در دسترس بصورت الکترونیک @ www.jscw.icrc.ac.ir

نشریه علمی مطالعات در دنیای رنگ، جلد ۱۱، شماره ۳، (۱۴۰۰) ۱۰-۱

نوع مقاله: مروری

DOR: 20.1001.1.22517278.1400.11.3.1.3

مروری بر مواد رنگزای خوراکی، فرصت‌ها، چالش‌ها و رویکردها

ذاکر بحرینی[1*]، محمد عابدی[1]، داود صادقی فاتح[2]، علی حکمت ناظمی[3]

۱-دانشیار، پژوهشکده فناوری‌های شیمیایی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران، صندوق‌پستی: ۳۳۵۳۵۱۱۱.

۲- استادیار، پژوهشکده فناوری‌های شیمیایی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران، صندوق‌پستی: ۳۳۵۳۵۱۱۱.

۳- استادیار، گروه مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران، صندوق‌پستی: ۳۳۵۳۵۱۱۱.

تاریخ دریافت: ۰۰/۰۱/۲۲ تاریخ بازبینی نهایی: ۰۰/۰۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۰۰/۰۲/۲۷ در دسترس به‌صورت الکترونیک:۰۰/۰۹/۲۲

چکیده

مصرف‌کنندگان خوراکی‌ها در سطح جهانی در جستجوی غذای دلپذیر و جذاب از لحاظ مزه و ظاهر می‌باشند. هم‌زمان بدنبال ایمنی و شفابخشی آن نیز هستند. رنگ غذا یک عامل اصلی و از جمله مهم‌ترین خواصی است که موجب پذیرش و انتخاب آن می‌شود. مواد رنگزا می‌توانند موجب افزایش و یا پوشش رنگ طبیعی غذا شده، به غذا هویت ببخشند و یا تزیین کنند. در زمان فرآوری غذاها مقدار قابل‌توجهی از رنگ اصلی آنها از دست می‌رود. با مصرف مواد رنگزای سنتزی و یا طبیعی خوراکی این نقص بر طرف می‌شود. با توجه به عوارض جانبی رنگ‌های سنتزی از قبیل مسمومیت‌زایی متعدد در کوتاه و دراز مدت، واکنش‌های حساسیت‌زایی، اثرات رفتاری و عصبی و همچنین آگاهی‌های مصرف‌کنندگان امروزه بسیاری از رنگ‌های خوراکی سنتزی با نوع طبیعی جایگزین شده‌اند. علاوه بر این رنگ‌های طبیعی دارای خواص ضدمیکروبی، آنتی اکسیدانی و درمانی در برابر بیماری‌ها و اختلالات تندرستی نیز هستند. آنتوسیانین‌ها، کاروتنوئیدها، ترکیبات فنلی، مشتقات حاصل از چغندر قرمز، آناتو، کلروفیلین‌ها و برخی کیورکیومینوئیدها از جمله مواد رنگزای طبیعی پرمصرف می‌باشند که بر اساس قانونمندی در دسترس همگان قرار می‌گیرند. هدف از این گزارش فراهم آوردن رویکردی علمی در حوزه مواد رنگزای خوراکی سنتزی / طبیعی مجاز و رایج است. همچنین فناوری‌های صنعتی و زیستی مورد استفاده در بهینه‌کردن جذابیت‌های غذایی، تاریخ مصرف، پایداری، تمایلات عمومی به آنها و چشم انداز آینده این صنعت شرح داده می‌شود.

واژه‌های کلیدی

مواد رنگزای خوراکی، رنگ‌های طبیعی، ایمنی و شفابخشی.

چکیده تصویری

*نویسنده مسئول: bahreinz@irost.org

Ministry of Science, Research and Technology
Institute for Color Science and Technology

Available online @ www.jscw.icrc.ac.ir

Journal of Studies in Color World, Vol. 11, No.3, (2021) 1-10
Type: Review paper

نشریه علمی مطالعات در دنیای رنگ
Journal of Studies in Color World
www.jscw.icrc.ac.ir

Food Colorants, Requirements and Approaches

Zaker Bahreini*[1], Mohammad Abedi[1], Davood Sadeghi Fateh[1], Ali Hekmat Nazemi[2]
1- Department of Chemical Industries, Iranian Research Organization for Science and Technology, Tehran, Iran, P. O. Box: 33535111,
2- Department of Chemical Engineering, North Tehran Branch of Islamic Azad University, Tehran, Iran, P. O. Box: 33535111.

Abstract
Food consumers around the world are looking for pleasant and attractive food in terms of taste and appearance. At the same time, they seek its safety and healing. Food color is a major factor and one of the most important properties to its acceptance and selection. Dyes can enhance or mask the natural color of food, identify or decorate food. During the processing of foods, a significant amount of their original color is lost. This defect can be eliminated by using synthetic or natural food dyes. Due to the side effects of synthetic dyes such as multiple poisonings in the short and long term, allergenic reactions, behavioral and neurological effects, and consumer awareness, many synthetic food dyes have been replaced with natural ones today. In addition, natural dyes have antimicrobial, antioxidant, and therapeutic properties against diseases and health disorders. Anthocyanins, carotenoids, phenolic compounds, red beet derivatives, anato, chlorophylls, and some curcuminoids are some of the most widely used natural dyes that are legally available. This report aims to provide a scientific approach in the field of synthetic/natural food dyes. It also describes the industrial and biological technologies used to optimize food attractions, expiration dates, sustainability, public preferences, and prospects for the industry.

