



پژوهشکده علوم و صنایع غذایی

دوره آموزشی اداره نظارت بر مواد غذایی

انواع رنگ ها و کاربرد شناسایی تقلبات آن در صنایع غذایی، آرایشی و

بهداشتی

مدرس:

دکتر راضیه نیازمند

عضو هیات علمی پژوهشکده علوم و صنایع غذایی

پاییز ۱۳۹۴

مروری بر انواع رنگهای مجاز خوراکی و کاربرد آن در صنایع غذایی آرایشی بهداشتی

از آن جایی که رنگ ماده غذایی ظاهری زیبا و خوش رؤیت به ماده غذایی می دهد، یکی از شاخص های قوی در بحث زیبایی شناختی محسوب می شود و نمایانگر بسیاری از خصوصیات کیفی مواد غذایی می باشد . رنگ نتیجه فرایندی پیچیده شامل پدیده های فیزیکی انتقال، تجزیه، جذب و پراکنش است. مراحل اصلی ایجاد رنگ فیزیکی است اما در مراحل بعدی آن علائم شیمیایی را در بر می گیرد که به پاسخ های عصبی تغییر شکل یافته و توسط مغز به صورت رنگ تفسیر می شوند . برای دیده شدن رنگ وجود سه عامل نور، ماده رنگی و بیننده ضروری است.

تعریف رنگ

رنگ مفهومی است که در پاسخ به طیف باریکی از الکترومغناطیس پراکنده شده توسط منابع نوری مانند نور خورشید ظاهر می شود. نور بی رنگ است و به خودی خود وجود ندارد و فقط در ذهن بیننده است. هنگامی که ماده رنگی تشریح می شود باید اطلاعات بیشتری در مورد شرایط سنجش مانند نوع و کیفیت نور و محیط پس زمینه نیز در اختیار قرار گیرد.

رنگ وابستگی زیادی به نور و منبع آن دارد. نور از تابش طول موج های مختلف تشکیل شده است (شکل ۱) که نور مرئی مهم ترین بخش رنگ است. نور مرئی در دامنه طول موج ۳۸۰ تا ۷۵۰ نانومتر قرار دارد. تمام رنگ های درک شده توسط چشم انسان همراه با تابش نور در محدوده های زیر قرار می گیرند:

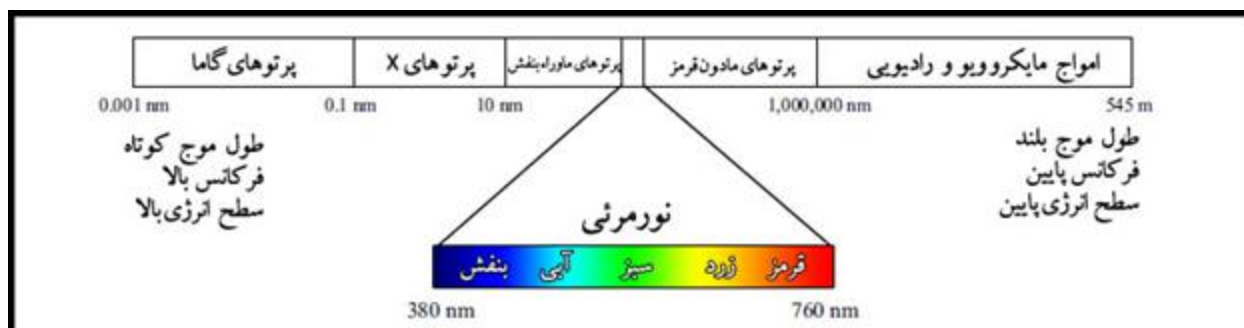
- آبی-بنفش: طول موج ۳۸۰ تا ۴۸۰ نانومتر

- سبز: طول موج ۴۸۰ تا ۵۶۰ نانومتر

- زرد: طول موج ۵۶۰ تا ۵۹۰ نانومتر

- نارنجی: طول موج ۵۹۰ تا ۶۳۰ نانومتر

- قرمز: ۶۳۰ تا ۷۵۰ نانومتر

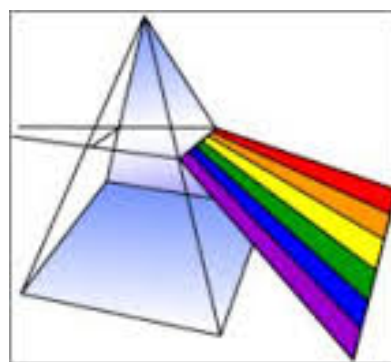
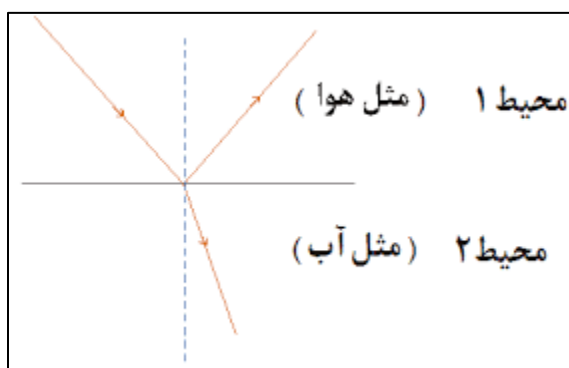


شکل ۱- طیف مرئی و ارتباط آن با امواج الکترومغناطیس

در ارزیابی رنگ، شیء یا محصول مورد نظر باید مورد تابش قرار گیرد . در برهمکنش های نور- شیء پدیده های فیزیکی متفاوتی شامل انتقال، انکسار، جذب و پراکنش مشاهده می شود

اگر نور بدون تغییر از داخل محصول و هدف مورد نظر عبور کند عمل انتقال صورت گرفته و شیء مورد نظر شفاف نامیده می شود و اگر نور اصلا عبور نکند شیء سیاه رنگ بوده و به آن مات گفته می شود

اگر نور از دو محیط با دانسیته متفاوت برای مثال آب و هوا عبور کند پدیده انکسار یا شکست نور (شکل ۲) اتفاق می افتد. عبور نور سفید از منشور باعث شکست نور در سرعت های مختلف و تفکیک تمام اجزاء از یکدیگر می شود که رنگ های رنگین کمان شامل قرمز، زرد، سبز، آبی و بنفش ایجاد می کند



شکل ۲- پدیده انکسار یا شکست نور

در پدیده جذب، نور جذب شده و یا وقتی با ماده برهمکنش دارد به شکل نور مرئی، از بین می رود. رابطه بین جذب و طول موج از قانون بیئر- لامبرت پیروی می کند. بر اساس این قانون مقدار جذب (A) به نوع ماده (ε ضریب خاموشی ماده)، ضخامت (b) و غلظت (a) آن بستگی دارد.

$$A = \epsilon ab$$

بر اساس این قانون با افزایش غلظت ماده میزان جذب به طور خطی افزایش می یابد . البته باید دامنه غلظت مناسب در نظر گرفته شود.

در پدیده پراکنش، نور در اثر برهمکنش با ماده در جهت های مختلفی منحرف می شود . پراکنش زمانی رخ می دهد که ذرات و محیط انتشار دارای ضریب انکسار یا شکست متفاوت باشند.

طبقه بندی رنگ های خوراکی

رنگ های خوراکی بر پایه منشأ رنگ یا ساختار شیمیایی آن. طبقه بندی می شوند.

طبقه بندی بر اساس منشأ:

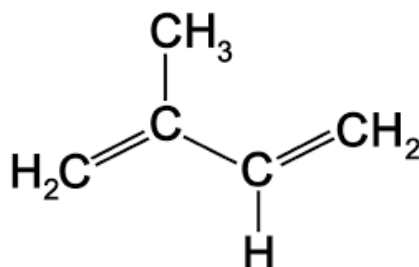
از نظر منشأ رنگ های خوراکی به انواع طبیعی، شبه طبیعی یا مصنوعی تقسیم می شوند . رنگ های طبیعی از یک سلول زنده، تهیه جمع آوری و ترشح می شوند . رنگ های شبه طبیعی به رنگ هایی گفته می شود که از طریق واکنش های شیمیایی سنتز می شوند اما ساختمان شیمیایی آنها مشابه ساختمان رنگ های طبیعی است و رنگ های مصنوعی یا سنتزی به رنگ هایی اطلاق می شود که به طریق شیمیایی سنتز شده و در طبیعت به صورت طبیعی وجود ندارند.

طبقه بندی بر اساس ساختار شیمیایی:

بر اساس ساختار شیمیایی رنگ های خوراکی به مشتقات ایزوپرنوئیدها، مشتقات تتراپیرول ها، مشتقات بنزوپیرن ها و ترکیبات شبه طبیعی تقسیم می شوند.

مشتقات ایزوپرنوئیدی:

مشتقات ایزوپرنوئید متشکل از چند واحد ایزوپرن (C_5H_8 ، شکل ۳) (معمولا ۸ واحد) می باشند. اتصال سر به دم دو واحد ایزوپرن، ساختمان ۱۰ کربنی ترپنوئید را ایجاد می کند.



شکل ۳- واحد ایزوپرن

مشتقات ایزوپرنوئیدی یک دسته از رنگ های طبیعی به نام کاروتنوئیدها را شامل می شوند. کاروتنوئیدها ترکیبات تتراترپنوئیدی می باشند و بنابراین از یک زنجیره ۴۰ کربنی تشکیل شده اند. کاروتنوئیدها رنگدانه های زرد، پرتقالی و قرمز هستند که در سطح وسیع و فراوانی وجود دارند و سالیانه بیش از ۱۰۰ میلیون تن از این مواد در طبیعت تولید می شود. نام کاروتنوئید از نام هویج گرفته شده است چراکه اولین بار در سال ۱۸۳۱ میلادی از این ماده استخراج شد. این مواد فقط از طریق گیاهان سنتز می شوند و از طریق مصرف مواد گیاهی به بافت های جانوری نیز منتقل می شوند. برای مثال زرده تخم مرغ غنی از کاروتنوئید است.

به طور کلی دو دسته کاروتنوئید وجود دارد: گروه اول ساختمان و ماهیت هیدروکربنی دارند که با عنوان کاروتن ها شناخته می شوند. گروه دیگر دارای یک یا تعداد بیشتری اتم اکسیژن در ساختمان خود هستند که به آنها گزانتوفیل (کاروتن های اکسیژن دار) گفته می شود. در گزانتوفیل ها، اکسیژن ممکن است به صورت گروه های هیدروکسیل (مانند بتاکریپتوگزانتین)، اپوکسی (ویولاگزانتین)، آلدئیدی (سیتراورین) و کتونی (مانند کانتاگزانتین) وجود داشته باشد. هر دو گروه کاروتنوئیدها ممکن است غیر حلقوی (مانند لیکوپن)، تک حلقه ای (مانند گاما کاروتن) و یا دو حلقه ای (مانند آلفا و بتاکاروتن) باشند.

کاروتنوئیدها در حلال های قطبی مانند آب نامحلول بوده اما در حلال های غیرقطبی مانند روغن ها بسیار محلول هستند و با استفاده از حلال های غیزقطبی مانند هگزان یا اتر می توان آنها را از بافت های گیاهی استخراج کرد. کاروتنوئیدها ممکن است علاوه بر حالت آزاد خود به صورت استر قندها، پروتئین ها و اسیدهای چرب نیز باشند. برای مثال لوتئین که یکی از انواع کاروتنوئیدها است در موقعیت های ۳ و ۳' خود به اسیدهای چرب پالمیتیک و لینولئیک متصل است.

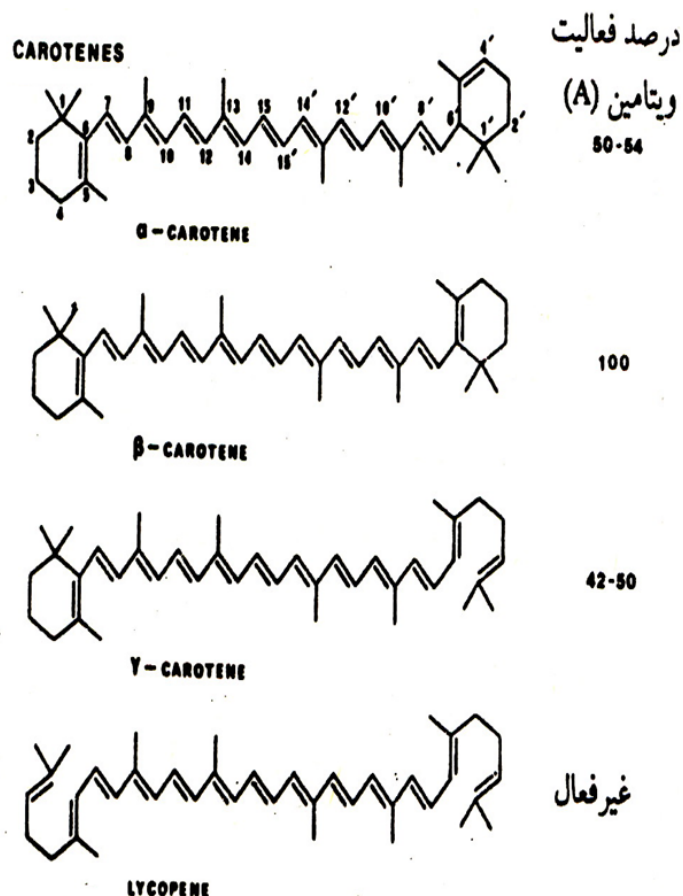
رنگ کاروتنوئیدها ناشی از حضور یک سیستم از پیوندهای دی ان مزدوج است . در واقع کاروتنوئیدها سیستم طولی از پیوندهای ساده و دوگانه پشت سر هم هستند که قسمت مرکزی مولکول را تشکیل می دهد و کروموفور نامیده می شود. این بخش عامل اصلی در تعیین فعالیت شیمیایی ترکیب، جذب نور و در نتیجه رنگ کاروتنوئید می باشد. حداقل ۱۱ پیوند دوگانه مزدوج برای رنگی بودن کاروتنوئیدها لازم است . افزایش تعداد پیوندهای دوگانه با افزایش شدت رنگ همراه است . لیکوپن با داشتن ۱۱ پیوند دوگانه قرمز رنگ است. حلقوی شدن باعث محدودیت هایی می شود، بنابراین به رغم این که آلفا و بتا کاروتن ها همان تعداد پیوندهای دوگانه مزدوج لیکوپن را دارند اما به ترتیب نارنجی- قرمز و نارنجی می باشند. شدت رنگ بستگی به نوع کاروتنوئیدها، غلظت، حالت فیزیکی، حضور یا عدم حضور رنگدانه های جانبی مانند کلروفیل دارد.

پیوندهای دوگانه معمولا در کاروتنوئیدهای غذایی از نوع ترانس هستند . در صورت وجود حداقل یک پیوند دوگانه سیس از پیشوند نئو (neo) استفاده می شود و اگر بیش از یک پیوند دوگانه سیس وجود داشته باشد پیشوند پرو (pro) مورد استفاده قرار می گیرد.

