نموذج استرشادي لإجابة امتحان نظري لمادة كيمياء لبييدات
لطلاب الفرقة االرابعة برنامج البيوتكنولوجى (شعبة الكيمياء الحيوية)
الفصل الدراسى الاول للعام الجامعى ٢٠١٤/٢٠١٥

اجابة السؤال الاول :-
تلعب الفوسفوليبيدات دورا هاما داخل جسم الكائن. أشرح بالتفصيل عن التركيب الكيميائى لها مستعينا بالصيغ البنائية

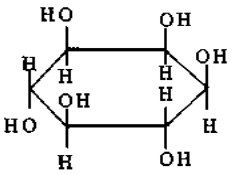
الفوسفوليبيدات Phospholipids :-

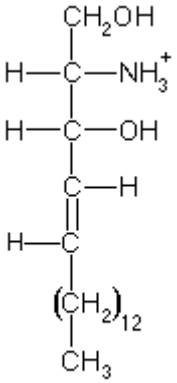
تنتشر هذه المواد إنتشارا واسعا في انسجة النبات و الحيون حيث توجد في جميع الخلايا كما توجد ضمن مكونات الزيوت والدهون كما توجد في البيض و المخ والنسيج العصبي .

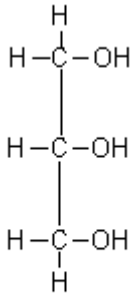
الأهمية:

١ ـ من المكونات الأساسية لبروتوبلازم الخلية .
٢ ـ لها اهمية في عمليات التمثل الغذائي فتتحول الزيوت والدهون الي الدهنيات الفوسفاتيه قبل تمثيلها او تخزينها في الجسم .
٣ ـ كما تقوم بعمل مساعد في تكوين مستحلبات ثابتة.

ويدخل في تركيب الفوسفوليبيدات أنواع مختلفة من الكحولات منها عديدة الهيدروكسيل مثل(الجلسيرول) و (الإينوزيت) و (السفنجوزين).







Glycerol

Sphingosine

Inositol

وتنقسم الفوسفوليبيدات تبعا لذلك الى ثلاثة مجاميع رئيسية وهي:

١ -الجليسروفوسفوليبيدات .
٢ -الفوسفوليبيدات الإنيوزينول .
٣ -السفنجوفوسفوليبيدات .

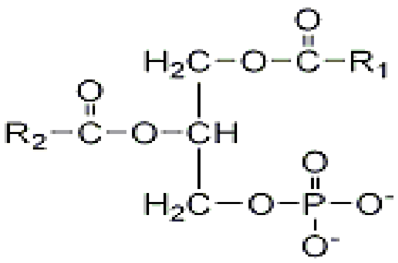
١) الجلسروفوسفوليبيدات (الفوسفاتيدات):-

وهي عبارة عن استرات الجلسرين مع الأحماض الدهنية ذات الوزن الجزيئ المرتفع وحامض الفوسفوريك وقاعدة ازوتية وتبني كل الفوسفاتيدات علي نمط واحد كما يتضح ذلك من صيغاتها التركيبية .

أ) حمض الفوسفاتيديك Phosphatidic acid :-

يعتبر حمض الفوسفاتيديك من ابسط الدهون الفوسفاتية ويشتق من جلسروفوسفوريك Glycerophosphoric حيث يتحد زوج من الاحماض الدهنية مع مجموعتي الأيدروكسيل الباقيتين برابطة من النوع الأستر ويتكون هذا الحامض داخل الأنسجة.

كما ان احماض الفوسفاتيديك تعتبر من المواد الوسطية في عملية تخليق الجلسريدات الثلاثية (الزيوت والدهون).



Phosphatidic acid

ب) ليسثين Lecithine:-

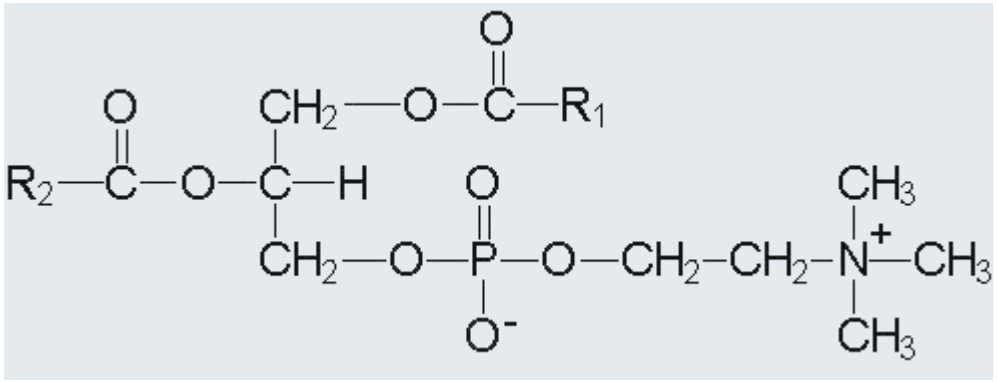
الليسيثين مواد شمعيه المظهر تتحلل مائيا بالقلويات فينفرد منها الكولين و الأحماض الدهنية والفوسفوجلسرين وينتشر الليسيثين في جميع انسجة الكائنات الحية ويجد بكثرة في انسجة الكخ والكبد والكلي وصفار البيض وزيت الذرة وزيت الفول الصويا.