Keywords
Food colorants, Natural colorants, Safety of food additives.

Graphical abstract

Corresponding author: bahreinz@irost.org

۱- مقدمه

افزودنی‌های غذایی یکی از اجزاء اساسی سامانه‌های غذایی امروزی هستند که در مسیر زندگی مردم مزیت‌های مشخصی ایجاد می‌کنند. در طول تاریخ زندگی بشر، افزودنی های غذایی، بکار رفته، مورد پژوهش واقع شده، برای آن مقررات وضع شده و همواره تحت مراقبت بوده است. اگرچه از دیدگاه مراجع علمی مختلف، تعریف‌های متفاوتی برای افزودنی غذایی ارائه شده است، اما از لحاظ عملیاتی، موادی که موجب بقا و یا افزایش طعم، مزه و ظاهر خوراک شوند، افزودنی گفته می‌شوند. براساس تعریف کمیسون اتحادیه اروپا، موادی که بصورت معمول به عنوان غذا مصرف نمی‌شوند اما به غذا افزوده می‌شوند تا عملکرد و ویژگی مورد نظر را در خوراکی ایجاد کند، افزودنی می گویند. علیرغم افزایش مقررات و قانونمندی‌های خاص در زمینه افزودنی‌های خوراکی، پژوهش‌های شدید در حوزه صنایع غذایی به حد اعتباری بالایی رسیده است [۳-۱].

صنایع غذایی تاثیری شدید و شگفت انگیز بر تکامل علوم و همچنین تندرستی و تضمین تغذیه، همراه با رضایتمندی در ذائقه مردم اعمال کرده است. تحویل محصولات خاص با شکل‌ها، رنگ‌ها، مزه‌ها، طعم‌ها و ساختار محتوایی گوناگون در سوپرمارکت‌ها به منظور برآورده‌کردن توقعات مصرف‌کنندگان رو به افزایش است [۴]. تردیدی وجود ندارد که ادراک، دیدگاه و اراده مصرف‌کنندگان تاثیری واقعی بر صنایع غذایی اعمال می‌کند. در نتیجه محصولات دلپذیرتر و جذاب‌تری تولید و ارائه شده است [۵]. در بین اجزاء غذایی موثر در خواص طبیعی آنها، افزودنی‌ها در ماندگاری، کیفیت ریز زیستی و ایمنی خوراکی‌ها تاثیر تعیین‌کننده‌ای دارند. رنگ، رایحه و طعم از جمله موثرترین و جذاب‌ترین خواص، در تعیین ارجحیت و انتخاب غذاها هستند [۸-۶]. بهر حال امروزه مصرف تعداد زیادی از افزودنی‌های خوراکی سابق به دلیل اثرات جانبی، مسمومیت‌زایی در کوتاه و بلند مدت و ایجاد حساسیت در افراد ممنوع شده است. در هر کشوری اداره غذا و دارو قواعد و مقررات مربوط را وضع، ابلاغ و نظارت می‌نماید [۹، ۱۰].

با وجود اینکه محصولات غذایی طبیعی شدت رنگ خاص خودشان را دارند، شرایط انبارداری، تولید و روش فرآوری در فام نهایی آنها اثر می‌گذارد، در نتیجه افزودنی خوراکی، بمنظور پوشش نقصان ناخواسته، به عنوان یک راه حل توصیه شده است. در حقیقت افزودنی‌ها با توجه به قانونمندی هرکشور، برای مقاصد چندگانه انتخاب می‌شوند [۱۱]. افزودنی‌های خوراکی تاریخ مصرف طولانی مدتی دارند، به‌ویژه رنگینه‌های افزودنی خوراکی نمونه‌های خوب و ماندگاری دارند. در چشم اندازی وسیع‌تر برابر نظر اداره غذا و داروی آمریکا، هر ماده، رنگدانه و یا ترکیبی که پس از افزودن به غذا، دارو و یا مواد آرایشی و بهداشتی و یا اعمال به اندام انسان، قادر باشد به تنهایی و یا در اثر واکنش با مواد دیگر، ایجاد رنگ کند، به‌عنوان رنگینه خوراکی قلمداد می‌گردد [۱۲].

البته کاملا آشکار است که افزودن خوراکی رنگی به غذا با افزودن مواد رنگزا به غذا دو مفهوم متفاوت هستند. صرف‌نظر از مصرف مستقیم مواد رنگزا، به بیان دیگر، مصرف برای رنگ‌کردن غذا، ممکن است به منظور اطمینان از طعم مطلوب، ایمنی، کیفیت طبیعی و یا ذائقه فردی مشتری به خوراکی افزوده شود. در چند دهه اخیر تلاش‌های زیادی در جهت توانمند سازی صنایع غذایی، بویژه با عنایت به تقاضای مشتریان به جریان افتاده است [۱۳]. از آنجا که هم اکنون محصولاتی با ارزش غذایی مطلوب، با کیفیت بالا، ایمن، جذاب و لذیذ در دسترس هستند، بایستی فناوری‌ها و روش‌های ویژه و انتخابی برای تامین خواسته مشتریان ابداع و اعمال شود تا در برابر عوامل محیطی مانند نور، دما، رطوبت، شرایط انبارداری و عوامل زایل‌کننده رنگ غذا، پایداری بوجود آید [۱۴]. از اینرو مواد رنگزای غذایی، به منظور جبران و غلبه بر خواص نامطلوب خوراکیها و یکنواخت‌سازی و طبیعی نمایی فام آنها بکار می‌روند که نتیجه نهایی مورد پسند مشتری خواهد بود. در حقیقت، تمرکز صنایع غذایی بر مصرف اجزاء خوراکی هرچه بیشتر طبیعی می‌باشد [۱۵، ۱۶].

