقة كبيرة بين الإصابة بمرض تصلب الشرايين والإفراط في تناول الدهون من حيث كميتها ونوعيتها، حيث إن الإصابة بهذا المرض مرتبطة بمستوى الكولستيرول في الدم ومستوى الأحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة في الوجبة الغذائية. ولقد أشارت الدراسات إلى أن ارتفاع مستوى الكولستيرول في الدم سببه الإفراط في تناول الأحماض الدهنية المشبعة التي توجد بتركيزات مرتفعة في الدهون الحيوانية والزبدة، في حين تتميز الزيوت النباتية بمحتواها المرتفع من الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة والتي تخفض من مستوى الكولستيرول في الدم عن طريق تحويله إلى أحماض الصفراء. كما أن هناك عوامل أخرى لها علاقة بالإصابة بمرض تصلب الشرايين مثل ارتفاع ضغط الدم والتدخين وعدم ممارسة التمارين الرياضية والتوتر النفسي والإرهاق والبدانة وأنواع البروتين المتناول (حيواني أو نباتي) وتناول السكروز والسكريات البسيطة الأخرى.

والجدير بالذكر إلى أنه يمكن خفض مستوى الكولستيرول بالنسبة للأشخاص الذين تظهر لديهم الأعراض الأولية لمرض تصلب الشرايين وذلك عن طريق اتباع نظام غذائي قليل في محتواه من الدهون الحيوانية والكولستيرول ويمكن تحقيق ذلك عن طريق تناول اللحوم الصافية بدلًا من اللحوم الدهنية واستبدال الحليب الكامل الدسم

بالحليب الفرز واستعمال الزيوت النباتية أثناء الطهي بدلاً من الدهون الحيوانية. كما يوصى بزيادة تناول الفواكه والخضروات الخالية من الدهون وتقليل استهلاك الملح وكذلك إحلال الكربوهيدرات النشوية مكان الكربوهيدرات البسيطة. ويجب أن يصاحب ما سبق ذكره القيام ببعض التمارين الرياضية والامتناع عن التدخين والابتعاد عن ما يسبب التوتر النفسي. أما بالنسبة للأشخاص الذين سبق إصابتهم بمرض تصلب الشرايين فإنه يستلزم منهم اتباع التوصيات التي أشير إليها أعلاه مترافقة مع العلاج الطبي. وبشكل عام فإنه يجب الإشارة إلى أن التغذية الوقائية تعد أفضل علاج للحماية من الإصابة بمرض تصلب الشرايين بالنسبة للأشخاص الأصحاء.

(٥,١٠) الأجسام الكيتونية Ketone Bodies

الأجسام الكيتونية عبارة عن مركبات كيميائية تنتج في الكبد من مركب استيل كوانزيم ا acetyl COA . ومن المعروف أن مركب استيل كوانزيم ا الناتج من أكسدة الأحماض الدهنية (B-oxidation) يتجه إلى دورة كربس عندما يكون أيض الدهون والكربوهيدرات في حالة اتزان، لكن إذا ارتفع أيض الدهون وانخفض أيض الكربوهيدرات فإن مركب استيل كوانزيم ا يتحول إلى أجسام كيتونية بدلاً من اتجاهه إلى دورة كربس. ويوجد هناك ثلاثة أجسام كيتونية تتكون في الكبد من مركب استيل كوانزيم ا ، ومن ثم تفرز إلى الدم وهي: (١) أسيتون acetone ، (٢) بيتا-هيدروكسي بيوتيرات β-hydroxybutyrate ، (٣) اسيتو اسيتات acetoacetate . وينتج الكبد كمية قليلة جدًا من الأجسام الكيتونية في الحالة الطبيعية. ويمكن تلخيص الأسباب التي تؤدي إلى تكوين الأجسام الكيتونية في الجسم كالآتي:

١ ـ اختلال التوازن بين كمية مركب أوكسالواسيتات oxaloacetate وكمية مركب أستيل كوانزيم ا acetyl COA ، حيث إن دخول مركب استيل كوانزيم ا إلى دورة كربس يعتمد على توافر مركب أوكسالوأسيتات.

٢ ـ ارتفاع معدل أكسدة الدهون التي توفرها الأنسجة الدهنية، مما يؤدي إلى تكوين كمية كبيرة جدًا من مركب أستيل كوانزيم ا والتي تزيد عن الكمية التي يمكن تأكسدها في دورة كربس.

٣ ـ الإصابة بمرض السكري diabetes أو الصيام fasting الطويل (وليس الصيام العادي) والذي يؤدي إلى استخدام مركب أوكسالو أسيتات لتصنيع الجلوكوز وبذلك يصبح غير متوافر ليتحد مع أستيل كوانزيم ا في دورة كربس.

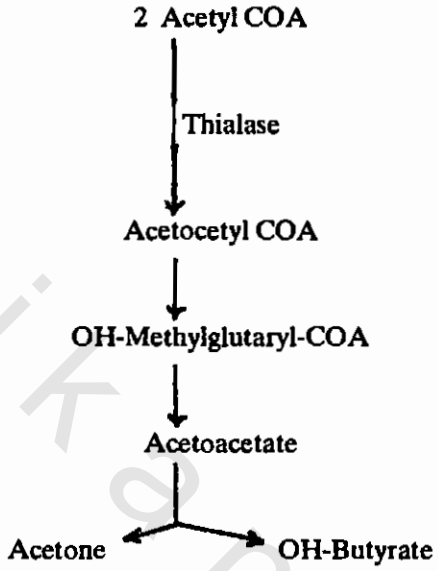
٤ ـ حدوث انخفاض في معدل أيض الكربوهيدرات خصوصًا في حالة تناول وجبات خفض الوزن (الحمية الغذائية) الخالية من الكربوهيدرات، حيث يترتب على ذلك عدم توافر مركب أوكسالو أسيتات. كما وجد أن التركيزات المرتفعة من الأحماض الدهنية وانخفاض مستوى الإنسولين insulin يثبطان نشاط دورة كربس وتحول مركب أستيل كوإنزيم ا إلى أحماض دهنية ومن ثم إلى جليسريدات ثلاثية. كما أن الإنسولين ضروري لعملية أيض الكربوهيدرات. وتجدر الإشارة إلى أن تجمع الأجسام الكيتونية في الدم (ketonemia) خصوصًا في حالة الإصابة بمرض السكري أو الصيام لمدة طويلة وخروجها مع البول ketonuria يسمى بالكيتوسس ketosis .

ولقد وجد أن إنتاج الأجسام الكيتونية يؤدي إلى حدوث اضطراب في التوازن الحامضي القاعدي acid-base balance ، أي يحدث انخفاض في الرقم الهيدروجيني (pH) للدم. كما وجد أن حالة الكيتوسس ketosis الحادة تؤدي إلى إصابة الإنسان بالغيبوبة coma ومن ثم الوفاة، ويمكن معالجة الكيتوسس بطريقتين هما:

١ ـ تناول الكربوهيدرات (٥٠ جرامًا) في حالة الكيتوسس غير الحادة mild ketosis.

٢ ـ تعاطي الإنسولين الضروري لأيض الكربوهيدرات بالنسبة لمريض السكري.

ويبين الشكل (١٣, ٥) تكوين الأجسام الكيتونية من استيل كوإنزيم ا في الجسم.



شكل (١٣, ٥). تكوين الأجسام الكيتونية من استيل كوإنزيل ا في الجسم.

obeikandl.com