ويتكون الليسيثين من حامض الفوسفاتيديك مرتبط مع القاعدة الأزوتية كولين (وهي عبارة عن إيثانول ثلاثي الميثيل ايدروكسيد الأمونيوم).

$$(CH_3)_3 \equiv N\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}OH$$
$$|$$
$$OH$$

Choline

ويرتبط حمض الفوسف اتيديك مع الكولين برابطة من النوع الإستر



α- Lecithine

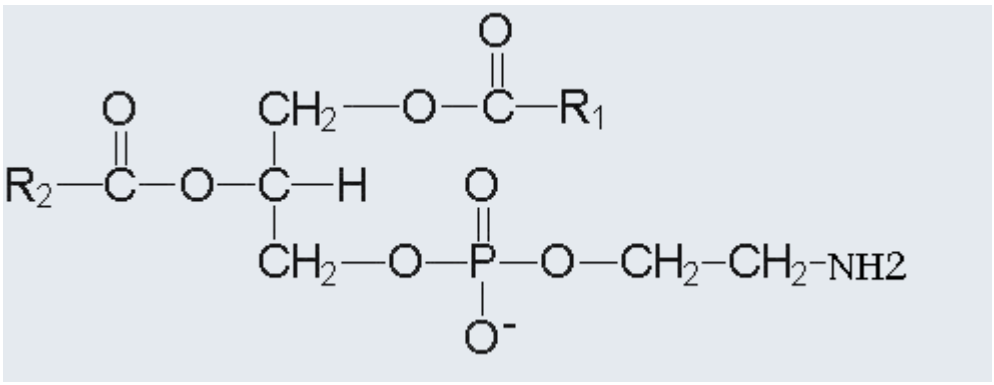
ويدخل في تركيب الجليسريدات المكونة لليسيثين انواع مختلفة من الاحماض الدهنية ولكنها تحتوي علي احماض دهنية غير مشبعة بنسة اكبر من الاحماض الدهنية الوغالبا ما توجد الأحماض الدهنية الغير مشبعة في الوضع الفا بينما توجد الأحماض الدهنية المشبعة توجد في تاوضع بيتا من جزئ الجلسرين.

ج) <u>سفالين Cephaline: -</u>

لا يختلف التركيب الكيميائي للسيفالين عن التركيب الكيميائي لليسيثين الا في نوع القاعدة الأزوتية الموجودة ، ففي السيفالين تكون القاعدة الأزوتية هي الإيثانول امينEthanol amine بدلا من الكولين في حالة الليسيثين.

$HO\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}NH_2$

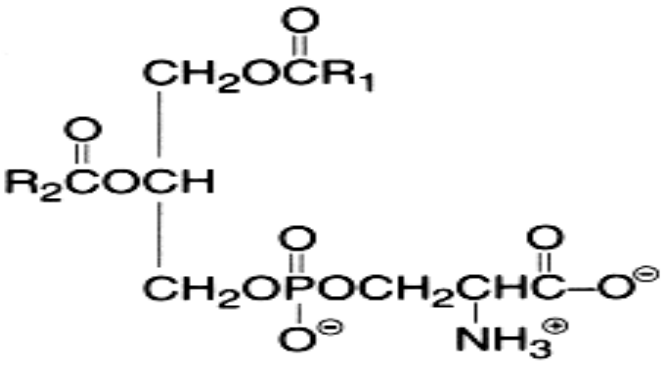
Ethanol amine



α- Cephaline

د) <u>فوسفاتيديل سيرين :-</u>

يشبه في تركيبه تركيب الليسيثين إلا انه يختلف عنه في احتوائه علي الحمض الأميني سيرين بدلا من القاعدة الأزوتية كولين كما يلي:-



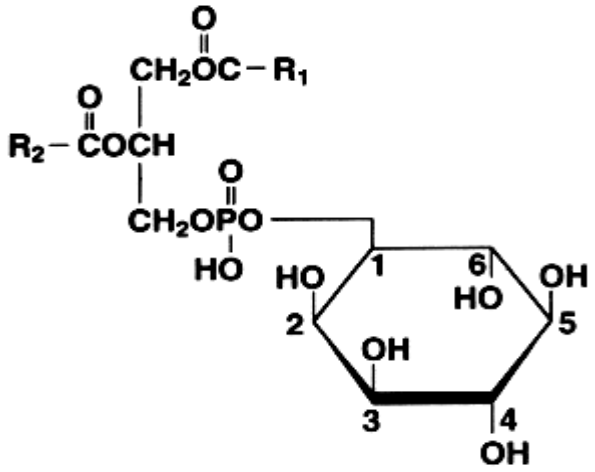
Phosphatidyl Serine

٢) <u>فوسفوليبيدات الإينوزيتول:-</u>

هذه المجموعة من الفوسفوليبيدات غير واضحة التركيب بما فيه الكفاية نظرا لسهولة تحلل هذه المواد المعقدة أثناء فصلها من مصادرها.

وقد اوضح التحلل المائي لهذه المواد علي احتوائها يالاضافه الي الاينوزيتول(١ مول) ، حمض الفوسفوريك (١-٢ مول) ،احماض دهنية (١-٢ مول) ، وعلي الجلسرين (١مول) والجلاكتوز.

ويفترض ان ابسط انواع الفوسفوليبيدات الإينوزيتول بناء يتكون علي النحو التالي:



Ptd Ins

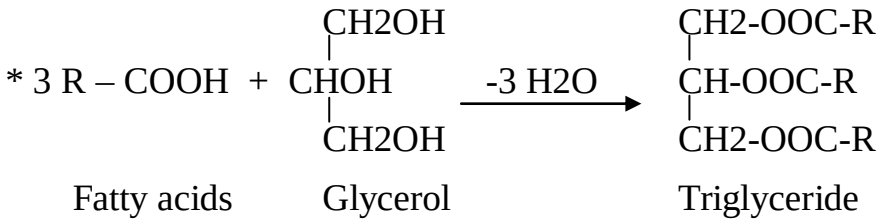
أ) أستنتج اسم كل من الصيغ البنائية التالية:

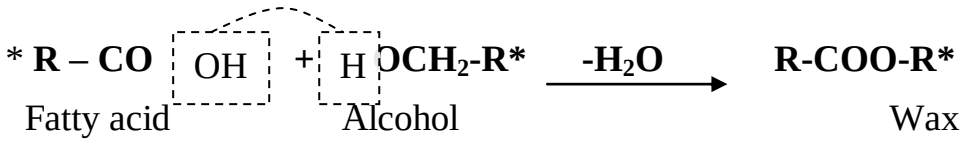
١ ـ حمض الكابرويك
٢ ـ حمض الاستياريك
٣ ـ حمض الاوليك
٤ ـ جلسريد ثنائى

ب) يمكن تحضير الاحماض الدهنية كيميائيا بواسطة عدة طرق. وضح بالمعادلات عن أربعة منها ما عدا طرق الاكسدة والاختزال

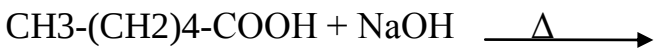
ـ : تفاعلات مجموعة الكربوكسيل:

أ) تتفاعل الأحماض الدهنية مع الكحولات عديدة مجاميع الهيدروكسيل (الجليسرين) وتنتج جليسريد بينما تتفاعل مع الكحولات الأليفاتية طويلة السلسلة منتجة شموع كما يلى:

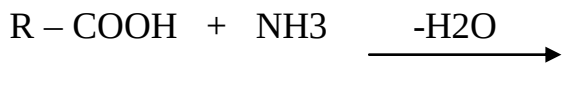




ب) تفقد الأحماض الدهنية مجموعة الكربوكسيل بتسخينها مع القلويات أو الجير الصودى تحت ظروف جافة.



ج) التفاعل مع الأمونيا:



د) التفاعل مع كلوريد الثيونيل SOCl2:

تتفاعل الأحماض الدهنية مع ثيونيل كلوريد وتعطى كلوريد الحمض الدهنى.

$$R - COCl + SO2 + HCl \longrightarrow R - COOH + SOCl2$$

Thionyl chloride

هـ) التفاعل مع القلويات المعدنية:

تتفاعل الأحماض الدهنية مع القلويات المعدنية مثل هيدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم معطيا أملاح الأحماض الدهنية الصلبة والرخوة.

$$CH3-(CH2)16-COOH + NaOH \longrightarrow CH3-(CH2)16-COONa$$

Stearic acid (صلب) Sod. Stearate (صابون)

و) إختزال مجموعة الكربوكسيل فى الأحماض المشبعة:

تختزل مجموعة الكربوكسيل فى الأحماض الدهنية إلى مجموعة كحول وذلك فى وجود عوامل مساعدة تحت ضغط مرتفع ٢٠٠ ضغط جوى ودرجة حرارة مرتفعة ٣٢٠°م.

$$\textbf{CH3-(CH2)8-COOH} \xrightarrow[\textbf{Catalyst}]{\textbf{320°C}} \textbf{CH3-(CH2)8-CH2OH}$$

Capric acid **Capryl alcohol**

٢ـ بناء الأحماض الدهنية:

اما النظام الثاني لبناء الاحماض الدهنية Mitochondrial synthesis of fatty acid فانة يتطلب وجود المركبات NAD^+,$NADP^+$, ATP . وفي هذا النظام يتم ادخال جزئ Acetyl coA في السلسلة الكربونية كاحد الاحماض الدهنية الموجودة فعلا وبذلك ينشا حامض دهني جديد سلسلة الكربونية اطول من الحامض الاول بمقدار ذرتي كربون ويمكن توضيح خطوات هذا النظام بتتبع خطوات الرسم التالي:

$R-CH_2-COOH$

Fatty acid

↓ COA

$R\text{-}CH_2\text{-}COS.COA$
Fatty acyl COA

↓

$R\text{-}CH_2\text{-}CO\text{-}CH_2\text{-}COS.COA$
Ketoacyl COA

↓

$R\text{-}CH_2\text{-}CHOH\text{-}CH_2\text{-}COS.COA$
Hydroxyacyl COA

↓

$R\text{-}CH_2\text{-}CH{=}CH\text{-}COS.COA$
Unsaturated fatty acid acyl COA

↓

$R\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}COS.COA$
Fatty acyl COA

ونواتج هذا النظام تكون عادة احماض دهنية مشبعة تحتوي علي ١٨، ٢٠، ٢٢، ٢٤ ذرة كربون ناتجة من اضافة ذرتي كربون ، لحامض البالميتيك (١٦ ذرة كربون) الناتج من النظام الاول.
و الاحماض الدهنية الغير مشبعة التي تحتوي علي رابطة زوجية واحدة تنشا من الاحماض الدهنية المشبعة التي تحتوي سلسلتها الكربونية علي نفس ذرات الكربون وذلك بنزع ذرتي هيدروجين و المثال التالي يبين ذلك :

$CH_3\text{-}(CH_2)_6\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}(CH_2)_6\text{-}COO^-$
Palmitate

↓

$CH_3-(CH_2)_6-CH=CH-(CH_2)_6-COO^-$
Palmitoleate

و الاحماض الدهنية المحتوية علي اكثر من رابطة زوجية وتقع هذه الروابط الزوجية في جزء سلسلة الكربون الواقع بين ذرة الكربون رقم ٧ من جهة مجموعة الميثيل ومجموعة الكربوكسيل تنشا بنزع ذرات الهيدروجين من حامض الاوليك وحامض الباميتوليك اما الاحماض الدهنية التي تحتوي علي اكثر من رابطة زوجية وتقع هذه الروابط بين ذرة الكربون رقم ٧ من جهة مجموعة المثبل ومجموعة المثيل نفسها فانها تنشا بنزع ذرات الايدروجين من حامض اللينوليك وحامض اللينولينك الذي يجب اعطائها في عليقة الحيوان . واكثر مناطق الجسم نشاطا في انتاج الاحماض الدهنية الغير مشبعة هو الكبد.

