١ ـ تجفيف اللون النهائى بشكل عجينة سميكة ثم طحنها إلى الحجم المراد.

٢ ـ تكبيب (تكتيل) صورة المسحوق.

توجد صورة أخرى مثل المعلق والمعجون ـ وذلك حسب المادة اللونية المستعملة، ومن المسلم به أن الألوان الطبيعية عبارة عن مجموعة متباينة من الملونات ذات الصفات المختلفة للغاية من حيث الثبات للعوامل: (الضوء ـ الحرارة ـ الهواء). وكذلك من حيث الذوبان فى المحاليل المختلفة ـ وكل ملون يمكن الحصول عليه فى عدة صور مناسبة تطبيقية مختلفة الاستعمال. وكل صورة يتم تجهيزها بحيث تنسجم مع نوعية معينة من الأطعمة ـ وكل صورة من هذه الصور التى يمكن تطبيقها ماهى إلا تركيبة (صيغه) يمكن من خلالها استعمال أى مادة مضافة للأغذية بكل سهولة وكفاءة مع اى منتج غذائى يمكن تصنيعه. ويمكن تحضير المسحوق بشكل ناعم للغاية بالتجفيف بالرزاز spray drying أو قد يكون معلقا فى الماء أو الزيت النباتى مثل زيت الموالح الذى يمكن بالتالى تعليقه فى وسط مائى محتوى على مادة تساعد على التعلق أو التثبيت ـ ولذا فإنه توجد عدة عوامل تتعلق بهذه الصور التى يمكن تطبيقها والتى يحسن بأخصائى الأغذية الإلمام بكيفية معالجتها.

*** ماهية اللون:**

هل اللون ظاهرة فيزيائية أم ظاهرة حسية (تدرك بالحس) ؟

أحد تعاريف اللون هو إحساس الشخص عندما تسقط الطاقة الناتجة من الإشعاع الموجود فى الطيف المرئى على شبكية العين ـ والحقيقة أن اللون يتوقف على الإحساس لما يراه المرء ـ وهذا أمر لا يمكن إغفاله، ولذا فإن من الضرورى أن يكون حكم المرء على اللون عن طريق الإحساس والعلماء الذين يرون أن ذلك مرجعه إلى ظواهر فيزيائية يغفلون الأثر التجريبى على الألوان (من مواقع الخبرة) وهذا يتوقف بالدرجه الأولى على خبرة المستهلك وذوقه ومطالبه فى الأكل والشرب والملبس

والمسكن، وفى ألوان أثاث المنزل والأدوات المنزلية الملونة وورق الحائط، وكذلك التأثير الخلقى الذى تتركه الألوان على البشر.

ومعالجة تفهم اللون يمكن توضيحها مبسطة بعلاقة اللون بطول الموجه الضوئية للدرجة القصوى للامتصاص فى الجزء المرأى من الطيف الكهرومغناطيسى ـ ويعبر عنه حسابيا ـ النانومتر nanometre. عند إمرار شعاع من الضوء خلال منشور زجاجى ـ فإن هذا الضوء يتحلل إلى مجموعة من الألوان مثل تلك التى نراها فى قوس قزح ـ وتستطيع عين الإنسان أن تميز حسيا عدد ٦ (ستة) من تدرجات الألوان hue وهى:

١ ـ اللون الأحمر فى حوالى ٧٠٠ ن م.

٢ ـ البرتقالى فى ـ ٦٢٥ ن م.

٣ ـ الأصفر فى حوالى ٦٠٠ ن م.

٤ ـ الأخضر فى ـ ٥٢٥ ن م.

٥ ـ الأزرق فى حوالى ٤٥٠ ن م.

٦ ـ البنفسجى فى أوائل ٤٠٠ ن م.

*** كيف تميز العين بين الألوان:**

ليس المجال هنا الخوض فى هذا الموضوع الذى يختص به الفيزيائيون أو أطباء العيون أو الكيميائيون. إنما المقصود هو محاولة عابرة لإطلاع القارئ غير المتخصص ـ على معلومة مبسطة عن هذه المقدرة الفائقة التى أودعها المولى عز وجل فى عين المخلوق ـ وذلك فيما يختص بعلاقة العين بالمواد الملونة فى الأغذية ـ وهو الإدراك الحسى لعين الشخص العادى المعافى لتدرج الألوان فى المواد مثل هذه العين يصعب تعريفها حيث أن ما تستطيع عين شخص ما أن تدركه بالحس للون مثل البنفسجى الزاهى (موف mauve هو عند شخص آخر قد يكون أرجوانيا أو أحمر (المقصود هنا عين الذكر). تستطيع عين الانسان أن تستبين مايقرب من ٦ ألوان رئيسية بالإضافة

إلى العديد من ما ينشأ من التداخلات بين هذه الألوان ـ وما لا تختلف فيه العين السليمة فى المتوسط العادى هى الأحمر ـ الأصفر ـ الأزرق وهذه الألوان الثلاثة الرئيسية غير المشتقه من الألوان الأخرى تتطابق تماما مع النماذج الثلاثة لصبغات العين، العين تستريح للأخضر ثم الأحمر ثم الأزرق. وكما يوجد الشعور النفسى السمعى (غناء) كذلك يوجد الشعور النفسى البصرى (لون).

تحتوى شبكية العين الحساسه للضوء فى مؤخرة العين البشرية على حوالى ٣ ملايين خلية مخروطيه cone - cells مدركة الحس للعين ١٠٠ (مائة) مليون خلايا عصوية rod cells وهذه الأخيرة لها دخل فى حدوث العمى للون عند النظر فى الضوء الخافت monochromatic vision وتحتوى كل خلية على واحد من عدة نواتج من صبغة بصرية مركبة (مبنيه على) بيتاكاروتين ومشتقات فيتامين أ متحدة مع مجموعة محدودة من البروتينات opsins وهذا المشتق الفيتامينى رتينول بدون تعديل يمتص الضوء فى أقصاه حوالى ٥٠٠ ن م ـ متطابقا بسهولة مع الطيف الشمسى ـ وخلايا المخاريط لمستويات مختلفه من الألوان الأكثر شيوعا ـ وهى الأزرق، الأخضر، وعليه فإن اللون، بهذا المفهوم هو محصلة تهيج المخاريط الحساسة فى الأحمر والأخضر ثم الأزرق والفرق بين بروتين الأحمر والأخضر هو بمقدار ١٥ من ٣٤٨ من شق الحامض الأمينى amino acid residue وهناك دراسات على الثدييات الراقية إلى أن التطور الذى حدث فيها هو فى فرق الـ (١٥) شق ـ ربما يكون هذا التطور قد تم حديثا.

من الناحية الأكلينيكية فإن عمى الألوان فى معظم الأحوال يتحدد وراثياً بطفرة فى الصبغى (الكروموزوم). وهذه الحالة تحدث مرة واحدة فى كل ١٢ من الذكور بينما هى فى الإناث فى كل ١٧٠، هذا الشرح المبسط لعمل العين نود من خلاله أن ندلف إلى طبيعة عمل الكيماوى المشتغل بالأغذية التى تتطلب الدقة فى التمييز بين الألوان والتدرجات الناتجة من تداخل هذه الألوان. ولكن ولله الحمد فإن حدوث هذه الظاهرة ـ عمى الألوان ـ ذات حدوث محدود نسبيا.

تركيب الالكترونات فى الصبغات:

من المسلم به أن أى جزئ بيولوجى ـ سواء أكان ملوناً أو غير ملون ـ إنما يعرف عن طريق تركيبه الالكترونى، وكذلك عن طريق حجم الجزئ ودرجة ذوبانه وتكوينه الكيميائى ولحسن الحظ فإن معظم الصبغات الطبيعية تشترك فى عدة معالم (خواص) التى من خلالها يمكن تمييزها بسهولة عن غيرها من المركبات العديدة غير الملونة الموجودة فى الخلية الحية. وجميع المواد الحيوية تتكون من عدد محدد من العناصر فى الجدول الدورى للعناصر ـ وفى حدود هذا الخيار الضيق. للعناصر فإن المركبات العضوية المصبوغة عادة ما تتميز بثلاث معالم.

١ ـ جميع الجزيئات الحيوية ـ غالباً ماتتكون من ما لايزيد على ١٧ عنصر من عناصر الجدول الدورى للعناصر. وأهم هذه العناصر أربعة كربون ـ نتروجين ـ أكسجين ـ هيدروجين ـ وتكاد تكون سائدة عن بقية العناصر.

٢ ـ معظم مركبات الصبغات الطبيعية تحتوى على نتروجين أو أكسجين ـ أو كلاهما فيما عدا ذات اللون الأصفر.

٣ ـ معظمها ذات جزيئات بأحجام صغيرة نسبياً ـ ويتراوح الوزن الجزيئى للمركبات الأكثر شيوعا من (٢٠٠) للانثراكينونات (٣٠٠) للانثوسيانينات (٤٠٠) للبيتالينات (٥٠٠) للكاروتينويدات (٨٠٠) يخضورات بالإضافة إلى ذلك وجد مركبات ذات وزن جزيئى أكبر مثل الصبغات الموجودة فى المركبات عديدة التردد polymers (البلمرات) والميلانينات.

والتغيرات التى تحدث فى ترتيب الالكترونات عند تهيجها وانتقالها من مدار إلى آخر هى التى يعزى إليها الألوان المختلفة فى الصبغات الطبيعية.

تصنيف الصبغات البيولوجية (الطبيعية) حسب التقارب مع بنائها الكيماوى:

جميع الصبغات البيولوجية يمكن حصرها ـ على وجه التقريب فى ما لا يزيد عن عدد ٦ (ستة) مجموعات رئيسية من حيث البناء الكيماوى:

١ ـ تترابيرولات	tetrapyrols
٢ ـ تتراتربينويدات	tetraterpenoids
٣ ـ كينونات	quinones
٤ ـ حلقات غير متشابهة أكسجينية	O - heterocyclic
٥ ـ حلقات غير متشابهة نيتروجينية	N - heterocyclic
٦ ـ بروتينات معدنية	metalloproteins

وإذا افترضنا أنه قد مر على الإثراء فى التنوع البيولوجى من جراء عملية التطور خلال ٣٠٠٠ مليون سنة فإنه مما لا يدعو إلى الشك وجود مجموعة من الصبغات المتنوعة التى لا يمكن حصرها فى مثل هذا التصنيف المبسط (جدول رقم ١).

جدول (١) : مجموعات الصبغات الطبيعية فى الأنظمة البيولوجية

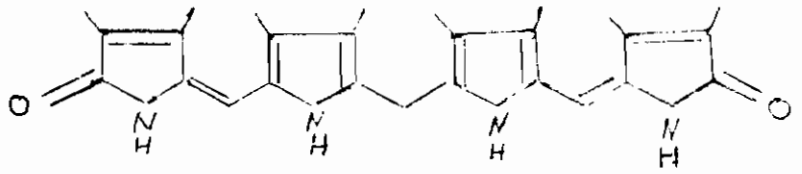
المجموعـة	الاسم العرفى أو البديل	أمثلة أساسية	اللون السائد
تترابيرولات	بورفيرين أو مشتقاته	اليخضور. الهيمات. البيلينات (صبغات المراره).	أخضر أحمر أزرق ـ أخضر أصفر ـ أحمر
تتراتربينويدات	كاروتينويدات	كاروتينات زانثوفيلات	أصفر ـ أحمر أصفر
مركبات حلقيه غير متجانسة اكسجينيه	فلافونويدات	انثوسيانينات فلافونولات فلافونات انثوكلورات	أزرق ـ أحمر أبيض ـ أصفر أبيض ـ كريم أصفر
كينونات	مركبات فينوليه	نفتاكينون انثراكينون	أحمر ـ أزرق ـ أخضر أحمر ـ بنفسجى

تابع جدول (١)

المجموعة	الاسم العرفى أو البديل	أمثلة أساسية	اللون السائد
		اللوميلانين تانينات (مواد قابضه) .	أصفر ـ بنى بنى إلى أحمر
مركبات حلقية نيتروجينيه غير متجانسه	مشتقات انديجويد واندول ببريميدنات مستبدله	بيتا لينات يوميلانينات فيكوميلانينات أنديجو بتبرين بيورين فلافين فينازين فينوكسازين	أصفر ـ أحمر أسود ـ بنى بنى أزرق ـ وردى أبيض ـ أصفر أبيض غير شفاف أصفر أصفر ـ أحمر أصفر ـ بنفسجى
بروتينات معدنية		نحاس ـ بروتين هيميبروتين هيموفانادين ادينوكروم	أزرق ـ أخضر أحمر أخضر بنفسجى ـ أحمر
متنوعات		ليبوفوسيين صبغات فطرية	بنى ـ رمادى مختلفة ولكن الغالبية أصفر

١ ـ تترابيرولات:

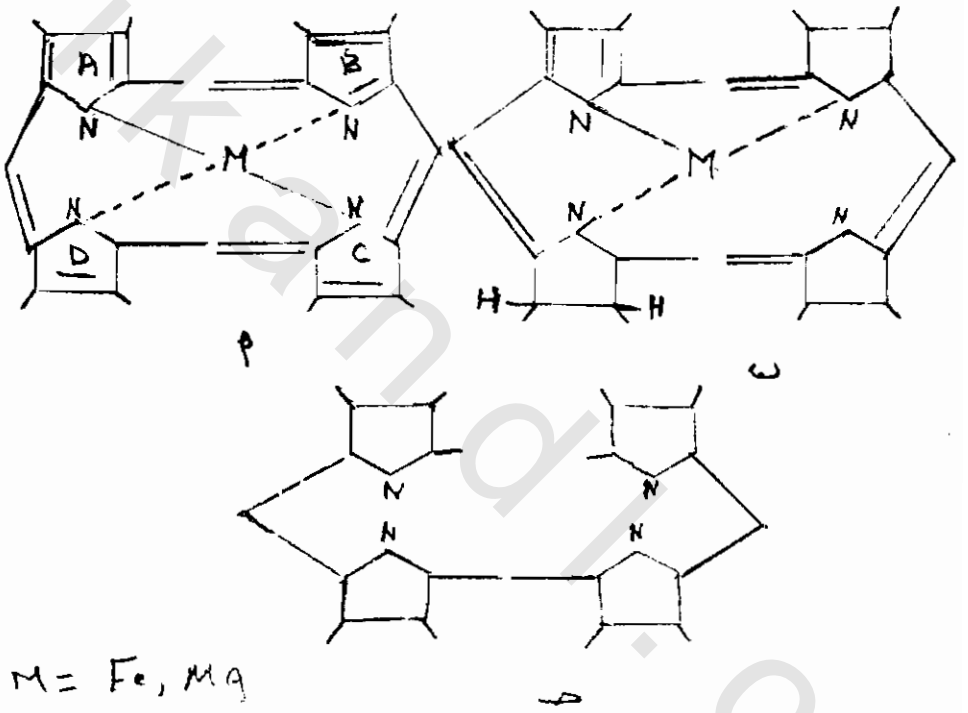
هذه المجموعة الصغيرة ـ نسبيا ـ فى عدد الصبغات تحتوى على مدى من الألوان أكثر شيوعا فى الكرة الأرضية ونشترك جميعها فى البناء الكيماوى القائم على مركب التترابيرول سواء فى صيغتها الكيماوية المستقيمة (شكل رقم ١) .



شكل ١ : تترابيرول مستقيم

والمعروف بمصطلح بيلينات bilins ـ أو صبغات المرارة ـ أو فى صيغتها الكيمائية الحلقية شكل رقم (٢).

شكل رقم (٢)



شكل ٢ : التركيب الأساسى لصيغات تترابيرول الحلقى
(أ) بورفين حلقى: التركيب الاساسى للهيمات
(ب) بورفيرين ـ ديهيدوبورفين ـ التركيب الأساسى لليخضور
(حـ) التركيب الأساسى ـ للبيلينات

ويمثله مركب بورفيرين porphyrin حيث تكون حوامل الألوان chromato-phores الموجودة فى بروتين الهيم haem مركبا مخلبيا chelate مع عنصر الحديد (ح) أو فى بروتين الكلورفيل (اليخضور) مكونا مركبا مخلبيا مع عنصر المغنسيوم (مغ) ويبلغ العدد الاجمالى لمركبات البيرولات الحلقة الطبيعية (هيم + يخضور) وبادئتها precursors حوالى ٢٨ مركبا بالإضافة إلى حوالى ٦ (ستة) مركبات مستقيمة السلسلة من التترابيرولات. والبروتينات المرتبطة مع جميع الصبغات الطبيعية الحلقية والمستقيمة هى التى يعزى إليها التغيير (الاختلاف) فى خواص الذوبان للتترابيرولات ـ وتحت الظروف الطبيعية هناك احتمال فى كونها تحدد ثبات الألوان فى الخلايا الحية غير المريضة ـ وإذا تم فصل كل هيم أو يخضور فى صورة حرة من بروتيناتها فإنها على الأرجح لاتوجد بتركيزات يمكن الكشف عنها (أو حتى إذا كانت بتركيزات قليلة) توجد الببلينات المستقيمة أيضا متحدة مع بروتين كما فى حالة مركب فيكوبيلين phycobilin الموجود فى طحالب معينة أو متحدة مع سكريات أو مركبات عديدة التردد polymers (غير المتبلورة) مثل تكونها نتيجة لتحلل اليخضور. ويتحدد اللون فى أى تترابيرول معين ـ ولحد كبير ـ ببنائه الكيماوى أو بالاستعاضات substitutes التى تحدث فى جزئ التترابيرول نفسه. ويتحدد اللون بدرجة أقل نسبيا بالمعادن. وتمثل هذه المجموعة مدى واسعا من الصبغات (جدول رقم ٢).

جدول رقم (٢) مدى تواجد الألوان الطبيعية فى التترابيرولات

اللـــــون	التتـرابيـــرول	أيـــن يوجـــد
أزرق	فيوكوسيانين	الطحالب الزرقاء الخضراء
أزرق ـ أخضر	يخضور أ	النبات
أخضر	يخضور ب	النبات
أصفر ـ أخضر	فيوفيتين	نبـاتات فى مرحلة الشيخوخة
أصفر ـ برتقالى	فيكواريثرين	طحالب حمراء
برتقالى	بيليروبين	الحيوانات الراقيه
أحمر	هيم	كل الكائنات الحيه

ونظراً لأهمية هذه الصبغات علميا، وكذلك فى تلوين الأطعمة وعلاقة ذلك بجمال الطبيعة وتحسين المناخ والبيئة وحجب أشعة الشمس ـ فإننا لا نرى بأسا من إلقاء الضوء عن التطور البيولوجى لهذه الصبغات.

