صبغات الاغذية

يعتبر اللون من العوامل المهمة جدا في درجة تقبل المواد الغذائية من قبل المستهلكين ، وهذا يختلف من مكان الى اخر ومن فصل الى اخر ، ويعتمد الختلاف على عدة عوامل اهمها الاعتقاد السائد الذي يجب ان يكون عليه لون المادة الغذائية او اللون المفضل لتلك المادة .كما ان العادات والاستعمال الشائع يحددان اللون المقبول ، وقد اصبح اللون مؤشرا لمعرفة نوعية المادة الغذائية فعلى سبيل المثال يكون المشمش المجفف ذو اللون البرتقالي البراق مفضلا عن المشمش ذو اللون الغامق ، كما يستعمل اللون كقياس لقوة قسم من المواد الغذائية كالقهوة والشاي او كدليل على درجة النضج كما في الموز واللحم المطبوخ والشاي وكدليل على درجة النضج كما في الموز واللحم المطبوخ . ان اللون في الغذاء يمكن ان يكون

١) طبيعيا : كاللون الاصفر في الحمضيات والاحمر في التفاح
٢) ناتجا عن العمليات التصنيعية : مثل اللون الرمادي في الاغذية المحمصة كما في القهوة .
٣) اضافة مواد ملونة طبيعية الى الاغذية خلال التصنيع مثل الكاروتين الذي يضاف الى الزبد والجبن.
٤) اضافة الصبغات الملونة الصناعية كما في الحلوى الجلاتينية المختلفة.

ان الالوان الطبيعية في الاغذية والصناعية المضافة عبارة عن مواد عضوية ويمكن تقسيمها باستثناء عدد قليل من تلك الالوان الى اربعة مجموعات ..

١) مركبات البايرول الرباعية Tetra pyrol مثل الكلوروفيل والهيم
٢) مشتقات الـ Isoprenoid مثل الكاروتينويدات
٣) مشتقات الـ Benzopyran مثل الانثوسيانينات والفلافونويدات
٤) الالوان المصبغة مثل الكرامل والميلانويدين.

مركبات البايرول الرباعية

اهمها الكلوروفيلات والتي تعد الصبغة الرئيسية في الاوراق الخضراء والخضروات والهيم في اللحوم والاسماك.

أ- الكلوروفيلات

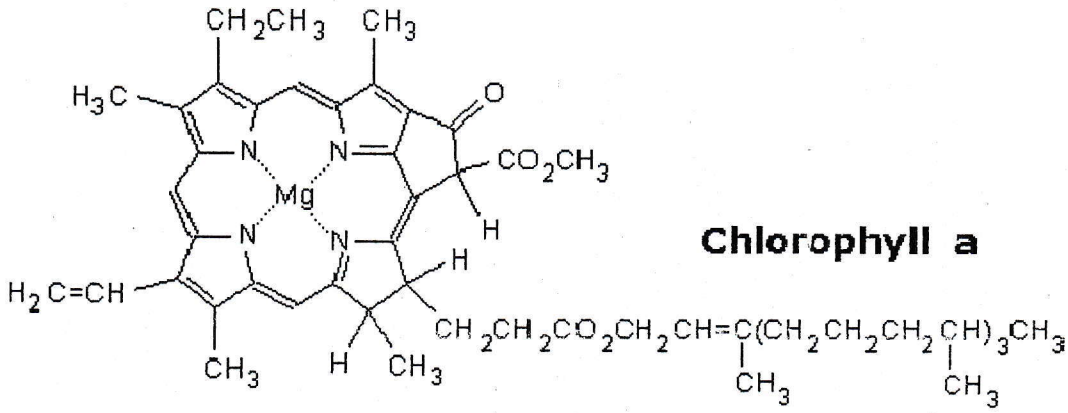
يعد الكلوروفيل مصدر اللون الاخضر في الخضراوات واوراق النباتات، اضافة الى انه يلعب دور اساسي كعامل مساعد في عملية التركيب الضوئي لانتاج الكاربوهيدرات من CO2 والماء كما في التفاعل الاتي :