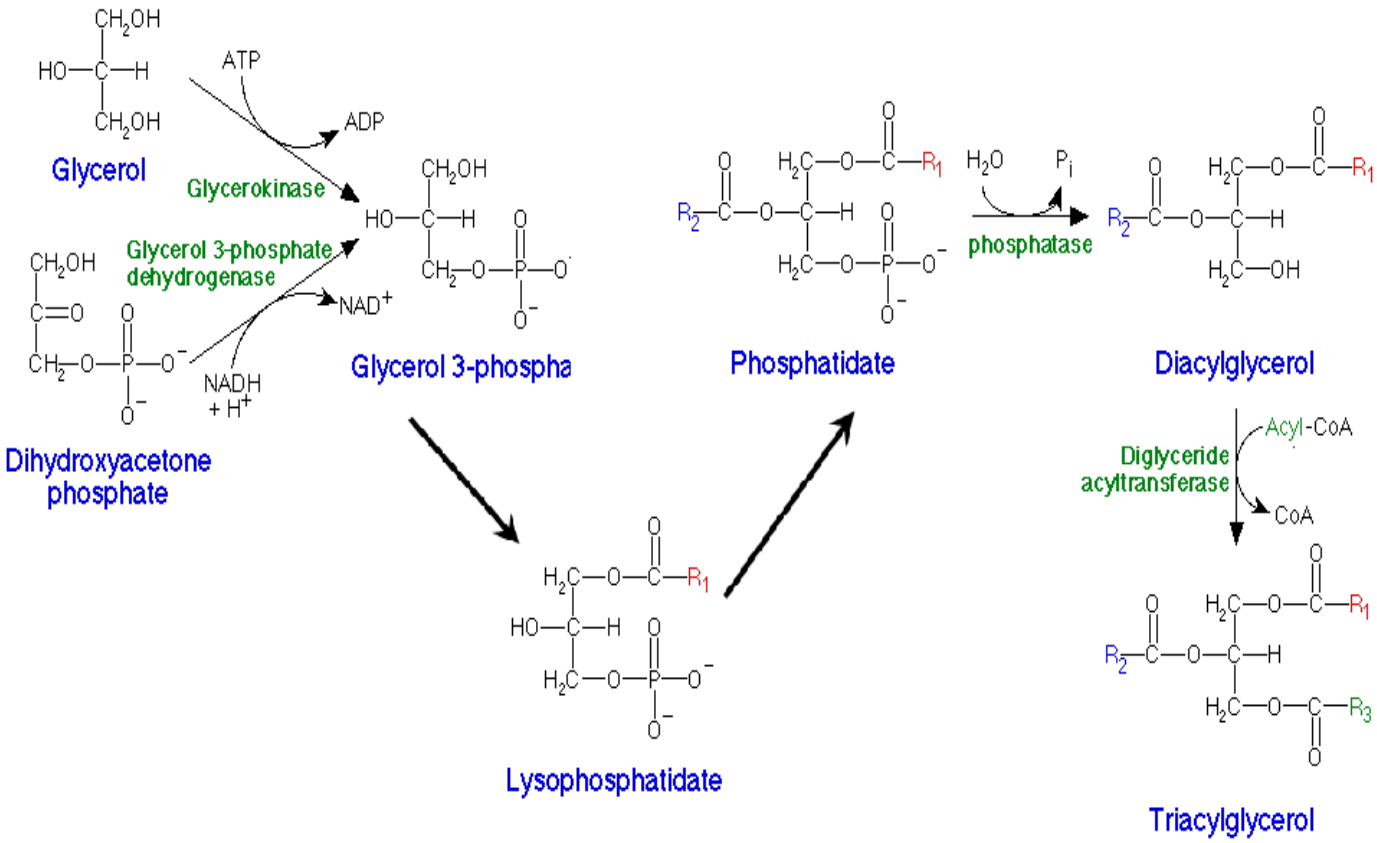
السؤال الثاني:- **(١٥ درجة)**

أ - تتعرض الزيوت والدهون للعديد من ع مليات التزنخ من أهمها التزنخ الاكسيدى مستعملا المعادلات الكيميائية تتبع المراحل الثلاث لحدوث هذا النوع من التزنخ مع ذكر العوامل التي تساعد على حدوثه. (٥ درجات)

ب -أكتب بالتفصيل عن التحضير الكيميائي للجلسريدات الثلاثية (٥ درجات)