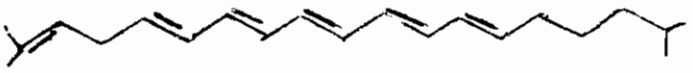
هناك من يتبنى رأيا يقول أنه توجد دلائل فى التطور تشير إلى أن التترابيرولات من بين الصبغات الطبيعية المبكرة العاملة فى عملية التشييد الضوئى مثل اليخضورات المختلفه والفيكوبيلينات ـ وفى نقل الالكترونات (كما فى السيتوكرومات المبنية على الهيم) وفى نقل O_2 مثل الهيموجلوبين والميوجلوبين المبنيان على الهيم، وكذلك فى الوقاية من صور O_2 ذات الفعالية العالية مثل (البيروكسيدات) ـ وحيث أن جميع هذه الوظائف ذات أهميه أساسية فى عملية الأيض الخلوى فإن التترابيرولات توجد فى جميع الأنظمة البيولوجية ـ وربما بدون استثناء. وتوجد البيرولات فى الخلية على صورة ثابتة نسبيا، ويكون نصف عمرها لعدة أسابيع ـ ولكن عند استخلاصها أو موتها أو على الأخص عند ابتلاعها من قبل الحيوان فإنه سرعان ما يعتريها الانحلال والتحرر (التفسخ) degraded.

فعندما يتم ابتلاع اليخضور مع بقية مكونات جهاز التشييد الضوئى فإنه يحتفظ بالقدرة على توليد الالكترونات عند تعرضها للضوء. ففى الحيوانات الشفافة البنية ينتج عن تناولها تكوين جذور radicals أو فى أغلب الأحوال ظهور عسر الهضم. وتوجد أمثلة فى الحيوانات تحافظ على اليخضور المبتلع لمدد طويلة نسبيا (مثل بعض أنواع الهدرا hedra) وشقائق النعمان البحرية anemones والمرجان وبعض الرخويات sea-slugs غير أنه فى أغلب الأحيان فإن اليخضور يتفسخ بصورة انتقائية.

٢ ـ التتراتريبنويدات:

هذه المجموعة تمثلها الكاروتينويدات ـ وهى من أشهر المركبات فى هذه المجموعة حيث أنها توجد بصورة منتشرة فى الكرة الأرضية سواء فى النبات أو الحيوان. ويوجد منها مايقرب من (٦٠٠) نوع مما يجعلها من أكبر المجموعات فى محيط الصبغات

الطبيعية. ومعظمها ذات لون أصفر برتقالى ـ كما أنه توجد أمثلة واضحة للون الأحمر ـ ولحد ما ـ غير واضحة ـ للون الأصفر المخضر. والبناء الكيماوى لجميع الكاروتينويدات مبنى بصفة عامة على وجود عدد ٤٠ ذرة كربون فى شكل مستقيم linear (شكل رقم ٣).



شكل ٣ : تتراتربينويد

وتوجد فى النباتات فى مشاركة أساسية مع اليخضور فى العضى (تصغيرعضو) organel الذى يقوم بعملية التشييد الضوئى فى البلاستيدات الخضراء أو ما يتخلف من تفككها (فى البلاستيدات الملونة chromoplastids يبتلع الحيوان الكاروتين مع اليخضور فى وجبته الغذائية ـ ويستطيع الحيوان الاستفادة من جميع الكاروتين فى الغذاء فى أغراض شتى بينما الاستفادة من اليخضور تظهر فقط فى الغالبية منها حيث يطرد خارج الجسم بعد تحلله جزئيا أو كليا ـ وهذا مما يؤكد القيمة الإيجابية للكاروتين بالنسبة للحيوان على عكس التسمم الضوئى المحتمل photo - toxicity لليخضور عند امتصاصه وتوجد الكاروتينات بصورة عامة فى الحيوانات الملونة متحدة مع البروتينات غير أنه فى أنظمة التشييد الضوئى فى النباتات (البكتريا) توجد الكاروتينات عادة ذائبة فى الأغشية الدهنية، ويوضح جدول رقم (٣) أهم الكاروتينويدات ذات الانتشار الواسع فى الطبيعة.

جدول رقم (٣) أكثر الكاروتينويدات الطبيعية انتشاراً فى البيولوجى
(جميعها توجد فى النباتات مالم يذكر غير ذلك)

α ـ كاروتين
β ـ كاروتين (منتشر بصفة خاصة)
لوتين
فيولاكسانتين
نيوكسانتين
β ـ كريتركسانتين
انثيرا كسانثين
فيوكوكسانتين (طحالب بنيه)
ليكوبين (وبعض المشتقات القربية منها)
استاكسانتين (سمك، القشريات)
كانتاكسانثين (خنافس)

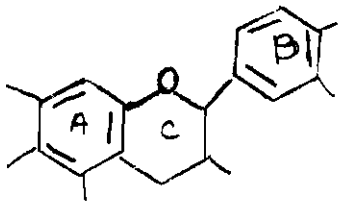
*** المركبات الحلقية غير المتشابهة ـ الأكسجينية:**

هذه مجموعة غنية فى العدد ولحد ما متنوعة ومألوفة من خلال الفلافونويدات Flavonoids ذات الصلة القريبة فى البناء الكيماوى. ومركباتها توجد بصورة واضحة فى النباتات الراقية ـ وفيما يبدو أنها ظهرت تطوريا مع ظهور البتلات وجاذبات الحشرات للتلقيح والمعروف منها من حيث البناء الكيماوى حوالى ٤١٠٠ فلافونويدات ـ وهذه معظمها موجودة فى الأقسام العديدة منها ـ على أفضل الأحوال ذات الألوان صفراء باهته فى مظهرها ـ والغالبية منها يمكن مشاهدتها تحت ضوء الأشعة فوق البنفسجية ـ ولذا فإن الكثير منها لايدخل تحت مصنف الصبغات فى هذا الكتاب وأنواع الفلافونويدات ذات الألوان الحقيقية (الظاهرة) هى الانثوسيانينات Anthocyanins ـ وهذه يعزى إليها الكثير من ألوان البتلات والثمار الناضجة فى النباتات الراقية، وفى الأوراق الآيلة للسقوط فى فصل الخريف.

وتشترك الفلافونويدات فى البناء الكيماوى بصفة عامة فى تركيب واحد مكون

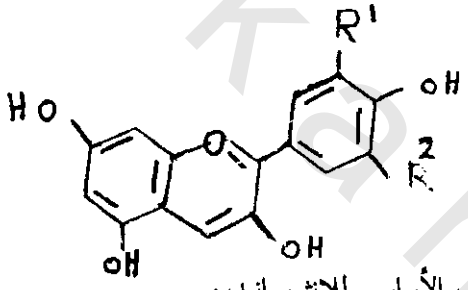
obeikandl.com

من عدد ٢ (اثنين) حلقة بنزين يرمز لها بالأحرف A , B مرتبطان مع مركب حلقى مجموعة بيران Pyran محتوى على ذرة (O_2) شكل رقم (٤).



شكل ٤ : التركيب الأساسى للفلافونويد

وأهم مجموعة صبغة ترى فى الضوء المرأى هى الانثوسيانيدينات Anthocyanidins وهذه توجد فى الأنظمة البيولوجية متحدة مع نوع واحد أو أكثر من السكاكر ـ غالبا ـ ما يكون جلوكوز ـ جالاكتوز رامنوز ـ بالإضافة إلى مجموعة أو أكثر من



R^1, R^2, H, oH, ocH_3

شكل ٥ : االتركيب الأساسى للانثوسيانيدين

الهيدروكسيل (-OH) فى حلقات البنزين (شكل رقم ٥)

β- D- glucose

β-D-galactose

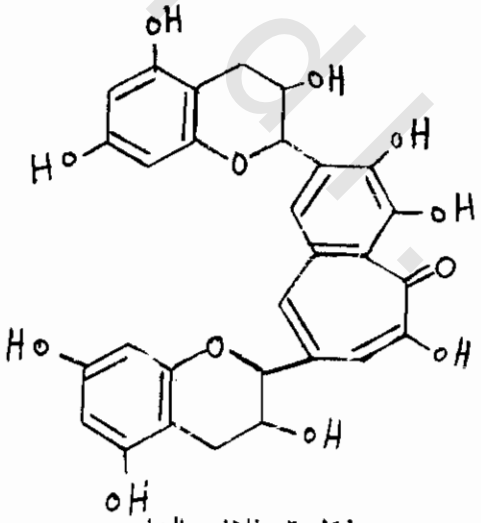
α- Δ - rhamnose

وهذه الاستعاضات الأخيرة هى التى تحدد لون الانثوسيانيدين. ومن الإعداد الكبيرة لمركبات الانثوسيانينات فالذى يهمنا منها هو عدد ١٧ انثوسيانيدين (فى تركيب اجلوكونى aglycone structure ويوضح جدول (٤).

جدول رقم (٤) الانثوسيانيديتات ذات الانتشار الأكثر شيوعا

الاســـــم	اللـــــون	طول الموجه فى الميثانول الحامضى
سيانيدين	أزرق ـ أحمر	٥٣٥
ديلفينيدين	بنفسجى ـ أزرق	٥٤٦
مالفيدين	بنفسجى	٥٤٢
بيلارجونيدين	قرمزى ـ أحمر	٥٢٠
بيونيدين	أزرق ـ أحمر	٥٣٢
بيوتونيدين	بنفسجى ـ أزرق	٥٤٣

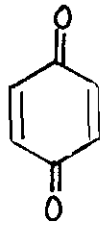
أغلب الانثوسيانيدينات ذات الانتشار الواسع بالإضافة إلى ذلك فإنه قد يحدث تفاعلات فى الحلقة B مع بعض المعادن مثل الحديد أو الألومنيوم وتفاعلات مع المغنسيوم فى الجزئ مما ينتج عنه زرقة فى الصبغة ـ كما أن التفاعلات بين الانثوسيانين وبين الفلافون مما يتسبب فى زيادة عدد الألوان. وعديدات التردد فى الفلافونويدات شائعة. ومن أمثلتها الشهيرة الصبغية ـ البنى المحمر فى مشروب الشاى (شكل رقم ٦) وهو مركب معروف باسم فلافين الشاى theaflavin



شكل ٦ : فلافين الشاى

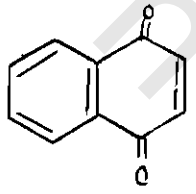
• **الكينويدات Quinoids :**

توجد هذه المركبات فى صورة أحادية التردد monomere بسيطة مثل ١ ــ ٤ بنزوكينون (شكل رقم ٧).

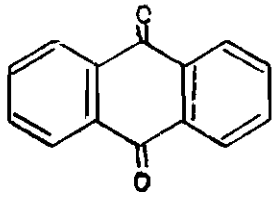


شكل ٧ : بنزوكينون

أو ثنائية التردد مثل ١ــ٤ نفتاكينون أو ثلاثية التردد مثل انثراكينون (شكل رقــم ٨) و (شكل رقم ٩) أو عديد التردد الأكثر تعقيدا: الهيبريسين (شكل رقم ١٠).

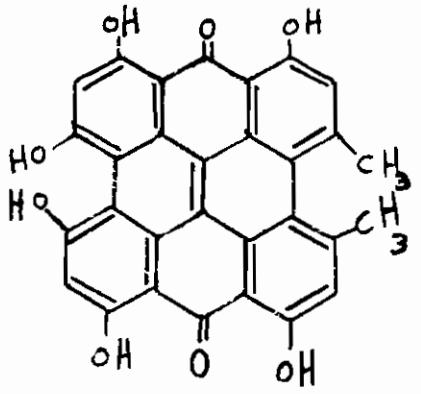


شكل ٨ : نفتاكينون



شكل ٩ : أنثراكينون

obeikandl.com



شكل ١٠ : هيبريسين

والكينونات الأكثر بساطة فى البناء الكيماوى تعمل فى حمل الاكترونات والبروتونات فى عملية الأيض الأولية. وتوجد الكينونات بكميات نادرة فى جميع الأنظمة التى تقوم بعملية التنفس بصفة نشطه ـ والكينونات الملونة توجد بدرجة ملحوظة منتشرة فى نطاق واسع فى النباتات حيث تساهم ـ على الأخص فى صبغ الخشب الصميمى heart wood الذى يعتبر ذو أهمية فائقة فى صناعة الخشب وتجارة الأثاث ـ وكثير من الكينونات ذات مذاق مر وسامة ـ نسبيا ـ ولذا كثيرا ما يطلق عليها لفظ ـ أدوات الدفاع ـ ضد أكلات العشب ـ أى أنها ذات دفاعية كيمائية يصنعها النبات لحماية نفسه من أكلات العشب (توجد بعض المشاكل فى هذه الوظيفة الدفاعية الطبيعية لهذه المجموعة الصبغية) حتى ولو كان من الصعب الدلالة على أن الحيوانات تتجنب النباتات الغنية فى مركبات مثل النفتاكينونات بسبب مذاق الكينون أو لسبب آخر.

ولكن من المؤكد أن جنس نبات Hypericum المحتوى على مركب سام الهيبريسين تهاجمه أعداد قليلة من الاعداء الطبيعية، وأنه نبات ردئ السمعة فى سميته للماشية (يعتبر من النباتات الدخيلة ويسبب بعض المشاكل ـ ليست بسيطة فى استراليا).

ولاتسهم هذه الكينويدات إلا بقدر بسيط فى ألوان الأجزاء المرئية من النباتات ولكنها فى اللون المعتم لأنواع معينة من الفطريات والاشن (كما هو الحال فى اللون الأصفر والبرتقالى والبنى). وكذلك تتسبب فى وجود الألوان الزاهية (الحمراء والأرجوانى والأزرق) فى بعض الكائنات البحرية ـ قنفد البحر (Urchins) وزنبق البحر Sea alba (Crinoids) وحشرات المغافير coccids وكذلك أنواع عديدة من حشرات المن ذات الألوان المرئية، وعموما فإن الكينونات الأكثر بساطة (مثل البنزوكينونات) تكون عديمة اللون إلا إذا كان تركيزها عاليا يتسبب فى ظهور تدريج لونى قرمزى ـ ويكثر وجود النفتاكينونات والانثراكينونات فى النباتات فى معقدات الاستعاضة أو الإضافة.

وتتسبب هذه الاستعاضات فى تكوين اللون الأسود أو الأرجوانى الداكن أو الأحمر البنى الداكن إلى البرتقالى ثم الأصفر ـ كما أنه يمكن فى المعمل تحضير ألوان أخرى بإضافة بسيطة من مجموعة (- OH) فى وسط قلوى، ومن الوجهة التاريخية فإن الكينونات (المعينة) كانت تمثل الدعامة الأساسية المستعملة فى تلوين الأنسجة. وتحتوى جذور نبات جنس Rubia (قوة الصباغين) على صبغة حمراء داكنة خاصة نبات R.tinctorium الذى يحتوى على خليط من الأنثراكينونات بينما شجرة الحناء Lawsonia alba تنتج انثراكينونات صفراء إلى حمراء بنية التى تستعمل خضاب أو فى المجملات.

وبعض أنواع الحشرات تكون صبغة تستعمل فى الأغذية تنتمى إلى مجموعة الانثراكينونات Kermels من حشراء coccid مثل Kermococcus ilicis والكوشينيال (حامض الكارمينيك) من حشرة Dactylopius coccus وتوجد مجموعة أخرى من صبغات الكينويدات تسمى Allomelanin الوميلانينات ـ وهى عادة ذات لون بنى داكن إلى أسود. وتوجد فى الفطريات وبعض النباتات. وهذه المركبات لا توجد لها قرابة مع الميلانينات الحقيقية eumelanins فى الحيوان.

• المركبات الحلقية غير المتشابهة النتروجينية (بخلاف التترابيرولات) :

تشمل هذه المجموعة عددا كبيرا من المركبات الطبيعية لا توجد أى صلة قرابة فى البناء الكيماوى لها:

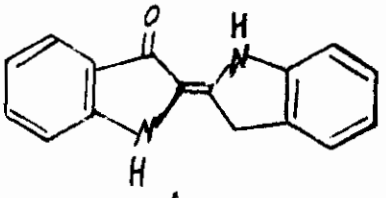
والذى يهمنا منها كصبغات قسمان:

١ ـ مشتقات انديجويد indigoid .

٢ ـ مشتقات ـ اندول indol .

١ ـ مشتقات الانديجويد:

حتى وقت قريب كانت الصبغة المستعملة فى صباغة النسيج ذات أهمية اقتصادية. وتنتج من نبات النيلة ونباتات أخرى قريبة لها ـ وهى جميعا نباتات تحت استوائية إلى جانب نبات أوروبى Isatis tinctoria (شكل رقم ١١).



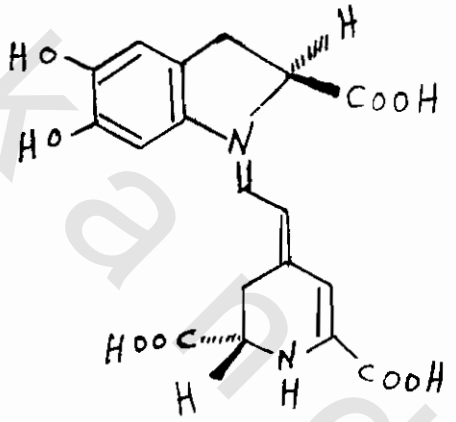
شكل ١١ : أنديجو

لايحتوى النبات الحى على هذه الصبغة (انديجو) ولكنه يحتوى على مركب جلوكوزيدى عديم اللون (٣ ـ هيدروكسى اندول ـ) ولكن اللون يظهر بالتحلمؤ أو عند الاستخلاص.

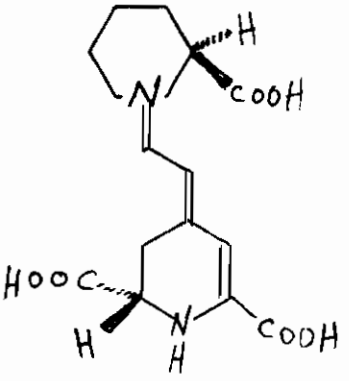
ويحتوى هذا القسم أيضا على صبغة كانت تستعمل قديما يطلق عليها ـ ارجوانى تيريان tyrian - purple ويحصل عليها من أنواع معينة من الرخويات فى البحر الأبيض ولا يظهر اللون فى هذا المركب إلا عند الاستخلاص وبفعل أكسدة كيموضوئية. وهذا مثل يوضح نقطة هامة وهى أن الصبغات التى تعتبر طبيعية ماهى فى الحقيقة إلا مركبات عديمة اللون توجد فى الخلية ـ وعندما تجرى عليها عمليات الاستخلاص من الكائن الحى وتعرضها لتعديل كيماوى معقد فعندئذ يظهر لون الصيغة، (فى سنة ١٨٧٨ أمكن للعالم الكيماوى فون باير Von Bay-er تحضير الانديجو المشيد من ناتج تقطير قار الفحم) (أى مصدر حفريات نباتية برية) وكذلك ينتج من زيت البترول الخام (اى من مصادر حفريات نباتية بحرية).

٢ ـ مشتقات الأندول:

توجد مجموعة من الصبغات النباتية الهامة ـ فى تلوين الأغذية ـ وهى البيتاليناتbetalaines ذات صلة قرابة فى البناء الكيماوى مع هذه المجموعة وعلى النقيض من الانديجو فإن هذه المجموعة (بيتاليناتٍ) صبغات حقيقيه موجودة بلونها الأصلى الأحمر القانى فى النبات الحى (راجع تحت فصل البنجر) كما أنها توجد فى أزهار نبات امارانث Amaranth بلونها القرمزى ونكتفى هنا بأن نذكر أن هذه المجموعة ينضوى تحتها عدد ٢ اثنين تحت مجموعة أحداهما البيتاسيانينات (شكل رقم ١٢) والأخرى بيتاكسانتينات (شكل رقم ١٣)وهما تذوبان فى الماء.