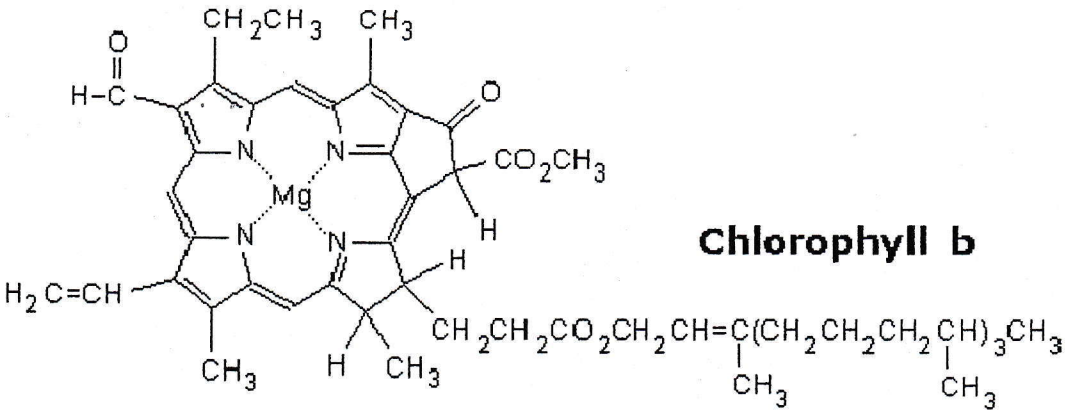
$$nCO_2 + n\,H_2O \longrightarrow (CH_2O)n + O_2$$

ويعتبر هذا التفاعل البسيط المصدر الاساسي لكافة المكونات في النباتات والحيوانات . ان اللون الاخضر في اوراق النباتات يختفي اثناء كبرها وقبل فترة تساقطها . في حين ان الفواكه في بدء تكوينها تكون ذات لون اخضر يختفي تدريجيا نتيجة لظهور اللون الاصفر او الاحمر للكاروتينويدات وتطلق كلمة خضراء على الفواكه غير الناضجة ولو ان هنالك بعض الفواكه تحافظ على اللون الاخضر حتى بعد عملية النضج. اما الخضروات الورقية فانه يتم جنيها في وقت لا تزال فيه الاوراق خضراء ولقد وجد الكلوروفيل في البلاستيدات المتواجدة في النباتات على شكل جسيمات صغيرة تدعى (حبيبات Grana).

تركيب الكلوروفيل

تتكون جزيئة الكلوروفيل من اربع مجموعات بايرول pyrol والذي تتالف حلقاته الخماسية من اربع ذرات كاربون وذرة نترو ين ، تتحد مجموعات البايرول الاربع مع بعضها وتكون حلقة porphyrin كما في المايوكلوبين myoglobin ويحتوي الكلوروفيل عا ى ذرة المغنسيوم بدلا من ذرة الحديد المتواجدة في المايوكلوبين .يرتبط الكحول (فايتيل الكحول phytyl alchol) بالموقع رقم ٧ مع حامض البروبيونيك بواسطة اصرة استرية. ويتالف جزء الفايتيل الكحول من ٢٠ ذرة كاربون ، وهذا الجزء من الكلوروفيل هو الذي يمنحه خاصية الذوبان في المذيبات الدهنية والدهون . هنالك شكلان من الكلوروفيل هو a و b ويكون الاول ازرق مخضر غامق والثاني اصفر مخضر شاحب وهما يوجدان في النباتات بنسبة ٣ الى ١ . اما الفرق بين الاثنين فهو وجود مجموعة الديهايد CHO في الموقع ٣ بدلا من جذر المثيل CH3 في كلوروفيل b.





يمكن ازاحة ذرة المغنسيوم الموجودة في جزيئة الكلوروفيل وذلك بسبب وجود الحوامض العضوية وعندها تحل محلها هيدروجين ويكون المركب الناتج اخضررمادي شاحب ويعرف باسم فيوفايتين (pheophytin a) او اخضر زيتوني ويسمى pheophytin b . ويمكن ازالة مجموعة فايتيل الكحول بواسطة انزيم الـ chlorophyllase الموجود في عدد من الخضروات . ان تحلل الكلوروأيل عن طريق الاصرة الاسترية يؤدي الى تكوين مركب يدعى الكلوروفلايد chlorophyllide الذي يذوب في الماء وهنالك كميات محددة منه تتكون اثناء عملية خزن الخضروات والطبخ وهو مصدر اللون الاخضر الناصع في ماء الطبخ . وفي ظروف معينة اثناء عملية التصنيع فانه يمكن ازالة جزء الفايتيل وذرة المغنسيوم من جزيئة الكلوروفيل مما يسبب تكون مركب يسمى فيوفوربيد pheophorbid وهو مشابه الى مركب الـ pheophytin في اللون .