- التخليق الحيوي للجلسريدات الثلاثية Triacylglycerol :-

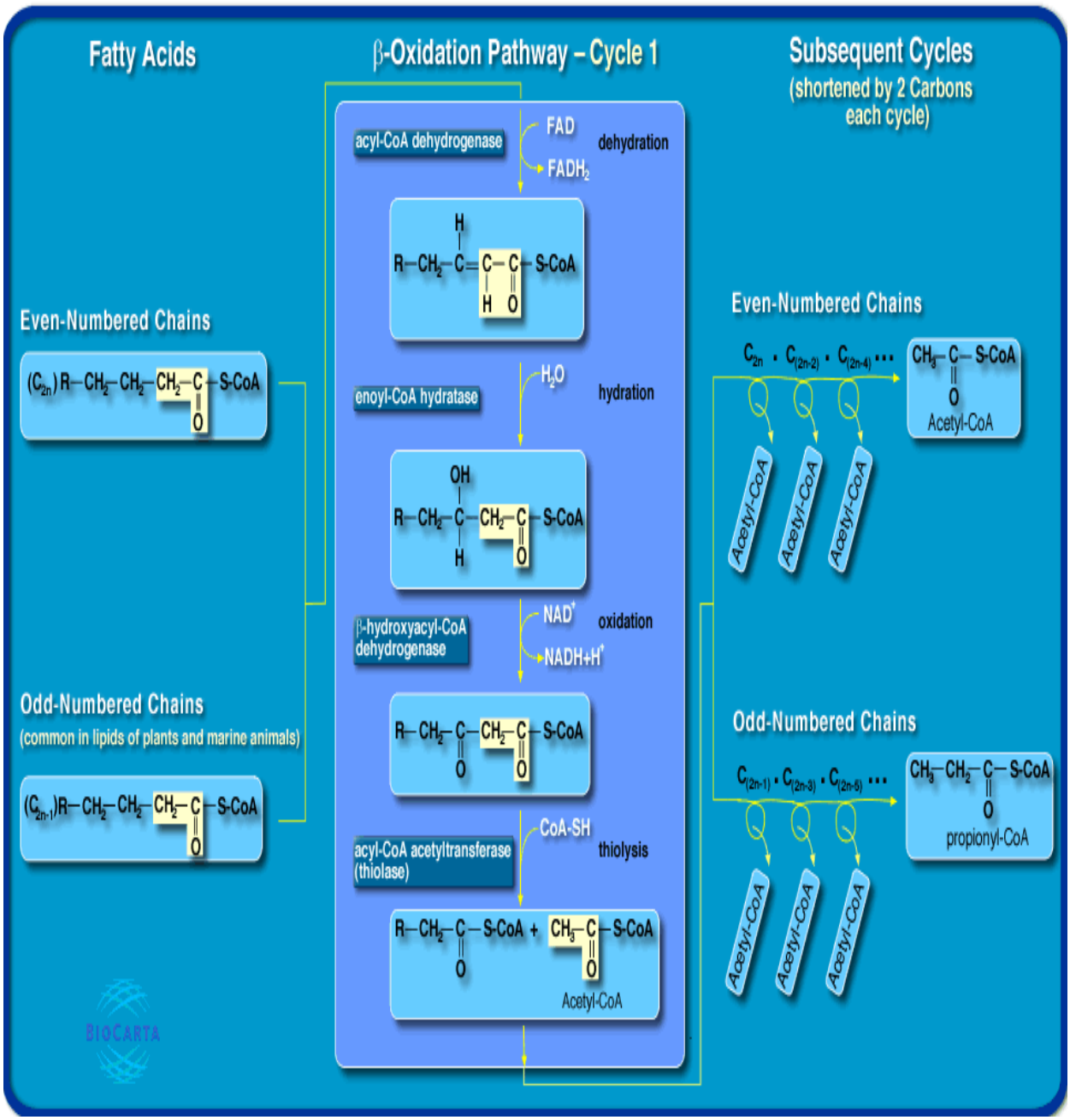
تتم عملية التخليق الحيوي للجليسريدات الثلاثية اولا عن طريق فسفرة الجلسرول الداخل في تركيبه او من Dihydroxyacetone phosphate الذي يتم اختزاله بواسط (NADH2) ويتبع مساره حتي يكون مركب الـــ Triacylglycerol ويمكن توضيح ذلك من الشكل التالي:



Synthesis of triacylglycerol

جـ - تعتبر أكسدة الأحماض الدهنية بطريقة ال β- Oxidation المصدر الأكبر للحصول على الطاقة من الدهون . مستعملا المعادلات الكيميائية تتبع خطوات أكسدة الأحماض الدهنية مع حساب كمية الطاقة الناتجة من Stearic acid . (٥ درجات)

- الأكسدة فى الوضع بيتا للأحماض الدهنية (سواء مشبع او غير مشبع)



السؤال الثالث:- **(١٥ درجة)**

أ - أذكر ما تعرفه عن الاستيرولات (٧ درجات)

ب -٢) الاستيرولات:

وهى عبارة عن مجموعة من المركبات العضوية وتتواجد بكميات مختلفة فى الزيوت والدهون النباتية والحيوانية ويعتبر بيتاسيتوستيرول β-sitosterol من أهم تلك المركبات كمضاد للأكسدة وهذا يمكن استخدامه بتركيز ٠.٠١% أو أكثر . ومن المركبات الأخرى كماسيترول وستيجماستيرول Stigmasterol. وتختلف هذه المركبات عن بعضها فى طول السلسلة الجانبية ونوعية المجاميع المرتبطة بها.

ت -تعمل مضادات الأكسدة كمستقبلات للشقوق الحرة وبالتالي تؤخر أو تثبط مرحلة ال - Initiation أو تؤخر الدخ ول في مرحلة الـ - Propagation . مستعملا المعادلات الكيميائية أشرح هذه العبارة بالتفصيل مع ذكر الشروط الواجب توافرها في مضادات الأكسدة. (٨ درجات)

١- مضادات الأكسدة Antioxidants:

هى عبارة عن مركبات طبيعية أو صناعية تضاف للزيوت النباتية المعدة للطعام بغرض إعاقة تزنخها التأكسدى وإطالة فترة حفظها وهى تضاف أما منفردة أو على هيئة مخلوط منها مع مساعدات مضادات الأكسدة فى مذيب مسموح به غذائيا.

الشروط الواجب توافرها فى مضاد الأكسدة:

لابد من توفر عدة شروط فى مضاد الأكسدة المستخدم وأهمها ما يلى:

١ - تكون عديمة اللون والرائحة.

٢ - تكون هى ونواتج أكسدتها بالتركيزات المستخدمة غير سامة أو غير ضارة بالصحة.

٣ - تكون خالية تماما من المواد السامة ... (الزرنيخ – الرصاص – النحاس).

٤ - لا تقل نسبتها عن ١٠% عند وجدوها فى مخلوط من مساعدات مضادات الأكسدة والمادة الحافظة والمذيب.

٥ - تمتزج تماما بالزيوت النباتية أثناء التصنيع ولا تنفصل أثناء التخزين.

٦ - لا تسبب أى تغير فى لون أو طعم أو رائحة الزيوت أو الغذاء المضاف له.

٧ - يفضل أن تكون رخيصة الثمن حتى لا يسبب عبء اقتصادى على الغذاء.

٨ - يكون من السهل الكشف عليه وتقديره فى العينة.