اساس ساختمان گزانتوفیل ها مشابه کاروتنوئیدهاست با این تفاوت که دارای گروه های اکسیژن دار می - باشند. وجود گروه های اکسیژن دار در ساختمان گزانتوفیل ها باعث شده که کمی خاصیت قطبی داشته باشند و در اتانول بیشتر محلول باشند.

به دلیل ماهیت ساختمانی و وجود پیوندهای دوگانه، کاروتنوئیدها در برابر نور و اکسیژن حساس و ناپایدار هستند. وجود رادیکال های تشکیل شده در اثر اکسایش چربی ها، نیز باعث تسریع تخریب کاروتنوئیدها خواهد شد. آنزیم لیپوکسیژناز نیز از طریق اکسایش باعث تخریب کاروتنوئیدها می شود و همین امر دلیل بی رنگ شدن آرد می باشد.

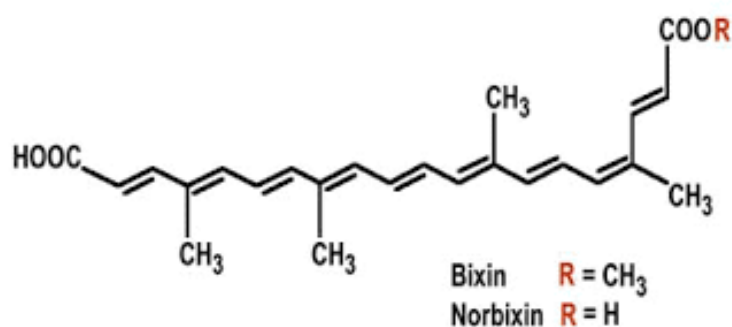
برخی از کاروتنوئیدها شامل آلفا، بتا و گاما کاروتن پیش ساز ویتامین A می باشند. در اثر شکستن بتا کاروتن دو مولکول ویتامین A تولید می شود در حالی که از شکستن آلفا و گاما کاروتن تنها یک مولکول ویتامین A حاصل می شود (شکل ۴).



شکل ۴- ساختمان شیمیایی و درصد فعالیت ویتامینی کاروتن ها

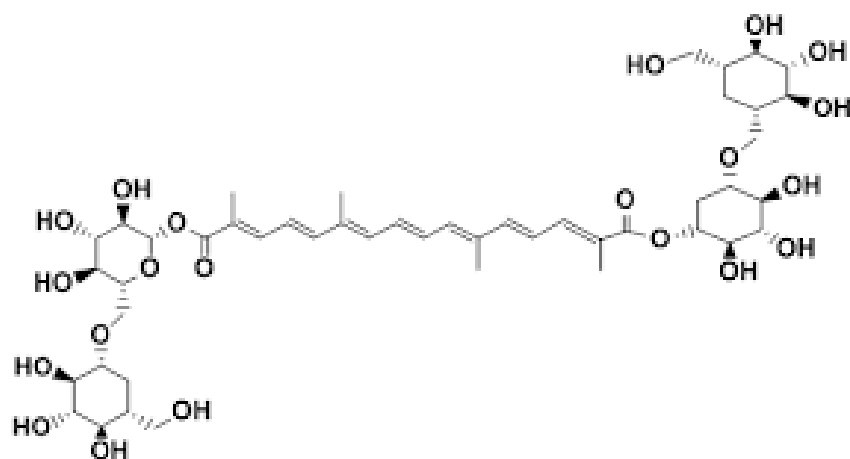
یکی از کاروتنوئیدهای مهم که مصرف غذایی دارد، بیکیسین (Bixin) است. این ماده از پوشش دانه آناتو که در مناطق گرمسیری می روید، به دست می آید و به رنگ پرتقالی است. بیکیسین دارای دو عامل کربوکسیل است که یکی از آنها با متانول ترکیب شده و به صورت استر درآمده است. بیکیسین در حالت طبیعی خود در روغن نامحلول است اما در جریان استخراج و اعمال فرایند حرارتی ساختمان مولکولی آن تغییر کرده و به حالت محلول در روغن در می آید. این ترکیب در صنایع لبنی مورد استفاده قرار می گیرد. نوربیکیسین (Norbixin)

شکل اولیه ای از بیکسین است (شکل ۵) که به صورت استر نبوده و دارای دو عامل کربوکسیل آزاد است . این ماده پرتقالی رنگ و در آب نامحلول است . در محیط قلیایی، نوربیکسین به صورت نمک محلول در آب در می آید. بنابراین در محیط اسیدی حلالیت آن کم می شود.

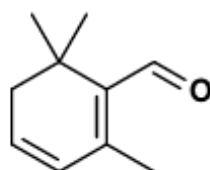


شکل ۵- ساختمان شیمیایی بیکسین و نوربیکسین

کروسین یکی دیگر از انواع رنگدانه های کاروتنوئیدی است که از زعفران به دست می آید و برای ایجاد رنگ در نوشابه ها و فراورده های آردی مورد استفاده قرار می گیرد. این ترکیب یک گلیکوزید است که از بخش غیرقندی کروسستین و بخش قندی ژنتیبیوز (در دو سر زنجیره کروسستین) تشکیل شده است (شکل ۶). پیکروکروسین کاروتنوئیدی دیگر است که از زعفران استخراج شده و تلخ مزه می باشد . پیکروکروسین از بخش قندی گلوکز و بخش غیرقندی سافرانال تشکیل شده است.



Crocin

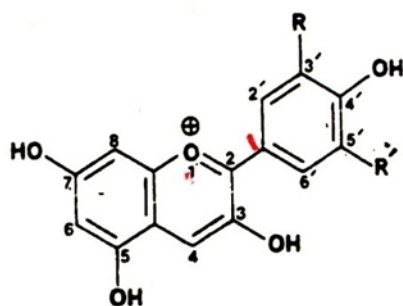


Safranal

شکل ۶- ساختمان شیمیایی کروسین و سافرانال

مشتقات بنزوپیرن

مشتقات بنزوپیرن شامل رنگدانه های آنتوسیانین، فلاونوئیدها، فلاون ها و تانن ها می باشند . آنتوسیانین ها گروهی از رنگدانه های محلول در آب هستند . در عصاره سلول های گیاهی به شکل گلیکوزید وجود دارند و مسئول رنگ های قرمز، آبی و بنفش در بسیاری از میوه ها و سبزی ها می باشند . بخش غیرقندی یا آگلیکون آنها آنتوسیانیدین نام دارد. آنتوسیانیدین ها دارای چند گروه هیدروکسیل می باشند که از طریق آنها به بخش قندی که مونوساکاریدها (گلوکز، گالاکتوز، آرابینوز، رامنوز)، دی ساکاریدها یا تری ساکاریدها می باشند متصل است. در واقع این رنگدانه ها مشتق کاتیون فلاویلیوم می باشند (شکل ۷).



شکل ۷- ساختمان شیمیایی کاتیون فلاویلیوم

در مواد غذایی شش نوع از آنتوسیانیدین ها حائز اهمیت هستند که شامل پلارگونیدین، سیانیدین، دلفینیدین، پئونیدین، پتونیدین و مالویدین (جدول ۱) هستند. تفاوت آنها در محل قرار گرفتن و تعداد گروه های هیدروکسیل و متوکسیل آنها در مو لکول آنتوسیانیدین است . افزایش تعداد گروه های هیدروکسیل و متوکسیل در ساختار آنتوسیانیدین ها به ترتیب منجر به افزایش شدت رنگ آبی و قرمز می شود

جدول ۱- مهم ترین آنتوسیانین های موجود در مواد غذایی

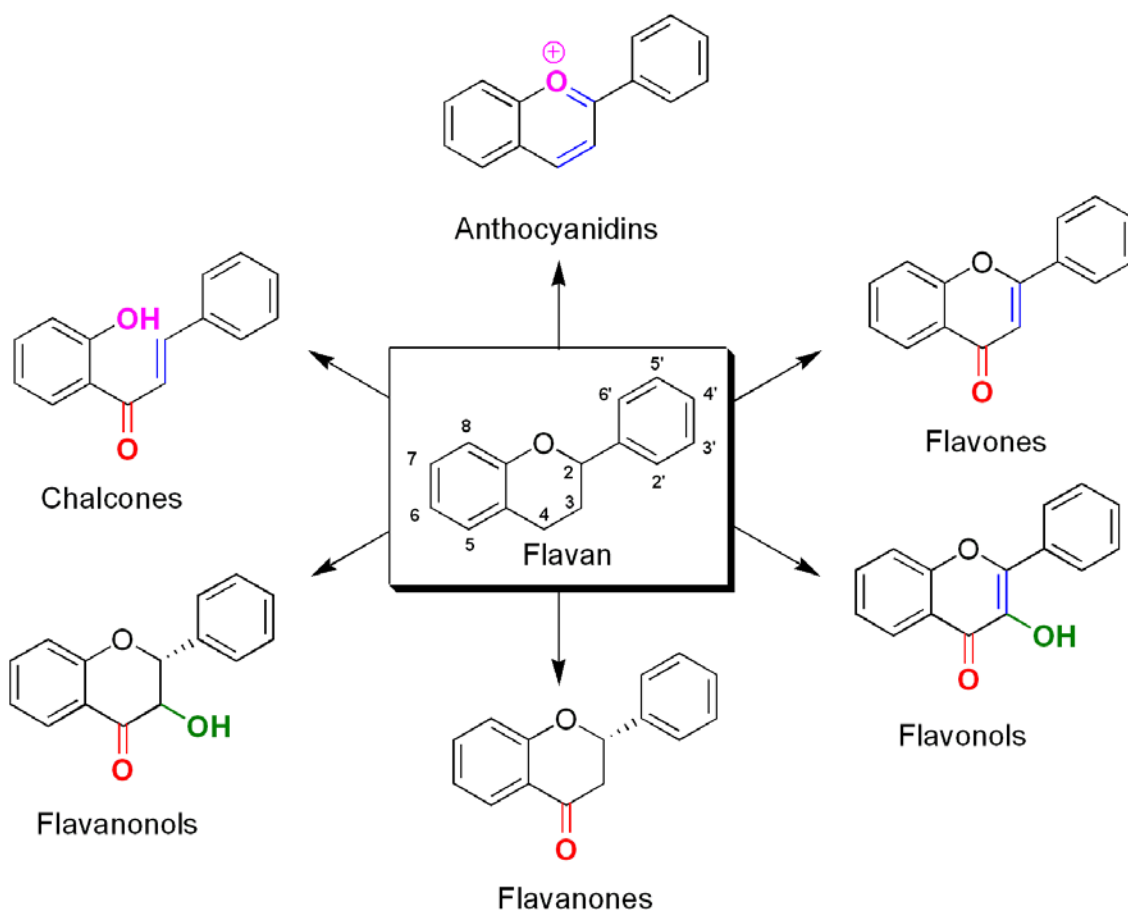
آنتوسیانیدین	R	R'	یک نمونه
پلارگونیدین	H	H	توت فرنگی
سیانیدین	OH	H	سیب
پئونیدین	OCH ₃	H	گیلاس
دلفینیدین	OH	OH	پرتقال
پتونیدین	OH	OCH ₃	انگور
مالویدین	OCH ₃	OCH ₃	انگور

قسمت فلاویلیوم در آنتوسیانین ها چون دارای کمبود الکترون است بسیار آماده برای شرکت در واکنش می باشد. این واکنش ها معمولا با نابودی آنتوسیانین ها یا تغییر رنگ ماده غذایی همراه است . شرایط pH بر رنگ آنتوسیانین ها تاثیر گذار است. آنتوسیانین ها در pH بالاتر ناپایدارترند و بیشترین پایداری را در pH ۱ تا ۲ که دارند که به شکل کاتیون فلاویلیوم هستند. برخی از آنتوسیانین ها از طریق گروه هیدروکسیل خود می توانند با فلزات تشکیل کمپلکس بدهند. برای مثال رنگ قرمز گیلان هنگامی که در قوطی های حاوی قلع قرار می گیرد به رنگ ارغوانی تبدیل می شود که به دلیل تشکیل کمپلکس آنتوسیانین با قلع است . برای جلوگیری از این وضع باید از قوطی های لعاب دار استفاده شود.

سولفیت ها و دی اکسید گوگرد که برای حفاظت میوه ها به کار می رود نیز باعث از بین رفتن آنتوسیانین ها می شود . به طور کلی عوامل مختلفی مانند گلوکزدار کردن، آسیل دار کردن با اسیدهای آلیفاتیک و آروماتیک، دما، نور، یون های فلزی، اکسیژن، pH و تعداد واحدهای قندی در پایداری آنتوسیانین ها سهیم می باشند.

فلاونوئیدها رنگدانه های زردی هستند که در طبیعت بسیار گسترده و پراکنده بوده و صدها نوع از آنها تاکنون شناسایی و مشخص شده اند . هسته ساختمانی این رنگدانه ها نیز بنزوپیرن است . تفاوت ساختمان آنتوسیانین ها با فلاونوئیدها در این است که فلاونوئیدها اغلب دارای یک گروه هیدروکسیلی یا کتونی در موقعیت ۴ هسته فلاویلیوم می باشند و مهم تر این که حلقه β آنها دارای پیوندهای دوگانه مزدوج و بار مثبت نمی باشد.

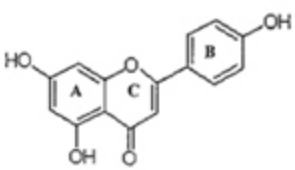
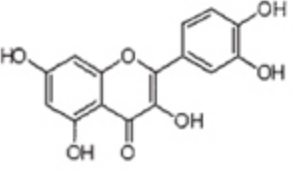
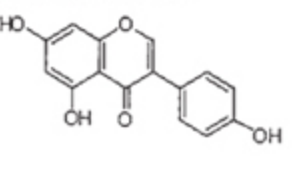
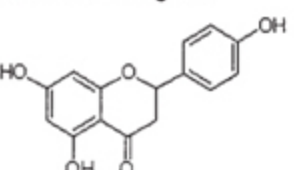
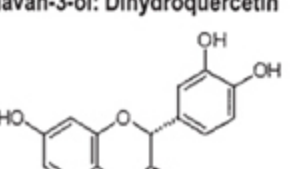
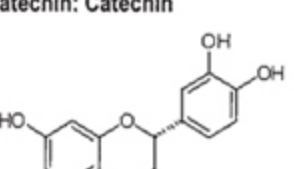
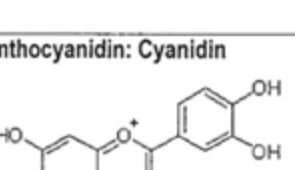
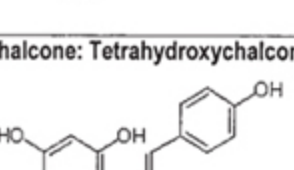
از جمله گروه های مهم فلاونوئیدها، فلاونول ها، کالکون ها، فلاوانون ها، ایزوفلاوانون ها و فلاون ها (شکل ۸) هستند. در گروه فلاونول ه می توان به ترکیباتی مانند کمپفرول، کوئرستین و میرستین اشاره کرد . این سه فلاونول به میزان قابل توجهی در چای های فوری وجود دارند و به ایجاد طعم گس کمک می کنند



شکل ۸- ساختمان شیمیایی گروه های فلاونوئیدی

فلاوانون ها در مرکبات وجود دارند . یکی از مهم ترین انواع آن نارینجین است که بسیار تلخ مزه است . ایزوفلاوانون ها نیز در سال های اخیر به دلیل خاصیت استروژنی ضعیف و کاهش قدرت باروری در حیوانات مورد توجه بوده اند.