با رنگ جذاب می‌توان غذا را دلپذیر نمود. احتمالا رنگ بیش از هر عامل دیگری مقبولیت محصول را در برابر مشتریان افزایش می‌دهد. معمولا رنگ معادل کیفیت دیده می‌شود و می‌تواند به عنوان یک معرف ایمنی و ارزش غذا بکار رود. به همین دلایل صنایع غذایی در پی افزایش رضایتمندی مردم هستند. رنگ یک خاصیت ذاتی غذا است که بصورت موثری به ادراک مردم از کیفیت و مزه آن مرتبط است. بسیاری از مردم این تجربه را دارندکه مزه موز اندکی سبز از نمونه هایی که زرد – قهوه‌ای هستند متفاوت است. هیچ کس انتظار ندارد که مزه زیتون قهوه‌ای کنسرو شده مزه همان نمونه تازه پخته شده را داشته باشد. بر پایه این تجربیات، مردم بین رنگ، مزه و طعم، مثلا رنگ زرد لیمو و سبز نعناع، ارتباط بر قرار می‌کنند. بگونه‌ای مشابه، هنگامی‌که مردم غذا می‌خرند، انتخاب خود را بر مبنای دریافت چشمی آزمایش نموده و تصمیم می‌گیرند. بدین جهت است که صنایع غذایی در پی آنند که ظاهر محصول غذایی از اولویت بالاتری در مقایسه با طعم برخوردار باشد. نمونه آن انواع گوجه فرنگی پرورش یافته به رنگ و شکل متنوع است که در طول سال در دسترس مردم است. امروزه صنایع غذایی به سه دلیل ماده رنگزا را به غذا اضافه می‌کنند.۱) تداعی و بازسازی رنگ از دست رفته در حین فرآوری غذا. ۲) ایجاد رنگ دلخواه و یا برابر میل مشتری در محصول غذایی. ۳) ایجاد نمونه تجاری خاص. مواد رنگزای خوراکی از نظر منشا به چهار دسته تقسیم‌بندی می‌شوند [۲۱-۱۷].

مواد رنگزای طبیعی: مواد رنگزایی که بوسیله موجودات زنده ساخته می‌شوند. مانند مواد رنگزای حاصل از گیاهان و حشرات و موجودات ریز. مواد رنگزای اصلاح شده از مواد طبیعی مانند کارامل[1] و کلروفیلین مس[2] هم اگر چه در طبیعت یافت نمی‌شوند، طبیعی قلمداد می‌شوند.

مواد رنگزای همانند رنگدانه طبیعی: رنگ‌های ساخت بشر که البته در طبیعت هم وجود دارند. مانند بتاکاروتن[3]، کانتازانتین[4] و ریبوفلاوین[1].

[1] Caramel
[2] Cu- chlorophyllin
[3] β- Carotene
[4] Canthaxanthin

مواد رنگزای سنتزی: رنگ‌های ساخت بشر که در طبیعت وجود ندارند که عمدتا از نوع آزویی هستند.

رنگدانه‌های معدنی: مانند دی اکسید تیتانیم، اکسیدهای آهن.