٩ -يجب أن لا يتحلل بالتسخين على درجات الحرارة المستخدمة.

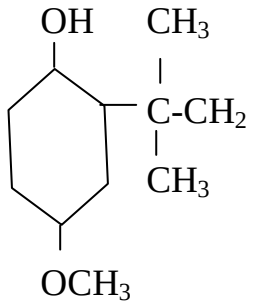
أنواع مضادات الأكسدة: يمكن تقسيم مضادات الأكسدة إلى قسمين رئيسين:

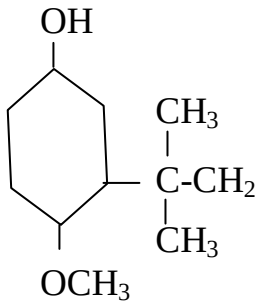
أ) مضادات أكسدة صناعية Synthetic antioxidants:

ويقصد بها المواد التى تحضر كيماويا فى المعامل حيث هناك العديد من تلك المواد المانعة للأكسدة والتى يم كن استخدامها لتأخير حدوث التزنخ الأكسيدى ولكن القليل جدا منه هو المصرح والمسموح باستخدامه وذلك للاعتبارات الصحية ويحد من استخدام هذه المواد القوانين والتشريعات الغذائية ومعظم هذه المواد عبارة عن مركبات فينولية ومن أكثر المواد استخداما ما يلى:

١- Butylated hydroxyl anisole (BHA)

وهو عبارة عن مخلوط من مركبين 3 tertiary 4 hydroxy anisoleand and 2 tertiary 4 hydroxy anisol وقد بدء استخدام هذا هذا المخلوط فى أواخر الأربعينات ويجب ألا يزيد تركيزه عن ٢٠٠ مليجرام/كيلوجرام عينة وهو قليل الذوبان فى الدهن وعديم الذوبلن فى الماء وله مقدرة عالية على تحمل درجات الحرارة المرتفعة ويستخدم فى زيوت التحمير ومنتجات المخابز.



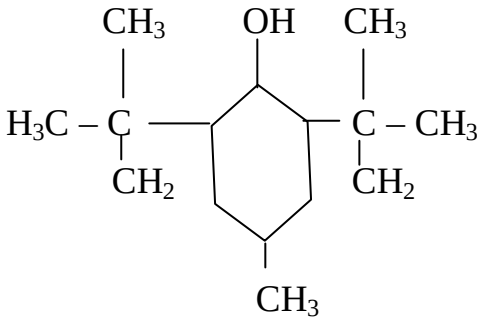


3- tertiary butyl-4-hydroxyanisole **2-tertiary butyl-4-hydroxyanisole**

(Butylated Hydroxyanisole)

٢- Butylated hydroxyl toluene (BHT)

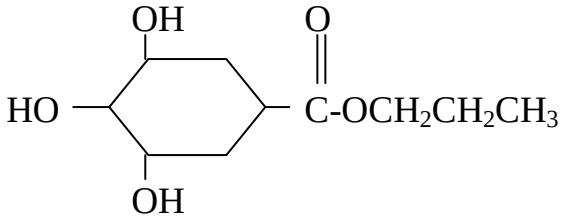
وقد بدء استخدامه فى سنة ١٩٥٤ وهو يماثل المركب السابق فى صفاته ويستخدم بتركيز ٢٠٠ مليجرام؟كيلوجرام عينة من الزيت.



Butylated Hydroxytoluene

٣- Propyl gallate (PG)

واستخدم منذ أواخر الأربعينات وتركيزه لا يزيد عن ١٠٠ مليجرام /كيلوجرام عينة .. ويستخدم فى الدهون الغذائية كذلك فى انتاج المسلى الصناعى ومنتج ات المخابز لتحمله درجات الحرارة المرتفعة وأيضا فى منتجات الألبان.



Propyl Gallate

ب) مضادات أكسدة طبيعية Natural Antioxidants:

ويقصد بها المركبات المفصولة من مصادرها الطبيعية مثل بعض الزيوت والدهون (نباتية أو حيوانية) التى تتواجد فى المواد غير القابلة للتصبن أو تفصل من قلف بعض الأشجار . وقد بدء العودة فى استخدام المركبات الطبيعية لمنع حدوث الأمراض الناشئة عن تلك المركبات الصناعية بالإضافة إلى المشاكل الأخرى التى يمكن ذكر بعض منها فيما يلى:

* التأثير السام Toxicity:

وجد أن بعض المركبات الصناعية عند إضافتها إلى الأغذية تحدث تأثيرا ساما عند تركيز معين فمثلا يصل التركيز السام لمركب Octyl gallate عند وجوده بكمية ٤.٥ جرام/كيلوجرام عينة ومركب Dodecyl gallate عند وجوده بكمية ٦.٥ جرام/كيلوجرام عينة.

*** التغير فى اللون Discoloration:**

وجد من الأبحاث أن لبعض المركبات الصناعية المقدرة على التفاعل مع المعادن الموجودة مؤدية بذلك إلى تغير فى اللون فمثلا نجد أن بروبايل جلات Propyl Gallate مع آثار من الحديد تعطى لون أزرق غامق.