شکل ۹ ساختمان برخی فلاونوئیدهای مهم را نشان می دهد . خاصیت پلی فنلی فلاونوئیدها موجب شده که کاربرد آنها به عنوان آنتی اکسیدان مورد توجه قرار گیرد . البته حلالیت آنها در محیط های روغنی کم می باشد. همچنین شرکت آنها در واکنش های قهوه ای شدن آنزیمی مطرح است . این مورد در چای به طور مشخص دیده می شود. فلاونوئیدها دارای قدرت کمی در ایجاد رنگ هستند اما در تغییر رنگ حائز اهمیت می باشند.

Flavone: Apigenin 	Flavonol: Quercetin 
Isoflavone: Genistein 	Flavanone: Naringenin 
Flavan-3-ol: Dihydroquercetin 	Catechin: Catechin 
Anthocyanidin: Cyanidin 	Chalcone: Tetrahydroxychalcone 

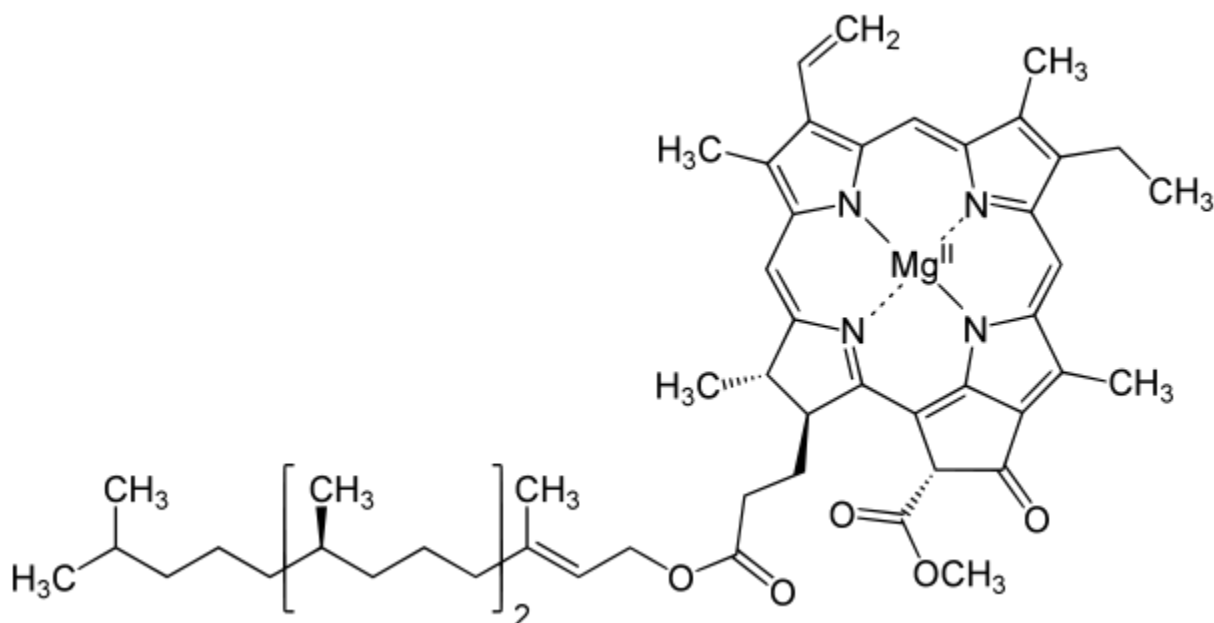
شکل ۹- ساختمان برخی انواع فلاونوئیدها

مشتقات تتراپیرول

شاخص ساختمانی اصلی در این مولکول ها یک اتم فلز مرکزی است که توسط چهار حلقه پیرول به هم متصل شده که تتراپیرول یا حلقه پورفیرین نامیده می شود . این ترکیبات از نظر ساختمانی به دو دسته بزرگ تقسیم می شوند: کلروفیل ها که اتم مرکزی آنها منیزیم است و همی کروم ها (هموگلوبین و میوگلوبین) که اتم مرکزی آنها آهن است.

کلروفیل ها مهم ترین رنگدانه های طبیعی بوده و منبع رنگ سبز در بسیاری از گیاهان و جلبک ها می باشند که قادرند انرژی نور خورشید را برای عمل فتوسنتز در گیاهان جذب کنند . چهار حلقه پیرول در

ساختمان کلروفیل از طریق پل های متینی ($=C-$) به یکدیگر متصل شده اند و چهار اتم نیتروژن به یک اتم منیزیم مرکزی متصل شده اند (شکل ۱۰). کلروفیل همچنین با الکل فیتول استری شده است که حلالیت آن را در آب کاهش می دهد. کلروفیل دارای انواع مختلفی a, b, c و d بوده که از در مواد غذایی انواع a و b دارای اهمیت می باشند که به نسبت ۳ به ۱ در گیاهان وجود دارد.

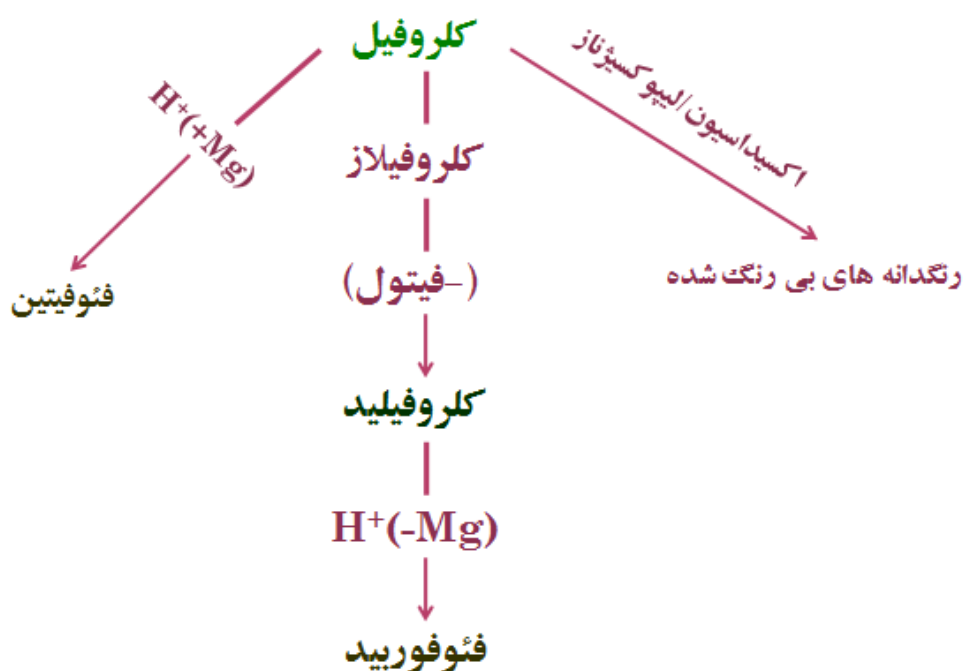


شکل ۱۰- ساختمان شیمیایی کلروفیل

کلروفیل ها در شرایط قلیایی پایدار هستند اما در محیطی حتی با اسیدیته کم ناپایدارند . در محیط اسیدی اتم منیزیم از آن جدا می شود و فتوفیتین تولید می گردد که رنگ زیتونی مایل به قهوه ای دارد . در حالت طبیعی در گیاه با وجود شرایط اسیدی فتوفیتین تولید نمی شود که علت آن اتصال کلروفیل به یک لیپوپروتئین است که نقش حفاظتی روی کلروفیل دارد و مانع جدا شدن منیزیم از آن می گردد . اما طی فرایند حرارتی پروتئین مزبور دناتوره شده و چنین نقشی را ایفا نمی کند

جانشین کردن مس به جای منیزیم در مولکول کلروفیل یا بعضی مشتقات آن سبب به وجود آمدن ترکیبات رنگی خاصی می شود . چنین ترکیباتی در اروپا تحت نام کمپلکس کلروفیل - مس به عنوان ماده افزودنی رنگی به بازار عرضه می گردند.

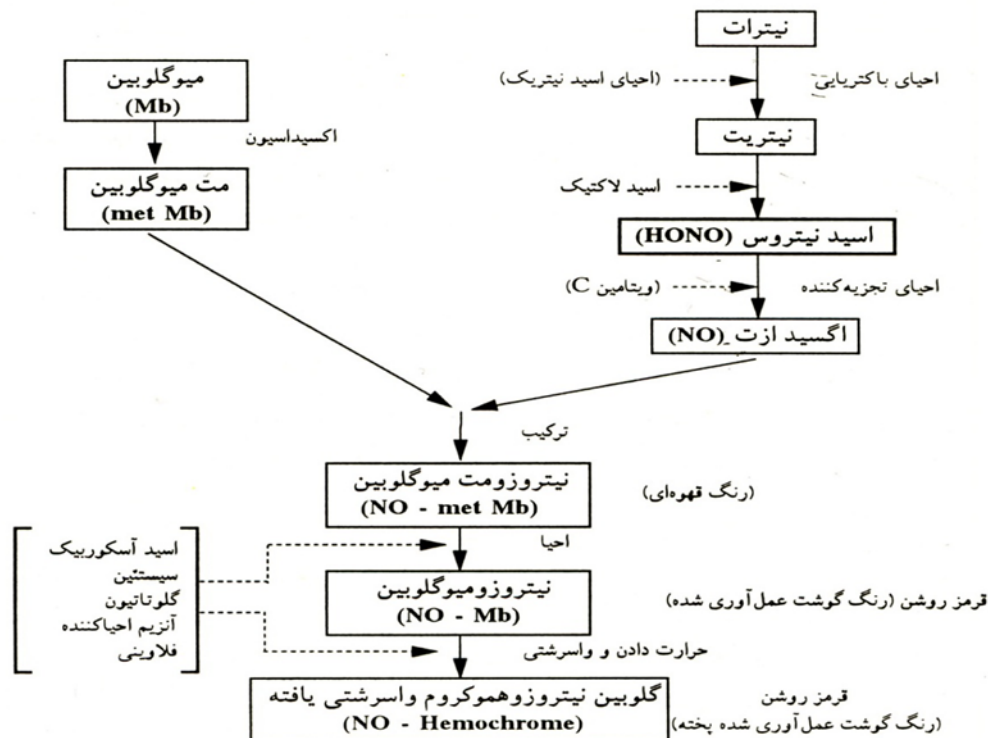
آنزیم کلروفیلاز به طور طبیعی در بافت های گیاهی وجود دارد . آنزیم کلروفیلاز قسمت فیتول را جدا کرده و آن را تبدیل به ترکیبی به نام کلروفیلید می کند و به این ترتیب حلالیت کلروفیل را در آب افزایش می - دهد. کلروفیلید دارای رنگ سبز است و همان خصوصیات طیفی کلروفیل را دارد . چنانچه علاوه بر فیتول، منیزیم نیز جدا شود، ماده ای به نام فتوفورید تولید می گردد که رنگ سبز مایل به قهوه ای دارد (شکل ۱۱). فعالیت آنزیم کلروفیلاز در برخی میوه ها باعث افزایش رسیدگی آنها می شود . فعالیت این آنزیم در دمای بالاتر از ۸۰ درجه سانتیگراد کاهش یافته و در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد غیرفعال می گردد.



شکل ۱۱- تغییرات رنگدانه کلروفیل در شرایط مختلف

دو رنگدانه **میوگلوبین و هموگلوبین** در گوشت وجود دارند . این رنگدانه ها هر یک از یک قسمت پروتئینی به نام گلوبین و یک قسمت غیرپروتئینی به نام هم تشکیل شده اند . وزن مولکولی بخش پروتئینی هموگلوبین تقریبا چهار برابر میوگلوبین است. این رنگدانه ها نیز مانند کلروفیل دارای ساختمان تتراپیرولی بوده با این تفاوت که در مرکز آن اتم آهن قرار گرفته است. اتم آهن ۴ پیوند کئوردینانس با پیرول ها و یک پیوند با اسید آمینه هیستیدین که در گلوبین وجود دارد برقرار می کند و ششمین پیوند آن با آب یا اکسیژن می باشد . باید توجه داشت که ششمین پیوند می تواند با ترکیباتی مانند مونوکسید نیتروژن (NO) و مونوکسید کربن (CO) نیز برقرار گردد.

میوگلوبین بر حسب شرایطی که تحت آن قرار گرفته می تواند سه حالت را از نظر رنگ ظاهر سازد که عبارتند از اکسی میوگلوبین (MbO_2) با رنگ قرمز، میوگلوبین (Mb) دارای رنگ قرمز ارغوانی و مت میوگلوبین (MMb) با رنگ قهوه ای. در مورد میوگلوبین و اکسی میوگلوبین آهن به صورت دو ظرفیتی است اما در حالت مت میوگلوبین به صورت اکسید شده و سه ظرفیتی است . این اکسایش می تواند توسط اکسیژن صورت گیرد . شکل اکسید شده میوگلوبین یعنی مت میوگلوبین نمی تواند به اکسیژن متصل شود . در صورت کاهش فشار اکسیژن مثلا در بسته بندی گوشت، شرایط برای اکسایش فراهم می گردد . برای جلوگیری از چنین حالتی باید میزان نفوذ اکسیژن به داخل بسته به اندازه کافی باشد . گوشت تازه در معرض هوا رنگ قرمز روشن دارد که ناشی از اکسی میوگلوبین است . در قسمت داخلی گوشت، میوگلوبین در حالت احیاء وجود دارد و رنگ آن ارغوانی تیره است. در صورت مصرف مواد اکسید کننده ، میوگلوبین حالت احیاء خود را از دست داده و به مت میوگلوبین قهوه ای رنگ تبدیل می شود . شکل ۱۲ تغییرات رنگی فوق را در رنگدانه میوگلوبین در شرایط مختلف نشان می دهد.



شکل ۱۲- تغییرات رنگدانه میوگلوبین گوشت در شرایط مختلف

در گوشت‌های عمل‌آوری شده، از نیترات و نیتريت استفاده می‌شود. در محیط گوشت که کمی اسیدی است، نیتريت به اسید نیترو تبدیل می‌شود و این ترکیب نیز سریع تجزیه شده و به اکسید نیتريك تبدیل می‌شود. اکسید نیتريك به آهن متصل شده و نیتروزیل میوگلوبین را به وجود می‌آورد که دارای رنگ قرمز روشن است.