تاثر الكلوروفيل بالتصنيع الغذائي

من المشاكل التي يعانيها الكيميائيين في صناعة الاغذية هي المحافظة على صبغة الكلوروفيل اثناء عملية التصنيع ، وفي اغلب الاحيان تضاف بيكاربونات الصوديوم خلال عملية الطبخ لغرض الحفاظ على اللون ، وقد وجد ان القلويات مثل هيدروكسيد الصوديوم او البوتاسيوم لها القدرة في ثبات صبغة الكلوروفيل لكنها يجب ان لا تستعمل على نطاق التصنيع التجاري لانها تسبب تلف الفيتامينات .

عندما تتعرض الخضروات الى الماء المغلي لاول مرة فان لونها يصبح اكثر لماعا ويعتقد ان مصدر الشفافية الكبيرة هو الهواء الموجود ما بين الخلايا ولكن استمرار عملية الطبخ يؤدي الى انتشار المكونات بما فيها الحوامض العضوية في ماء الطبخ مما يسبب تفاعلها مع الكلوروفيل وتكون مركباته الثانوية مثل الفيوفايتين ويتكون لون زيتوني مخضر متفاوت نتيجة لظهور البقات الصفراء والبرتقالية الموجودة في خلايا النباتات والتي ترتبط مع الفيوفايتين.

تحتفظ الخضروات ذات الحموضة الواطئة على تركيز عالي من الكلوروفيل وبالتالي تحافظ على لونها اثناء الطبخ اكثر من المرتفعة الحموضة ، لذا تعد مشكلة تقليل تاثير الحوامض العضوية الموجودة في نسيج النباتات بين جزيئات الكلوروفيل من الامور المهمة اثناء الطبخ ، ويتم ذلك بطبخ الخضروات في البداية باواني مفتوحة لغرض التخلص من الحوامض العضوية الطيارة مع استعمال كميات كبيرة من الماء لغرض التخلص من او تقليل تركيز الحوامض غير الطيارة المتبقية كما ينبغي وضع الخضروات في الماء المغلي مباشرة مع ترك الاواني مفتوحة لان اغلب الحوامض الطيارة تزول خلال الدقائق الاولى لملاسة الخضروات للماء المغلي وهذا يساهم في المحافظة على اللون الاخضر كما ان زيادة مدة الطبخ تزيد من تحطم الكلوروفيل مع العلم بان كلوروفيل a اكثر استعدادا من كلوروفيل b للتحول الى الفيوفايتين ، ويجب ان تطبخ الخضروات لفترات قصيرة للمحافظة على لونها حتى وان طبخت في قليل من الماء وفي اواني مغلقة.

تعتبر عملية السلق blanching من افضل الطرق للمحافظة على لون الخضروات المجمدة حيث ان اجراء هذه المعاملة قبل التجميد يؤدي الى التخلص من اغلب الحوامض الموجودة في النباتات .تضاف املاح بيكاربونات الصوديوم اثناء طبخ الخضروات لا لغرض معادلة الحوامض الموجودة في ماء الطبخ ، ولكن لتتفاعل مع الكلوروفيل حيث تحل محل مجموعة الفايتيل والمثيل وتكون مركب الكلوروفيلين chlorophylin وهو مركب ذو لون اخضر براق وهو ذائب في الماء . ان املاح صوديوم الكلوروفيلين تعطي الخضروات خضرة غامقة غير طبيعية ولكن الخضروات التي تطبخ مع بيكاربونات الصوديوم تكون ذات قوام لين بسبب قابلية تلك المادة على تحطيم الهميسليلوز hemicellulose الموجود في جدران الخلايا .

تمثل اكثر الصبغات انتشارا في الطبيعة سواء كانت في النباتات او الحيوانات وقد اشتق اسمها من الجزر carrot وذلك لان اول صبغة استخلصت منه عام ١٨٣١ ومنذ ذلك الحين تم عزل اكثر من ٦٠ نوع او اكثر من الكاروتينويدات ، ويعود اللون الاصفر في الاغذية كالطماطم والمشمش والخوخ والجزر وصفار البيض وقسم من انواع السمك النهري بشكل رئيسي الى هذه الصبغات .

توجد هذه الصبغات في المحاليل الزيتية والاوساط المنتشرة المحتوية على الدهون لانها تذوب فيها . وفي النباتات توجد في الكلوروبلاست للاوراق الخضراء ولكنها مغطاة بتراكيز عالية من الكلوروفيل ، كذلك توجد متصلة مع البروتينات في الطبقات السائلة كما انها تتواجد في الاوراق والجذور والفواكه والاشنات والبكتريا والاسماك والعضلات.