P.G. + Traces of iron ⟶ Blue black product

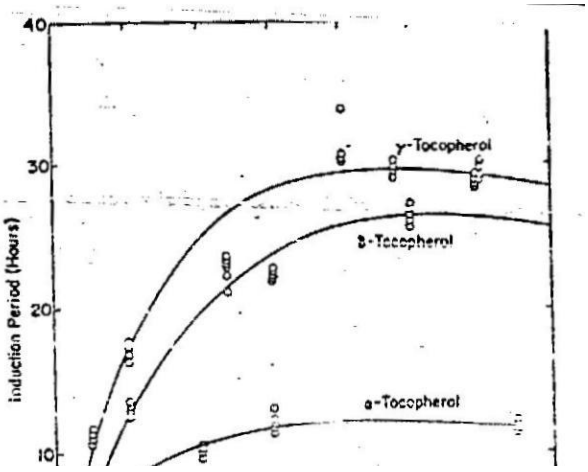
كذلك BHA أو BHT مع آثار من الحديد تعطى لون بنفسجى

BHA or BHT + Traces of iron ⟶ Pink color

هذا بالإضافة إلى أنه عند استخدام المركبات الصناعية لابد أن يزيد الكمية المستخدمة طبقا لما هو موضح بالقوانين والتشريعات الغذائية أما فى حالة المركبات الطبيعية فيمكن استخدام أى تركيز بشرط أن لا يؤثر على طعم المنتج. ومن أهم المركبات الطبيعية المفصولة من مصادر طبيعية ويمكن استخدامها كمواد مضادة للأكسدة ما يلى:

١) التوكوفيرول:

وهو من أهم مضادات الأكسدة الطبيعية الذى يتواجد فى المواد غير القابلة للتصبن فى الزيوت (زيت فول الصويا – زيت جنين الذرة) ويوجد منه أربعة أنواع ألفا، بيتا، جاما، دلتا توكوفيرول . ويعتبر جاما التوكوفيرول أكثرهم تأثيرا كمضاد للأكسدة وأقلهم ألفا توكوفيرول كما يوضح فى الشكل التالى. ويزداد تأثير التوكوفيرول كمضاد للأكسدة فى الت ركيزات المنخفضة وقد وجد أن أقوى تأثير عندما لا يزيد تركيزه عن ٢٥٠ ميكروجرام/جرام عينة وعند زيادة التركيز يقل تأثيره كمضاد للأكسدة.



ion period vs. tocooherols
ntration in the lard at 97°c

٢) الاستيرولات:

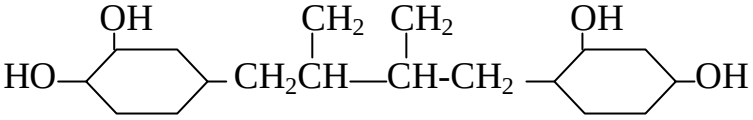
وهى عبارة عن مجموعة ـت والدهون النباتية والحيوانية ويعتبر بيتاسيتو كسدة وهذا يمكن استخدامه بتركيز ٠.٠١٪ ستيرول Stigmasterol. وتختلف هذه المركبات عن ب عضها فى طول السلسلة الجانبية ونوعية المجاميع المرتبطة بها.

٣) الاسكوالين:

وهو من مركبات الهيدروكربون غير المشبعة ويتواجد بكميات كبيرة فى دهون الأسماك وزيت الزيتون.

٤) Nordihydroguaiaretic acid (NDGA)

ويستخلص من بعض النباتات الصحراوية مثل Lerrea diveroate cav حيث يتواجد مختلطا مع الصموغ والشموع فى الطبقة السطحية للأوراق فى النبات.



Nordihydroguaiaretic acid

ويستخدم كمضاد للأكسدة بكفاءة عالية فى حالة الدهون الحيوانية عن الزيوت النباتية ومن أهم استخداماته فى منتجات الألبان.

طرق إضافة مضادات الأكسدة:

يمكن إضافة مضادات الأكسدة (صناعية، طبيعية) إلى الأغذية بأحدى الطرق الآتية تبعا لطبيعة المادة الغذائية:

١- الإضافة المباشرة Direct addition:

فى هذا الحالة يتم إضافة مضاد الأكسدة المطلوب إلى الغذاء مباشرة مع المزج الجيد لضمان تجانس التوزيع.

٢- المعاملة بالرش Spray treatment:

ويتم فى هذه الطريقة إجراء عملية رش لمحلول مضاد الأكسدة للأغذية على السطح . وتستخدم فى حالة الأغذية التى يتعرض سطحها للأكسدة بطريقة سريعة.

٣- استخدام مادة حاملة Carrier treatment:

فى هذه الطريقة تستخدم أحد مكونات المنتج الغذائى كحامل Carrier لمضاد الأكسدة المستخدم. وتعتبر التوابل والفلفل من المواد التى يمكن استخدامها لهذا الغرض أثناء صناعة السجق Sausage. ويمكن استخدام زيت الخروع كحامل لمضاد الأكسدة نظرا لاحتوائه على مجموعة أيدروكسيل – وذلك فى حالة مضاد الأكسدة الذى درجة إذابته فى الزيت قليلة.

٤- الإضافة فى مواد التعبئة Packaging treatment:

نجد أنه فى بعض الأغذية ومنتجاتهت تضاف مضادات الأكسدة فى الأغلفة الخاصة بها حيث تنقل Migration من سطح الغلاف إلى المادة الغذائية. ونجد أنه فى بعض الأحيان يحدث انتقال للدهن من المادة الغذائية فى الداخل إلى السطح ويساعد وجود تلك المواد على تأخير حدوث الفساد.

دور مضادات الأكسدة Function role of antioxidants:

أن الدراسات والأبحاث التى أجريت لمعرفة دور مضادات الأكسدة لمنع أو تقلي ل الأكسدة للزيوت أو الدهون الغذائية أكدت وجود أكثر من تفاعل يمكن حدوثه . وحيث أنه من المعروف أن

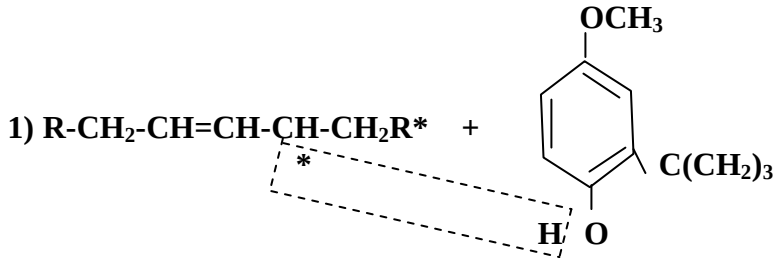
تفاعلات الأكسدة الذاتية تبدأ بتكوين أصول حرة Free radical التى تساعدعلى بدء التفاعل مسببة الفساد. فإذا أمكننا إزالتها أو إيقاف نشاطها فى البداية من وسط التفاعل نتمكن من إيقاف الأكسدة الذاتية فى المراحل المبكرة قبل إنتاج المركبات النهائية المسئولة عن إعطاء الرائحة المميزة للتزنخ.