میوگلوبین در حضور یک گروه سولفیدریل به رنگدانه سبز رنگی به نام سولفومیوگلوبین تبدیل می‌گردد. در اثر حرارت رنگدانه‌هایی در گوشت تشکیل می‌گردد که ناشی از دناتوره شدن بخش پروتئینی رنگدانه می‌باشند. رنگدانه گوشت پخته قهوه‌ای و موسوم به همی کروم است. در حضور عوامل احیاء کننده در داخل گوشت پخته، آهن به حالت دو ظرفیتی خود احیاء می‌شود که نتیجه آن تشکیل رنگدانه دو ظرفیتی نیتروزیل هموکروم است که در گوشت‌های عمل‌آوری شده پخته دیده می‌شود.

رنگدانه های شبه طبیعی

از انواع این رنگ ها می توان به ملانین ها، ملانوئیدین ها و کارامل ها اشاره کرد که مولکول های پلیمری پیچیده ای هستند و به دلیل شباهت کمی که در واحد ساختمانی با یکدیگر دارند در یک گروه قرار می گیرند. تفاوت بین ملانین ها، ملانوئیدین ها و کارامل ها در این است که ملانین ها به طور طبیعی وجود دارند و مسئول بسیاری از رنگ های سیاه، خاکستری و قهوه ای در گیاهان و حیوانات می باشند . اما ملانوئیدین ها و کارامل ها توسط واکنش های قهوه ای شدن غیرآنزیمی و معمولا در حین حرارت دهی مواد خوراکی ایجاد می-گردند. ملانوئیدین ها در نتیجه واکنش مایلارد تولید می شوند . این واکنش ها اساسا واکنش هایی هستند که بین قند احیاء کننده و یک آمین نوع اول یا نوع دوم صورت می گیرند، در حالی که واکنش های کارامل شدن نتیجه اثر حرارت روی قندها می باشد.

رنگدانه های طبیعی دیگر

رنگدانه های طبیعی دیگری نیز وجود دارند که در طبقه بندی های فوق نمی گنجند . **بتالائین ها** از جمله آنها هستند که از چغندر استخراج می شوند . از آن جا که ساختمان این رنگدانه ها دارای اتم نیتروژن بوده و حاوی جزء گلیکوزیدی می باشند و از نظر ظاهر شبیه آنتوسی انین ها و فلاونوئیدها می باشند قبلا تحت عنوان آنتوسیانین های نیتروژن دار شناخته می شدند . این رنگدانه ها به دو زیر مجموعه بتاگزانتین ها که رنگ زرد دارند و بتاسیانین ها که رنگ ارغوانی دارند تفسیم شده اند . بتالائین ها در اثر فرایندهای حرارتی مانند کنسرو کردن ممکن است تجزیه شوند اما به دلیل این که مقدار زیادی از این رنگدانه در چغندر وجود دارد به خصوصیت رنگی آن لطمه ای وارد نمی شود . مصرف این ماده رنگی به صورت پودر چغندر خشک شده، عصاره چغندر و یا پودر عصاره رو به گسترش است.

گروه دیگر از رنگدانه های طبیعی کینون ها می باشند که دارای رنگ زرد هستند . این رنگدانه ها در گیاهان گلدار، قارچ ها و ج لبک ها وجود دارند . دو گروه نفتوکینون ها و آنتراکینون ها از زیر مجموعه های کینون ها می باشند که دارای اهمیت بیشتری می باشند . رنگدانه های خاص حنا و گردو جزء نفتوکینون ها می باشند. امودین آنتراکینونی است که در طبیعت در حد وسیعی وجود دارد . کینون ها ممکن است در اثر

اکسایش پلی فنل ها نیز به وجود آیند . گزانتون ها نیز رنگدانه های زرد رنگ هستند که تعداد آنها کمتر از کینون هاست.

ترکیبات رنگی دیگری با منشأ طبیعی مانند ریپوفلاوین وجود دارند که کمتر به عنوان رنگ های خوراکی مورد استفاده قرار می گیرند.

دی اکسید تیتانیوم (TiO_2) پودر سفید رنگ کدري است که سه فرم کریستالی آن در طبیعت وجود دارد . اما افزودنی رنگی آن به صورت سنتزی تهیه می شود تا از مخلوط شدن مواد دیگر با آن و ایجاد ناخالصی جلوگیری شود. در اکسید تیتانیوم در آمریکا برای استفاده در مواد غذایی مجاز است اما مقدار آن نباید از یک درصد وزن غذا تجاوز کند. همچنین این ترکیب برای استفاده در داروها و مواد آرایشی مورد تایید می باشد . از این ترکیب برای رنگ کردن شیرینی ها، پنیرها و آیسینگ ها استفاده می شو د. گفته می شود که دی اکسید تیتانیوم ژنوتوکسیک نیست اما مطالعات اخیر شواهدی مبنی بر سمیت بالقوه این ترکیب را نشان داده است.

رنگ های سنتزی یا مصنوعی

این دسته از مواد رنگی در طبیعت موجود نبوده و سنتز می شوند. مصرف این گروه از مواد نیاز به تأیید ارگان ها و قوانین بهداشتی ذیربط دارد. لذا به آنها رنگ های نیازمند تأیید (certified dyes) می گویند. از نظر شیمیایی خیلی خالص بوده و از نظر قدرت رنگ آمیزی نیز استاندارد شده اند . قدرت رنگ آمیزی آنها به طور مستقیم متناسب با مقدار رنگ شیمیایی موجود در آنهاست. این رنگ ها به صورت پودر، خمیر، دانه ای و محلول در بازار وجود دارند.

رنگ های محلول در آب در سطح وسیعی در مواد غذایی مورد استفاده قرار می گیرند و به طور معمول از نظر پایداری، سازگاری و اقتصادی مناسب می باشند . بسیاری از رنگ ها نیز به صورت لاک های آلومینیومی محلول در چربی در بازار وجود دارند . برای تولید لاک های آلومینیومی، رنگ های محلول در آب را ر وی آلومینیوم هیدروکسید (آلومینا) تازه تأثیر می دهند . لاک های آلومینیومی محلول در چربی اصولاً در آب و حلال های آلی غیرمحلولند . لاک های آلومینیومی به صورت پوششی روی رنگ های محلول به طور معمول پایداری آنها را در برابر نور افزایش می دهند و از آنها می توان برای رنگ کردن فرآورده های خشک پودری، مواد غذایی تفننی، آدامس های مختلف، فرآورده های شکری قنادی (به ویژه به صورت های مختلف معلقه با

تیتانیوم دی اکسید به منظور پوشش دادن شیرینی ها (و فرآورده هایی که به صورت قرص های فشرده عرضه می شوند، استفاده نمود.

منابع رنگ های طبیعی

کاروتنوئیدها

اغلب میوه ها و سبزی ها حاوی مخلوطی از کاروتنوئیدها می باشند و بیش از ۶۰۰ نوع مختلف آنها تشخیص داده شده است. علاوه بر آناتو و پاپریکا که رنگ های غذایی عمده ای بوده و در صنعت غذا و نوشیدنی به طور مخلوط استفاده می شوند، بتاکاروتن و لوتئین نیز مصرف زیادی دارند . غنی ترین منبع طبیعی مخلوط کاروتنوئیدها میوه درخت نخل روغنی است که به طور ویژه در مالزی و اندونزی رشد می کند. درخت نخل روغنی حاوی مخلوطی از بتا و آلفا کاروتن به همراه مقادیر ناچیزی گاما کاروتن و لیکوپن است . امروزه اغلب بتاکاروتن مصرفی از طریق سنتز مولکول مشابه آنچه که در طبیعت وجود دارد تولید می شود . بتاکاروتن از نوعی میکروآلگ (*Dunaliella salina*) نیز تولید می شود. هم کاروتنوئیدهای مخلوط و هم بتاکاروتن به صورت محصولات محلول در روغن و محلول در آب و با قدرت های رنگی مختلف موجودند . آنها دامنه کاربرد وسیعی دارند و در صنایع نوشابه سازی، شیرینی سازی، بستنی، فراورده های لبنی، پیش آماده های میوه ای، صنعت پخت و مارگارین و محصولات مشابه استفاده می شوند.

لوتئین عصاره استخراج شده با حلال از گلبرگ های خشک شده گل همیشه بهار است که تغلیظ و بوگیری شده است. همچنین می توان آن را از علوفه یونجه به عنوان محصول جانبی استخراج کلروفیل به دست آورد. پس از استخراج لوتئین می تواند در روغن گیاهی به صورت معلق در آورده شود و یا اینکه از طریق افزودن امولسیفایر به صورت محلول در آب درآید.

لیکوپن به عنوان یک کاروتن شاخص در گوجه فرنگی شناخته می شود که بسته به رقم بالغ بر ۶۵ تا ۹۵ درصد کل کاروتنوئید رنگی را تشکیل می دهد. مقادیر لیکوپن در گوجه فرنگی های تازه مخصوص سالاد از ۲۱ تا ۷۹ میکروگرم در هر گرم میوه متغیر است. در سایر میوه هایی که منابع خوبی برای لیکوپن شناخته شده اند (برخی گونه های هندوانه دانه دار و بدون دانه) ۸۷ تا ۹۵ درصد از کل کاروتنوئیدها به شکل لیکوپن می باشد .

همچنین در ارقام مختلف انبه هندی ۵۶ تا ۶۶ درصد و در گریپ فروت صورتی ۲۴ تا ۵۸ درصد از کل کاروتنوئیدها را لیکوپن تشکیل می دهد.

آناتو از دانه گیاه بیکسا *اورلانا* (*Bixa orellana*) که عمدتاً در آمریکای مرکزی و جنوبی و شرق آسیا رشد می کند، استخراج می شود. به طور سنتی دانه های آناتو به عنوان ادویه مصرف می شوند و اغلب قبل از افزودن به سوپ و غذاهای گوشتی با سایر مواد اولیه مخلوط می شوند. رنگدانه اصلی آن بیکسین است که یک کاروتنوئید طبیعی بوده و در پوشش نازک دانه یافت می شود. با عصاره گیری دانه های آناتو با آب و هیدروکسید پتاسیم، بیکسین به نوربیکسین که رنگدانه محلول در آب است تبدیل می شود. بیکسین و نوربیکسین را می توان با ی کدیگر مخلوط کرد تا رنگی تولید شود که هم در غذاهای با پایه روغن و هم در غذاهای با پایه آب قابل حل باشد. نوربیکسین در پنیر، بستنی، فراورده های نانوائی و پخت، شیرینی های شکری و نوشابه ها استفاده می شود.

پاپریکا در غلاف فلفل قرمز شیرین وجود دارد که در اسپانیا و اروپای مرکزی، ایالات متحده، آسیا و آفریقا یافت می شود. این ماده در صنایع غذایی هم برای اهداف طعم دهی و هم به منظور ایجاد رنگ استفاده می شود و رنگی که ایجاد می کند نارنجی-قرمز است. پاپریکا شامل چند رنگدانه کاروتنوئیدی مختلف می باشد که طی رسیدن، تشکیل شده و عامل رنگ قرمز آن است. مهم ترین این رنگدانه ها عبارتند از کاپسانتین، کاپسوربین و بتاکاروتن که حدود ۹۰ درصد رنگدانه ها را شامل شده و به طور طبیعی در بسیاری از نقاط جهان در گیاهان زعفران، آناتو و فلفل نیز یافت می شود. فراورده های طعم زدایی شده برای استفاده در شیرینی و شکلات و نوشابه ها مناسب است. پایداری فراورده های پاپریکا در برابر حرارت و نور زیاد خوب نیست و می توان با آنتی اکسیدان ها این پایداری را بهبود بخشید.

کلروفیل

کلروفیل در تمامی گیاهانی که فتوسنتز می کنند یافت می شود. منابع اصلی برای تهیه رنگ شامل علف ها و اسفناج یا یونجه می باشد. کلروفیل از گیاهان خشک شده به وسیله استخراج با حلال به دست می آید. طری استخراج یون منیزیم به طور کامل یا جزئی از رنگدانه خارج می شود که این امر رنگدانه را ناپایدار ساخته و رنگ را به سمت سبز زیتونی سوق می دهد. عصاره کلروفیل محلول در روغن است و می تواند با روغن گیاهی یا

اختلاط با یک امولسیفایر برای تولید یک رنگ قابل پخش در آب مورد استفاده قرار گیرد . یون منیزیم که طی استخراج از بین می رود را می توان با یون مس جایگزین کرد تا کمپلکس پایدارتر حاصل شود. این کمپلکس که کلروفیلین مس نام دارد با فرایند کردن اضافی عصاره کلروفیل با آب و افزودن قلیا حاصل می شود . کلروفیل برای مواقعی که رنگ سبز در صنعت پخت، فرآورده های لبنی، شیرینی و شکلات، غلات صبحانه ای، مرباها و ژله ها مورد نیاز است توصیه می شود.

آنتوسیانین ها

به طور سنتی معمول ترین منابع صنعتی آنتوسیانین ها که مورد استفاده قرار می گیرند انواع انگور و تمشک می باشند. اما در سال های اخیر منابع جدیدی مانند کلم قرمز و هویج سیاه در معرض فروش قرار گرفته اند . مهم ترین کاربرد غذایی آنها در صنعت نوشابه سازی، آب میوه های صنعتی، صنعت شیرینی، آب نبات و بستنی های یخی است.

زردچوبه

در سال های اخیر کورکومین، ماده رنگی ریشه گیاه زردچوبه توجه زیادی را به خود جلب کرده است. زردچوبه به سبب ویژگی های منحصر به فرد سلامتی زیادی اش در سراسر جهان به عنوان یک ماده غذایی فراویژه شناخته شده است. امروزه مطالعات مختلف نشان داده است که کورکومین دارای ویژگی های عملکردی چشمگیری است و خواص مختلف از جمله خاصیت آنتی اکسیدانی، خاصیت ضدالتهابی، محافظت کنندگی از کبد و کلیه، جلوگیری از تشکیل لخته های خون و بروز سکته قلبی، کاهش قند خون، خواص ضد میکروبی و سایر خواص آن مورد بحث و تحقیق می باشد. همچنین در حال حاضر زردچوبه به خاطر خواص رنگی، طعم دهنده گی و قدرت نگهدارندگی در صنایع غذایی مختلف مانند مارگارین، کره، دسر ها، نوشابه ها، سس ها و غیره مورد توجه است. ترکیبات شیمیایی اجزای اصلی گیاه زرد چوبه شامل روغن زردچوبه، اولئورزین، کورکومینوئید و عطر زردچوبه می باشد. کورکومین یک پلی فتل آب گریز می باشد و در حقیقت همان اولئورزین پالایش شده و عاری از روغن فرار می باشد. کورکومین به دست آمده از زردچوبه توسط استانداردهای معتبر دنیا مانند FAO و WHO به عنوان یک رنگ طبیعی و خوراکی پذیرفته شده است.