۲- مواد رنگزای خوراکی

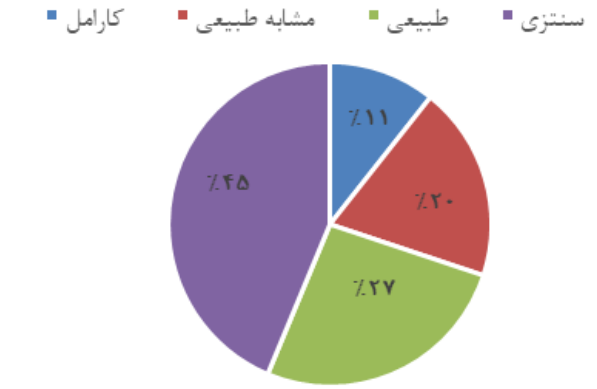
۲-۱- بازار مصرف مواد رنگزای خوراکی

برآورد شده که بازار جهانی مواد رنگزای خوراکی در سال ۲۰۰۹ برابر ۱/۴۵ میلیارد دلار بوده است. در همان سال ۳۱٪ مواد رنگزای مصرفی با منشا طبیعی بوده است. برابر گزارش‌ها، سهم مصرف مواد رنگزای خوراکی طبیعی از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ به حدود ۳۵٪ رسیده است. سهم مصرف مواد رنگزای خوراکی در مناطق مختلف جهان در سال ۲۰۱۴ در شکل ۱ نشان داده شده است. شکل ۲ و جدول ۱ سهم مصرف انواع مواد رنگزای خوراکی را در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ در مناطق مختلف جهان نشان می‌دهد. بازار مواد رنگزای خوراکی در سال ۲۰۱۸ تا مبلغ ۳/۷۸ میلیارد دلار بر آورد شده است. انتظار می‌رود تا سال ۲۰۲۶ با نرخ رشد ۵/۴۶٪ به ۵/۷۹ میلیارد دلار برسد. تخمین زده می‌شود هر انسان در سال حدود ۳۶۰ گرم رنگ خوراکی را به شکل‌های گوناگون مصرف می‌کند. و روزانه حدود ۶۰ میلی گرم حد مجاز مصرفی افزودنی آن است (در هر غذا حدودا یک صدم در صد رنگ وجود دارد) [۲۲، ۲۳].

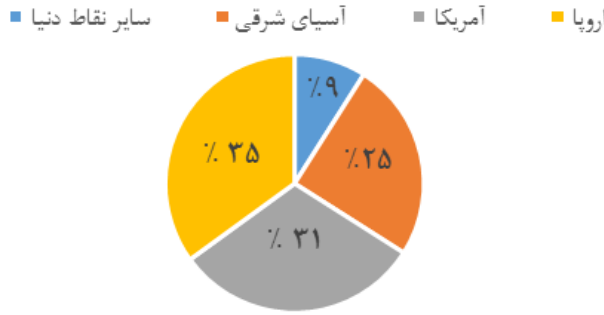
بازار رنگ‌های خوراکی طبیعی امیدواری زیادی را ایجاد کرده است. قابلیت بازار جهانی رنگ‌های خوراکی بترتیب در سال‌های ۲۰۰۰ ، ۲۰۰۵ و۲۰۱۰ برابر ۲۴۰۰ ، ۳۰۰۰ و ۸۰۰۰ تن بوده و رشد سالانه بازار رنگ‌های غذایی طبیعی ۱۵ – ۱۰٪ می‌باشد. اگرچه آمار دقیق و قابل اعتمادی در مورد مصرف رنگِ‌های طبیعی در دسترس نیست، با این وجود، ارزش جهانی فعلی آن حدود ۱/۱۵ میلیارد دلار برآورد می‌شود. در شکل ۱ سهم نوع مواد رنگزا و مصرف روزانه/ سرانه نشان داده شده است. در این تخمین مواد رنگزای سنتزی ۴۲٪، طبیعی ۲۷٪ ، مشابه طبیعی ۲۰٪ و کارامل‌ها ۱۱٪ را بخود اختصاص داده اند. با توجه به گرایش روزافزون مردم به مصرف رنگ‌های خوراکی طبیعی نرخ رشد رنگ خوراکی ۱۰-۵٪ در سال برآورد می‌شود. در اتحادیه اروپا ۴۳ ماده رنگزا به‌عنوان افزودنی به خوراکی‌ها تصویب شده که به هر کدام یک کد مخصوص همراه با نماد (E) اختصاص یافته است. از این تعداد ۱۷ قلم سنتزی و ۲۶ قلم طبیعی و یا سنتزی مشابه (همانند) طبیعی است. در آمریکا ۷ ماده رنگزا سنتزی مجاز شمرده می‌شود. از بین مواد رنگزای مشابه طبیعی، بتا- کاروتن بخش مهمی از بازار (۱۷٪ بازار جهانی و ۴۰ ٪ بازار اروپا) را بخود اختصاص داده است که تخمین زده می‌شود سالانه به ۵۰۰ تن برسد . بصورت تخمینی ارزش کاروتنوئید ها برابر ۸۸۷ میلیون دلار، بتا- کاروتن ۲۴۲ میلیون دلار، کارامل ها ۱۱۲ میلیون دلار و بقیه رنگدانه های طبیعی ۳۵۳ میلیون دلار برآورد شده است. با احتساب نرخ رشد ۳٪ در سال ۲۰۱۸ مصرف کاروتنوئیدها به ۱/۴ میلیارد دلار نیز خواهد رسید [۲۱، ۲۲].

۲-۲- مواد رنگزای خوراکی سنتزی

مواد رنگزای خوراکی سنتزی بگونه ای وسیع، به منظور بهبود جذابیت تعداد زیادی از غذاها، مصرف می‌شوند.



شکل ۱- سهم (٪) مصرف مواد رنگزای خوراکی در مناطق مختلف جهان در سال ۲۰۱۴ [۲۳].



شکل ۲- سهم (٪) انواع مواد رنگزای خوراکی در بازار جهانی [۲۲-۲۱].

[1] Riboflavin

جدول ۱- سهم مصرف (٪) انواع غذای رنگی و رنگ‌های خوراکی در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ در مناطق مختلف جهان [۲۳].