شكل ١٢ : بيتاسيانين ـ بيتانيدين



شكل ١٣ : بيتاكسانتين

ومن حيث التطور أو النشوء فإن هذه الببتالينات يكتنفها شئ من الغموض فى النباتات الراقية فهى توجد فقط أما فى:

١ ـ تحت مجموعة من النباتات الراقية الموجودة حاليا وهى Cen- (extant plants) trospermae أو:

٢ ـ تحت مجموعة واحدة فقط من أشجار بدائية ـ منذثرة extinct plants وهى (Bennetales) فى الحالة الأولى (١) أما إن النباتات ـ (أ) فقدت ـ أو (ب) على الأقل لم يكن بها المورثات (الجينات) المسئولة عن تشييد عشيرة كبيرة لجموعة من الصبغات الطبيعية النباتية (مثل الفلافونويدات والانثوسيانينات). وتوجد فى بعض الفطريات البعيدة القرابة عن بعضها ـ جينات تشيد البيبتالينات فى شكل ألوان واضحة (بنفسجية وصفراء) مثل الموجود فى الفطر السام Ammanita muscari. وهذه الببتالينات ذات صلة قرابة من حيث البناء الكيمياوى ـ والتشييد الحيوى مع مجموعة عريضة من صبغات الحيوان (الميلانينات melanins) أو على الأصح ميلانينات حقيقية eumelanins التى توجد فى الثدييات ـ بما فيها الإنسان. فى صورة صبغة ذات أهمية مألوفة فى اللون الأسود أو البنى للشعر أو الجسم.

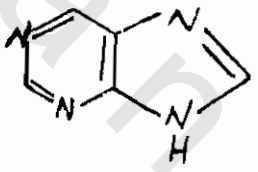
وعلى الرغم من أن الوظيفة الطبيعية لهذه الصبغات فى الثدييات هى احتمال الوقاية من الأشعة فوق البنفسجية (٢٨٠ ـ ٣٢٠ ن.م) فباشتراكها مع الغدة الصنوبرية pineal gland، فيما يتعلق بمفهوم الإدراك الحسى للضوء ـ فإن هذه الصبغات إنما وجدت أساسا لكى تقوم بعمل كمؤشر indicator (دليل) للورم القتامينى الخبيث malignant melanomes فى الانسان. وتوجد الميلانينات فى الثدييات متحدة غالباً بمعادن مثل (الحديد ـ النحاس ـ الزنك) ومرتبطة مع بروتينات معزولة وفى تجمعات متميزة تسمى melanosomes (ميلانوزومات) التى توجد فى شكل مساحات لمستقبلات الضوء لجسم الإنسان.

وتوجد ميلانينات أخرى بسيطة وذات قرابة لها وظائف مختلفة فى سمك الحبار Sepia officinalis التى تفرزها فى صورة حبر دفاعى. (الميلانينات الحقيقية لا

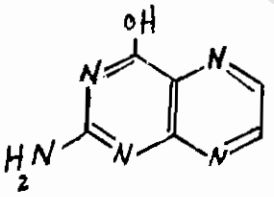
لا تذوب فى الماء إطلاقا ولا فى المذيبات العضوية وهى تامة الثبات إلا إذا عوملت بطرق كيميائية فى غاية القسوة ـ وهى أساسا ـ سوداء فى اللون الملحوظ perceived color. توجد طائفة من الصبغات ليست ذات صلة قرابة ـ مع السابقة وهى ميلانينات الطحالب phycomelanins التى يعزى إليها ألوان شعر الثدييات (البنى ـ الأصفر ـ الأحمر ـ الأشقر) وبعضها يوجد فى ملونات ريش الطيور. وعلى النقيض من الميلانينات الحقيقية فإنها يمكن أن تذوب فى القلويات المخففة ـ ولكن فى أحوال أخرى فهى ثابتة ونسبيا خاملة.

*** البيريميدينات المستعاضة:**

مركبات هذه الطائفة تشمل مجموعات متباينة ليست بينها قرابة فى التشييد الحيوى ـ والذى يجمعها هنا اشتراكها فى بعض الصفات الفيزيائية ـ وأهم أقسامها البيورينات purines (شكل رقم ١٤) و التيرينات pterines (شكل رقم ١٥).



شكل ١٤: البناء الأساسى لمركب بيورين



شكل ١٥: البناء الأساسى لمركب بترين

وتشترك فى احتوائها على عدد ٤ (أربعة) ذرات نيتروجين. يوجد فى مملكة الحيوان مركبات مبنية على البيورين أهمها حامض اليوريك uric ـ كذلك يوجد بها مركبات ذات ألوان بيضاء قشدية أو فضية (السمك). ومن المركبات المبنية على

بترين نذكر ألوان الحشرات ـ الأبيض ـ القشدى ـ الأصفر ـ الأحمر ـ الأزرق الموجودة فى أجنحة الفراشات والعتة واللون الأصفر الفاتح فى الزنبور أو الأصفر أو البرتقالى والأحمر فى الأسماك والقشريات والبرمائيات والزواحف وتوجد مجموعة واسعة الانتشار من البيريميدينات المستعاضه وهى الفلافينات Flavinsوهى ريبوفلافين (فيتامين B_2) ومعروف عنه أهميته فى الأنظمة البيولوجية ـ على الأخص أنزيمات التنفس فى صورة مكون لبروتينات الأكسدة الاختزالية redoxومع أنه واسع الانتشار إلا أن مساهمته كصبغة مرأيه زهيدة ويرجع اللون الأصفر فى بعض اللافقاريات البحرية إلى فيتامين B_2.

كما أنه توجد فى الطبيعة بكتريا ذات صبغة فلافين ـ وقد ظهر حديثا عن طريق الهندسة الوراثية ميكروبات تكون فيتامين B_2 ـ وهذا المركب الحر شديد الذوبان فى الماء ولونه أصفر فاتح فى محاليله المركزة.

توجد مجموعة أخرى ـ فينازينات phenazines ذات تركيب مشابه لحد ما ـ لتركيب الفلافين ـ وتوجد فى نوع بكتريا معينة منها Pseudomonas / Strepto-myces وهذه الصبغات ذات ألوان صفراء فاتحة ـ أحيانا توجد استثناءات شديدة الزرقة أو شديدة البنفسجية الزرقاء وهذه مع غيرها من مثيلاتها توجد فى أنسجة الثدييات (بما فيها الإنسان) على الأخص عند حدوث الجروح الملوثة بالبكتريا ـ ويقال أن لها وظيفة حماية كيميائية (مضاد حيوى) للوقاية من البكتريا ـ كما أن لها استعمالات معملية فى عمليات الأكسدة الاختزالية بالإضافة إلى ذلك توجد مجموعة أخرى من هذه الطائفة phenoxazines هى فينوكسازيبات ـ قريبة الشبه فى البناء الكيماوى من المجموعة السابقة ذكرها (فينازينات). وتوجد فى صبغات اللافقاريات المسماه omochromes (أوموكرومات) ـ وتعرف بخليط من الأسماء الأصفر والأصفر الذهبى والأصفر البنى والموف mauve وقد يكون لبعضها فائدة كوقاية أو حاجز للون المنتشر فى العين لبعض اللافقاريات (بالصحراء) ـ وبعضها يوجد فى اللافقاريات الراقية ـ للتمويه ـ كما أن بعض الميكروبات تكونها كمضاد حيوى.

* **البروتينات المعدنية Metalloproteins :**

تؤدى هذه المجموعة من البروتينات وظائف فى غاية الأهمية فى الأنظمة البيولوجية. وقد سبق ذكر أهم أفرادها فى مركب البورفيرين porphyrin والهيم haem واليخضور (جدول رقم ٥).

جدول رقم (٥) أوسع البروتينات المعدنية أنتشاراً

المعدن العامل المشترك	الجزء المخلبى	حامل اللون	حامل لون + بروتين	اللون
حديد	بروتوبرفيرين	هيم (طرز مختلفة)	يحمور	أحمر
			ميوجلوبين	أحمر
			كلوروكرورين	أخضر
			اوكسيهيمااادثرين	أحمر طوبى إلى قرمزى
	معقدات مباشرة مع البروتين		فيريتين	أحمر
			هيموسيديرن	أحمر طوبى
مغنسيوم	بروتويورفيرين	يخضورات (طرز عديدة)	بروتينات يخضورية (طرز عديدة)	أخضر
نحاس	معقدات مباشرة مع البروتين		اكسيهيموسيانين	أزرق
			سيرولوبلاسمين	أزرق
			اريثروكويرين	أزرق ـ أخضر
			اوكسيبلاستوسيانين	أزرق
	يوروبورفيرين	توراسين	———	أرجوانى
فاناديوم	معقدات مباشرة مع البروتين		هيموفانادين	أخضر تفاحى
كوبلت	———	———	فيتامين ب ١٢	بكتريا

عند استخلاص هذه المركبات يتضح احتوائها على عنصر (معدن) واحد أو أكثر. وقد يتكون بعضها أثناء الاستخلاص (اصطناعيا artifact) ومن خلال التقنية الحيوية يمكن الحصول على الكثير من هذه المركبات الملونة بكميات محسوسة اقتصاديا ولها مستقبل. ويوجد بروتين الحديد منتشراً فى الطبيعة فى صور متعددة مثل الهيم الأحمر (شكل رقم ٢)، وفى اللافقاريات، يوجد بروتين النحاس بألوانه الزرقاء أو الزرقاء المخضرة، بعض الطيور الاستوائية يوجد بها مركب ذو لون برونزى أرجوانى توراسين turasinوهو بورفيرين محتوى على النحاس، وكذلك يكون عنصر الفاناديوم مركب haemovanidin ولونه أخضر تفاحى ـ وبعض الديدان لون دمها أخضر ويوجد بها مركب من فصيلة الهيم يسمى = chlorohemoglobin أو هيم spiro-grap his بالإضافة إلى ذلك يوجد بعض مشتقات البورفيرين المحتوى على عنصر الكوبلت كما هو الحال فى حامل اللون فى فيتامين B_{12} الذى يوجد فى بعض أنواع البكتريا بكميات ضئيلة كذلك بعض الأنزيمات المحتوية على الهيم مثل السيتوكرومات والبيروكسيدات. ولون السيتوكرومات وهى فى حالة الاختزال قرمزى لامع scarlet.

*** المركبات عديمة اللون:**

معظم الجزيئات البيولوجية لا لون لها. بمعنى أنها لا تمتص اللون فى الجزء المرئى من الطيف. فالكربوهيدرات ابتداء من السكر البسيط إلى عديدات السكر مثل الجليكوجين (نشا الكبد) والنشا والسليولوزليس لها ألوان أى أنها تبدو بيضاء اللون والأحماض الأمينية لا لون لها وكذلك الكثير من البروتينات (التى تميل لأن يكون لها قوة امتصاص قوية (بين ٢٥٠ ـ ٣٠٠ ن.م) والدهنيات بما تشمله من الزيوت والشموع ذات ألوان صفراء باهتة لحد ما ـ ولكنها عموما بدون لون كما هى الحال مع الأحماض النووية، وجميع هذه المواد العضوية واسعة الانتشار، وذات وظائف مباشرة أو غير مباشرة فى عمليات الأيض الأولية للكائن الحى ـ وهذه الوظائف تشمل امتصاص الضوء ـ ولكن المركبات الملونة ـ وهى أقل انتشارا من سابقتها ولها فى بعض الأحيان وظائف متخصصة، وبالتالى فإن توزيعها غالبا ما يكون

فى نطاق ضيق. فمثلا التصبغ فى الحيوانات الراقية كثيراً ما يكون للتمويه كما فى البرمائيات أو لجذب انتباه الإناث فى الحشرات والطيور. والصبغات الموجودة فى النباتات وفى الجسم الثمرى للفطريات قد تستعمل لجذب الحيوانات للقيام بمهمة انتشار البذور. وفى بعض الاشن والطحالب للوقاية من الجفاف الحاد.

كل هذه الوظائف ذات أهمية للكائن الحى إنما تنعكس على الحياة ذات التخصص العالى التى يحياها الكائن الحى. وعلى النقيض من ذلك فإن المواد الطبيعية مثل اليخضور واليحمور والبيلينات وبعض الكاروتينات ذات انتشار واسع وينعكس ذلك مباشرة على تورطها فى وظائف جوهرية لنقل الأكسجين ونقل الالكترونات والتشييد الضوئى وكذلك وظيفتها كعوامل مانعة للأكسدة.

• تصنيف الصبغات فى الطبيعة حسب الكائنات الحية (نبات - حيوان - بكتريا) :

١ - النباتات والطحالب:

إن أوفر الناس حظاً فى الاستمتاع بلون الكساء الأخضر للكرة الأرضية هم رواد الفضاء. وعلى الرغم من ضخامة هذه التغطية الخضراء حتى الآن ـ فإنه من الغريب أن عدد الصبغات النباتية التى تسهم فى هذا الغطاء الأخضر صغير وهى فى العادة طرزان من اليخضور وما لايزيد عن ٤ ـ ٥ كاروتينات، ٣ فلافونويدات وهذه تظهر وتختفى حسب فصول السنة وتنتج المحيطات أربعة (٤) يخضورات معروفة، (٦ ـ ٧) كاروتينات واسعة الانتشار واثنين من الفيكوبيلينات.

ومساهمة بعض الصبغات الأخرى مثل الببتالينات والميلانينات والانثراكينونات والنفتاكينونات والكاروتينات الأقل أهمية والزانثوفيلات والعديد من آلاف الفلافونويدات تعتبر بالمقارنة مع سابقتها فى المستوى الكلى ضئيلة. وهذا قد يوضح السبب فى أن القليل من الصبغات النباتية تنتج أو يمكن على الأقل إنتاجها تجاريا فى كثير من الأقطار مثل اليخضور والببيتاكاروتين وانثوسيانين العنب. ويقتصر إنتاجية بعض الصبغات النباتية على عدد محدد من الدول مثل الاناتو (من ثمار أنواع من

شجرة الاناتو ـ) والزعفران من مياسم نبات الزعفران والكركم من ريزومات نبات الكركم التى تختص فى إنتاجها على دولة واحدة أو اثنين (جدول رقم ٦) يوضح الصبغات النباتية الأكثر انتشارا فى النباتات والطحالب، وهذا لايعنى عدم وجود غيرها مثل الصبغات ذات الانتشار أو التوزيع المحدود أو التى تتحكم فى ظهورها بعض العوامل (عند سقوط الأوراق) أو ربما يكون إنتاجها بكميات قليلة نسبيا مثل يخضور البكتريا.

جدول رقم (٦) الصبغات النباتية الأكثر تواجداً فى النباتات والطحالب

الصبغات	الأمثلة المعروفة الشائعة	التواجد الطبيعى والوفره
يخضور	أ	جميع الكائنات التى تشيد ضوئيا
	ب	جميع النباتات الأرضية وبعض الطحالب
	جـ ، د	طحالب بنيه وغيرها
فيكوبيلين	فيكوسيانين	،، خضراء وزرقاء وغيرها
	فيكواريثرين	،، حمراء وغيرها
كاروتينويدات	لوتين	زانثوفيل الأكثر شيوعا ومعظم الكائنات التى تشيد ضوئيا
	β ـ كاروتين	الكاروتين الأكثر شيوعا ـ ومعظم الكائنات التى تشيد ضوئيا.
	فيتولاكساثين	شائعه فى النباتات الراقية
	نيوكساثين	،، ،، ،، ،،
	فوكوكسانثين	الطحالب البنيه وغيرها
انثوسيانيدات	سيانيـديـــن	أكثر الانثوسيانيدينات انتشارا فى النباتات الراقيه
	بيلارجونيدين دلفينيديـــن	شائعة فى النباتات الراقية.
بيتالينات	بيتاسيانـــين	واسعة الانتشار ولكن مقصوره على رتبة واحده من النبات.

٢ ـ الحيوانات الراقية (فقاريات):

جميع الفقاريات ماعدا القليل النادر تحتوى على يحمور وميوجلوبين التى يعزى

إليها أيضا التصبغ فى الحيوانات. وأوضح الأمثلة لذلك الطيور والبرمائيات والأسماك ذات العظام وبعض الزواحف. وتعتبر الثدييات ذات ألوان ينقصها البريق واللمعان (لون معتم أربد). ومع أنها تعتبر من أهم موارد الغذاء للإنسان إلا أن مساهمتها فى ما يحصل عليه المرء منها من الألوان ضعيفة ـ بينما تمد الأسماك الإنسان بدرجة أكبر من الصبغات فى الوجبات الغذائية.

٣ ـ الحيوانات المتدنية (لافقاريات):

تتفوق هذه المجموعة على سابقتها فى توزيع الصبغات من حيث التنوع وتشمل الحشرات ـ الرخويات ـ الاسفنجيات ـ جراد البحر ـ العناكب ـ العقارب ـ الديدان العلق leech والعوالق.

ويحصل الإنسان فى غذائه من القشريات والرخويات على أكبر تشكيلة (تنوع) من الصبغات خاصة الكاروتينات (العديدة الغير شائعة) والبيلينات وكذلك الأوموكرومات omochromes، وفى أحيان كثيرة بالإضافة تلك الصبغات التى يتناولها المرء والتى لم يتم حتى الآن تعريفها، ومن حيث التشريع فإن المرء لايزال قليل المعرفة بصبغات طبيعية يتناولها شرائح عريضة من السكان من مصادر واسعة من لحوم الثدييات والأسماك والخضراوات والفواكه.

ولاتزال بعض الصبغات التى نتناولها فى وجباتنا مثل الجمبرى وجراد البحر والكبوريا وغيرها لم تحدد بعد وبناء عليها فإننا ـ الكثير منا ـ لا يعرف ماذا يبتلع من الألوان، وربما يأتى المستقبل بما لانتوقع فى اعتمادنا على الحشرات (الجراد) والقواقع والرخويات كمصادر صبغات طبيعية آمنة.

٤ ـ الفطريات:

هذه الكائنات ذات ألوان زاهية ـ على الأخص فى الجسم الثمرى ـ وحتى عندما يكون اللون أربد (مُعتم) فإن تعرض عصارة الفطريات للهواء (مثل مايحدث للجروح) ينتج عنها مركبات مصبوغة بسبب الأكسدة. ويبلغ عدد الصبغات التى أمكن وصفها من جميع طوائف الفطريات (بما فيها الفطريات الغـرويه slime

molds مايربو على الألف (١٠٠٠). ومن المعروف أن هذه الكائنات لاتحتوى على اليخضور الواسع الانتشار بطرزه المختلفة فى النباتات والطحالب.

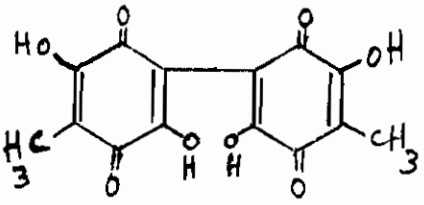
كذلك بعض الفطريات (السامة) لاتحتوى على الكاروتين وإذا استبعدنا الفلافونويدات فإن الفطريات تتفوق على النباتات فى تنوع الصبغات. وبعضها يحتوى على ريبوفلافين (فيتامين B_2) حيث يعمل على نقل الالكترونات، ومع ذلك لايمكن اعتبارها من الناحية العملية كمصدر للصبغة الصفراء نسبة لضآلة تركيزها.