چغندر قرمز

از چغندر که در آب و هوای معمولى رشد مى کند رنگ قرمز به دست مى آید. رنگدانه موجود در ریشه چغندر شامل گروهی از رنگدانه های قرمز و گروهی از رنگدانه های زرد است . در اغلب ارقام چغندر ریشه ای، رنگدانه قرمز بتانین ترکیب عمده رنگ دهنده است که ۷۵ تا ۹۰ درصد از کل رنگ موجود را تشکیل مى دهد . چغندر قرمز رنگ صورتی مناسبی شبیه رنگ توت فرنگی در بستنی، فراورده های لبنی، ژله ها و مربلهای میوه ای و در شیرینی ها ایجاد مى کند به شرط آن که با حرارت بالا مواجه نشود

رنگ کربنه سبزی ها

رنگ کربنه سبزی ها تقریباً رنگ طبیعی است که در حدود خاکستری تا سیاه رنگ مى باشد . این رنگ از مواد گیاهی یا کودهای گیاهی تهیه مى شود و سپس به صورت کربن نامحلول فرایند شده و به وسیله سوزاندن و آسیاب کردن به پودر بسیار نرمی با اندازه ذرات کمتر از ۵ میکرومتر تبدیلی مى شود. از آن جایی که این پودر برای مصرف بسیار سخت است معمولاً آن را در شربت گلوکز معلق کرده و به صورت یک خمیر چسبنده مى - فروشند. رنگ کربنه سبزی ها در صنایع شیرینی، شکلات، بستنی و بستنی های یخی به کار مى رود. رنگ سیاه خالص را مى توان با مصرف مقدار بالایی از این رنگ به دست آورد در حالی که در مقادیر پایین تر رنگ خاکستری ایجاد مى کند. رنگدانه در برابر نور، pH، حرارت و اکسایش بسیار پایدار است.

زعفران

کلاله سه شاخه زعفران مهم ترین بخش تجاری آن است. بوی زعفران به خاطر وجود اسانس بی رنگ ترین دار یک ترکیب اکسیژن دار همراه با سنیئول و طعم آن مربوط به هتروزید تلخ پیکروکروسین و پیکروکروزینوئید است که در آب حل مى شود. ماده رنگی زعفران مربوط به وجود ماده ای به نام کروسین است که از هیدرولیز آن گلوکز و کروسیتین به دست مى آید . از جمله کاربردهای زعفران مى توان به استفاده از آن در مواد غذایی، داروسازی، تهیه مواد آرایشی، عطرسازی و رنگ های نساجی اشاره کرد . امروزه کاربرد عمده زعفران در پخت و پز، صنایع قنادی، نوشابه های الکلی و غیرالکلی است و در برخی کشورها مانند آمریکا از آن برای رنگ کردن سوسیس، اولئومارگارین و شورتنینگ ها استفاده مى شود . زعفران در فراورده های لبنی مانند کره، پنیر و

بستنی نیز استفاده می شود. کیفیت زعفران به قدرت رنگ دهی (غلظت کروسین)، ترکیب طعمی (سافرانال) و مزه آن (پیکروکروسین) بستگی دارد.

منابع میکروبی

طبیعت غنی از میکروب های مولد رنگدانه می باشد. برخی از این میکروب ها رنگدانه هایی با درجه غذایی تولید می کنند. از جمله می توان به کاروتنوئیدها، ملانین ها، فلاوین ها، کوئینون ها، موناسین ها، ویولاسین، ایندیگو و غیره اشاره کرد. در صنعت مواد غذایی تولید ترکیبات حاصل از فرایندهای تخمیری در حال گسترش است اما تولید رنگدانه هایی با درجه غذایی تو سط تخمیر میکروبی در مراحل ابتدایی است. در هر حال امروزه رنگدانه هایی با درجه غذایی به روش تخمیر میکروبی تولید و به بازار عرضه می شوند. میکروب های مختلف تولید ماده-های رنگی متفاوت می کنند که می توان به لیکوپن از /روینیا یوردوورا/ و فوزاریوم/اسپوروتریچیوئیدز، بتاکاروتن از بلاکسلا تریسپورا، ریوفلاوین از /شیا گوسیپی اشاره کرد. میکروب هایی نظیر سراسیا و استرپتومایسس به میزان قابل توجهی مولد کاروتنوئیدها می باشند. مخمرهای جنس رودوترولا نیز کاروتنوئید سنتز می کنند

آستاگزانتین در طبیعت به وفور یافت می شود و رنگدانه اصلی خرچنگ و ماهی قزل آلاست و از طریق تغذیه وارد بدن آنها می شود. از میان میکروارگانیسم هایی که آستاگزانتین تولید می کنند، گزانتوفیلومایسس دندروهوس یکی از بهترین گزینه های تجاری برای تولید آن است.

جلبک ها نیز به عنوان منابع تولید رنگ مطرح هستند. جلبک ها بر اساس رنگ به ۴ دسته جلبک های سبز (کلروفیسه)، جلبک های قرمز (رودوفیسه)، جلبک های سبز آبی (سیانوفیسه) و جلبک های قهوه ای (فتوفیسه) تقسیم می شوند. رنگدانه های اصلی در جلبک ها کلروفیل a، b و c، بتاکاروتن، فیکوسیانین، گزانتوفیل و فیکواریترین هستند. تمام این رنگدانه ها پتانسیل خوبی برای استفاده در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی دارند. چون کشت جلبک ها ضرر زیست محیطی ندارد و قابل بازگشت به طبیعت است، تمایل به استفاده از آنها برای تولید رنگ های طبیعی رو به افزایش است.

کوچینال

حشره کوچینال به صورت نوعی انگل روی قسمت هایی از گیاه کاکتوس یافت می شود. رنگ کوچینال از زمان های بسیار دور در اروپا، ایران و هند مورد استفاده قرار گرفته است. منطقه اصلی تولید آن مکزیک بوده و معمولاً برای ایجاد رنگ قرمز در پشاک مورد استفاده قرار می گیرد. در گذشته استخراج رنگدانه از کوچینال با آب داغ انجام شده و محصول نهایی تحت عنوان عصاره کوچینال عرضه می گردید. اما امروزه این فرایند با اتانول انجام شده و محلول قرمز رنگی به دست می آید. سپس الکل خارج شده و در نتیجه محلول تغلیظ شده حاوی ۲ تا ۴ درصد کارمینیک اسید است که مهم ترین ترکیب رنگی است. کوچینال و مشتقات آن به دلیل ویژگی های ممتاز مانند پایداری، شفافیت و رنگ مطلوب به عنوان یک رنگ دهنده غذایی مورد توجه هستند. کارمین در مقایسه با کارمینیک اسید کاربرد بیشتری داشته و شدت رنگ آن مشابه رنگ آمارانت است.

روش های استخراج رنگها از مواد اولیه طبیعی

به طور کلی روش های استخراج مواد رنگی شامل دو مرحله است که در مرحله اول عصاره خام غنی شده یا همان اولئورزین یا رنگدانه های هیدروالکلی از مواد خام از طریق فرایند جداسازی جامد-مایع جدا شده و سپس در مرحله تخلیص مواد ناخواسته اخلاص گر حذف می شوند.

به طور معمول در مرحله اول مواد خام خرد و آسیاب شده و با یک حلال مناسب برای استخراج رنگدانه مخلوط می شوند. امروزه این روش ها، پیشرفته تر و خلاصه تر شده اند و به منظور دستیابی به راندمان استخراج بالاتر، پارامترهای مختلفی نظیر دما، فشار، استفاده از مایکروویو یا فراصوت بهینه سازی شده اند. دومین مرحله شامل تخلیص و جزء به جزء کردن عصاره خام از طریق روش های جداسازی جامد-مایع یا جداسازی مایع-مایع است که به دنبال آن تغلیظ تحت خلا یا استفاده از روش های فیلتراسیون غشایی صورت می گیرد.

امروزه تمایلات جهانی به سمت استخراج با حلال کمتر، روش های بر پایه جذب سطحی و استفاده از حلال های کم ضررتر برای محیط زیست سوق یافته است. در دهه های اخیر فناوری های پیشرفته ای مانند استخراج با سیال فوق بحرانی، استخراج تحت فشار با مایع، استخراج به کمک مایکروویو، استخراج به کمک

فراصوت، استخراج مداوم غیرهمسو، استخراج فاز جامد و ریزاستخراج فاز جامد جایگزین روش های قدیمی نظیر استخراج سوکسله و تقطیر آبی شده اند. نسل جدید روش های بهبود یافته استخراج بر استفاده از دماهای بالاتر از نقطه تقطیر آبی پایه گذاری شده اند.

استخراج کاروتنوئیدها

به طور کلی کاروتنوئیدها در حلال های غیرقطبی که برای استخراج آنها استفاده می شود محلول هستند اما زمانی که نمونه مورد استخراج دارای آب زیادی باشد، از یک حلال قطبی مانند استون یا متانول به عنوان بهبود دهنده فرایند استخراج استفاده می شود. کاروتنوئیدها آلکن های با چندین پیوند دوگانه هستند و نسبت به واکنش هایی که این پیوندها در برابر آنها حساس می باشند مانند اکسایش و هالوژناسیون آسیب پذیر می باشند. از این رو، برای جلوگیری از نابودی آنها در هنگام استخراج، حلال ها باید عاری از اکسیژن، اسید یا هالوژن باشند. برای رسیدن به عصاره هایی با کیفیت مناسب، انتخاب حلال بسیار اهمیت دارد و حلال ایده آل باید فراریت، اشتعال پذیری و سمیت کمی داشته باشند. اما تاکنون هیچ حلالی با این خصوصیات یافت نشده است. حلال های کلریدی و کربن دی سولفید دارای عملکرد استخراج بالایی هستند اما بسیار سمی اند. از طرفی حلال های دیگر نظیر هگزان، هپتان و ایزواکتان، سرعت استخراج پایینی دارند اما خصوصیات دیگر آنها برای استخراج مطلوب است.

در صنعت برای استخراج کاروتنوئیدها حلال هگزان به کار برده می شود و روش کار مشابه روشی است که در استخراج روغن استفاده می شود. اما برای استخراج باید روش های جدید طراحی شوند. زیرا در استخراج با حلال بیش از ۵۰ درصد کاروتنوئید از دست می رود و همچنین به دلیل حجم زیادی از حلال که در هوا منتشر می شود، نگرانی های زیست- محیطی زیادی را ایجاد کرده است. حلال هایی نظیر هپتان، ایزوپروپانول یا مخلوط حلال ها که به عنوان حلال های جایگزین معرفی شده اند می توانند انتخاب های خوبی باشند اما استفاده از آنها برای کاروتنوئیدها مورد ارزیابی قرار نگرفته است.

روش دیگری که در استخراج به کار برده می شود استفاده از آنزیم هاست که نتایج خوبی در رابطه با کاربرد آن برای میوه ها و روغن دانه ها گزارش شده است. در برخی از فرایندها پیشنهاد شده است که آب به

عنوان حلال استخراجی استفاده شود . لازم به ذکر است استفاده از این روش ها برای استخراج کاروتنوئیدها معمول و متداول نیست اما فرایندی برای رنگدانه های کاروتنوئیدی پیش نهاد شده است که در آن از آنزیم ها، آب و اسید آلی ۶ تا ۱۲ کربنه استفاده می شود.

استفاده از سیال فوق بحرانی نیز برای استخراج کاروتنوئیدها پیشنهاد شده است. این روش نسبت به سایر روش ها مزایایی از جمله سرعت و کارآمدی بالا و سمیت پایین دارد . در این روش دی اکسید کربن به عنوان حلال به کار برده می شود و زمان استخراج کاهش می یابد . این فرایند نسبتا گران قیمت است و ممکن است باعث ایزومریزاسیون کاروتنوئیدها نیز شود.

بعد از استخراج جداسازی یک مرحله کلیدی است . برای جداسازی از روش های مختلف مانند جداسازی فازي، کریستالیزاسیون، کروماتوگرافی لایه نازک و ستونی استفاده می شود . امروزه بهترین روش جداسازی از طریق کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا حاصل می شود که به دلیل حساسیت بالا، قابلیت تفکیک کنندگی بالا، تکرارپذیری و سرعت، موثرترین روش برای آنالیز کیفی و کمی کاروتنوئیدهاست.

استخراج آنتوسیانین ها

آنتوسیانین ها مولکول های قطبی هستند و بنابراین در حلال های قطبی نسبت به غیر قطبی محلول ترند . اما میزان حلالیت بستگی به فاکتورهای متعددی از جمله شرایط محیطی دارد . در مقادیری از pH که مولکول آنتوسیانین به صورت غیریونیزه است، می تواند در اثر محلول باشد. آنتوسیانین ها در محلول های قلیایی و خنثی پایدار نیستند . بنابراین در روش های مرسوم استخراج آنتوسیانین، از حلال های اسیدی استفاده می شود.

به دلیل نگرانی های مربوط به ایمنی و نیز برای ایجاد بازدهی بهتر، سیستم های استخراج اصلاح شده اند. اسید کلریدریک (HCl) برای پایین آوردن pH استفاده شده و همزمان سبب تشکیل اشکال رنگی آنتوسیانین می شود. اما این ماده یک اسید قوی است که می تواند شکل ذاتی آنتوسیانین ها را برای مثال از طریق شکستن برخی اتصالات ضعیف با فلزات و یا کمک رنگدانه ها تغییر دهد . برخی آنتوسیانین ها حاوی گروه های دی کربوکسیل آسیل آلیفاتیک نظیر مالونیک، مالیک و اگزالیک هستند . این ترکیبات نسبت به محلول های رقیق اسید کلریدریک حساس و آسیب پذیر بوده و بنابراین برای استخراج آنها از اسیدهای ضعیف تر مانند اسید سیتریک و اسید استیک استفاده شود. در نتیجه برای استخراج آنتوسیانین های کمپلکس، استفاده از اسید آلی

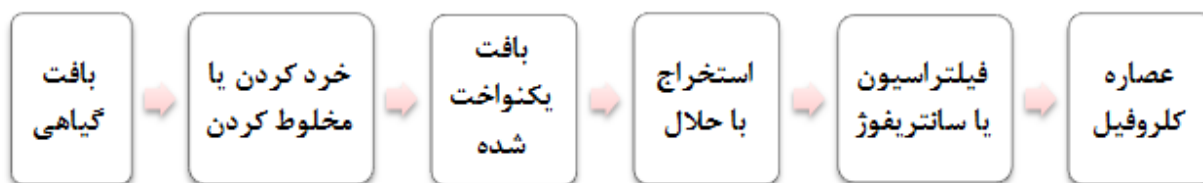
ضعیف پیشنهاد می شود . به علاوه کاربرد اتانول یا دی اکسید گوگرد آبی یا محلول های بی سولفیت برای دستیابی به کنستانتره هایی با ویژگی های کیفی مناسب معرفی شده است . در حال حاضر برای استخراج آنتوسیانین ها از پوسته آفتاب گردان، از آب سولفور (آب همراه ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر دی اکسید گوگرد) استفاده می شود.