نوع ماده رنگزا	آسیا	اروپا	آمریکای شمالی	آمریکای لاتین	خاورمیانه و آفریقا
طبیعی	۶۶	۷۳	۶۸	۷۲	۵۴
سنتزی	۳۲	۱۶	۲۹	۳۷	۳۲
غذای ذاتا رنگی	۲	۱۴	۴	۲	۴

علیرغم اینکه تعداد قابل‌ملاحظه‌ای از آنها از دور مصرف خارج شده و یا ممنوع شده‌اند، هنوز رنگ‌های فام آبی، قرمز تا نارنجی، زرد، و سبز (جدول ۲) از جمله پر مصرف‌ها هستند و از لحاظ اثرات جانبی، ایمنی، مسمومیت‌زایی در کوتاه و یا بلند مدت مورد بررسی و مطالعه می‌باشند.

در حال حاضر مصرف مواد رنگزای نامبرده از سوی اداره غذا و داروی آمریکا و اتحادیه اروپا با حد مجاز (دوز) مشخص شده مجاز می‌باشد. با توجه به حد مجاز ارائه شده در جدول ۲، مواد رنگزای آبی، زرد و سبز فام کم خطر تلقی می‌شوند. قابل بیان است که برای دی اکسید تیتان سفید (E171) هیچ گونه حد مجازی تعیین نشده است و امروزه در قنادی‌ها، پنیر، بستنی و چاشنی‌ها بصورت تجربی مصرف می‌شود. همانگونه که در جدول ۲ آورده شده است، فام های قرمز تا نارنجی بنام اریتروزین E127(۰/۱ mg/kg b.w.) و (۰/۱ mg/kg b.w.) red 2G e E128 و آمارانتای (۰/۸ mg/kg b.w.) E123 کم‌ترین حد مجاز را دارند. به بیان دیگر بروز اثرات جانبی و مسمومیت در اثر آنها محتمل می‌باشد (b.w.= وزن بدن). از آنجا که بسیاری از غذاها روزانه مصرف می‌شوند، لازم است اثرات انباشت دراز مدت مواد رنگزای آنها در بدن مورد ملاحظه قرار گیرد. سوای اثرات حساسیت‌زایی بسیاری از مواد رنگزای سنتزی، از نظر رفتاری نیز در کودکان اثرات بیش فعالی مشاهده شده است. ضعف در تمرکز و بیش فعالی از جمله دو اثر منفی مواد رنگزای خوراکی سنتزی شناخته شده است [۳۰-۲۴].

۲-۳- مواد رنگزای خوراکی طبیعی و پژوهش‌های نوین

با افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان برای اجزاء غذایی ایمن، با منشأ طبیعی، فقدان اثرات جانبی و افزاینده تندرستی، تجربیات بیشماری برای فراهم‌آوری مواد رنگزای غذایی موثرتر و قابل انتخاب به انجام رسیده است. به عنوان مثال، هنوز خواص مواد رنگزای قهوه‌ای و مشکی با منشأ طبیعی و یا سنتزی، مانند کاربرد خوراکی، پایداری شیمیایی، اثرات جانبی، مسمومیت زایی همراه با موثرترین و ایمن‌ترین حد مجاز مصرفی مورد پژوهش می‌باشند. از اینرو، برای رنگ‌های خوراکی مجاز رایج کد اتحادیه اروپا E و حد مجاز مصرفی به تصویب رسیده است. مثلا تصویب شده که کارامل ای (caramel e) با نشانه و حد مجاز مصرفی E150 و (۱۶۰-۲۰۰ mg/kg b.w.) در سس، بیسکویت، چیپس، ترشی، چند نوشابه الکلی و غیرالکلی، رنگ مشکی روشن (mg/kg b.w. ۱) E151 برای پنیر، شراب، سس و نوشابه‌ها و رنگ مشکی حاصل از سبزیجات E153 برای مربا و ژله، رنگینه قهوه‌ای (۰/۱۵ mg/kg b.w.) FK e E154 برای ماهی دودی و گوشت و رنگ قهوه‌ای (۱/۵ mg/kg b.w.) HT e E155 برای بیسکویت، شکلات و کیک به مصرف برسد. دیگر حوزه جالب مورد توجه و پژوهش، مواد رنگزای طبیعی حاصل از مخمرها است. آخرین مطالعه در این زمینه به موناسکین[1] مربوط می‌شود که یک ماده رنگزای ثانوی حاصل از نوعی موناسکوس[2] است [۴۸-۳۷].

[1] Monascin
[2] Monascus

جدول ۲- مواد رنگزای خوراکی سنتزی رایج [۳۶-۳۱].