وعلى العموم فإن بعض الصبغات الشائعة المألوفة فى الفطريات والنباتات والحيوانات هى البيتالينات والميلانينات وعدد صغير نسبيا من بعض الكاروتينات المعينة. الكثير من الفطريات ذات الخلية الواحدة يمكن أن تكون مصادر ـ على نطاق واسع ـ للاستهلاك فى مجال الصبغات الطبيعية.

ومن نظرية تطورية فيما يختص بأيض مركبات التربينويدات تشترك الفطريات مع النباتات فى امتلاكها كفاءة عالية، ومع ذلك فإن القليل من هذه المركبات مايوجد متراكما. وهذا يعكس الدور المحدود للصبغات فى بيولوجيا الفطريات. السسكوتربينويدات واسعة الانتشار فى النباتات الراقية فى شكل زيوت عطرية ـ ولكنها بكميات ضئيلة لاينتج عنها رؤيا صبغية ـ فى بعض الحالات النادرة فإن هذه المركبات قد تتراكم فى اليتوع (السائل اللبنى) فى الجسم الثمرى للفطريات وتتسبب فى ظهور ألوان حمراء ـ برتقالية ـ خضراء زرقاء.

وتوجد الكاروتينات التتراتربينويديه فى كل النباتات الراقية وتنتشر بشكل أوسع فى الحيوانات والبكتريا. إلا أن تواجدها فى الفطريات قليل وقد يقتصر فقط على بيتاكاروتين وكميات بسيطة من كل من γ , α كاروتين بالإضافة إلى ليكوبين.

وتوجد مركبات الكيتيدات Ketides ـ وهى مشتقة من المالونات malonates فى مجموعة فطريات اسكومايسيتز Ascomycetes ـ والتى يمثلها مركب ثنائى التردد oosporine الواسع الانتشار بها (شكل رقم ١٦).



شكل ١٦ : Oosporeine

وتتسبب مركبات هكساكيتيدات فى ألوان البنسلين. وحيث أن كثيرا من مشتقات النفتالين ونفتاكينونات تمتص بشدة جزء الطيف الفوق البنفسجى ـ وعلى الأخص تحت ٣٠٠ ن.م فإنه من المحتمل أن تلعب هذه المركبات دوراً هاماً فى كل من النباتات الراقية والفطريات فى صورة حجاب (وقاية) من هذه الأشعة. إن المرء ليتعجب من القول بأن الانثراكينونات والنفتاكينونات الموجودة فى الأشجار لها خواص مضادة للفطريات فى حين أن بعض الفطريات الموجودة فى الغابات تحتوى على مثل هذه الانثراكينونات. فاللون الأخضر التركوازى الجميل الذى يشاهد على الخشب الميت (المتحلل) يرجع سببه إلى مركب xylindeine زايلندين (انثراكينون ثنائى التردد) بسبب إصابته بفطر معين. ومن المركبات ثنائية التردد ما له فائدة فى مكافحة أكلات العشب herbivores ـ فمركب هيبرسين hyperecine الانثراكينونى ذو اللون الأحمر القرمزى pink - red الموجود فى فطر Dermocybe هو مركب موجود فى نبات Hypericum (من المحتمل أن هذه المركب السام هو الموجود فى هذا النبات المعروف كيميائيا). بعض الفطريات الأكثر رقيا تنتج بيتالينات حمراء داكنة تشبه الصبغة الحمراء فى البنجر ولو أنها بكميات ضئيلة (إلا فى حالات نادرة) وعيش الغراب Agaricus الذى ينتج بجاريا وغيره.. إذا ما جرح فإن لونه يتحول من قرمزى إلى رمادى أسود مما يشير إلى أكسدة بادئ precursor البيتالين إلى ميلانين.

* **الأشن : Lichens**

لاتوجد مجموعة قائمة بذاتها من الكائنات ومعروفة من قديم الزمان بصورة واسعه باستعمال صبغاتها مثل الاشن. وتتكون هذه المجموعة من فطريات وطحالب

وبكتريا زرقاء. وتحتوى على مجموعة من الصبغات لاتوجد فى نظام بيولوجى آخر. وهى تتميز بألوانها الفاتحة الزاهية ـ بعض هذه الصبغات قد تعمل كمرشح لأشعة الشمس لتحمى عمليات التشييد الضوئى فى الجزء الطحلبى المتكون منه الأشن. والبعض منها قد تستعمله الأشن كمضاد حيوى وحتى الآن فإن الغالبية العظمى من هذه الصبغات غير محدودة الوظيفة. وتحتوى جميع الأشن على كاروتينات وفلافونويدات وزانثوفيلات وينتجها الجزء الفطرى من الأشن. بعضها يحتوى يخضور (الجزء الطحلبى).

وأهم صبغات الأشن تلك التى استخدمت ـ منذ القدم فى صناعة النسيج. ونسبة لمحدودية انتشارها وبطء درجة نموها فإن جميعها ـ سواء ـ تجاريا أو للمحافظة عليها تكاد تكون عديمة الجدوى. وقد استعملت بعض صبغاتها كدلائل كشافات فى المعامل (صبغة عباد الشمس لتقدير درجة الأس الايدروجينى pH التى تعتبر صبغة بيولوجية). وهذه الدلائل ـ تتبع ـ كيميائيا مجموعة الدبسيدات de-psidesوقد استعملت صبغة عباد الشمس لتلوين المشروبات. وبعض مشتقات حامض البلفينيك pulvinic قد يكون لها دور فى كبح جماح أكلات العشب antiherbivore وقد استعمل هذا الحامض فى أحد الأشن فى عمل عجينة concocction لتسمم الذئاب فى لابلاند. ولكى تجعل الوجبه أكثر إغراء للذئاب يضاف مسحوق الزجاج. ومن أفراد الدبسيدات حامض اللاكونيك laconic والارثرين erythrin الذى ينتج مادة الأورسين orcin ذات اللون البنى وهى عبارة عن مخلوط من مواد ذات ألوان بنية ـ حمراء إلى زرقاء. بعض هذه الصبغات تستعمل للوقاية من اليرقات larvicidal. ويعتبر حامض الأوزنيك usnic أوسعها انتشاراً. ويعزى إليه وظيفة كمرشح لأشعة الشمس وكمضاد حيوى ويحمى من الجفاف.

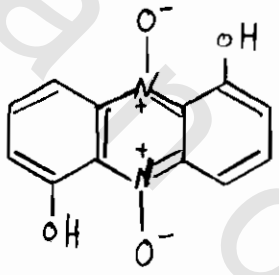
*** الدبسيدات:**

تحتوى كثير من الأشن على هذه المركبات وأهمها الأورسين orcin الذى يعتبر خليط من هذه المواد التى لاتذوب فى الماء ولكنها تذوب فى الأحماض والقلويات

المخففة. وقد وجد فى أحد الارسين مايزيد على ثمانية مكونات أمكن تعريفها والبعض لايزال قيد البحث. كما أن صبغة الارشيل archil الارجوابنه الحمراء ـ الموف mauve تنتجها بعض الأشن وتستغل فى اسكتدلندة وبجانب الدبسيدات تحتوى الأشن ـ بدرجة أوسع ـ على صبغات فينوليه وقد أمكن تحديد حوالى (٤٠) انثراكينون تتراوح ألوانها من الأصفر إلى الأحمر.

* **البكتريا:**

بعض البكتريا تحتوى على يخضور يختلف عن الموجود فى النباتات فى كونها تحتوى على عدد من ذرات الكربون اختزلت فيها رابطة مزدوجة واحدة. كذلك لها مايميزها فى محتواها من الكاروتينات. وهى تحتوى على نوع فريد من الصبغات. الفينازينات phenazines ـ وكذلك على مركب أرجوانى غزير اللون (iodinin) يودينين (شكل رقم ١٧).



شكل ١٧ : يودينين

وبعض هذه المركبات تستعمل كمضاد حيوى (مثل المضاد الحيوى الأحمر الداكن prodigiosin (وهو ذو بناء كيماوى غير مألوف مكون من بيرول ثلاثى التردد ـ وهناك بعض من هذه المركبات التى لايعرف لها وظائف فى الكائن الحى حتى الآن.

* **الأنظمة البيولوجية كمصادر تجارية للصبغات:**

إن التطور الذى تم لتحسين عمليات التخمر وغيرها من العمليات الحيوية يؤدى

إلى إمكانية استغلال البكتريا والفطريات ووحيدات الخلية والبروتوزوا (الأوليات) والعوالق التى تقوم بعملية التشييد الضوئى فى الحصول على صبغات على نطاق تجارى. وقد أمكن إجراء تغيير وراثى فى الجينات (المورثات) ولو من الناحية النظرية. ومحدودية وصولنا إلى الغاية القصوى لا تنبع من التقنيه نفسها ـ على الرغم من وجود بعض المشاكل ولكن نابع من جهلنا بما تزخر به الحياة من إمكانيات بيولوجية. أن دراسة كيمياء حيوية وتصنيف حيوى للنباتات الراقية قد وصلت إلى درجة طيبة من النتائج والمعلومات.

ولكن على النقيض من ذلك فيما يختص بالطحالب خاصة ـ وحيدة الخلية فمثلا خلال العامين الماضيين فإن من ضمن اليخضورات القليلة التى تم اكتشافها فإن جملتها كانت من الطحالب، وقد أمكن استغلال بعضها عن طريق التقنيه الحيوية مثل طحلب Dunaliella ـ بينما نجد أن صبغات البكتريا حدث فى استغلالها بعض التقدم.

وهناك عدة صبغات بما فيها المضادات الحيوية الملونه ـ والتى يجرى إنتاجها للصناعة والقليل هو مايعرف عن صبغات الحيوان ـ بسبب تنوعها خاصة فيما يختص بالفقاريات. وعلى الرغم من الوفرة فى أعداد الحيوانات فإن ما أمكن تعريفه من صبغاتها حتى الآن لايتعدى حفنه منها استغل على نطاق تجارى. إن الأكوام من أصداف القواقع من الحفريات الجيولوجية التى عثر عليها فى البحر الأبيض المتوسط من الصبغات تشير إلى البعد الذى وصل إليه القدماء فى استغلال هذه المنتجات الجانبيةللحيوانات.

وربما يكون نصيب الأسد من هذه الحفريات للفطريات. والكثير من الفطريات ـ خاصة ـ الغروية ذات ألوان عاليه الصبغة. ولعل ماتزخر به طائفة الأشن خير مثال لذلك لاستغلالها منذ القدم فى صبغ الأنسجة وكدلائل معملية.

ويمكن تلخيص المواد الملونة التى تضاف للمنتجات الغذائية كالآتى:

١ ـ الأسماك	يضاف لها	هيم + كاروتينات
٢ ـ اللحوم.	»	هيم + بيلينات
٣ ـ البيض.	»	كاروتينات
٤ ـ منتجات الألبان.	»	كاروتينات
٥ ـ خضروات الأجزاء.		
الأرضية والجذور		كاروتينات + فلافونويدات
٦ ـ الخضروات الخضراء.	»	بخضور + كاروتين + فلافونويدات
٧ ـ الفواكه.	»	كارمين
٨ ـ منتجات الحبوب (النجيليات)	»	كاروتين (الدقيق والكرملات)
٩ ـ الأشربة.	»	كرملات + زانثوفيل + ميلانين
١٠ ـ المثلجات.	»	الاناتو

obeikandl.com

أنواع الألوان التي تضاف إلي الأطعمة

منذ أكثر من (١٠٠) عام تقريبا تم تشييد أول صبغة تشييدية ومايلى ذلك من الصبغات التشييدية التى استعملت فى صبغات النسيج. ثم تلى ذلك استعمالها فى الأطعمة.

ومن ذلك الحين أخذت هذه المشيدات تتغلب على المصادر الطبيعية للألوان فى الصناعات الغذائية لرخص أسعارها وكذلك لسبب الاطمئنان لتواجدها فى أى وقت وليست عرضه لتقلبات الأسعار والمواسم.

غير أنه فى السنوات الأخيرة بدأت بعض أو معظم الدول تضع التشريعات التى تحدد أو تقنن استعمال المشيدات وحذف الكثير منها من قوائم المسموح به للاستعمال الآدمى والحيوانى. توجد ثلاث أنواع من الألوان العضوية المعترف بها ـ غذائيا ـ وهى:

(أ) الألوان التشييدية:

وهى ملونات لاتوجد فى الطبيعة ولكنها تنتج بطرق كيميائية مثل tartrazin ترترازين و sunset سن ست.

(ب) الألوان المتماثلة طبيعيا: natural identical

وهى ملونات تنتج بطرق كيميائية تشييدية بحيث تكون مطابقة ـ مماثلة ـ كيميائيا للمنتج الطبيعى مثل بيتاكاروتين ـ ريبوفلافين، كانتاكسانتين.

(جـ) الألوان الطبيعية:

ملونات عضوية تنتج من أجزاء نباتية (أو حيوانية) صالحة أصلا للأكل ـ وتحضر

بطرق معترف بها مثل الكركم ـ البكسين ـ الانثوسيانين. ويلاحظ أن البعض لايحبذ أن يحتوى هذا التقسيم مواد مثل الكرملات التى تحضر أساسا ـ من منتج طبيعى ـ السكر ـ باستعمال الأمونيا أو أملاح الأمونيا، وكذلك كلوروفيلينات النحاس حيث أنها تنتج بطرق كيميائية لتحويلها من المادة الأصلية قد لاتمت إلى صناعة الأغذية بقدر مامن الصلة والجداول رقم ٧ ، ٨ توضح المسموح به فى كل من أوروبا وأمريكا من ألوان طبيعية.

جدول (٧) : الألوان الطبيعية (والألوان من مصادر طبيعية) فى المجموعة الأوروبية

E١٠٠	كركومين
E١٠١	ريبوفلافين
E١٢٠	كوشينيال وكارمينيك حامض
E١٤٠	يخضور
E١٤١	معقدات اليخضور والكلوروفيللين
E١٥٠	كاراميل
E١٥٣	كربون نباتى
E١٦٠	(أ) α، β، γ كاروتين
	ب) مستخلصات الاناتو، بكسين، نوريكسين
	جـ) مستخلصات الفلفل، كابسانتين، كابساروبين
	د) ليكوبين
	هـ) ـ ابو ـ كاروتينال (C٣٠)
E١٦١	(أ) فلافوكسانتين
	(ب) لوتين
	(جـ) كربتوكسانتين
	(د) روبيكسانتين
	(هـ) فيولاكسانتين
	(و) رودوكسانتين
	(ى) كانثاكسانتين
E١٦٢	البنجر الأحمر، بيتانين
E١٦٣	انتيو سيانينات

obeikandl.com

جدول (٨) : الألوان الطبيعية (والألوان من مصادر طبيعية) المستعملة في الأغذية والمشروبات في أمريكا

مستخلص الاناتو
β ـ ابو ـ ٨ ـ كاروتينال
β ـ كاروتين
مسحوق البنجر
كانتا كسانسين
كاراميل
زيت الجزر
كوشينيال / كارمين
دقيق بذرة القطن، المحمص
عصير الفواكه
مستخلصات لون العنب
مستخلصات جلد العنب
فلفل والراتنج الزيتى للفلفل
ريبوفلاقين
الزعفران
الكركم، الراتنج الزيتى للكركم.

العوامل الفيزيائية التى تؤثر فى اختيار الألوان للأطعمة :

يخضع اختيار اللون الذى يضاف للطعام إلى عدة اعتبارات:

(أ) ماهية اللون المطلوب أضافته ـ فقد يتطلب الأمر ـ أحيانا خلط نوعين أو أكثر من الألوان للوصول إلى درجة اللون المطلوبة لعملية ما.

(ب) معرفة التشريعات السائدة فى الدولة التى تنتج فيها أو تسمح بتداولها أو تسوق هذه الألوان.

(جـ) الشكل الذى توجد عليه المادة الملونة ـ مع ملاحظة هامة ـ وهى أن الألوان

obeikandi.com

الطبيعية فى الشكل السائل أعلى تكلفة من تلك التى تستعمل فى شكل المسحوق من حيث القيمة الاقتصادية more cost effective .

(د) تركيبة الطعام المراد تلونيه. وهل هى فى نظام سائل أو زيوت أو دهون ـ وجود البروتينات والمواد القابضة قد تحد من استعمال بعض هذه الألوان مثل الانثوسيانين. وهل المطلوب هو منتج رائق (شفاف) أم معتم (غائم) .

(هـ) ملاحظة درجة الأسس الايدورجينى.

(و) طريقة التعليب والتغليف والتصنيع (عموما) وهذا يتوقف على كمية O_2 والضوء الواصل إلى المنتج مما قد يؤثر على ثباته مثل (الكركم ـ الكاروتين) .

(ز) درجة الحرارة التى يتم عليها تصنيع المنتج.

(ح) ملاحظة مطالب التخزين التى تخزن فيه المنتجات النهائية.

العوامل التى تؤثر فى استعمال الألوان الطبيعية :

• الأسس الايدروجينى : PH

من أهم العوامل التى تؤثر فى المستهلك الذى يستعمل الألوان الطبيعية ـ والتى قد تنتج عنها تعقيدات للمستهلك والشكوى من استعمال بعض الألوان الطبيعية قد يكون ناتجا من سوء استعمالها. ويمكن توضيح ذلك عند تلوين البيض (فى المناسبات الدينية والقومية ... الخ) بمادة الكوشينيال الحمراء ـ إذ يتعين حينئذ تحديد كمية الخل بالدقة ـ التى تعمل على خفض درجة PH فى المحلول إلى (٥) ـ فإذا كانت هذه الدرجة أقل من (٥) فإن اللون يترسب وإذا زادت عن (٥) فإن امتصاص اللون على قشرة البيضة يكون بطيئا.

ومما يزيد الأمر تعقيدا فإن التعليمات والارشادات التى توضع على بطاقة المنتج (للاعلان عنه) والتى تختص بهذا اللون الأحمر قد لاتكون صالحة مع ألوان أخرى مثل الأصفر والأخضر والأزرق التى توجد فى نفس العبوة (العلبة) .

وخلال خطوات التصنيع فإن تأثير هذا العامل على اللون ذو أهمية إذ قد تتذبذب هذه الدرجة أثناء التحضير وقبل الاستهلاك.

وحيث أنه ليس فى الامكان مراقبة التغييرات التى تحدث لدرجة PH التى تظهر عرضا (بدون قصد) من قبل المستهلك فإنه يحسن استعمال لون له الكفاءة على الاستجابة لأى تغيير يحدث فى PH دون أن يؤدى ذلك إلى تغيير فى اللون بدرجة كبيرة. وتختلف حساسية الألوان الطبيعية لهذا العامل حسب نوعيه كل صبغة.