در عصاره های خام، آنتوسیانین ها معمولا با مقدار زیادی از مواد خارجی دیگر نظیر پلی فنول ها، پکتین ها و قندها همراه هستند. از این رو، به منظور مطالعه توصیف صفات اختصاصی و استفاده از آنتوسیانین ها، کاربرد روش های کروماتوگرافی برای خالص سازی آنها ضروری است. در خالص سازی آنتوسیانین، استفاده از رزین های نامحلول پلی وینیل پیرولیدون، پلی آمید، سفادکس یا C18، LH-20، فاز معکوس، ستون تعویض آنیونی ضعیف مانند آمبرلیت CG-50، پلی اتیلن گلیکول دی متاکریلات و سلولز رایج است.

استخراج کلروفیل

امروزه صنعت، استخراج کلروفیل c را از جلبک های قهوه ای که منبع تجاری آلژینات ها و فیتوپلانکتون های تک سلولی هستند، مورد توجه قرار داده است . این منابع از آن جهت اهمیت دارند که کلروفیل c پایداری بالاتری نسبت به کلروفیل a و b دارد.

فرایند استخراج کلروفیل در شکل ۱۳ ترسیم شده است. این فرایند باید به سرعت و در نور کم انجام شود تا از این طریق بتوان از واکنش های تخریبی نظیر بی رنگ شدن نوری و یا آلومریزاسیون جلوگیری نمود . استون، متانول، اتانول و حلال های کلرینه شده به عنوان حلال های استخراج کلروفیل به کار برده می شوند. به طور خاص استفاده از محلول های آبی استون به طوری که نسبت آب بیش از ۱۰ درصد نباشد، پیشنهاد شده است. از فیلتراسیون یا سانتریفوژ برای حذف مواد جامد از حلال استفاده می شود . پس از حذف حلال بازده استخراج حدود ۲۰ درصد است که شامل کلروفیل ها، فتوفیتین ها و دیگر فراورده های تخریب شده می باشد. برای برخی مواد گیاهی پیشنهاد می شود که از روش حرارت دهی سریع در آب در حال جوش و سپس سرد کردن فوری استفاده شود. زیرا این روش از طریق کاهش آنزیم های هیدرولیتیک و اکسایش، سبب بهبود استخراج پذیری و پایداری می شود.



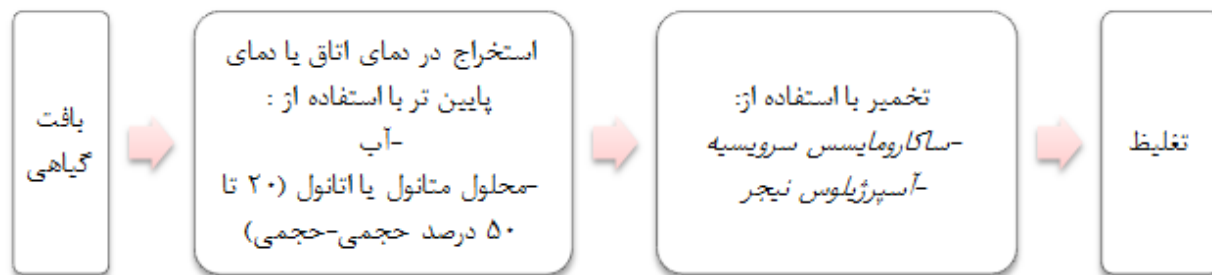
شکل ۱۳- مراحل استخراج کلروفیل

برای جلوگیری از اثر شرایط اسیدی، افزودن کربنات کلسیم، کربنات منیزیم، بی کربنات سدیم، کربنات سدیم، دی متیل آلانین یا آمونیوم متداول است.

استخراج می تواند از طریق استون انجام شود و سپس از طریق دو مرحله ترسیب، با استفاده از مخلوط - های دی اکسان / آب، کلروفیل های نسبتا خالص به دست آید . سپس مخلوط به وسیله کروماتوگرافی DEAE- Sepharose CL-6B جزء به جزء می شود تا در اولین مرحله، کلروفیل ها از کاروتنوئیدها جدا و در مرحله دوم با استفاده از جاذب مشابه، کلروفیل a از کلروفیل b جداسازی شود. عصاره های کلروفیل دارای خلوص خوبی بوده و استفاده از دماهای پایین برای جلوگیری از ایزومرهای C10 توصیه می شود.

استخراج بتالائین

به منظور دستیابی به استخراج کامل، حلال های متانول یا اتانول ترجیح داده می شوند . همچنین توصیه می شود که استخراج در دمای پایین و در تاریکی انجام شود. عصاره به دست آمده از این روش حاوی مقادیر بالایی قند است، بنابراین قدرت رنگی پایینی دارد . فرایند تخمیر می تواند میزان قند را کاهش داده و قدرت رنگی را بهبود ببخشد . گاهی اوقات، غیرفعال کردن آنزیم های مخرب از طریق حرارت دادن (برای مثال ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲ دقیقه) مطلوب است. اما این عمل ممکن است برخی رنگدانه ها را نیز تخریب کند . بتالائین ها به دلیل طبیعت ساختاری خود، ترکیبات اساسی هستند و خالص سازی بیشتر می تواند از طریق اسیدی کردن خفیف با اسید کلریدریک (۰/۴ تا ۱ درصد) یا با اتانول اسیدی شده ح اصل شود . پس از آن افزودن اتانول ۹۵ درصد، بتالائین تولید می نماید. شکل ۱۴ مراحل ساده استخراج بتالائین را نشان می دهد. برای جداسازی های آنالیزی، الکتروفورز و کروماتوگرافی لایه نازک مورد استفاده قرار می گیرد

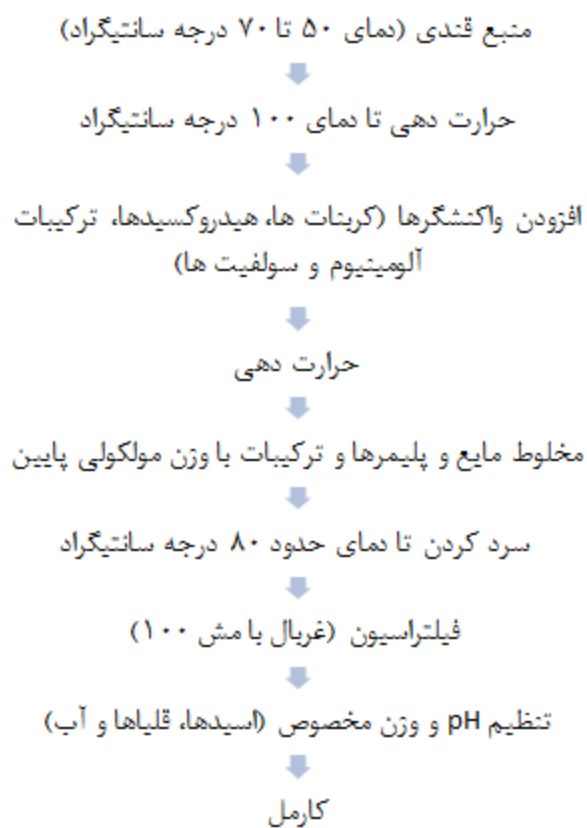


شکل ۱۴-مراحل ساده شده استخراج بتالائین

تولید کارامل

کاراملیزاسیون فرایندی قدیمی است که برای تولید آب نبات یا سس قهوه ای عطر و طعم دار استفاده شده است. کارامل از طریق حرارت دهی یک منبع کربوهیدراتی تهیه می شود . این منبع می تواند ساکارز یا مواد حاصل از هیدرولیز ذرت یا تاپیوکا باشد . بهترین منابع باید دارای مقادیر بالایی از گلوکز باشند، زیرا کاراملیزاسیون فقط از طریق منوساکاریدها اتفاق می افتد . فرایند حرارت دادن تا زمان رسیدن به دمای مطلوب ادامه می یابد . پس از آن با در نظر گرفتن این که کاراملیزاسیون یک فرایند گرمازا است، دما از طریق خنک کردن کنترل می شود. شکل ۱۵ مراحل تولید کارامل را نشان می دهد.

کارامل ممکن است در ظروف در بسته یا در باز با فشارهای متغیر از صفر تا ۳/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع تهیه شود. حرارت دادن موجب ایجاد واکنش های شیمیایی متعددی می شود که حاصل آنها تولید یک مخلوط کمپلکس از مواد پلیمری و ترکیبات با وزن مولکولی کم (۲۰۰۰ تا بیشتر از ۱۰۰۰۰) است. زمانی که کارامل بدون افزودن هیچ واکنشگری به دست آید، فراورده حاصل، شربت کارامل یا شربت قند سوخته نامیده می شود. کارامل تجاری بیش از ۱۶۰ سال پیش از طریق حرارت دادن ساکارز در یک ظرف روباز تولید شد . اما رنگ کاراملی که مورد تقاضای صنعت غذاست، نیاز به قدرت رنگی بالا دارد که تنها از طریق افزودن واکنش گرهای مناسب مختلف طی تولید، قابل دسترسی است . در حقیقت خصوصیات عملکردی کارامل نظیر رنگ، پایداری، خواص امولسیون کنندگی و غیره از طریق ترکیب شیمیایی تعیین می شود که آن نیز به نوبه خود به وسیله واکنش گرهای قابل تعیین است.



شکل ۱۵- مراحل تولید کارامل

چهار نوع کارامل شناسایی شده است : قند سوخته، تند و تیز، آمونیاکی و سولفیت آمونیومی . نوع اول عمدتاً به عنوان افزودنی طعم دهنده استفاده می شود، در حالی که سه نوع دیگر به عنوان رنگ کاربرد دارند و به ترتیب در محیط خنثی، قلیایی و اسیدی تولید می شوند . کارامل های آمونیاکی رایج ترین مواد رنگی در صنعت هستند که در انواع مواد غذایی و نوشیدنی ها به کار برده می شوند . لازم به ذکر است که این کارامل های آمونیاکی حاوی ۴- متیل ایمیدازول هستند که مسمومیت عصبی ایجاد می کنند.

گلايسين و گلايسينات سدیم کاتالیست های موثری برای دستیابی به کاراملی با قدرت رنگی مناسب می- باشند و بیشترین اثر در سطوح ۲ درصد وزنی-حجمی گلايسين یا ۵ درصد وزنی-گلايسينات سدیم به دست می آید. اما این کارامل های تهیه شده، عطر و طعم و آرومای متفاوتی از کارامل های آمونیاکی نشان می-

دهند. آسپاراژین، هیستیدین و سرین نیز برای تهیه کارامل به کار برده می شوند. به علاوه نمک های سدیم این آمینو اسیدها برای نوشیدنی های رنگی به جز انواع ترش و غیرالکلی مناسب هستند.

سیستم های ارزیابی رنگ

رنگ در اغلب غذاها نتیجه بازتابش نور می باشد. رنگ نام عمومی احساس حاصل از فعالیت شبکه و مکانیسم عصبی مربوط به آن در اثر رسیدن نور به شبکه است. در حقیقت نور مرئی انرژی تابشی در طول موج های بین ۴۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر می باشد.

جهت اندازه گیری دقیق تر رنگ از کدگذاری رنگ ها استفاده می شود به این ترتیب که هر رنگ را با سه بعد مشخص می کنند:

روشنایی^۱ یا ارزش^۲: این بعد در واقع مشخصه غیررنگی اجسام بوده و شامل سیاه و سفید و خاکستری (حالتی که مابین این دو قرار دارد) می باشد. روشنایی در واقع میزان نور منعکس شده از یک سطح، در مقایسه با سطح سفید تحت شرایط مشابه تابش است.

رنگ یا فام^۳: کیفیتی از رنگ است که از طیف الکترومغناطیسی نشأت می گیرد و با واژه هایی مانند قرمز، آبی، زرد، سبز و غیره توصیف می شود. رنگ ها کروماتیک یا آکروماتیک هستند. رنگ های سفید، سیاه و خاکستری آکروماتیک و بقیه رنگ ها کروماتیک می باشند.

اشباعیت خلوص یا سیری^۴: معیاری از درخشندگی یا کدری رنگ است. یک رنگ اشباع به نظر واضح و روشن است اما یک رنگ غیر اشباع ظاهری پریده، کدر یا مبهم دارد.

امروزه سیستم های مختلفی برای بیان رنگ ها ابداع شده است. روش معمول ارزیابی رنگ، مشاهده بصری است. یکی از رایج ترین سیستم ها، سیستم رنگی مانسل^۵ است. این سیستم بر اساس سه صفت قابل رویت روشنایی، فام و سیری پایه گذاری شده است. مانسل رنگ های اصلی را بر اساس پنج رنگ قرمز، زرد،

¹ Lightness

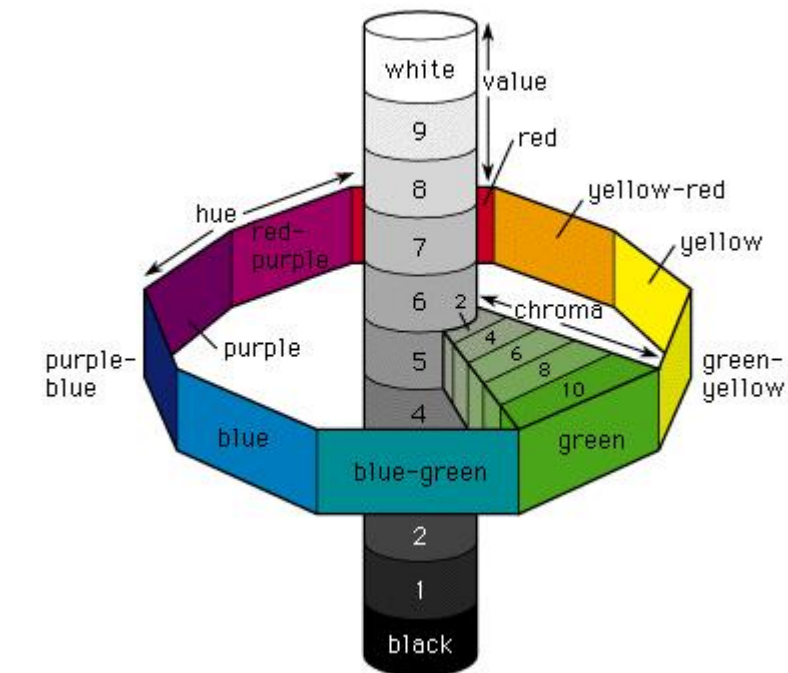
² Value

³ Hue

⁴ Saturation

⁵ Munsell

سبز، آبی و ارغوانی طبقه بندی کرد و علاوه بر آن، بین آنها رنگ های حد واسط قرار داد و با شماره گذاری آنها ۱۰ رنگ اصلی را مشخص کرد (شکل ۱۶).