نام ماده رنگزا	فام	شماره کالر ایندکس (C. I.)	کد اتحادیه اروپا	حد مجاز (میلی‌گرم بر کیلوگرم بدن)	مورد مصرف
Brilliant blue FCF	آبی	food blue 2	E133	10	محصولات لبنی، نوشابه‌ها، ژله‌ها، بستنی
Indigo carmine (indigotin)	آبی- سرمه‌ای	Food blue 1	E132	5	بستنی، شیرینی، بیسکویت
Patent blue V	آبی	Food blue 5	E131	15	شیرینی، ژله
Allura red AC	قرمز	Food red 17	E129	7	نوشابه، گوشت
Amaranth	-	Food red 9	E123	0.8	نوشابه، آبجو، ماهی
b-Carotene	نارنجی- قرمز	Food orange 5	E160a	5	سس، شیر، چاشنی، نوشابه
Carminic acid	قرمز	Natural red 4	E120	5	کیک، نوشابه، مربا، ژله، بستنی
Carmoisine (azorubine)	قرمز	Food red 3	E122	4	مربا، ژله، ماست
Erythrosine	صورتی	Food red 14	E127	0.1	شیرینی جات
Lithol rubin	قرمز	Pig. Red 57	E180	1.5	پنیر
Ponceau 4R	قرمز	Food red 7	E124	4	نوشابه غیرالکلی، شیرینی، ژله
Red 2G (Azophloxin)	قرمز	Food red 10	E128	0.1	شیرینی جات، گوشت
Quinoline yellow	زرد	Food yellow 13	E104	10	میوه و سبزیجات
Sunset yellow FCF	زرد	Food yellow 3	E110	2.5	نوشابه غیرالکلی، شیرینی، ژله
Tarterazin	زرد	Food yellow 4	E102	7.5	نوشابه غیرالکلی، شیرینی، ژله
Copper chlorophyllin complexes	سبز	Natural green 5	E141ii	7.5	بصورت سلیقه‌ای در انواع غذاها
Green S	سبز	Food blue 4	E142	5	کیک، سس، ژله
Titanium dioxide	-	Pig. White 6	E171	تعریف نشده	شیرینی جات، پنیر، بستنی

جدای از خاصیت جالب رنگ کردن غذاها، چندین فعالیت زیستی مانند خاصیت ضدسرطانی، ضدالتهابی، ضددیابت و اثر ضدکلسترولی آن نیز گزارش شده است [۴۸-۳۷].

برای این ماده رنگزا کد E تصویب نشده، در آلمان وکشور های آسیایی هنوز قانونی نشده اما مصرف می‌شود. بدین ترتیب برای این ماده رنگزا جای کار علمی وجود دارد. در مورد دیگر مواد رنگزای طبیعی مانند آنتوسیانین‌ها، بتالایین‌ها، کاروتنوئیدها، ترکیبات فنلی نیز مطالعاتی به انجام رسیده است. مواد رنگزای حاصل از آناتو، اسید کارمینیک[1]، کیورکیومین[2] مورد تحقیق محدود قرار گرفته‌اند. آنتوسیانین ها از جمله مواد رنگزای خوراکی طبیعی هستند که از گلها، برگها، میوه‌ها و یا کل گیاه بدست می‌آیند، بطور وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. آنتوسیانین‌های تجاری شامل سیانیدین ۳- گلوکوزید، پلارگونیدین ۳- گلوکوزید و پئونیدین ۳- گلوکوزید نیز مصرف شده و تاثیر آنها بررسی شده است. قابل بیان است که عواملی مانند دما، pH، رطوبت، نمک، تنش محیطی و شرایط انبارداری بر فام مواد رنگزای آنتوسیانینی اثر می‌گذارند. از اینرو ممکن است فام آنتوسیانین‌ها از قرمز تا ارغوانی و بنفش متغیر باشد. به عنوان مثال فام آنتوسیانین‌ها در محیط اسیدی قوی قرمز پررنگ و در محیط نزدیک به خنثی و یا قلیایی آبی فام خواهد بود. در گزارش‌ها بیشینه پایداری برای آنتوسیانین ها در pH = ۵ -۷ بیان شده است [۴۲-۳۹].

در مورد مواد رنگزای قرمز- ارغوانی حاصل از چغندر قرمز (جدول ۳) از جمله بتاسیانین ها و بتالایین ها مطالعات فراوانی به انجام رسیده و کد E با شماره E162 نیز به آن اختصاص داده شده است.

نکته جالب در مورد منبع گیاهی این مواد رنگزا، به غیر از چغندر قرمز، میوه قرمز کاکتوس است. این رنگ‌ها برای دسر، همبرگر، مربا، بستنی، ژله، سوپ، سس، شیرینی، نوشابه و محصولات لبنی مصرف می‌شوند [۴۵-۴۳].

کاروتنوئیدها گروه دیگری از مواد رنگزای طبیعی هستند که به دلیل قدرت رنگ دهی بالا و خواص زیستی، گرایش و تقاضا به آنها رو به افزایش است. قابلیت‌های آنتی اکسیدانی مواد رنگزای کاروتنوئیدی از نظر علمی اثبات شده است و به‌عنوان نگهدارنده غذایی، به مقیاس زیادی در خوراکی‌ها، رنگ مواد آرایشی و بهداشتی و دارویی مصرف می‌شوند [۴۸-۴۶].

همانگونه که در جدول ۳ نشان داده شده است، کاروتنوئیدها درصنایع غذایی که محصول چربی دارند کاربرد زیادی دارد. درحقیقت، کره، کیک ، شیر و برخی از نوشیدنی‌ها دارای مقادیر متفاوت از چربی و در نتیجه استعداد متفاوت از اکسیداسیون هستند.

[1] Carminic acid
[2] Curcumin

جدول ۳- مواد رنگزای خوراکی طبیعی رایج [۶۶-۵۵، ۲۲].