فمثلا مستخلص جلد العنب يفقد لونه الأحمر إذا كانت PH أعلا من (٣). وهذه خاصية مميزة للانثوسيانين. وهذا لاينفى وجود بعض الانثوسيانينات تشذ عن هذه القاعدة مثل الصبغة الموجودة فى الذرة الارجوانى purple corn والتى تظهر بلون ارجوانى حتى درجة (٦) ومن الواضح أن انثوسيانين العنب والكركديه ونوع التوت cran - berry يمكن استعمالها فقط فى وسط حامض مثل المشروبات. والألوان الناتجة من البنجر يحدث لها تغيير بسيط فى تدرج اللون عند PH أعلا من (٣ ـ ٥) ـ وأقصى غزارة للون بها عند درجة (٥) ـ وهذا مايحدث عند استعمال لون البنجر فى أنواع معينة من المنتجات الغذائية ـ ولون الكاروتين لايكون حساسا فى درجات PH معظم الأغذية (٢,٥ ـ ٧,٥) ـ كما أن غزارة اللون أيضا تكون ثابتة.

ويلاحظ أن البيتاكاروتين ـ وابوكاروتينال والفلفل الأحمر تحتفظ بلونها الأصلى عند درجة (٢,٥ ـ ٧,٥) أما فى الزعفران فإن مدى اللون لمادة الكروسين crocin من الناحية العملية لاتتأثر بدرجة PH غير أن صبغة الاناتو المائية تظهر بلون أصفر ناصع غزير فى درجة أعلا من (٦). ويحتفظ الكركم بلونه الأصفر المخضر الثابت بين (٣ ـ ٧) ولكنه يتحول باضطراد إلى لون برتقالى ـ محروق فى درجة أعلا من (٧) ولايتأثر اللون الذائب فى الماء لمادة الكارمين عند درجة (٣,٥) أو أعلا من ذلك ولكنه يترسب إذا كانت أقل من (٣,٥). لذا فإن أفضل درجة لهذه المادة هى (٥ ـ ٨) يمكن الحصول على مستخلص حامضى ثابت من الكوشينيال ـ أو فيما يتعلق بصبغة اللاك lac - dye الناتجة من حشرة اللاك

Laccifera lacca فإنها تعتبر مؤشراً فعالاً وممتازاً لدرجة PH ويتوقف استعمالها على حسب هذه الدرجة فى المنتج الغذائى.

ويمكن استعمال هذه الصبغة بلون برتقالى أحمر عند درجة (٣,٥ ـ ٥) أو بلون أرجوانى أحمر داكن ـ فى درجة أعلا من (٨). ومع أن PH عامل مهم يؤثر على الصبغات الطبيعية فإنه قد تحدث تفاعلات غير متوقعة مثل تلون البيض باللون الأزرق إذا غمر فى محلول حامضى أحمر من مستخلص جلد العنب ـ والتفسير لذلك يرجع إلى الطبيعة القلوية لقشر البيض، وكذلك إلى الحقيقة المعروفة من أن الانثوسيانين يصبح لونه أزرقا فى درجات أعلا من (٧). معظم الألوان الطبيعية فى حالتها السائلة (فى الماء) يتم تصنيعها فى درجة PH خاصة بها أو قريبة من درجة ثباتها القصوى.

ولذا فإن مستخلص النوربكسين قلوى بينما الانثوسيانين حامضى. فإضافة مثل هذه المستحضرات (المستخلصات) إلى محلول غير منظم من المحتمل أن يعمل على تغيير PH فى ذلك المحلول.

* **تأثير الحرارة:**

يعتبر هذا العامل ـ أيضا ـ من أهم العوامل التى تؤثر على الألوان الطبيعية. وعلى النقيض من الصبغات تشييديه التى لها قوة صمود (ثبات) فائقة لهذا العامل فإن الألوان الطبيعية تختلف فى ثباتها حيال درجات الحرارة المختلفة.

ومع ذلك فإن اضمحلال اللون فى صبغات البنجر ليست دائما غير عكسية irreversible فبمرور ٢ ـ ٣ يوم قد يعود اللون الأحمر ـ القرنفلى إلى الظهور جزئيا ـ ولذا فإن استعمال لون البنجر يتم فى الحالات التى لاتتطلب حرارة عالية ـ أو ربما فى الحالات التى لاتستلزم حرارة إطلاقا كما هو الحال فى الحلويات المجمدة والنقانق وحلويات الجلاتين والمشروبات الباردة سريعة الذوبان (instant)

والانثوسيانين له قدره معقولة على تأثير درجة الحرارة مثل درجة حرارة البسترة ـ غير أن درجات العالية أو التعرض لمدد طويلة لدرجات حرارة دافئة قد يتسبب عنها فقدان غزارة اللون.

وقد يحدث تعديل فى درجة اللون نتيجة لتكوين مركبات ذات لون بنى. بعض المشروبات مثل المياة الغازية المحتوية على بيكربونات أو ثانى اكسيد الكربون يكون لونها ثابتا لمدة قد تصل إلى ١٣٥ يوما إذا حفظت فى الثلاجة ولكنها تفقد ٧٠٪ من لونها إذا حفظت على درجة ٣٨°م. وصبغة الاناتو تكون ثابتة على درجة (١٠٠°م) ـ ولكنها تتحلل فوق هذه الدرجة.

فمثلا عند استعمال المستحضر الزيتى للاناتو فى صناعة الفشار يتحول اللون الأحمر إلى لون مخضر. وأفضل الألوان الطبيعية التى تتحمل الحرارة ـ الكوشينيال وصبغة اللاك.

وتتوقف درجة لزوجة السوائل والعجائن على درجة الحرارة وعلى درجة انتشارها فى المواد الغذائية.

- **تأثير المذيبات:**

يؤثر نوع المذيب على مظهر وثبات الألوان الطبيعية، وهذا التأثير لايقتصر على مدى تغيير اللون، ولكن أيضا قد يعمل على تحلله. تذوب كل من الانتوسيانينات وصبغات النبجر فى الماء ويذوب كل من اليخضور والكركم والزانثوفيلات فى الزيوت النباتية وتذوب مخاليط كل من الكركم والاناتو فى كل من الماء والزيت.

- **تأثير المحاليل:**

يفضل استعمال حامض الليمونيك citric مع الانثوسيانين حيث أنه ينتج مركبات معقدة. وبذا يمنع تغير اللون ومحاليل السكر والملح وعديدة الكحولات (polyols) مثل propylene glycol بروبيلين جليلوكول التى تلعب دورا أساسيا بسبب قدرتها على تقليل (تخفيض) الفعل المائى (النشاط المائى water activity).

* **النشاط المائى: Aw**

هو تحديد الدرجة التى يكون فيها الماء فى نظام متحدا معه، وبذلك يمنع النشاط الانزيمى أو الكيمائى أو الميكروبيولوجى.

وهذا النشاط المائى يتراوح بين (١) الماء النقى و(صفر) فى مركب جاف تماما. وهذا النشاط له دخل فى ثبات جميع الصبغات (فيما عدا النبجر والانثوسيانين حيث يحدث تغيير فى تدرج وغزارة اللون.

* **التلوث المعدنى:**

خاصة وجود الحديد والنحاس التى تعمل على اختفاء اللون أو ظهور تلوثات غير مرغوبة. ويجب الاحتياط من هذا التلوث عند استعمال الانثوسيانين حيث أنه قد يتسبب فى تكوين راسب أزرق أو أبيض. أو على الأقل يسرع فى اختفاء اللون بالإضافة إلى هذا فإن المعادن تعمل كعوامل مساعدة فى تحلل الكاروتين.

* **تأثير حامض الاسقريوط (فيتامين ج): ascorbic - a cid**

يستعمل هذا الحامض عامل اختزال أو مانع للأكسدة فى بعض المواد الغذائية ـ ومع ذلك يوجد مستوى من الجرعة المثلى (optimum) التى يعمل فيها الحامض كعامل مانع للأكسدة فإذا كانت الجرعة أقل من المثلى فإن ذلك قد يساعد على الأكسدة مع الكاروتين وإذا زادت عن المثلى يعمل على الإسراع فى اختفاء اللون.

* **التلوث الميكروبيولوجى:**

تحتوى الصبغات التى تذوب فى الزيت على نسبة مختلفة من الرطوبة. لذلك عادة ماتكون عرضه للتلوث الميكروبيولوجى. وتحتوى الانثوسيانينات وصبغات البنجر على نسبة عالية من الماء والسكريات. وهذا يتطلب الحيطة فى إتقاء هذا التلوث.

* **وجود مواد أخرى:**

بعض الألوان الذائبة فى الزيوت مثل الكركم والبيتاكاروتين تحتاج إلى أن يضاف لها صمغ أو مثبتات stabilizers ومستحلبات لجعلها قابلة للخلط مع الماء ـ ومن المهم أن تتمشى هذه المواد (أى تتجانس) مع الأطعمة التى تضاف لها.

* **ملحوظة:**

درجة تحلل اللون مرتبطة مباشرة بدرجة كبيرة فى المنتج الغذائى بدرجة تركيزه وكذلك بنوعية وكمية السكر والأحماض الأمينية الموجودة فى الأغذية. وقد تحدث تفاعلات غير متوقعة (راجع عامل PH مع البيض ومستخلص العنب) مثل فقدان الشفافية فى عصير العنب الأبيض المضاف إليه مادة danthaxin الشفافة. ربما يتسبب وجود مواد قابضة فى العصير المذكور تعمل على ترسيب الجلاتين المستعمل فى تغليف الصبغة المذكورة.

* **الجدوى والاستعمالات للألوان الطبيعية:**

يعتقد بعض الناس خطأ ـ أن الألوان الطبيعية تقل فى قدرتها التلوينية عن الألوان المشيدة مما يتطلب إضافة كميات أكبر ـ ولكن الواقع أن العكس هو الصحيح ـ تتميز كل من صبغات البنجر والبيتاكاروتين والبكسين والكركومين بغزارة ألوانها.

ولذا فإن إضافتها للأطعمة تكون بتقليل مايضاف منها ـ وقد اتضح من دراسة الامتصاص الضوئى أن بعض الألوان الطبيعية لها قدرة تلوينية أكبر من المشيدة مثل صبغات الأزو azo - dyes التى لها نفس درجة اللون الطبيعى. عند إضافة الألوان المرأية إلى طعام ما ـ فإنه عادة مايتم ضبط كمية الجرعة حتى يمكن الوصول بالعجينة إلى حالتها الطبيعية بقدر الإمكان ـ وهذا ما يحدث عند دراسة قوة اللون فى كل من الزبادى وعصير الفاكهه التى انخفضت فيها نسبة اللون عند إضافة الألوان الطبيعية أو الطبيعية المماثلة.

ولذا فإن إضافة الألوان ينحو نحو القلة على حساب عاملين (١) قوة اللون فى كثير من الألوان الطبيعية (٢) الرغبة فى الوصول إلى درجات أكثر فى لون العجينة.

ومن الحجج التى تقال أيضا ـ أن الألوان الطبيعية تنتج بكميات قليلة ـ الأمر الذى يتطلب زراعة مساحات أكبر من الأرض حتى يكون الإنتاج اقتصاديا. والواقع أن تجارة هذه الألوان استطاعت أن تلبى الطلبات المتزايدة على الرغم من أن كميات كثير من الألوان الطبيعية المطلوبة للصناعة قليلة بالنسبة لما تنتجه الطبيعة من هذه المواد (أى أنه يوجد وفرة طبيعية من الألوان لم تستغل بعد) ولعل التقنية الحيوية والهندسة الوراثية وزراعة الأنسجة والخلايا سوف تدحض هذا الرغم.

وقد وجد أن كمية الانثوسيانين التى تدخل جسم الإنسان فى اليوم كانت ١٢٥ مجم فى الصيف، ١٨٠ مجم فى الشتاء ـ فعلى افتراض أن الاستهلاك السنوى للشخص الواحد من هذه الألوان هو ٧٠ جم فإن هذا يعادل (٤٠٠) طن انثوسيانينات استهلاك سنوى والكمية المضافة من الانثوسيانين كألوان للأطعمة كانت أقل من ٥ طن.

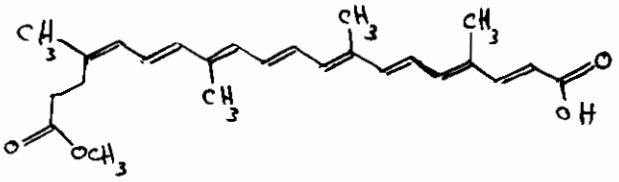
ويمكن عمل مقارنة مشابهه مع كل من الكاروتينات واليخضور وصبغة البنجر. ومعنى ذلك أن الصبغة الطبيعية الموجودة على صورة مكون أساسى فى الوجبة يفوق الكمية المضافة كملون غذائى.

*** الاناتو:**

تنمو شجرة الاناتو Bixa orellana الاستوائية فى أمريكا الجنوبية (والوسطى) حيث تباع بذورها عند العطارين لاستعمالها فى التتبيل والحساء واللحوم ـ وتزرع فى بيرو وبوليفيا وشرق أفريقيا والهند.

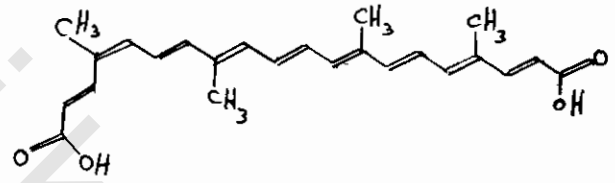
وأهم مصدر لها البرازيل وبيرو. يحيط بالبذرة غلاف راتنجى ـ واللون الأساسى فيها سيس ـ بكسين cis - bixin وهو استر حامض نوربكسين norbixin إضافة إلى ذلك وجود transbixin (ترانس ـ بكسين)، cisnorbixin (شكل رقم ١٨) سيس

شكل ١٨ : الاناتو



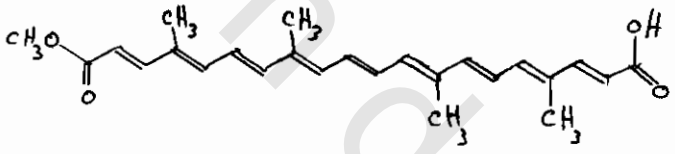
١ ـ نوربكسين الصيغة الالكيميائية $C_{24}H_{28}O_4$

اللون : أصفر ـ برتقالى إلى برتقالى

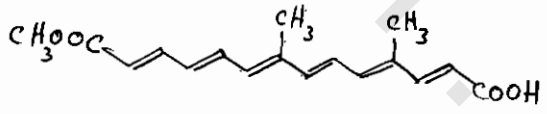


٢ـ بكسين الصيغة الالكيميائية $C_{25}H_{30}O_4$

اللون: أصفر إلى برتقالى ـ أصفر



٣ ـ صيغة الصفراء C_{17}



٤ـ ترانسبكسين

نوربكسين بكميات قليلة. وتبلغ الكمية المستعملة من البذور سنويا فى التلوين (٧٠٠٠) طن. وعلى افتراض أن نسبة اللون بها ٢ ٪ فهذا يعنى (١٤٠) طن من مادة البكسين ـ وأهم الدول المستوردة غرب أوروبا.

* **الاستخلاص والاستعمال:**

يذوب البكسين ـ لحد ما ـ فى الزيت وبالتحلحؤ بالقلويات تنتج أملاح الحامض القابلة للذوبان فى الماء. ويتحول سيس ـ بكسين بالحرارة إلى ترانس ـ بكسين وهو أكثر ثباتا وأكثر ذوبانا فى الماء.

وتحتوى مستخلصات الاناتو على نسب مختلفة من مركبات ملونة حسب طبيعة طرق الاستخلاص ودرجات الحرارة المستعملة. وحيث أن الكاروتبنويدات مكونه من روابط مزدوجة فى نظام اقترانى عالى فإنها تكون ذات لون غزير، ولهذا السبب فإن الكمية المستعملة منها ضئيلة وعادة ماتكون بين ٥ ـ ١٠ / ح . م.

* **المستخلص الذائب فى الزيت:**

عند استعمال الزيت الساخن لاستخلاص المادة الملونة من البذور ينتج المكون الأساسى للون cisbixin بتركيز ٢, ـ ٣,٣٪ ـ وليس من السهل الحصول على تركيز أعلا من ذلك بسبب صعوبة ذوبان البكسين فى الزيت. وانخفاض هذا التركيز يكفى للاستعمال فى تلوين الأغذية التى بها نسبة معقولة من الزيت مثل منتجات الألبان ومضافات السلاطات والأكلات السريعة والجافة (snacks).

* **المعلق فى الزيت:**

إن أكفأ وسيلة لتضمين البكسين هو تحضير الصيغة غير الذائبة فى صورة معلق فى زيت نباتى (غير ذائب فى الزيت). وبهذه الطريقة يمكن الحصول على مستحضر درجة تركيزه ٤٪ من البكسين حيث يوجد فى هذا المعلق كل من مركبى Cis و transbixin (سيس ترانس بكسين) ومع ذلك فإنه من الأجدر أن يؤخذ فى الاعتبار أن درجة الألوان المتحصل عليها تتوقف على كمية البكسين التى تذوب فى طبقة الزيت.

obeikandl.com

وهذا بالتالى يتوقف على مستوى الجرعة ودرجة الحرارة التى تتم فيها العملية. وهذا المعلق البكسينى لونه برتقالى بينما لون محلول البكسين فى الزيت النباتى أصفر وعليه فإنه كلما زادت درجة حرارة المنتج النهائى تزيد كمية البكسين الذائبة ويصبح اللون أكثر إصفرارا.

*** المستخلص الذائب فى الماء:**

يذوب سيس نوربكسين بوجه خاص فى الماء بسهولة ويمكن الحصول على محلول تركيز أعلا من ٥ ٪ من الناحية العملية (تجاريا) ـ تستحضر محاليل قلوية بتركيزات من ٤,ـ٥ ٪ نوربكسين بالتحلمؤ القلوى للاناتو. استخلاص النوربكسين من البذور ليس سهلا من الناحية التطبيقية (التجارية) بسبب انخفاض مستوى تركيزه. وتختلف نسبة التركيز من دولة إلى أخرى (٥,ـ١,٤ ٪).

وكل هذه التركيزات يطلق عليها (ألوان جبنه cheese - color) ويستعمل فيها محلول من البوتاسا الكاوية (KOH) المخفف إذا أريد تخفيف التركيز ويستعمل النوربكسين فى شكل مسحوق مجفف بالرذاذ باستعمال مادة حاملة مثل الصمغ العربى أو دكسترين أو نشا معالج للحصول على لون مسحوق قابل للذوبان فى الماء ـ وفى هذه المستحضرات يتراوح التركيز بين ١ ـ ١٤ ٪ ـ ولكن نسبة إلى كبر مساحة السطح فإن مثل هذه المستحضرات تكون عرضة للأكسدة.

*** التوليفات اللونية process colors :**

أحيانا يمكن عمل خليط من مستخلص كل من البكسين والنوربكسين باستعمال مادة حاملة مثل بروبيلين جليكول وغيره للحصول على لون يمكن إضافته إلى منتج غذائى فى وسط مائى أو زيتى. وعادة يكون تركيز البكسين ١ ـ ٢ ٪ ـ كذلك يمكن عمل خليط من هذه الألوان مع الفلفل الأحمر والكركم وهذه المخاليط الأخيرة تستعمل بكثرة فى صناعة المخبوزات ومنتجات الألبان المحتوية على بعض الزيت.