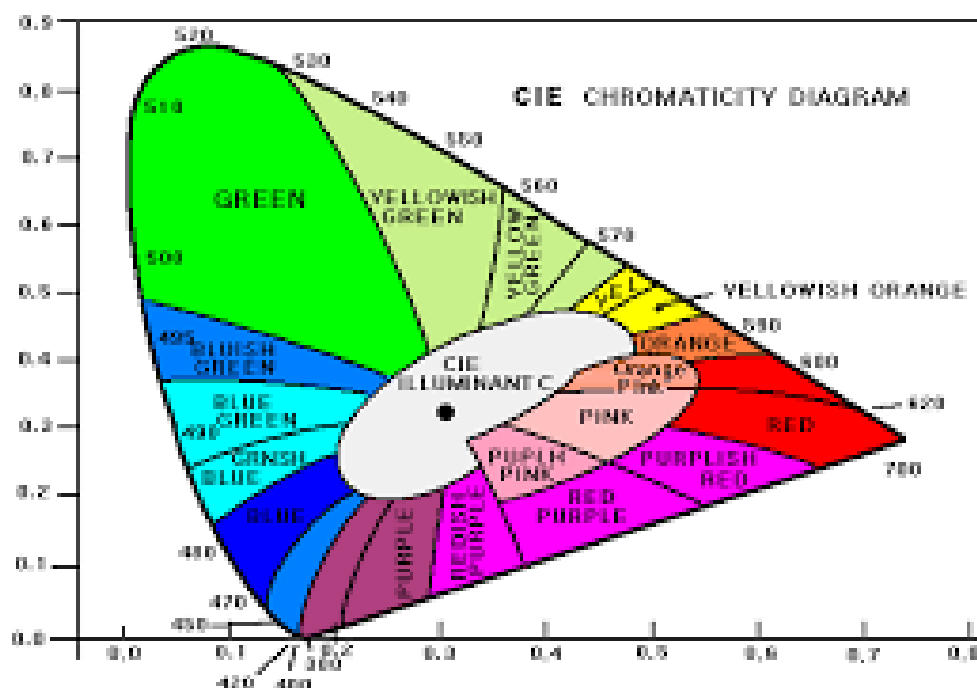
شکل ۱۶- سیستم رنگی مانسل

برای بیان شدت رنگ هر کدام (پررنگی و کم رنگی) از درجه بندی ۱ تا ۱۰ استفاده نمود. برای بیان روشنایی درجه بندی ۰ تا ۱۰ را به کار برد که عدد صفر برای سیاه و عدد ۱۰ برای سفید و خاکستری بین آنها قرار می گیرد. خلوص یا سیری را نیز بین صفر تا ۱۸ درجه تقسیم بندی نمود. به این ترتیب هر رنگ را با کد مخصوصی می توان نشان داد. برای مثال 6R3/6 یعنی رنگ قرمز با شدت رنگ ۶، روشنایی ۳ و خلوص ۶. امروزه سیستم مانسل را گسترش داده اند و به جای ۱۰ قسمت از ۱۰۰ قسمت برای بیان شدت و روشنایی استفاده می کنند که اعداد مربوط به آنها را به صورت اعشاری نشان می دهند مانند 25.2B2.6/13.

سیستم رنگی دیگر سیستم کمیته بین المللی ای کلاریج (CIE^۶) است. در این سیستم رنگ های قرمز، سبز و آبی اضلاع یک مثلث متوازی الاضلاع را تشکیل می دهند (شکل ۱۷). در این سیستم مقدار هر رنگ در

⁶ The Commission Internationale de Eclairage System

سه گوشه را با عدد ۱۰۰ نشان می دهند. وقتی که رنگ ها را گوشه دور می شوند، غلظت آنها کم شده و در گوشه مقابل به صفر می رسد.



شکل ۱۷-سیستم رنگی CIE

در سیستم ارزیابی رنگ کمیسیون بین المللی روشنایی (ICI^v) از سه محور اصلی برای سه رنگ اصلی قرمز، سبز و آبی و از فضای بین سه محور برای رنگ های مختلف استفاده می شود

در سیستم زبان عمومی رنگ ^۸ ۶ سطح برای بیان رنگ وجود دارد . سطح اول دارای ۱۳ رنگ بوده و نام معمولی رنگ ها همراه با رنگ های خنثی (سفید، سیاه و خاکستری) را بیان می کند مانند قهوه ای . سطح دوم دارای ۲۹ رنگ بوده و تمامی رنگ ها را همراه با رنگ های خنثی دقیق تر بیان می کند مانند قهوه ای ته زرد . سطح سوم ۲۶۷ رنگ دارد که رنگ های مختلف را به اضافه اصلاح کننده ها بیان می کند مانند قهوه ای ته زرد روشن و همین طور ادامه می یابد.

⁷ International Commission on Illumination

⁸ Universal Color Language

جهت اندازه گیری رنگ مواد غذایی از دستگاه های مختلف استفاده می شود . از جمله این روش ها می -
توان اسپکتروفوتومتر یا رنگ سنج را نام برد . برای این کار به کمک حلال مناسب می توان رنگدانه مورد نظر را
از بافت میوه و سبزی استخراج کرده و بعد از فیلتراسیون شدت رنگ آن را با اسپکتروفوتومتری مستقیم در
طول موج مناسب تعیین نمود . این روش زمانی به کار گرفته می شود که عصاره رنگی داشته باشیم و یا
استخراج کنیم ولی دقت بالایی ندارد.

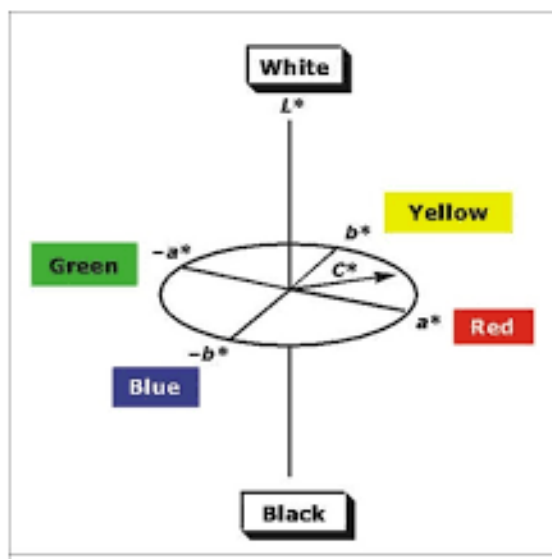
دسته دوم دستگاه های رنگ سنج، دستگاه های مقایسه ای هستند . این دستگاه ها با مقایسه رنگ نمونه
با یک سری نمونه های استاندارد، شدت رنگ آن را تعیین می کنند . از این نوع تجهیزات می توان دستگاه
لاویباند و رنگ سنج دیسکی مکبث مانسل را نام برد.

ساده ترین شکل دستگاه لاویباند شامل یک سری شیشه های رنگی استاندارد است که رنگ نمونه غذایی
به صورت چشمی با آنها مقایسه گردیده و بر اساس شماره نمونه استاندارد هم رنگ، رنگ ماده غذایی بیان می -
شود.

رنگ سنج دیسکی مکبث-مانسل شامل یک دیسک چرخان است که در روی آن رنگ های مختلف قرار
گرفته و آن قدر ترکیب رنگ ها را تغییر می دهند که در اثر چرخش دیسک، رنگ دیده شده مشابه رنگ نمونه
ماده غذایی باشد . سپس رنگ ماده غذایی را بر حسب نسبت رنگ های روی دیسک به صورت درصد گزارش
می نمایند.

در برخی دیگر از دستگاه های ارزیابی رنگ از خاصیت انعکاس نور استفاده به عمل می آید که نمونه بارز
آن دستگاه هانتر لیب^۹ است. این دستگاه از سیستم سه محوری برای بیان رنگ استفاده می کند. ۱- محور L که
شامل دو رنگ مکمل سیاه و سفید و رنگ خاکستری در بین آنها می باشد . در بالای این محور رنگ سفید
خالص با نمره ۱۰۰ و در پایین آن رنگ سیاه خالص با نمره صفر نشان داده می شود . ۲- محور a که در انتهای
سمت راست آن رنگ قرمز خالص با نمره ۱۰۰+ و در انتهای سمت چپ آن رنگ سبز با نمره ۱۰۰- قرار دارد.
۳-محور b که شامل رنگ های مکمل زرد و آبی بوده و رنگ زرد با نمره ۱۰۰+ و رنگ آبی با نمره ۱۰۰- در دو
انتهای آن نشان داده می شود (شکل ۱۸).

⁹ Hunter lab



شکل ۱۸- سیستم رنگی هانتربل

افزودنی های رنگی و قوانین

در ایالات متحده امریکا قوانین همه افزودنی های رنگی توسط سازمان غذا و دارو^{۱۰} و تحت موارد مندرج در قانون غذا، دارو و لوازم آرایشی سال ۱۹۳۸ و ضمیمه قانونی افزودنی های رنگی ۱۹۶۰ تعیین و وضع می شوند. در این قانون افزودنی های رنگی به شرح ذیل تعریف می شوند:

"افزودنی رنگی شامل هر نوع رنگ، رنگدانه یا سایر مواردی است که توسط فرایند سنتز یا روش های مشابه ساخته شده و یا از یک گیاه، حیوان، ماده معدنی و یا سایر منابع با یا بدن تغییر ماهیت نهایی یا واسطه - ای، استخراج، جداسازی و مشتق سازی گردیده است و هنگامی که برای مواد غذایی، دارویی، آرایشی و یا هر بخش دیگری به کار برده می شود قادر به ایجاد رنگ و افزودن رنگ آن باشد"

موادی که برای ایجاد رنگ در ظروف غذاها، داروها و مواد آرایشی به کار می روند، افزودنی رنگی محسوب نمی شوند، مگر آن که استفاده از آنها در ظرف منجر به انتقال رنگ به محتوای بسته بندی شود.

¹⁰ Food and Drug Administration (FDA)

ترکیبات غذایی نظیر گیلان، فلفل سبز یا قرمز، شکلات و آب پرتقال که خود به طور طبیعی دارای رنگ می باشند، وقتی با سایر غذاها مخلوط می شوند، افزودنی رنگی محسوب نمی شوند . اما در جایی که یک ماده غذایی عمداً به عنوان رنگ مورد استفاده قرار گیرد (مانند عصاره چغندر یا لیموناد صورتی) افزودنی رنگی به حساب می آیند.

ترکیباتی که در غذای حیوانات با اهداف عملکردی خاص مانند ایجاد رنگ در گوشت، شیر یا تخم مرغ از طریق یک فرایند بیولوژیکی در حیوان مورد استفاده قرار می گیرند، افزودنی رنگی محسوب شده و از این قانون تبعیت می کنند.

تعریف فوق در مورد افزودنی ها چه دارای ارزش تغذیه ای باشند و چه اثرات دیگری به جز ایجاد رنگ داشته باشند، مورد استفاده قرار می گیرد. به عنوان مثال داروهای تزریقی با عملکرد خاص که سبب ایجاد رنگ در قسمتی از بدن می شوند افزودنی رنگی محسوب می شوند.

هر چند همه افزودنی های رنگی در رابطه با تعریف قانونی سازمان غذا و دارو مشابه یکدیگر هستند، اما در دو گروه متمایز طبقه بندی می شوند: افزودنی های رنگی سنتزی مجاز و افزودنی های رنگی طبیعی یا بدون نیاز به تصویب یا رنگ های استثناء.

به طور کلی هر دو گروه افزودنی های رنگی استانداردهای مشابهی را برای ایمنی نیاز دارند و الزامات قانونی استفاده از افزودنی های رنگی را که سرطان زایی آنها در انسان یا حیوانات به اثبات رسیده است، ممنوع اعلام نموده است.

سم شناسی افزودنی های رنگی

مطالعات سم شناسی افزودنی های رنگی با دو هدف مهم زیر انجام می شود:

- تعیین اثرات سمی مهم ترکیبات افزودنی و در صورت امکان تعیین بافت های هدف آنها
- یافتن افزودنی های غذایی که فاقد اثرات منفی و زیان آور بر سلامت انسان بوده و می توانند در انواع غذاها مورد استفاده قرار گیرند.

در سال ۱۹۳۳ مواد تحت بررسی FDA در سطوح مختلف اهمیت گروه بندی شدند. این تقسیم بندی بر اساس ساختار شیمیایی، توانایی در معرض قرارگیری و ویژگی های مسمومیت شناسی شناخته شده آنها بود . رنگ های سنتزی در گروه اهمیت ۳ قرار گرفتند که سخت گیرانه ترین گروه بود و به بررسی ها و ارزیابی های دقیق نیاز داشت.

یک رنگدانه سنتزی برای به دست آوردن تاییدیه FDA باید مطالعات مسمومیت شناسی زیر را طی نماید:

۱ - مطالعات میان مدت: در این مطالعات یک گونه غیرجونده (معمولا سگ) به مدت ۹۰ روز با ماده مورد نظر تغذیه می شود.

۲ - ارزیابی سمیت حاد در موش های صحرایی

۳ - مطالعات طولانی مدت: در این مطالعات حداقل دو گونه حیوانی طی مدت زمان ۲۴ تا ۳۰ ماه با ماده مورد نظر تغذیه می شوند.

۴ - مطالعات تراتولوژی^{۱۱} (علم درک هرگونه عامل محیطی آسیب زا در دوره پیش از تولد جنین)

۵ - مطالعات تولیدمثلی طی چندین نسل با استفاده از موش ها

۶ - آزمون های موتان زایی در لوله آزمایش (in vitro)

پس از انجام مطالعات و تحقیقات آزمایشی، باید میزان دریافت قابل قبول روزانه (^{۱۲}ADI) ماده رنگی تعیین شود. برای به دست آوردن ADI ابتدا لازم است که مقدار مصرفی ماده که فاقد هر گونه اثر زیان آوری باشد (^{۱۳}NOAEL)، تعیین شود. ارزش دیگری بنام ^{۱۴}LOAEL نیز تعیین می شود که عبارت است از کمترین مقداری از ماده که هیچ گونه صدمه ای برای سلامتی ایجاد نمی کند. NOAEL و LOAEL در نتیجه مطالعات در محیط زنده طولانی مدت در حیوانات به دست می آیند.

در انجام آزمایشات فوق، فرض بر آن است که در انسان و حساس ترین گونه های حیوانی، پاسخ مشابهی نسبت به این مواد مشاهده می شود . بدین منظور پاسخ هایی مانند دسترسی بیولوژیکی ماده سمی در بدن،

¹¹ Teratology

¹² Acceptable Daily Intake

¹³ No Observed Adverse Effect Level

¹⁴ Lowest Observed Adverse Effect Level

مقدار ماده سمی که به بافت هدف می رسد و تشخیص ترکیب اصلی سمی در میان سایر ترکیبات مورد بررسی قرار می گیرد.