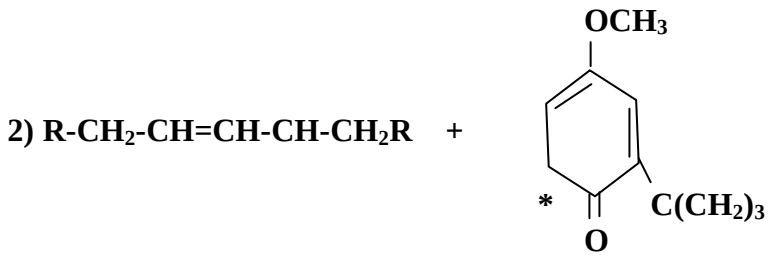
وتعتبر مضادات الأكسدة مواد يمكنها أن تتفاعل مع الأصول الحرة وإعطاء مركبات غير ضارة وبالتالى تزيد من حفظ الزيوت والدهون.

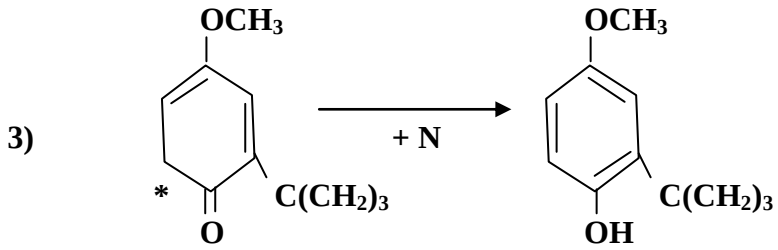
هذا وقد وضعت عدة نظريات لتفسير دور مضادات الأكسدة ومن هذه النظريات والاقتراحات ما يلى:

١- انتقال الأيدروجين:

حيث يقوم مضاد الأكسدة بإضافة ذرة الأيدروجين التى يحملها من ضمن تركيبه إلى جزئ الحامض الدهنى الذى نزع منه ذرة الأيدروجين وأصبح أصل حر. وفى نفس الوقت يأخذ هو نفسه ذرة الأيدروجين المنزوع وهكذا .. ويمكن إيضاح ذلك فى الشكل التالى.



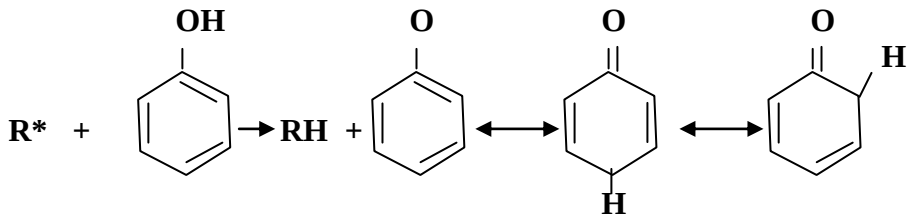




Probable reaction of antioxidant with unsaturated lipid

٢- تحويل الأصول الحرة إلى مركبات غير نشطة:

وتعتمد هذه النظرية على تفاعل مضاد الأكسدة (AH) م ع الأصل الحر المتكون R* وتحويله إلى مركب غير قادر على التفاعل لانتاج أصول حرة خلال المرحلة التحضيرية والوسيطة ويمكن تمثيل التفاعل المقترح كما يلى:



Fatty Free Radical **Phenol** **Oil Molecule** **Antioxidant Free Radical (Stable Resonance Hybrids)**

Phenolic antioxidant mechanism in vegetable oil

أو بمعنى آخر فإنه طبقا لهذه النظرية فإن دور مضاد الأكسدة لا يقوم بالاتحاد مع الأكسجين أو امتصاصه ولكن يتم بالتحاد مع الأصول الحرة المتكونة.

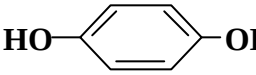
٣- تكوين رابطة أيدروجين:

طبقا لهذه النظرية يتم دور عمل مضاد الأكسدة عن طريق تكوين رابطة أيدروجينية ما بين مضاد الأكسدة على مجاميع الأيدروكسيل والمادة الدهنية مؤدية بذلك تثبيط التفاعل . وأمكن إثبات هذه النظرية عن طريق استخدام جهاز الأشعة تحت الحمراء .

من الشكل السابق نجد أن مجاميع OH تظهر أو تعطى امتصاص على 3670 cm-1 ولكن عند إضافة المادة الدهنية مع مضاد الأكسدة أعطت امتصاص بعيد عن السابق وظهر عند 3480 cm-1 وهذا يدل على تكوين الرابطة الأيدروجينية . وقد وجد أن الرابطة الأيدروجينية تتكون حت ما على التركيزات القليلة من مضاد الأكسدة ٠.٠١٠%.

٤- تفاعل مضاد الأكسدة مع الأصول الحرة والأصول الحرة المرتبطة بالأكسجين:

تبعا لهذا الاقتراح نجد أن مضاد الأكسدة يتفاعل مع الأصول الحرة R* أو مع الأصول الحرة المرتبطة بالأكسجين RO2 oxygenated free radical أو مع ناتجات الأكسدة الأولية RO2H primary oxidation product hydroproxide متحولة فى النهاية إلى مركبات ثابتة ويمكن تمثيل خطوات التفاعل المقترحة باستخدام هيدروكينون Hydroquinone فيما يلى:



(semiquinone)