العوامل التى تؤثر على ثبات اللون فى الاناتو

* **الاس الايدروجينى:**

يرسب النوربكسين على صورة حامض حر فى المحلول الحامضى ـ ولذا فإن لون الجبن (chees color) (السابق ذكره) (ص ٧٣) يجب أن لايستعمل فى المياه المثلجة أو فى الحلويات السكرية الحامضية أو المشروبات الخفيفة. ولايتأثر البكسين بالأس الايدروجينى ـ ولذا يمكن استعماله فى المنتجات الحامضية.

* **الكاتيونات:**

تتحد الكاتيونات ثنائية التكافؤ مع النوربكسين مكونة أملاحا ثنائية التكافؤ (خصوصا الكالسيوم) (نوربكسينات الكالسيوم) وحيث أن الملح شحيح الذوبان فى الماء فإن مستخلصات نوربكسين عند إضافتها للمنتجات الغذائية المحتوية على مستوى عالى من الكالسيوم لايحدث فيها توافق (انسجام) لذا ينصح بعدم استعمال الماء العسر لتحضير تخفيفات ألوان الجبنة وتوحد درجات خاصة من النوربكسين تستعمل فى الحالات التى يوجد بها مستويات مرتفعة من الأملاح ـ مثل مايحدث فى صناعة الأسماك (cured fish).

* **الحرارة والضوء:**

لايتأثر النوربكسين المتحد مع البروتين أو النشا بالحرارة أو الضوء ـ ومع ذلك فإن ثبات النوربكسين ضد الضوء أو الحرارة يقل إذا وجد فى وسط مائى مخفف. ولايتأثر كل من البكسين والنوربكسين بالحرارة لدرجة معقولة، ولكن يمكن أن يتحلل البكسين فى درجة أعلا من ١٠٠°م، وهذا يتسبب فى زيادة اللون الأصفر الليمونى ـ ويعتبر هذا خسارة فى درجة اللون الأصلية. نفس الشئ يمكن ان يحدث مع الضوء ـ ويجب أن لايسمح بتجميد مستخلصات الاناتو المائية وألا ينفصل البكسين من المحلول.

• **الهواء (الأكسجين) :**

تتعرض جميع الكاروتينات للأكسدة بسبب وجود روابط زوجية اقترانية فى بنائها الكيماوى كما أن إضافة حامض الأسقربوط يساعد على إزالة (O_2)

• **ثانى أكسيد الكبريت: (SO_2)**

يعمل على خفض غزارة اللون. ولذا ينصح باستعمال أنظمة محافظة بديلة عند استعمال الاناتو.

استعمال الاناتو:

توجد صور متعددة مختلفة عملية سهلة الحصول عليها من الاناتو أكثر من أى مادة ملونة أخرى ونظراً لهذه الميزة يمكن تلوين كثير من الأطعمة بنجاح بألوان صفراء إلى برتقالى.

• **فى صناعة منتجات الألبان:**

يعتبر هذا الاستعمال من أهم استعملات صبغة الاناتو ـ بعض أصناف الجبن الصلب (ششر cheschire) وليستر leicester ـ عادة ماتلون بمحلول من النوربكسين. يكون النوربكسين مع بروتين اللبن لونا ثابتا لايزول أثناء فصل مخضوض اللبن (مصل اللبن whey) ولإنتاج جبن شيدر chedder ويستعمل محلول من نوربكسين بتركيز يتراوح بين ٧٥,٠ ـ ١,٢٥ / ج م. ويستعمل مستخلصات النوربكسين لتلوين منتجات غذائية أخرى على الأخص البوظة (المثلجات) التى تستعمل فيها الفانليا كمادة مكسبة للنكهة حيث يضاف مخلوط من النوربكسين والكركومين. وفى هذه الحالة فإن أنسب جرعة تكون من ١٠/ ج . م نوربكسين مع ١٥ / ج م كركومين.

• **حلويات الدقيق (مخبوزات) :**

هذه المنتجات يناسبها النوربكسين حيث أنه يتحد مع الدقيق مكونا لونا ثابتا لايبهت

obeikandl.com

ولايتلاشى. والجرعة المناسبة تتراوح بين ٤ ـ ٨ ج . م للفطائر الأسفنجية كما تستعمل مع الوجبات الخفيفة من البسكويت.

* **الأسماك:**

يستعمل النوربكسين بدرجات مختلفة فى تلوين الأسماك المدخنة (الهرنج والماكرل) والرنجة. قبيل التدخين تغمر الأسماك فى محلول ملح مضاف إليه نوربكسين بكميات من ٢٠٠ ـ ٣٠٠ / ج م حيث تنحد الصبغة مع بروتين السمك. وبعد انتهاء العملية فإن كمية النوربكسين النهائية فى السمك تبلغ ٢٠ ـ ٤٠/ ج م.

* **الحلويات المسكرة:**

يستعمل النوربكسين فى مجموعة من هذه المنتجات مع الأخذ فى الاعتبار أنه يوجد صور للاستعمال يحتاج إليها فى المنتجات الحامضية إذا كان الغرض الحصول على لون رائق شفاف.

* **المشروبات الخفيفة:**

توجد مستخلصات نوربكسين ثابتة مع الضوء والحموضة تستعمل فى هذه المشروبات وتتراوح كمية النوربكسين عندئذ من ١ ـ ١٠ / ج . م فى المشروبات المحضرة وقتياً.

عادة تستخدم مستخلصات نوربكسين مخلوطة مع الكارمين فى صناعة الدواجن بالإضافة إلى ذلك تستعمل صبغات الاناتو فى الوجبات السريعة الخفيفة وفى الوجبات المختلطة الجافة.

* **الأنثوسيانينات:**

مركبات تذوب فى الماء ذات ألوان حمراء ـ زرقاء واسعة الانتشار فى الفواكه والخضراوات خاصة فى العنب وأنواع التوت المختلفة: مثل أنواع التوت red - currant black currart, raspberry ، وفى الفراولة والتفاح والكريز والباذنجان الأسود والكرنب الأحمر وغيرها وبناؤها الكيماوى يتكون من مقطع اسمه Flavylium وجزء سكرى مكونا جلوكوزيد ـ والسكر عادة مايكون جلوكوز ـ جالاكتوز ـ رامنوز ـ ارابينوز ـ وقد يكون السكر مؤستلا acylated مع حامض فينول أو حامض اليفاتى، ويوجد من الانوسيانينات حوالى ٣٠٠ مركب ـ بعض الفواكه يحتوى على نوع واحد أو اثنين منها بعض أنواع العنب تحتوى على ١٥ مركب.

ومن الممكن استخلاص اللون من أى مصدر من السابق ذكرها ـ ولكن تجاريا فإن جلد العنب ـ وهو ناتج ثانوى فى صناعة عصير العنب يعتبر المصدر الأساسى حيث تبلغ كمية الانثوسيانين التى تستهلك سنويا فى العالم ١٠,٠٠٠ طن ـ (عشرة آلاف) من جلد العنب. وتبلغ كمية جلد العنب التى تستخلص سنويا فى أوروبا ١٠,٠٠٠ طن (عشرة آلاف طن) ينتج ٥٠ طن (خمسون طنا) انثوسيانين.

تستخرج الصبغة باستعمال محلول مائى حامضى ـ عادة ـ حامض كبريتوز حيث يكون الناتج محتويا على سكريات وأحماض وأملاح وصبغات جميعها من جلد العنب وعند تركيز العصير المستخلص الحامضى تبلغ نسبة الانثوسيانين فيه (٠,٥ ـ ١ ٪) ويمكن زيادة هذه النسبة ولكن التكلفة تزيد ـ ويمكن تجفيف المستخلص فى الفرن أو بطريقة التجفيف بالرذاذ أو باستعمال مولت الدكستروز كحامل للون، وذلك للحصول على مسحوق قابل للذوبان فى الماء ـ وهذا المنتج يحتوى على ٤٠ ٪ انثوسيانين ـ هذا يعنى وجود صورتان للانثوسيانين للاستعمال قابلتان للذوبان فى الماء أحداهما سائلة والأخرى مسحوق.

• استخلاص اللون من بقايا عصير العنب:

تحتوى بعض أنواع عصير العنب على كمية من التفل (عكارة) (lees) بها انثوسيانين وترترات. وعند تخزين هذا العصير تترسب الترترات جاذبة معها بعضا من اللون ـ وعند استخلاص هذا الراسب بالماء يمكن الحصول على انثوسيانين بإمرار المستخلص على عمود تبادل أيونى ion.exchange لتحويل الترترات الغير ذائبة إلى حامض ترتريك ذائب.

ولذا يمكن استعمال الانثوسيانين فى الأطعمة. وحيث أن هذا المستخلص يحتوى على صبغات أحادية التردد وعلى مستوى منخفض من الفينولات فإن درجة لونه تكون أكثر إحمرارا من عصير العنب العادى.

• مصادر أخرى للانثوسيانين:

يعتبر الكرنب الأحمر من المصادر التى يمكن استغلالها خاصة أنه ليس له نكهة أو رائحة تحيد به عن الاستعمال كمصدر للون مع أنه أكثر تكلفه من لون جلد العنب ـ نسبيا ـ ويستعمل فى الصناعات الغذائية إلا أن ثباته للضوء والحرارة يشفعان له هذا الاستعمال.

العوامل التى تؤثر على ثبات اللون فى الأنثوسيا نين

* **الأسس الايدروجينى:**

المعروف أن الانثوسيانين يستعمل كدلائل فى المعامل حيث يتحول لونه تدريجيا من الأحمر إلى الأزرق المحمر ثم الأرجوانى ثم الأزرق ثم الأصفر وذلك كلما زادت pH من ١ ـ ٤ ـ ٦ ـ ٨ ـ ١٢ ـ ١٣ على التوالى من الناحية العملية يستعمل الانثوسيا نين فى المنتجات حيث تكون pH ـ ٤ ـ أو أقل ولا يتغير فقط درجة اللون من جراء pH بل تتوقف غزارته على أيضا pH حيث تكون فى أعلا مستوياتها عند درجة ـ ١ ـ وتأخذ فى النقصان بسرعة بارتفاع درجة pH. ويجب أن نلاحظ هذه النقطة الهامة عند تحضير محلول منظم.

* **الكاتيونات:**

يوجد بعض كاتيونات المعادن ثنائية أو ثلاثية التكافؤ تتسبب فى زحزحة ضوئية bathochromic shift للون ـ ويظهر هذا على شكل زرقه واضحه فى اللون مما ينتج عنه بالتالى ترسيب الصبغات، لذا يجب تجنب الحديد والنحاس ـ كما ينصح بدهان ألواح الصفيح المستعمل للحفظ بالطلاء.

* **الضوء والحرارة:**

تتحمل الانثوسيانينات الضوء والحرارة بصورة جيدة كما يشاهد فى صناعة تعليب المربات والسكريات والفواكه المحلاة. واستله المكون السكرى فى جزئ الانثوسيانين تزيد من ثباتها للحرارة والضوء وتحتوى الألوان الموجودة فى الكرنب على انثوسيانين مؤستل، ولذا فإنها ـ عمليا ـ تكون ثابته لهذين العاملين.

* **الهواء (O_2):**

تتأكسد الانثوسيانينات ببطء فى المحاليل المائية ـ وتحت هذه الظروف فإن حامض الأسقربوط لايعمل على تحسين درجة الثبات لهذين العاملين.

obeikandl.com

* اكسيد الكبريت SO_2 :

تتفاعل الانثوسيانينات مع SO_2 مكونا منتجات بالإضافة ليس لها لون. وهذا التفاعل عكسى حيث يعود اللون إلى طبيعته بالحرارة التى تعمل على طرد SO_2. ويجب أن لايستعمل هذا الغاز كمادة حافظة مع المنتجات المحتويه على انثوسيانين المستعمل فيها مخلوط من بنزوات أو سربيت.

* البروتينات :

بعض مستخلصات العنب تتفاعل مع البروتينات مثل الجلاتين حيث ينشأ ضباب (غباش haze) وربما يحدث ترسيب. وهذا التفاعل فيما يبدو يتسبب من وجود مركبات فينوليه غير ملونه موجودة فى المستخلص وليس الانثوسيانينات نفسها ـ حيث أن الصبغات تنسجم مع الجلاتين.

الأنزيمات:

معالجة الأنزيمات فى عصير الفواكه ينتج عنها فقدان الانثوسيانين. وقد يكون سبب هذا وجود انزيم جلوكوز يديز glycosidase فى المستحضر الانزيمى.

obeikandl.com

تطبيقات الأنثوسيانينات

فى المشروبات الخفيفة:

أهم استعمال لهذه الانثوسينات هى فى إنتاج مشروب صافى رائق به درجة pH ـ ٣,٤ وغير محتويا على SO_2 كمادة حافظة. مستخلص العنب المحتوى على نسبة عالية من ألوان عديدة التردد ميزة فى كونها أكثر ثباتا فى وجود SO_2 عن تلك الألوان المحتوية على ألوان وحيدة التردد، وهذا ناتج من أن موقع هجوم ايون الكبريتيتات يكون مسدوداً.

ومن الحكمة عند تقييم الألوان الطبيعية خاصة الانثوسيانينات أن يترك الطعام المضاف إليه اللون لمدة ٢٤ ساعة قبل إصدار الحكم على اللون.

وهذا يعطى فرصة أكبر للون لكى يصبح فى حالة إتزان. وفى حالة مستخلص جلد العنب فمن المحتمل وجود زيادة فى اللون أثناء هذه المدة حيث أن الانثوسيانين يتحرر من مشتقات الكبريتيت ويصبح اللون أكثر غزارة. وتكفى جرعه مقدارها ٣٠ ـ ٤٠ / ج م من الانثوسيانين وهذه الكمية قليلة نسبيا إذا علمنا أن صبغة نبات black currant تحتوى على ٢٠٠٠ ـ ٤٠٠٠/ ج م ـ انثوسيانين وتؤثر الحرارة الزائدة عن ٢٥°م أو التعرض لضوء الشمس فى فقد محسوس للون. ولاتستعمل الانثوسيانينات مع المشروبات المعتمة. حيث أن وجود هذه العتامة تتسبب فى زرقة محسوسة فى اللون بسبب الامتصاص الضوئى للمادة المسببة للعتامة.

obeikandl.com

* **الفاكهة المحفوظة:**

تستعمل الانثوسيانينات فى المربات وتحضيرات الفواكه الطازجة أو المجمدة عن الفواكه المحفوظة فى كبريتيتات. والفواكه المعلبة على الأخص قد تكون بنية اللون الذى يصعب إخفاؤه باستعمال الانثوسيانين حيث أنها تمتص فى المنطقة البنية من الطيف.

وبناء عليه تختلف كمية الجرعة فى هذه التحضيرات بدرجة كبيرة. وهذا يتوقف على كمية الصبغة الطبيعية الموجودة أصلا فى الفاكهة. ودرجة اللون البنى الموجود بها. والجرعات فى هذه الحالة ـ عادة ماتكون بين ٢٠ ـ ٦٠ / ج م.

* **الحلويات السكرية:**

لاتنسجم بعض مستخلصات الانثوسيانينات خاصة تلك الناتجة من العنب مع الجلاتين. عند إضافة لون انثوسيانين مركز من العنب إلى محلول جلاتين ينتج راسب عكر (haze) ـ كلما زاد تركيز المستخلص كلما زادت المشكلة تعقيدا ـ لذا يفضل تخفيف اللون قبل استعماله وكذلك ضبط انسجام الجلاتين.

* **منتجات الألبان:**

ليس من المعتاد تلوين هذه المنتجات بالانثوسيانين بسبب pH هذه المنتجات التى تلون المنتج النهائى بلون بنفسجى إلى رمادى ـ إضافة إلى ذلك فإن وجود جزيئات الدهون المعلقة تزيد من الزرقة المرأيه للون ـ غير أنه يمكن تلوين منتجات الألبان الحامضية مثل الزبادى بنجاح ـ ولو أن اللون الناتج يكون أرجوانيا واضحا ـ والزبادى المضاف إليه فاكهة black sherry (الكريز) لتحسين النكهة يصبح لونه غزيراً بسبب وجود الانثوسيانين الموجود فى جلد العنب أو عصير الكريز.

* **المنتجات المجمدة:**

مثل البوظة عادة لاتلون بالانثوسيانين بسبب ارتفاع pH ويفضل تلوينها بصبغات

البنجر ورقم pH فى الماء المثلج ـ ٣ ـ وهو أنسب للاستعمال ـ ولكن عندما يتجمد يصبح لونه أزرقا واضحا عن لون المحلول الأحمر قبل التجمد (ويمكن تشبيه هذه الحالة بظاهر الانعكاس الداخلى الذى يتسبب فى الطبقة الرقيقة على سطح السائل فى كوب شراب أحمر حديث العمر حيث يبدو السطح أزرقا عن بقية المشروب فى الكوب.

* **المخاليط الجافة : dry mix**

تستعمل الانثوسيانينات المجففة بطريقة الرذاذ مع مجموعة من الحلويات الجافة الحامضية، وكذلك مع مساحيق الأشربة (الأقراص الفوارة).

* **استعمالات أخرى:**

تضاف الانثوسيانينات للأطعمة والمستحضرات الغذائية المحتوية على الخل، وكذلك تلوين كثير من الأشربة ـ وكقاعدة فإنه لنجاح التلوين بالانثوسيانين يجب الحيطة ـ والأفضل استعمالها حيث تكون pH منخفضة أو إذا كان المنتج الغذائى ليس به عتامة (أى يكون صافيا).

* **جذور البنجر: beet root**

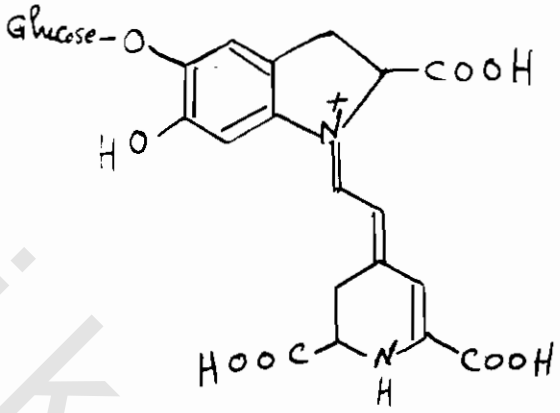
من مئات السنين يزرع البنجر فى المناطق المعتدله. ويطلق على جميع صبغات البنجر مصطلح بيتالين betalain ـ وهذه تنقسم إلى قسمين:

١ ـ بيتاسيانينات ـ حمراء اللون.

٢ ـ بيتاكسانتينات ـ صفراء اللون ـ وكلاهما يذوب فى الماء ـ وهذه المركبات ليست منتشرة بكثرة فى النباتات.