البته این مطالعات به ندرت روی انسان ها انجام می شوند و روشن است که متابولیسم مواد در میان گونه ای حیوانی متفاوت است. همچنین حتی در یک گونه نیز تفاوت هایی در میان افراد مختلف مشاهده می - شود. از این رو، این قبیل ملاحظات باید در تعیین میزان ADI مدنظر قرار گیرد. برای به دست آوردن ADI، NOAEL بر فاکتور ایمنی تقسیم می شود. برای حیوانات بسیار حساس به طور معمول این فاکتور ۱۰۰ در نظر گرفته می شود.

$$ADI = \frac{NOAEL}{Factor}$$

در معادله فوق Factor همان فاکتور ایمنی است که برابر ۱۰۰ در نظر گرفته می شود. تاکنون اثبات شده که این عامل می تواند در محافظت از مصرف کنندگان بسیار موثر باشد در صورتی که داده های مسمومیت شناسی برای انسان به دست آمده باشند و مدل مورد آزمایش انسان باشد، تفاوت های میان گونه ها حذف شده و ADI به صورت زیر محاسبه می شود:

$$ADI = \frac{NOAEL}{10}$$

همچنین لازم به ذکر است که فاکتور ایمنی می تواند حتی از این مقدار بیشتر باشد. برای مثال زمانی که مدل مورد استفاده در آزمایش ها، با حیوانی که محاسبه میزان ADI مسمومیت شناسی آن مدنظر است، تشابه متابولیکی بسیار کمی داشته باشد، فاکتور ایمنی از ۱۰۰ بزرگ تر خواهد بود. ADI به طور معمول به صورت میلی گرم ماده مورد آزمون به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز بیان می - شود.

همچنین مهم ترین پارامتر مورد استفاده در مطالعات سمیت حاد، LD₅₀ می باشد که عبارتست از مقداری از ماده که سبب مرگ ۵۰ درصد حیوانات مورد آزمایش شود. لازم به ذکر است که برخی از رنگ های طبیعی در سطوح اهمیت پایین تری نسبت به رنگ های سنتزی طبقه بندی شده اند و بنابراین الزامات کمتری دارند. از این رو، اطلاعات مسمومیت شناسی موجود برای رنگ های طبیعی کمتر از افزودنی های سنتزی است. تنها رنگ طبیعی که به طور گسترده مورد مطالعه مسمویت شناسی قرار گرفته است کارامل می باشد.

رنگ های طبیعی خوراکی مجاز در ایران

در کشور ما استاندارد رنگ های مجاز خوراکی به شماره ۷۴۰ نخستین بار در سال ۱۳۵۵ تهیه شد. بر اساس پیشنهاد های رسیده و بررسی و تایید کمیسیون فنی صنایع غذایی، چهار بار مورد تجدید نظر قرار گرفت و یکصد و چهل و یکمین جلسه کمیته ملی استاندارد فراورده های کشاورزی و غذایی مورخ ۷۳/۹/۳۰ تصویب شد. هم اکنون به عنوان استاندارد رسمی ایران مورد استناد می باشد. جدول ۲ اطلاعات مربوط به رنگ های طبیعی خوراکی مجاز در مواد غذایی و حدود استفاده آنها را ارائه می دهد.

اسامی رنگ های طبیعی غیرآلی و رنگ های مصنوعی مجاز که توسط کمیته استاندارد مواد غذایی و وزارت بهداشت و درمان و آموزش پزشکی مجاز شناخته شده است به شرح ذیل می باشد.

رنگ های طبیعی غیرآلی: کربن سیاه، اکسید آهن، دی اکسید تیتانیوم.

رنگ های مصنوعی: شامل موارد زیر می باشند.

رنگ های قرمز: کارموازین (carmosin)، ارتیروزین (erythrosine)، آمارانت (amaranth)، پانسو (ponceau 4R 4R)، اسکارلت (scarlet GN GN)

رنگ های نارنجی: نارنجی (Orange G G)، نارنجی (Orange RN RN)، زرد غروب آفتاب (Sunset yellow FEB)

رنگ های زرد: تارترازین (Tartrazine)، زرد (Yellow G G)

رنگ های سبز و آبی و بنفش: سبز (Green S S)، اینویگوکارمین (Indigo Carmine)، بنفش (Violet BNP BNP)

رنگ های قهوه ای و سیاه: قهوه ای شکلاتی (Chochlate brown FB FB)، قهوه ای شکلاتی (Black PN PN)، سیاه (Chochlate Brown HT HT)

جدول ۲- رنگ های مجاز خوراکی در استاندارد ملی ایران به شماره ۷۴۰

نوع رنگ	نام مترادف	میزان دریافتی روزانه قابل قبول (ADI)	شماره بین المللی رنگ (INS)
آنتوسیانین	آنتوسیانین	مشخص نشده است.	۱۶۳۰
رنگ قرمز چغندر (Beet red)	کنسانتره آب چغندر قرمز خوراکی - بتانین	محدود نشده است.	۱۶۲
زعفران	کروکوس (Crocus) - رنگ زرد طبیعی شماره ۶	زعفران به عنوان ماده غذایی محسوب می گردد.	—
رنگ قرمز کارمین ها	کارمین، کوچینال، کارمینیک اسید و رنگ قرمز طبیعی شماره ۴	صفر تا ۵ میلی گرم در کیلوگرم وزن بدن*	۱۲۰
زردچوبه	زعفران هندی، پودر زردچوبه و تمولماژ	—	۱۰۰۱۱
کورکومین	دی فرویل متان	—	—
رنگ الکانت والکانین	رنگ قرمز طبیعی شماره ۲۰ - الکانا	مشخص نشده است.	۱۰۳
کلروفیل	رنگ طبیعی سبز به شماره ۳	محدود نشده است.	۱۴۰
کمپلکس مس کلروفیل	—	از صفر تا ۱۵ میلی گرم در کیلوگرم	۱۴۱i
کمپلکس مس کلروفیلین (نمک های سدیم و پتاسیم آن)	کلروفیلین مس - سدیم و کلروفیلین مس پتاسیم	صفر تا ۱۵ میلی گرم در کیلوگرم	۱۴۱ii
ریبوفلاوین	لاکتوفلاوین - ویتامین B _۲	صفر تا ۰/۵ میلی گرم در کیلوگرم وزن بدن	۱۰۱i
بتاکاروتن	—	از صفر تا ۵ میلی گرم در کیلوگرم	۱۶۰ai
رنگ آناتو	—	صفر تا ۰/۰۶۵ میلی گرم در کیلوگرم	۱۶۰b
رنگ بتا پوکاروتنال	—	از صفر تا ۵ میلی گرم در کیلوگرم	۱۶۰e
رنگ بتا آپو - ۸' - کاروتنوئیک اسید (استرهای اتیل یلمتیل آن)	L-Orange 9	از صفر تا ۵ میلی گرم در کیلوگرم	۱۶۰f
کربن گیاهی ^۱	کربن سیاه، کربن دارویی، 7 Benzol Black, Gas Black CPigment Black.I 6 and	مشخص نشده است.	۱۵۳
کارامل نوع اول (Caramel I - Plain)	کارامل اسپیریت ^۲ ، کارامل کاستیک ^۳ و کارامل ساده	مشخص نشده است.	۱۵۰a
کارامل نوع دوم (Caustic Sulfite Process)	—	مشخص نشده است.	۱۵۰b
کارامل نوع سوم (Ammonia Process)	کارامل نوشیدنی ها، کارامل ماءالشعیر و آمونیاکارامل ^۴	صفر تا ۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم صفر تا ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم بر اساس ماده جامد.	۱۵۰c
کارامل نوع چهارم (Sulfite Ammonia - Process)	کارامل نوشابه، کارامل مقاوم به اسید ^۵	صفر تا ۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم صفر تا ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم بر اساس ماده جامد.	۱۵۰d
دی اکسید تیتانیوم	—	محدود نشده است.	۱۷۱
کارتاموس زرد ^۶	گلرنگ زرد (کارتامین)	مشخص نشده است.	—

شناسایی و کشف تقلّب

اساس کار، شناسایی مواد غذایی در شکل طبیعی و بدون تقلّب و بعد مقایسه مواد غذایی مشکوک با مشخصات نمونه طبیعی است. مشخصات مواد طبیعی موجود در انواع مواد غذایی به وسیله کارشناسان و متخصصین مشخص گردیده است و برای هر یک از مواد طبیعی حداقل و حداکثری تعیین نموده اند. اگر غذایی مشکوک به تقلّب بود عوامل مورد نظر را در آزمایشگاه اندازه گیری کرده و با مشخصات طبیعی مقایسه می کنند. اگر متفاوت بود، احتمال تقلّب وجود دارد و اگر متفاوت نبود و ماده غذایی هنوز مشکوک به نظر می رسد، آزمایشها ادامه پیدا کرده و کارشناس به دنبال شناسایی مواد به کار رفته در محصول می رود تا در صورت وجود مواد غیرطبیعی به انجام تقلّب پی ببرد.

بعضی اوقات کارشناسان مجرب با آزمایش های ظاهری و ساده مثل بوییدن، چشیدن، بررسی شکل ظاهری و لمس کردن می توانند تا حدودی به تقلّب ها پی ببرند. البته گاهی نیز تقلّب ها آن قدر پیچیده است که حتی در آزمایشگاه نیز با توجه به امکانات آن تشخیص تقلّب مشکل یا غیرممکن است.

استفاده از رنگ های مصنوعی در مواد غذایی

یکی از شایع ترین انواع تقلّب ها استفاده از رنگ های مصنوعی در تهیه مواد غذایی است که گاهی به منظور پوشانیدن سایر تقلّب ها (مثلاً در تهیه زعفران تقلبی، نامرغوب بودن آرد مورد استفاده برای تهیه ماکارونی و غیره) و گاه برای بهبود وضعیت و شکل ظاهری محصول (در تهیه آب میوه، بستنی، آبنبلیت، شکلات، شیرینی و غیره) به کار می روند. برای شناسایی رنگ های مصنوعی مقداری از ماده غذایی مشکوک را کاملاً خرد کرده و در مقداری آب مقطر ریخته می شود و چند قطره اسید کلریدریک و یا اسید استیک (و یا مقداری سرکه سفید) به آن افزوده تا محیط کمی اسیدی شود. بعد کمی پشم سفید گوسفند و یا کاموای پشمی خالص به رنگ سفید را در داخل مخلوط فوق گذاشته و ۱۰ تا ۳۰ دقیقه با احتیاط جوشانده می شود. موقعی که رنگ کاملاً جذب پشم شد آن را خارج کرده زیر شیر آب سرد شسته، سپس پشم در ظرفی که محتوی آمونیاک است انداخته می شود و به آرامی حرارت داده می شود. در صورتی که رنگ استفاده شده جزء رنگ های مصنوعی باشد قطعه پشم کاملاً بی رنگ می گردد و در صورت پایدار بودن رنگ ایجاد شده در پشم، رنگ مصرفی جزء رنگ های طبیعی

است. در ذیل به دو مورد تقلب رایج در زردچوبه و زعفران و روش های تشخیص ساده تقلب در آنها اشاره می-
شود. بدیهی است برای تشخیص و شناسایی دقیق تر باید از روش های پیشرفته دستگاهی استفاده کرد.

تقلب در زردچوبه

برای تولید زردچوبه تقلبی موادی نظیر نان خشک، پوسته پسته، گل افرا و کمی زردچوبه را با یکدیگر مخلوط کرده و به عنوان زردچوبه به فروش می رسانند . ماده رنگی زردچوبه (کورکومین) در آب و اتر نامحلول ولی در الکل اتیلیک و در اسید استیک گلاسیال محلول می باشد.

اگر به محلول استخراج الکلی زردچوبه که رنگ زرد و فلورسانس سبز روشن نشانه اختصاصی آن است اسید سولفوریک اضافه شود رنگ قرمز جگری تولید می شود و در محیط های قلیایی (مثلاً با افزودن مقداری سود و طی حتی جوش شیرین به آن) رنگ قرمز متمایل به قهوه ای تولید کرده که در مجاورت هوا بی رنگ می - شود. با اسید کلریدریک رنگ پرتقالی می دهد اگر به محلول الکلی آن اسید بوریک اضافه شود رنگ قرمز تولید می کند.

تقلب در زعفران

قیمت بالای زعفران موجب شده که این ماده مورد تقلب های زیادی قرار گیرد، زعفران از پرچم گل های آن تهیه می شود که معمولاً رنگ گرده های آن زرد، قرمز ارغوانی و قرمز نارنجی است، که به سادگی از پرچم جدا می شوند و این ویژگی کمتر در سایر گیاهان مشاهده می شود . بهترین نوع زعفران، زعفرانی است که به آن دختر پیچ می گویند، یعنی صد در صد طبیعی است و سر ریشه دست نخورده است مانند رشته ای نخ قرمز است که پایین آن سفید و نیمه بالای آن قرمز است . برای تقلب در زعفران پاره ای از متقلبین از پرچم گیاه گلرنگ و گیاهان مشابه استفاده می کنند و آن را با زعفران مخلوط می نمایند و پاره ای دیگر از آنها از ریشک - های اطراف ذرت یا بلال استفاده کرده و آنرا با رنگ های مصنوعی متمایل به رنگ زعفران رنگ می کنند . در این تقلب چون ریشه بلال مستقیم است و پرچم زعفران انحنا دارد به تشخیص تقلب کمک می کند

در مورد پودر زعفران نیز از پودر گلرنگ استفاده می شود، و چون این پودر تقریباً قرمز رنگ است آن را با گرده ذرت مخلوط می نمایند تا رنگ آن تعدیل شود . ضمناً این امکان وجود دارد که تکه های زعفران را روی

شعله گاز بوتان قرار داده در این حالت زعفران خالص رنگ بنفش ایجاد می کند که مربوط به پتاسیم آن است . گاهی ممکن است که رنگ نارنجی ایجاد کند اما در مورد زعفران تقلبی رنگ زرد آن ایجاد می شود

به ۰/۱ گرم پودر زعفران ۱۰ میلی لیتر آب مقطر افزوده ۱۵ دقیقه تکان داده می شود. سپس محلول را صاف نموده و به آن ۱ گرم زغال چوب افزوده و تکان داده می شود. سپس به مدت ۱۰ دقیقه کنار گذاشته و مجدداً صاف می شود. رنگ زعفران با زغال چوب از بین می رود . لذا وجود رنگ در محلول نهایی نشان دهنده وجود یک رنگ آلی خواهد بود.

با اضافه کردن مقدار ۵۰ میلی لیتر کلروفرم به مقداری از زعفران محلول کلروفرم تقریباً بی رنگ خواهد شد در حالی که ایجاد رنگ زرد نشانگر وجود گل های دارای رنگ کاروتنوئیدی، میوه کاپسیلوم و یا رنگ های آنیلین می باشد. زعفران در اسید سولفوریک غلیظ تولید رنگ آبی کرده که به تدریج به بنفش، قرمز گیلانی و سرانجام قهوه ای تبدیل می شود.

هنگام فشردن با دست، زعفران باید کاملاً خشک و شکننده باشد. با قرار دادن زعفران بین کاغذ صافی و فشار دادن آن نباید لکه های چربی بر روی کاغذ مشاهده شود.

زعفران حقیقی و خالص آب را به رنگ زرد در می آورد، ولی در مورد زعفران تولید شده از رنگ تقلبی غالباً قرمز میخکی یا نارنجی است.