رده/ خانواده	نام ماده رنگزا	فام	کد اتحادیه اروپا	منبع گیاهی	مورد مصرف
آنتوسیانین‌ها	سیانیدین دلفینیدین مالویدین پلارگونیدین پئونیدین پتونیدین	قرمز	E163	انگور، گیلاس، آلبالو	نوشابه غیرالکلی، بستنی، ژله
بتالایین‌ها	بتاسیانین (بتالایین)	قرمز- صورتی	E162	چغندر قرمز، کاکتوس	همبرگر، دسر، بستنی، ژله، سوپ، سس، شیرینی، نوشابه، لبنیات
	آلفا- کاروتن	قرمز- نارنجی	-	-	-
	بتا-کاروتن	قرمز-نارنجی	E160a	هویج، کشت قارچ	کره، کیک، شیر، نوشابه
	لوتئین	زرد- نارنجی	E161b	-	-
	آستازانتین	قرمز- نارنجی	E161j	میکروجلبک، مخمر	دارو، غذا
کاروتنوئیدها	کروستین	زرد	-	-	مربا، ژله، نوشابه غیرالکلی
	کروسین	زرد	-	-	-
	آناتو	زرد-قرمز	E160b	دانه گیاه آناتو/ بیکسین	کیک، بیسکویت، برنج، نوشابه، سس
	کارمینیک اسید	زرد-قرمز	E120	حشره	بستنی، شیرینی، آبمیوه، دسر، ژله
-	کلروفیل	سبز	E140	گیاهان مختلف	ژله، بستنی، دارو، خمیر دندان
-	زردچوبه	زرد-نارنجی	E100	ریشه زردچوبه	غذاهای مختلف

منابع کاروتنوئیدها نه تنها گیاهان مانند سبزیجات، ریشه گیاه، گل‌ها، برگ‌ها و حتی ساقه بلکه از جلبک‌ها، مخمرها و حیوانات آبزی نیز بدست می‌آیند [۴۹، ۵]. به عنوان مثال آستازانتین (astaxanthin E161j) از منابع حیوانی و بتاکاروتن (E160a) از هویج و یا قارچ (blakeslea trispora) بدست می‌آید. بیشترین فام حاصل از کاروتنوئید ها شامل زرد، نارنجی و قرمز می‌باشد. دو کاروتنوئید لوتئین (E161b) و آستازانتین (E161j) بیشتر برای داروها و غذاها مصرف می‌شوند [۵۲، ۵۱].

ترکیبات فنلی، دیگر رده از مواد رنگزای خوراکی طبیعی می‌باشند. ترکیبات فلاوانون‌ها (نارینجین)، فلاوون‌ها (آپیجنین) و فلاونول‌ها (فی‌ستین، می ری ستین، می ری سیتین، کرستین، روتین) فراوان مورد پژوهش واقع شده و تجاری نیز شده‌اند. از اینها می‌ری ستین و می ری سیتین منشا گیاهی دارند که از ریشه‌های گیاه Myrica cerifera L استخراج می‌شوند. خواص بسیاری دیگر از ترکیبات فنلی نیز مطالعه شده، اما ایمنی، پایداری و گستره فعالیت آنها هنوز نامعین است. در حقیقت، ترکیبات پلی‌فنل، علیرغم دارا بودن خواص آنتی‌اکسیدانی و فایده بهداشتی هنوز کد E و حد مجاز مصرفی برای آنها تعریف نشده است. در نهایت سوای خواص زیستی ترکیبات فنلی، این مواد دسته‌ای مهم از مواد رنگزای طبیعی می‌باشند. علاوه براین، زردچوبه (E100) که از ترکیبات شناخته شده کیورکیومنوئیدی است و از ریزوم کیورکیوما بدست می‌آید، یک رنگ خوراکی طبیعی پر مصرف است (جدول ۳). آناتو (E160b) دیگر رنگ خوراکی طبیعی است که تاریخ مصرف طولانی دارد. بیکسین و نوربیکسین جزئی اصلی از رنگدانه‌های زرد - قرمز هستند که از دانه‌های اورلانا بدست می‌آیند. رنگ طبیعی زرد – قرمز کارمینیک اسید (E120) با منشا سنتزی در دسترس بوده و حد مجاز مصرفی ۵ mg/kg b.w. برای آن تعریف شده و برای کیک‌ها، نوشابه‌ها، مربا، بستنی، سس، ماهی خشک، ماست، ژله، آدامس، و محصولات لبنی مصرف می‌شود. علیرغم سهولت دسترسی و بهای کمتر رنگ‌های خوراکی سنتزی، رنگ‌های طبیعی به دلیل ایمنی بیشتر بسرعت جایگزین آنها می‌شوند [۶۰-۴۸، ۱۰].

مواد رنگزای غذایی دیگری مانند فیکوسیانین (c-phycocyanin) رنگدانه استخراجی از سیانوباکتری، رنگدانه قرمز – نارنجی از جلبک سبز – آبی، قسمت‌های خشک شده (هواداغ و یا خشک‌کن سرمایشی) از گیاه Crithmum maritimum L که پس از افزودن به غذاهایی مانند پاستا، سس، برنج، ماهی و گوشت فام خاکستری – سبز جذابی ایجاد می‌کند، تحت پژوهش می‌باشند. رنگدانه آبی فام جنیپین که از میوه گیاه Gardenia بدست می‌آید قابلیت مناسبی را برای خوراکی‌هایی مانند نوشابه، آبمیوه، دسر و ژله نشان داده است [۵۶، ۵۵]. رنگدانه بنفش ویولاسئین استخراج شده از باکتری Chromobacterium violaceum UTM 5 برای ماست و ژله فام جذابی دارند. برخی رنگدانه‌های طبیعی دیگر که جنبه تجاری نیز دارند، مانند جنیپوساید(geniposide) و موناسکوروبرین(monascorubrin) هم مورد مطالعه واقع شده اند. در حقیقت، بسیاری از رنگدانه‌های خوراکی طبیعی، با عنایت به دو ملاحظه شامل بازده و ایمنی محصول مورد مطالعه قرار می‌گیرند [۶۰-۵۳، ۵].