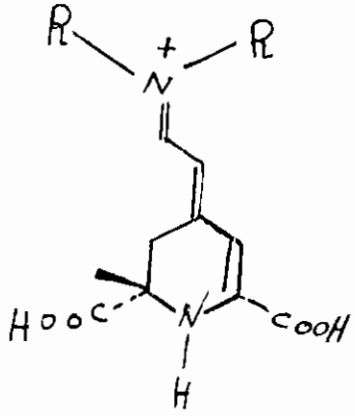
ويبدو أن كلا من البيتالينات والأنثوسانينات يمكن اعتبارهما كل طائفة قائمة بذاتها: أى لاتوجد إحداهما حيث توجد الأخرى فى نبات ما (exclusive) معظم

أصناف البنجر تحتوى على بيتاسيانين الأحمر (ويسمى بيتانين betanin ـ وهو المكون الأساسى فى صبغات البنجر ـ ويمثل ٧٥ ـ ٩٠٪ من مجموعة هذه الصبغات (شكل ـ ١٩ ـ).



شكل ١٩ : بيتانين الصيغة الكيميائى $C_{24}H_{26}N_2O_{13}$
ظل اللون: أحمر إلى أزرق محمر

بينما صبغة vulgaxanthin - I, II هو اللون الأصفر السائد فى مجموعة بيتاكسانتين (شكل ٢٠) وبناؤهما الكيماوى واحد إلا فيما يتعلق بموقع



فلجا كسانتين I	R = H
	R = glutamine
فلجا كسانتين II	R = H
	R = glutamic acid

شكل رقم٢٠

obeikandl.com

الاستعاضة حيث الاستعاضة فى (I) جلوثامين، وفى (II) حامض ـ جلوتاميك وكلاهما فى بنجر Beta vulgaris . يعتبر نبات البنجر مصدراً ممتازاً للألوان. بعض أصناف البنجر بها ٢٠٠ مجم لكل ١٠٠ جم (من الوزن الطازج) من البيتاسيانين، وهذا يمثل مايقرب من ٢ ٪ من وزن المواد الصلبة الذائبة. ويزرع فى أوروبا مايقرب من (٢٠٠ ألف) طن بنجر سنويا يستعمل معظمها فى الأكل أو يحتفظ فى أوعية مناسبة يستبعد من هذه الكمية (٢٠,٠٠٠ طن) للحصول على عصير ولون. ويصدر جزء من هذه الكمية. ولذا كان مقدار لون البنجر الذى يستهلك كمادة مضافة للأغذية ـ نسبيا ـ صغيرة ـ إذا قورن بما يستهلك من البنجر كخضار (سلطة) (عندما يتناول الإنسان ١٠٠ جم بنجر فإن كمية البيتانين التى يستهلكها تساوى ٢٠٠ مجم ـ بينما إذا تناول المرء ١٠٠ جم زبادى الفراولة المضاف إليه لون البنجر ـ فإن كمية البيتانين المستهلكة تساوى ٥, . مجم فقط.

*** مستخلصات البنجر واستعمالاتها:**

يتم الاستخلاص إما بالعصر أو بطريقة الانتشار diffusion التى تتبع فى تحضير عصير الفاكهه. والعصير الناتج ينقل إلى آلة الطرد المركزى ثم يبستر ويركز للحصول على سائل لزج مركز يحتوى على حوالى ٧٠ ٪ سكر، ٥, ٪ بيتانين ويسمى عصير مركز النبجر.

ويمكن الحصول على مستخلص أكثر تركيزاً وأقل نكهة بترك بعض السكر يتخمر لإنتاج الكحول الذى يمكن فصله بالتركيز. والفوائد المتحصل عليها فى هذه الحالة محدودة ـ وذلك لأنه فى كثير من التطبيقات ـ يكون العصير جزءاً كافياً للغرض.

ويمكن تجفيف العصير وتحميله على مولت الدكسترين dextrine - malt حيث أن النسبة العالية من السكر (سكر القصب = السكروز) يعيق تجفيف العصير مباشرة ـ

ولذا فإن الجرعة المستعملة منه ـ مثلا فى الزبادى حوالى ٥/ ج م. وفى بوظة الفراولة حوالى ٢٠ / ج م. والمعروض من عصير البنجر المركز عادة يكون ١٪ بيتانين ـ وعند تجفيف العصير بطريقة الرزاز للحصول على مسحوق فإن كمية البيتانين تكون أقل حيث أن مقدار مولت الدكسترين المطلوب يكون أكبر من كمية الماء المستبعد أثناء التجفيف وكمية البيتانين الموجودة فى مسحوق عصير البنجر عادة ماتكون فى حدود ٤ و ـ ٧و٪..

بعض التشريعات تمنع استعمال عصير البنجر المركز، ولايظهر فى قوائم المسموحات ـ كذلك تختلف النسبة المسموح بها من البيتانين سواء كان سائلا أو على شكل مسحوق.

العوامل التى تؤثر على ثبات اللون فى عصير البنجر:

* **PH**: يكون اللون أكثر ثباتا عند درجة ٤,٥ وعند درجة ٧,٥ ومافوقها فإن البيتانين يتحلل بسرعة ـ لذا لاينصح باستعماله فى وسط قلوى ودرجة اللون لاتتغير بوضوح عند درجة ٣ ـ ٧ ـ وإذا كانت الحموضة شديدة للغاية فإن درجة تحول اللون تتحول إلى الأزرق البنفسجى، وذلك لأن صورة الأيون الحمراء تتحول إلى الكاتيون البنفسجى وتحت الظروف القلوية يتحول اللون بسرعة إلى الأصفر البنى بسبب فقدان البيتانين.

* **الحرارة :**

تتحلل صبغات البنجر بالحرارة ـ وهذا مما يحد من استعمالها فى المواد الغذائية ـ ويتوقف فقدان اللون بالحرارة على عدة عوامل هى pH (أهمها) والنشاط المائى (Aw) ـ وإذا كانت نسبة السكر مرتفعة فى الصبغات فإنها تتحمل البسترة وليس درجة الطبخ retorting.

* **الهواء: (O_2)**

يكون البيتانين عرضة للأكسدة وفقدان اللون، وهذا يلاحظ فى بعض منتجات الألبان ذات العمر الطويل والأكسدة تكون أسرع فى المنتجات الغذائية ذات النشاط المائى (Aw) العالى ـ وفى هذه الحالات يفيد استعمال حامض الأسقربوط.

* **الضوء:**

يؤثر الضوء فى صبغات البنجر التى تتحلل أو يتغير لونها.

* **النشاط المائى: Aw**

يظل مسحوق عصير البنجر المحفوظ تحت ظروف جافة ثابتا ـ حتى فى وجود (O_2). إذا كانت الصبغة فى محلول مائى فإنه كلما كانت كمية المواد الصلبة فى المحلول عاليه كلما كان اللون أكثر ثباتا.

* **الكاتيونات:**

بوجود أيونات المعادن ثلاثية التكافؤ على الأخص الحديد والنحاس تسرع أكسدة البيتالين ـ واستبعاد أيونات هذه المعادن يعمل على تحسين ثبات اللون.

* **SO_2:**

يعمل على تغير لون صبغة البنجر كلية ـ وتفضل استعمال مواد حافظة أخرى كبديل عن (SO_2) مثل البنزوات والسربيت.

* **استعمالات صبغة البنجر:**

يفضل أن يقتصر استعمال هذه الصبغات فى المنتجات الغذائية التى لايحتاج فيها لتعرض الصبغة لحرارة عالية، وذات نشاط مائى منخفض أو تكون مدة تخزينها قصيرة ولاتحتوى على (SO_2). لذا فإن استعمالها يكون فى الوجبات الخفيفة السريعة التحضير وفى المخلوطات الجافة ومنتجات الألبان والمجمدات.

obeikandl.com

* **فى البوظة:**

يعتبر استعمال لون البنجر فى المثلوجات من أهم الأغراض التى تستعمل فيها ـ سواء أكانت على هيئه عصير بنجر أو لون النبجر ـ وكمية البيتانين المستعملة فى هذه المناسبات تتراوح بين ١٥ ـ ٢٠ / ح م ليعادل ٣ و ـ ٥ و٪ عصير البنجر. عند استعمال عصير بنجر أزرق اللون بفضل إضافة لون أصفر برتقالى للحصول على لون فراولة مقبول. وفى هذه الحالة يكفى مستخلص الاناتو الذائب فى الماء بجرعة تعادل ١٠/ ج م نوريكسين.

* **فى الزبادى:**

من أفضل مايستعمل فى تلوين الزبادى البنجر مضافا إليه الاناتو للحصول على لون مقبول. وحيث أن اللون المشارك مع النكهة فى الزبادى يكون باهتا (pale) عن لون المثلوجات فإن كمية البيتانين تكون منخفضة وفى حدود ٤ ـ ٨ / ج م. ويجب الاحتراس من وجود تلوث بالاحياء الدقيقة فى لون البنجر المستعمل مع الزبادى. وعصير البنجر عرضة للتلوث بالخمائر والفطريات لاحتوائه على نسبة عالية من السكروز ولعدم إضافة مواد حافظة.

* **فى المخاليط الجافة:**

أفضل ماينا سبها فى التلوين مسحوق عصير البنجر يسبب خواص ذوبانها الممتازة وكذلك ثباتها الممتاز. وهذه المستحضرات عادة تستعمل مع الحلويات التى تجهز وقتيا. وكذلك فى الحساء ودرجة اللون قد تكون زرقاء للغاية مع الفراولة والطماطم. ولذا يفضل إضافة لون أصفر أو برتقالى عند التحضير.

* **الحلويات:**

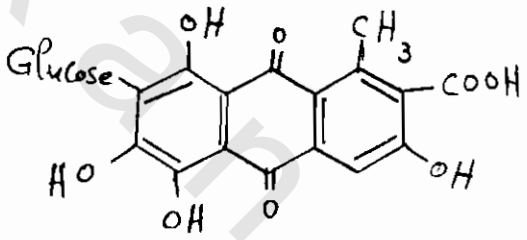
يفضل فى هذه الحالة استعمال المنتجات التى لايضاف إليها أحماض.

* **استعمالات أخرى:**

فى الحالات التى لايستعمل فيها SO_2 فى اللحوم وشرائحها والنقانق. ويلاحظ أن الانثوسيانين لاتستعمل بسبب pH لذا يضاف الكارمين لتلوين اللحوم. بعض التشريعات تمنع تلوين اللحوم إطلاقا بالبنجر، ومما يحد من استعمال البنجر النكهة الواضحة فيه.

الكوشينيال والكارمين:

الكارمين هى الصبغة المخلبية للألومنيوم مع حامض الكارمينيك (شكل رقم ٢١) وهذا الحامض هو اللون المستخرج من انثى الحشرة (المجففة)(Dactylobius - coccus (costa) - ـ وأخرى تسمى Coccus cacti.



شكل٢١ : حامض كارمينيك

ويقصد بالكوشينيال كلا من الحشرة المجففة نفسها وكذلك اللون المشتق منها. ومنذ آلاف السنين استغلت هذه الحشرة من أنواع كثيرة كمصدر للون الأحمر ـ وتختص كل حشرة بعائل معين من النباتات ـ وكل منها يعتبر المصدر الأساسى للون مثل أحمر أرمينيا (كرمل = Kermel) والكوشينيال البولندى وصبغة اللاك ـ واللاك ـ والكوشينيال الأمريكى ـ وقد استجلب الأسبان عند فتحهم أمريكا الجنوبية النوع الأمريكى إلى أوروبا والذى يعتبر أهم كوشينيال تجارى ـ بينما صبغة اللاك

من حشرة Laccifera lacca هو المستعمل فى الشرق الأقصى وأهم مصدر فى الوقت الحالى كوشينيال بيرو ـ إلى جانب جزر الكنارى حيث تعيش على أشجار نوع من التين الشوكى والكمية المنتجة سنويا من الكوشينيال المجفف تبلغ ٣٠٠ طن يذهب الجزء الأكبر منها فى مستحضرات التجميل.

* **الاستخلاص وصور الاستعمال:**

حامض الكارمينيك يذوب بسهولة فى الماء ودرجة لونه (shade) تتوقف على هو PH لونه برتقالى فى المحاليل الحامضية وبنفسجى فى المحاليل القلوية حيث يحدث تحول سريع من الأحمر كلما زادت PH من ٥ ـ ٧ وغزارة لونه منخفضة نسبيا ـ ولذا فإن استعمالاته التجارية محدودة.

* **الكارمين:**

الصبغة المخلبية لحامض الكارمينيك مع الألومنيوم والكالسيوم ـ وهذه المادة أكثر غزارة فى اللون بإضافة حامض يعمل على ترسيب المعدن من المحلول المخلبى ـ وهو يذوب فى محلول قلوى ولا يذوب فى محلول حامضى ـ وغزارة اللون فى الكارمين لاتتوقف على PH فهو أحمر فى درجة PH (٤) ويتحول إلى أزرق محمر فى درجة PH (١٠) ـ وغزارة لون الكارمين ضعف غزارة لون الحامض ـ ولذا فهو أكثر كفاءة من حيث السعر.

* **الصور التجارية المتاحة:**

يتم الحصول على حامض الكارمينيك عادة فى صورة محلول مائى حيث تبلغ نسبة الصبغة منه أقل من (٥٪) ـ ومن هذا المحلول يمكن الحصول على مسحوق بطريقة التجفيف بالرذاذ. ويحضر الكارمين على صورة مسحوق شحيح الذوبان فى الماء محتويا على حامض الكارمينيك بنسبة ٤٠ ـ ٦٠٪ ـ ويستعمل هذا الناتج فى

تلوين الأغذية ومستحضرات التجميل. للمواصفات المطلوبة لهذا الاستعمال يرجع إلى B. ph. codex وكذلك Food chemical codex وعادة يحضر الكارمين فى صورة محلول قلوى محتوى على نسبة ٢ ـ ٧٪ حامض كارمينيك وذلك بسبب عدم ذوبانه فى محلول حامضى والقلوى المستعمل عادة النوشادر ـ ونظراً لعدم مقبولية النشادر الطبيعية، لذا يستعمل محاليل مخففة أكثر قبولا من أيدروكسد البوتاسيوم. ويمكن تخفيف هذه المحاليل باستعمال مسحوق مولت الدكستروز كحامل للحصول على مسحوق شديد الذوبان فى الماء محتويا على ٣,٥ ـ ٧٪ حامض كارمينيك والصور الأكثر استعمالا فى الأغذية هو محلول قلوى للكارمين.

* **العوامل المؤثرة على الثبات:**

* **pH:** لاتتأثر درجة اللون بتغير درجة PH ـ ولكن ـ كلما كانت PH أقل من ٣,٥ فإن الكارمين يترسب من محاليله والنقطة التى يتم فيها الترسيب تتوقف على عوامل منها اللزوجة ونسبة الماء.

* **الحرارة والضوء والأكسجين:** لايتأثر الكارمين بهذه العوامل.

* **الكاتيونات:** عادة مايكون لها تأثير على درجة اللون ـ حيث تعمل على زيادة تركيز الزرقة فى المواد الغذائية.

* **SO_2:** لايؤثر فى الكارمين فى المستويات الموجودة فى الأطعمة.

* **الاستعمالات:**

العامل المحدد للاستعمال الأمثل للكارمين هو PH والكارمين أقل كفاءة فى الاستعمال عن كلا من البنجر والانثوسيانين أساسا لأنه أقل غزارة مما ينتج عنه وجوب إضافة كميات للحصول على عائد اقتصادى أنسب لنفس التأثير المرأى.

من الوجهة التاريخية فقد استعمل الكارمين كصبغة للأنسجة غير أن استعمال المركبات تشييديه بسبب انخفاض أسعارها وسهولة الحصول عليها قلل من أو أبطل هذا الاستعمال وبجانب استعماله فى المجملات يستعمل لتلوين الكحولات والأغذية.

*** فى صناعة اللحوم:**

يستعمل بكثرة فى النقانق واللحوم المفرومة وذلك نسبة إلى درجة لونه الزرقاء المحمرة ـ وثباته فى وجود (O_2) وفى هذه الأحوال تكون نسبة إضافته ١٠ ـ ٢٥/ ج م محسوبة على أساس حامض كارمينيك. كذلك فى أطباق الدواجن التى تقدم مع الزبادى والتوابل الملونة بالكارمين حيث يكون منقوعا تغمس فيه شرائح الدواجن. للحصول على درجات مختلفة من اللون تضاف صبغات أخرى مثل الاناتو ـ وتحتفظ الصبغة بلونها أثناء عمليات الطهى نسبة إلى ثباتها فى الحرارة.

*** المربات والمحفوظات:**

يفضل استعمال الكارمين مع هذه المنتجات عن استعمال البنجر والأنثوسيانين والبنجر مقاومته للحرارة غير كافية كما أن الانثوسيانين قد لايكون لها تأثير كبير ـ إما بسبب طول استعمال الحرارة أو بسبب اللون البنى فى المحفوظات. لذا فإن استعمال الكارمين يعطى لونا أحمراً ناصعا بالإضافة إلى الثبات.

*** حلويات الجلاتين:**

من الممكن استعمال البنجر مع منتجات الجلاتين التى لايحتاج فيها إلى تخزين لمدة طويلة وعموما فإن الكارمين يفضل مع المنتجات التى تخزن فى درجات حرارة الجو العادى لمدد أطول ـ حيث أنه تحت هذه الظروف فإن البنجر عرضة للتأكسد والانثوسيانين من العنب لاينسجم مع الجلاتين لاحتوائه على البروتين.

*** مع المخبوزات المسكرة:**

أن ثبات الكارمين للحرارة يجعله مناسباً مع هذه المنتجات الغذائية. والكارمين المحتوى على ٤٠/ ج م أو أكثر من حامض الكارمينيك يعطى لونا قرنفليا مع المخبوزات الأسفنجية. ويستعمل فى تزيين الكعك والبسكويت كمادة (icing) غطاء للمخبوزات (سكر + زبد + حليب + بيض ... الخ) وذلك بنفس النسبة المذكورة سابقا.

*** مع منتجات الألبان:**

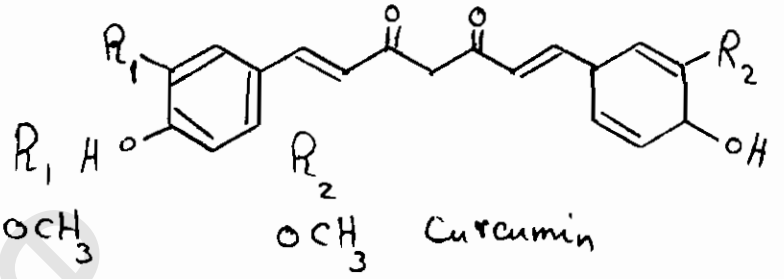
يفضل البنجر مع معظم هذه المنتجات. ويفضل الكارمين فى حالات اللبن المضاف اليه نكهات والتى يراد بقاءها لمدد طويلة بسبب مقاومته للأكسدة أثناء التخزين ـ ومع نكهة الفراولة يضاف لون أصفر للحصول على اللون المطلوب.