اهمية الكاروتينويدات

تلعب ادوارا حيوية في الطبيعة خصوصا بالنسبة الى النباتات لانها ترتبط بشكل صميمي بعملية التركيب الضوئي وذلك لانها تقوم بامتصاص الضوء اللازم لتلك العملية ، كما انها تقوم بنقل الطاقة الحرارية الى الكلوروفيل للقيام بوظيفة التركيب الضوئي ، اضافة الى انها تعتبر واسطة لنقل الاوكسجين الى الانسجة النباتية اثناء عملية الانضاج، وان وجودها في كافة اعضاء التكاثر النباتية والحيوانية ادى الى الاعتقاد بانها تلعب دورا في عملية التكاثر ولكن هذا الدور لم يؤكد بشكل تام ، والكاروتينويدات ذات قيمة غذائية مهمة بالنسبة للمملكة الحيوانية .

تتبلور الكاروتينويدات باشكال مختلفة ، ويختلف لون البلورات من الاحمر الغامق والبنفسجي الى اللون الاسود ، ويجب عدم تعريضها للهواء وحفظها في علب مغلقة مفرغة من الهواء او بوجود غازات خاملة بسبب قابليتها للتحلل بواسطة الاكسدة نتيجة لوجود الاواصر المزدوجة فيها وهي ذائبة بصورة معتدلة في الزيوت النباتية وغير ذائبة في الماء وذائبة جدا في المذيبات العضوية . ان اللون فيالكاروتينويدات ناتج عن وجود نظام الاواصر المزدوجة فكلما كان عدد الاواصر كبيرا يكون اللون الناتج احمر وبالعكس يكون اللون اصفر وهذا يرتبط بامتصاص الاشعة الذي يتناسب وعدد الاواصر المزدوجة الموجودة .

تقسيم الكاروتينويدات

يمكن تقسيم الكاروتينويدات الى مجموعتين رئيسيتين

١) الكاروتينات

٢) الزانثوفيلات (التي تحتوي على الاوكسجين)

وهنالك تقسيم ثاني يقسمها على اساس كونها غير حلقية كاللايكوبين Lycopene او احادية الحلقة كالكاما كاروتين γ-carotene او ثنائية الحلقة كالالفا والبيتا كاروتين β-carotene & α-carotene .

الكاروتينات

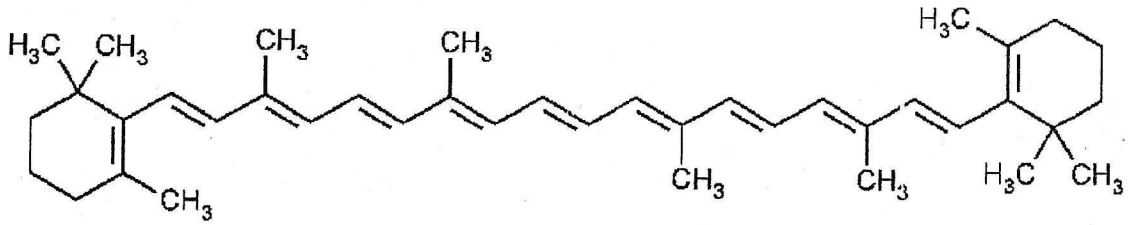
عبارة عن مركبات هيدروكاربونية تتكون من ٤٠ ذرة كاربون وقد تم التعرف على ثلاثة انواع منها وهي الفا-كاروتين ويمثل ١٥% وبيتا- كاروتين ويمثل ٨٤% وكاما-كاروتين ٠.١% . ويعتبر البيتا-كاروتين من الكاروتينويدات الشائعة وسلسلته تتالف من سلسلة وسطية من ذرات الكاربون يرتبط من الجانبين بحلقة ذات ستة ذرات كاربون . ان جزيئة الكاروتين متماثلة اي ان نصف الجزيئ يشبه النصف الاخر حيث تتكون من جزيئتين من فيتامين A عديم اللون .