الكركم:

اللون الأساسى فى ريزومات نبات الكركم Curcuma longa وتختلف نسبة اللون حسب الموقع الجغرافى وصنف النبات ويرجع استعمال الكركم إلى آلاف السنين ولايزال هو المكون الأساسى فى مسحوق الكارى. ويزرع نبات الكركم فى الهند والصين وباكستان وهايتى وعموما فى البلدان الاستوائية ـ وعادة ما يباع فى صورة ريزومات جافة تجهز بشكل مسحوق ناعم للغاية، وهو يضفى لونا ونكهة للأغذية. والكركم المطحون لايذوب فى الماء ـ ولكن يمكن الاستفادة من تلوينه أما بنثره على الأطعمة أو بإذابة الكركومين فى زيت نباتى (شكل ٢٢) ـ الكركومين وهو المكون الأساسى للصبغة تصاحبه كميات صغيرة من مركبات متقاربة لاتذوب جمعيها فى الماء. ومعظم إنتاج الكركم يستعمل كتابل وتبلغ كمية الكركومين المستعمل للتلوين ـ سنويا ـ حوالى ٣٠ طن فإذا فرضنا أن إنتاج الهند هو

obeikandl.com

٢٥٠,٠٠٠ طن كركم ـ وعلى فرض أن نسبة الكركومين ٣٪ فمعنى هذا أن استهلاك الهند السنوى منه هو ٧٥٠٠ طن (منها ٣٠ طن فقط للتلوين).



شكل رقم ٢٢ : كركومين

* **الاستخلاص وصور الاستعمال:**

توجد عدد ٣ صور لمستخلص الكركم:

١ ـ الزيت العطرى للكركم.

٢ ـ راتنج الكركم.

٣ ـ الكركومين.

* **الزيت الفطرى للكركم:**

يحصل عليه بتقطير مسحوق الريزومات بالبخار بنسبة ٣ ـ ٥٪ ـ والزيت يحتوى على جميع مكونات النكهه فى الكركم ـ ويستعمل فى التوابل ولايحتوى الزيت على لون.

* **راتنج الكركم:**

هذه الصورة لمستخلص الكركم الأكثر شيوعا فى الاستعمال ويحتوى على مركبات النكهة واللون معا. ويحصل عليه بالاستخلاص بالمذيبات العضوية

obeikandl.com

للمسحوق وهذا الراتنج له استعمالات متعددة عن البهار المطحون وذلك بسبب خواصه الميكروبيولوجية المتميزة. وخواصه الكشفية العضوية المقننه-standarisesd ganolepdic properties. وخلوه من الملوثات جعل استعماله فى ازدياد مستمر ويحتوى هذا الراتنج على ٣٧ ـ ٥٥٪ كركومين.

* **الكركومين:**

هو المادة الملونة الأساسية فى الكركم ويحتوى على قدر ضئيل من مكونات النكهة فى الكركم. ويحصل عليه بالتبلور من الراتنج بدرجة نقاوة تصل إلى ٩٥٪ ويلاحظ أن التمييز بين هذه الصور الثلاث يقع فى النسبة بين النكهة واللون. ويحتوى الراتنج على النكهة المحببة وجميع المكونات الأساسية التى تميز البهار ـ لذا فإن نسبة مكونات النكهه إلى الكركومين فى البهار المطحون واحدة.

* **صور الاستعمال:**

لايعتبر الكركومين النقى بدرجة نقاوة ٩٥٪ منتجا مثاليا للتلوين المباشر فى الأغذية. حيث أنه وهو بهذه الصورة لايذوب فى الماء كما أن ذوبانه فى المذيبات العضوية شحيح ـ لذا فإنه عادة ما يتم تحويل الكركومين إلى صورة مناسبة للاستعمـال ـ وهذا يتم ـ أحيانا ـ بإذابته فى مخلوص مناسب مكون من مذيب مسموح به غذائيا ومستحلب، والناتج على هذه الصورة يحتوى على ٤ ـ١٠٪ كركومين ويمكن إذابته فى الماء بسهولة. وتوجد صور أخرى مناسبة سهلة الحصول عليها تجاريا ـ وتشمل معلق الكركومين فى زيت بناتى أو انتشاره على النشا وهذه صور ليست شائعة.

* **العوامل التى تؤثر على الثبات:**

جميع النقاط الآتية خاصة بالكركومين المذاب فى وسط مائى.

* **pH**: يعطى الكركومين لونا أصفراً ليمونيا فى وسط حامضى مع درجة لون أخضر مميزة ـ وإذا زادت pH فإن درجة اللون الأخضر يتحول إلى برتقالى واضح.

* **الحرارة**: الكركومين ثابت فى درجات الحرارة مما يمكنه من تحمل درجة حرارة الخبيز.

* **الضوء**: يتأثر الكركومين بالضوء وهذا العامل يحدد مدى استعماله فى الأغذية والكركومين المعلق أكثر ثباتا فى الضوء عن اللون المذاب.

* **الكاتيونات**: تؤدى الكاثيونات عموما إلى زيادة فى درجة اللون البرتقالى البنى.

* SO_2: يقلل من غزارة اللون خاصة إذا زادت نسبة الغاز عن ١٠٠/ ج م.

* **الاستعمالات**:

الكركومين لون غزير (Deep) أصفر لامع حتى فى جرعاته المنخفضة. ومن الملاحظ أن اللون يصبح مشبعا بسهولة وعندما تكون الجرعة أعلا من ٢٠/ ج م. فإنه من الصعب الوقوف على الزيادة الطفيفة فى مستوى جرعة اللون. لهذا فإن استعمال الكركومين يستلزم الاحتراس الشديد فى تحديد أقل كمية فى مستوى الجرعة المطلوبة للحصول على اللون المرغوب.

وغالبا ما يكون مستوى الجرعة منخفضا للغاية ـ عادة بين ٥ ـ ٢٠/ ج م. وفى هذه الحالة فإن درجة اللون تكون مشابهة لدرجة الترترازين (مركب تشييدى) وإذا كان المطلوب الحصول على لون صفار البيض فإن درجة اللون تكون خضراء للغاية ـ ويجب عندئذ إضافة لون برتقالى (يفضل الاناتو).

* **مع منتجات الألبان**:

يستعمل الكركومين بكثرة فى هذه المنتجات فى مثلج بوظة الفانليا يستعمل الكركومين مع النوربكسيين، وفى هذه الحالة تكون كمية الكركومين ٢٠/ ج م مع

obeikandl.com

١٢/ ج م نوربكسين الزبادى يضاف إليه ٥/ ج م للحصول على لون أصفر ليمونى مقبول. وألوان الكركومين عادة لزجة مما يستدعى مزجها جيداً مع منتجات الألبان.

* **حلويات الدقيق:**

مثل البسكويت والفطائر التى تلون بمخلوط من الكركومين والاناتو ـ والكمية المطلوبة من ١٠ ـ ١٥/ ج م كركومين بالإضافة إلى ٥ ـ ١٠/ ج م نوربكسين.

* **الحلويات السكرية:**

يستعمل كركومين بنسبة ٢٠/ م للحصول على لون أصفر لامع غزير. فى حالة السكريات المحلاة وينصح باستعمال مخففات مثل بروبيلين جليكول مع الكركومين. وعادة مايستعمل الكركومين مع السكريات التى لاتتعرض للضوء.

عادة يتم تحضير محلول الآم Mother liquid ومنه تؤخذ تخفيفات ـ ولكن يجب مراعاة بعض الشروط حتى لايتبلور الكركومين ويرسب.

* **المنتجات المجمدة:**

يتم تلوينها بنجاح بنسبة ٥ ـ ١٥/ م.

* **المخاليط الجافة:**

فى هذه الحالات يستعمل الصمغ العربى كحامل للون المجفف ـ ومثل هذه المنتجات تحتوى على ٨٪ كركومين. ويمكن الاستعاضة عن الصمغ العربى بالنشا.

* **المشهيات Savoury - produets :**

يستعمل معها الكركم للحصول على النكهة واللون خاصة شرائح الدواجن والحساء.

obeikandl.com

* **طريقة تقدير الكركومين:**

يستعمل الفصل على الطبقة الرقيقة TLC ويقدر فى الأطعمة بواسطة محلول مائى لكحول الايثايل (٣٣٪) المضاف إليه النوشادر ثم يمرر المستخلص على عمود ويستخلص بالاسيتون.

اليخضور:

أول من عزله العالم الألمانى ولشتتر Willstäter. العامل الذى يحد من انتشار استعماله هو عدم الثبات إذ يتحلل بسرعة فى وسط حامضى حيث يفقد عنصر المغنسيوم وينتج مركب فيوفيتين phyophytin ذو اللون الأصفر البنى ـ وألوان اليخضور تميل إلى أن تصبح معتمة المنظر (dull) ذات لون زيتونى أخضر بنى ـ مما يحد من استعمالها، ويمكن تقنين مستخلصات اليخضور باستعمال زيت نباتى فى المنتجات التى تذوب فى الزيوت أو تخلط مع مذيب للأطعمة أو مستحلب مسموح به للحصول على صورة قابلة للخلط مع الماء. عادة يستعمل مستخلص يخضور محتوى على ١٠٪ يخضور بالإضافة إلى ألوان أخرى مثل اللوتين lutein والكاروتين ودهون وشموع ودهون فوسفاتية phopholipids ـ وتستعمل صور اليخضور التى تختلط مع الماء فى السكريات والزبادى المضاف إليه نكهة وفى المثلجات. وأهم استعمال له فى المجملات Cosmetics وقليلا مايستعمل فى الأطعمة (غير مسموح به فى أمريكا فى الأغذية ـ انجلترا تسمح به وتبلغ الكمية المستعملة فى انجلترا ٤٠٠ كجم سنويا).

* **معقدات النحاس اليخضورية والكلوروفيلينات:**

عندما يحل عنصر النحاس محل المغنسيوم ينتج معقد ثابت له قوة صبغية قوية والاستبعاد المتعاقب Successive removal لسلسلة الفيتول بالتحلمؤ القلوى المخفف

ينتج عنه مركب قابل للذوبان فى الماء يسمى نحاس اليخضور. وهذا المعقد المخصوص فى صورة أملاحه من الصوديوم والبوتاسيوم عبارة عن اللون الأخضر الأكثر استعمالا للألوان ذات المنشأ الطبيعى، ويحصل على اليخضور من البرسيم والحشائش. وإحدى خطوات التنقية تشمل ترسيب الكلوروفيلينات. وهذا يعنى استبعاد الكاروتينات الصفراء ـ وهذا المركب مسموح به غذائيا فى أوروبا ـ بينما فى أمريكا يقتصر استعماله فى معجون الأسنان. ويعتبر كل من نحاس اليخضور والكلورفيلينات مستخلصات طبيعية معدله ولايمكن اعتبارها ألوان طبيعية حقيقية.

*** صور استعمالاتها:**

مستخلصات نحاس اليخضور عبارة عن عجينة لزجة تذوب فى الزيوت ويمكن تنقيتها بالزيوت النباتية وتبلغ نسبة الصبغة فيها حوالى ٥ ـ ١٠ ٪ ـ وعلى النقيض من ذلك فإن أملاح النحاس الكلوروفيلينية يمكن الحصول عليها إما فى صورة سائلة أو مسحوق. توجد درجات متعددة من المنتج المسحوق تحتوى على كميات مختلفة من الصبغة تتراوح بين ١٠ ـ ١٠٠ ٪ ـ وتوجد صورة أخرى من الاستعمال الشائع هى محاليل قلوية تحتوى على ١٠ ٪ كلوروفيلين. كما توجد صور أخرى للاستعمالات المختلفة قابلة للذوبان وثابتة فى ظروف حامضية.

*** العوامل التى تؤثر على الثبات:**

فيما يختص بدرجة pH فإن معظم أنواع اليخضور ثابتة فى الوسط القلوى وتتحلمأ فى وجود أحماض مخففة فاقدة لألوانها بسرعة ويترسب نحاس الكلوروفيلينات ـ غير أن هذا المركب النحاسى ثابت مع الحرارة ولكنه يفقد اللون بسبب الضوء.

*** الاستعمال:**

لاتلون الأطعمة ـ عادة باللون الأخضر ويقتصر ذلك أساسا على الحلويات

السكرية المنكهة بالليمون والمثلوجات المنكهة بالفستق ـ والكمية المستعملة فى هذه الحالات ٣٠ ـ ٥٠/ج.م. (نحاس كلوروفيلين) وفى حالة منتجات الحلويات السكرية الصافية (الرائقة) ٥٠ ـ ١٠٠/ج.م. للمثلوجات وتضفى أملاح النحاس هذه لون النعناع الأخضر (أزرق مخضر) لمعظم الأطعمة لذا كان من الضرورى تعديل درجة اللون بإضافة لون أصفر للحصول على اللون الأصفر المخضر المطلوب. وإضافة لون برتقالى ينتج عنه لون بنى ـ لذا يضاف لون أصفر والأفضل أخضر مصفر ـ وفى هذه الحالة يضاف الكركومين. وعادة ما يضاف إليه المركب النحاسى السابق ذكره بجرعه مقدارها ($\frac{1}{4}$) مقداره المعتاد.

كما أنه من ضمن استعمالات اليخضور فى أطباق الخيار للزينة والحلويات المختلطة وبعض أنواع الجبن لإكسابها لونا ـ (يشكل عروق خضراء) أو بكميات أقل من ١/ج م فى حالة الجبن الطرى لجعله أبيض اللون.

*** الكاروتينويدات:**

تنتج الطبيعة كل ثانية ٣,٥ طن كاروتينات وأمكن تعريف ٤٠٠ نوع منها ـ والكثير منها يوجد فى أغذيتنا ـ لوتين ـ فى جميع الأوراق الخضراء، بيتاكاروتين المكون الأساسى لفيتامين (أ).

(أ) ومن أمثلتها: بكسين ـ لوتين ـ مستخلص الفلفل الأحمر ـ الكروسين (من الزعفران. ويذوب اللوتين فى الزيت وهو يحضر إما كمنتج ثانوى مع اليخضور أو يستخلص من نبات القطيفة Tagetes ـ وأهم استعمال له فى تعزيز محتوى الزانثوفيل فى علف الدواجن ـ بينما استعماله فى أغذية الإنسان محدود للغاية ـ ويعتبر كل من الأناتو والكركم من المصادر ذات الكفاءة الفاعلية الأكثر اقتصاديا من حيث الألوان الطبيعية الصفراء البرتقالية ـ ويستعمل اللوتين فقط عندما يكون استعمال الكركم محدودا بحساسية للضوء، ويستعمل تجاريا فى بعض

المشروبات الخفيفة المعكرة (المعتمة) ذات النكهة الليمونية، وفى بعض الحلويات المسكرة ومستخلصات المواد التى تضاف للسلاطة ـ وتستهلك أوروبا من اللوتين كمادة مضافة ملونة أقل من (١٠٠٠) كجم (ألف) سنويا فى الأغذية. والمركز المستخلص منه يحتوى على ٥ ـ ١٢ ٪ لوتين. ويمكن إذابته فى زيت الموالح أو أى زيت نباتى.

* **بيتاكاروتين:**

يذوب فى الزيت ويحصل عليه من نبات الجزر ومن الطحالب. من الوجهة العملية فإن معظم مايستعمل منه كملون طبيعى ماهو إلا صورة لمنتج شبه طبيعى Matural idendical الذى يحضر تشييديا والمنتج الطبيعى بالغ التكلفة للاستعمال وأساسا يستعمل فى الأغذية الطبية كغذاء إضافى. ويكثر استعمال المركب المشابه الطبيعى فى المشروبات الخفيفة وصناعة الألبان. ويحصل على المركب الطبيعى بتركيز ٢٠ ـ ٣٠ ٪ محلولا فى زيت نباتى كمستحلب ـ فى صورة مذابة فى الماء كما توجد مستحضرات منه على شكل مسحوق. والمنتج الطبيعى المستعمل فى أوروبا لايتعدى ٥٠٠ كجم فى السنة. وتوجد مشروعات اقتصادية لإنتاج أكثر كفاءة وذلك من مستخلصات المنتج الطبيعى من الطحالب (لاتزال تحت الاجراء) ـ وعند نجاحها يحتمل أن ينخفض سعره كثيرا على الأخص من طحلب Dunaliella ومن أهم مصادر الكاروتينات مستخلص الفلفل الأحمر الذى يزرع بكثرة كخضار للحشو أو التخليل وتوجد منه عدة أصناف زراعية تجارية يتراوح اللون فيها من الأخضر إلى الأصفر ثم الأحمر، ويحصل على مستخلص الفلفل فى صورة راتنج يحتوى على النكهه واللون معا (راجع فيما بعد تحت عنوان الفلفل الأحمر). وأهم مكونات اللون فى الفلفل مركبات كبسانتين وكبساروبين وبيتاكاروتين وهى المسئولة عن اللون البرتقالى الأحمر. ويحصل على المستخلص فى

صورة ذائبة فى زيت. ويمكن الحصول عليه مذابا فى الماء بإضافة بولى سوربيت polysorbate ـ كما أنه يمكن تحضير مستحلب باستعمال الصمغ العربى والكمية التى تصنع من الفلفل فى أوروبا كتابل تبلغ ٤٠٠ طن سنويا يستعمل معظمها للتتبيل فى اللحم والحساء والصلصة والقليل منه يستعمل للتلوين.

*** الكروسين:**

كاروتينويد يذاب فى الماء أصفر اللون ـ يوجد فى الزعفران وياسمين جنوب افريقيا وهو المتسبب فى لون أكلة paella وفى أرز الزعفران. وحاليا غير مسموح به كملون غذائى فى دول اتحاد أوروبا بخلاف بلاد الشرق. وسبب عدم استعمال الزعفران هو النكهة الظاهرة وسعره المرتفع.

*** تعليق ختامى:**

إن البهجة والسرور اللتين نستمتع بها فى منظر الوجبه الغذائية سببها اللون. ووجباتنا تحتوى على مدى من الألوان الطبيعية (يخضور ـ كاروتين ـ انثوسيانين.. الخ). التى تستهلكها فعلا فى صناعة الأغذية كل يوم تقريبا ولكى نجعل هذه الوجبات ـ الملونة طبيعيا ـ وأكثر جاذبية وقبولا لونيا فإن فن تلوين الأغذية يدعونا إلى استعمال هذه الملونات ـ وقد أصبح استعمال هذه الملونات أكثر شيوعا ـ وأهمها:

١ ـ الاناتو. ٢ ـ الانثوسيانين.

٣ ـ البنجر. ٤ ـ الكوشينيال.

٥ ـ الكركم.

وهذه جميعها تكون ٩٠٪ من مستخلصات الألوان الطبيعية، ومن المعروف أن كل لون يوجد فى صور عديدة. واختيار الصورة المطلوبة للتلوين يخضع لاعتبارات. وليس من المحتمل فى المستقبل إضافة ألوان تشييدية جديدة لما هو مسموح به منها

حاليا، وذلك بسبب اختبارات السميه ذات التكلفة العالية. وكذلك عزوف كثير من الناس عن استعمال المشيدات.

ويهدف التطور فى المستقبل إلى إنتاج صور أكثر ثباتا مع العوامل المختلفة التى تؤثر على ثباتها (فإذا علمنا أن الألوان الطبيعية توجد فى الخلايا الحية ـ وهى سليمة ـ لعدة أسابيع دون أن تتحلل حتى وهى معرضة للشمس فى النبات والحيوان فإنه يوجد أمام الباحث ميدان واسع للبحث فى صور جديدة ثابتة.

* * *

obeikandl.com