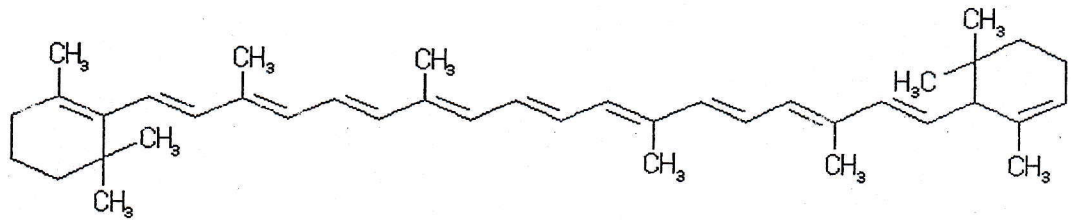
يختلف الالفا عن البيتا -كاروتين وهو ان الاصرة الزدوجة في احدى الحلقات تتحول بحيث تصبح بين الكاربونين ٤ و٥ بدلا من ٥ و٦، كما ان هنالك مركب كاروتيني اخر هو اللايكبين الذييوجد في الطماطم فان جزيئته تختلف عن جزيئتي الالفا واليتا-كروتين من ان احدى الحلقتين الموجودتين في طرفي السلسلة تكونان مفتوحتين اضافة الى الجزيئة المذكورة تحتوي على ضعف الاواصر المزدوجة كما في الكاروتين الفا وبيتا . ان الكاروتينات ذات لون برتقالي – احمر ولكنها عند التخفيف يتحول لونها الى الاصفر . حيث تعتبر الاواصر المزدوجة هي المسؤولة عن تفاوت اللون بسبب مقدرة هذه الاواصر على التارجح Resonance ، لذا فان اللون الحمر البرتقاليللبيتا كاروتين ناتج عن العدد الكبير من الاواصر المزدوجة المتبادلة .اي ان كل اصرة مزدوجة تعقبها اصرة مفردة ، يكون الجزء الوسطي من جزيئة البيتا-كاروتين من نوع متقابل trans وهذا ما يجعله بشكل مستقيم . ان تسخين الكاروتينات بوجود الحامض يؤدي الى حدوث

ظاهرة الايزوميرزم Isomerization وينتج عن ذلك تحول هذه المركبات الى شكل متناظر cis وهذا ما يؤدي الى انخفاض التارجح في الجزيئة مما يسبب تحول اللون في البيتا-كاروتين من الاحمر البرتقالي الى الاصفر البرتقالي الشاحب في الشكل cis .

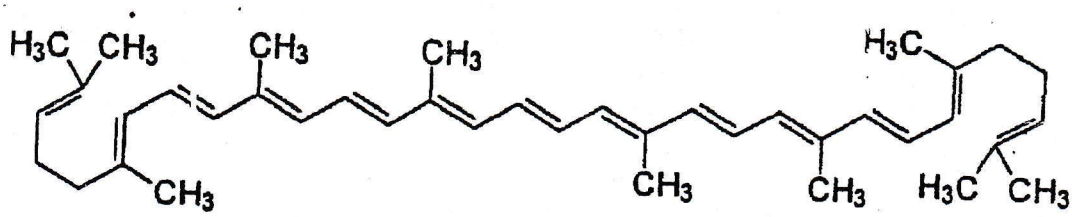
ثبات الكاروتينات

تعد الكاروتينات حساسة للاكسدة وذلك لانها غير مشبعة لدرجة كبيرة ، اما في النباتات فان جدار الخلايا هو الذييقيها من عملية الاكسدة ، لكنها اثناء عملية التصنيع تفقد الجزء الاكبر من لونها تبقى الكاروتينات ثابتة عندما تتعرض للاشعة في حالة عدم وجود الهواء ولكنها تتغير اذا تعرضت للاثنين معا.





α-Carotene



Lycopene

الزانثوفيلات Xanthophylls

هي عبارة عن مشتقات الكاروتينويدات المشبعة بذرات الاوكسجين وهي تعتبر من الكحولات ولكن توجد فيها الديهايدات وكيتونات، وقليل من الحوامض والاسترات . تذوب الزانثوفيلات القاعدية قليلا في الماء ولكنها عديمة الذوبانية فيه اذا احتوت على الكيتونات ، ومن الامثلة على هذا النوع من الصبغات هي صبغة اللوتين lutein التي تنتشر في الاوراق الخضراء والكربتوزانثين cryptoxanthin الذي توجد في الذرة الصفراء . وهذه الصبغات تشبه الكاروتينات في تركيبها عدا احلال جذور الهيدروكسيل محل ذرات الهيدروجين المرتبطةبذرات الكاربون في الكاروتينات.

ان الزانثوفيلات تشترك مع الصبغات الرئيسية الاخرى في اعطاء اللون في النباتات والحيوانات ومنتجاتها ، حيث يشترك الزانثوفيل الهيدروكسيلي والكيتوني مع صبغة الـ Astaxanthin في تكوين اللون الاحمر الوردي في الروبيان.