۳- چشم انداز صنایع غذایی

۳-۱- چالش‌ها، فرصت‌ها

با ملاحظه نیازمندی‌ها، ادعاها و جهت‌گیری خاص و رو به افزایش مصرف‌کنندگان، فشار زیادی از سوی بازار بر صنایع غذایی وارد می‌شود. رضایتمندی مشتریان، از جمله مهم‌ترین اهداف کشت و صنعت‌ها و صنایع زیست‌فناوری و پژوهش‌های علمی در زمینه خوراکی‌ها است.

همکاری‌های دوجانبه‌ای بین صنایع غذایی و موسسات پژوهش در جریان است. موسسات در پی حصول دانش موثر در کیفیت غذا و صنایع در پی تولید غذای با کیفیت و ایمن و خاص هستند. علاوه بر این، مقررات سختگیرانه ای برای مواد افزودنی خوراکی وضع می‌شود تا بین افزودنی‌های مجاز، ایمن، ممنوع و زیان‌آور تمایز ایجاد شود. فهرست مواد رنگزای خوراکی مجاز و ممنوع با وجود اختلاف نظر بین کشورهای مختلف بطور مرتب ارزیابی و منتشر می‌شود. با وجود اثرات نامطلوب بهداشتی، بیشتر مطالب منتشره در مورد مواد رنگزای خوراکی سنتزی می‌باشد. [۶۶-۵۵، ۴].

۳-۲- نگرشی کلی بر بهینه‌سازی جذابیت غذا

طی سالیان، بیشتر روش‌های دقیق و قابل اعتماد، و حتی فرآیندهای تجزیه‌ای خاص برای مقاصد مختلف در صنایع غذایی توسعه یافته و اعمال شده است. شناسایی مواد اعلام نشده، اجزاء غیرمجاز و یا دیگر افزودنی‌های مجاز و یا ممنوع مستحق توجه می‌باشند. بسیاری از برچسب‌ها در خصوص گرمایش و یا بسته‌بندی و برخی ضروریات متفرقه، ناقص و یا مبهم هستند. علاوه بر این، دیگر جنبه مهم که مورد توجه خاص قرار گرفته است، پایداری واقعی مواد رنگزای خوراکی در زمان انبارداری است. مواد رنگزا در نمایش کیفیت و تازگی خوراکیها نقش اساسی دارند. نشانه‌های بصری، بدون تردید در انتخاب و پذیرش خوراک اثر می‌گذارند. بنابراین کاملا آشکار است که هدف صنایع غذایی، افزایش یکنواختی، جذابیت و کاربرد رنگ‌های دلچسب و مطابق توقع مصرف‌کننده است [۷۳-۶۷]. چندین گزارش از تاثیر واقعی عوامل بیرونی، شامل دما، نور، اکسیژن هوا، pH، ساختار شیمیایی مواد رنگزا، حلال، مواد بسته‌بندی، شرایط انبارداری بر پایداری رنگ غذا و در نتیجه کاهش جذابیت آنها ارائه شده‌اند. نمونه ای از این مواد رنگزا، آنتوسیانین‌ها به عنوان رنگ خوراکی طبیعی، که ترکیباتی بواقع بسیار متاثر از عوامل نامبرده بوده و ناپایدار هستند. بنابراین قدرت رنگی نهایی آنها بطور قابل‌ملاحظه‌ای حتی در نمونه‌های منبع گیاهی متفاوت خواهد بود. گزارش شده که آنتوسیانین حاصل از لاله قرمز در مقایسه با آنتوسیانین حاصل از لاله بنفش که پایداری شیمیایی کمتری دارد، در برابر دما پایدارتر است [۷۶-۷۴]. در فرآیند خشک کردن آنتوسیانین حاصل از ذغال‌اخته به روش خشک‌کن پاششی، با وجود کاهش مواد ضداکسیدکنندگی و فنلیک در ضمن خشک کردن، مقاومت خوبی در دمای خروجی دستگاه از خود نشان داده است. آنتوسیانین حاصل از برگ‌های این گیاه نیز دامنه پایداری دمایی و pH مناسبی نشان داده است [۷۹-۷۷].

۳-۳- فناوری‌های نوین جهت شناسایی و پایدارسازی مواد رنگزا

همانگونه که قبلا بیان شد، چند فناوری تجزیه‌ای برای هردو منظور شناسایی آسان و کمیت سنجی مواد رنگزا در غذاهای گوناگون توسعه و اصلاح شده‌اند. در حقیقت، برخی از رنگ‌های خوراکی که مصرف آنها در حال حاضر در اتحادیه اروپا ممنوع است، هنوز هم در مقیاس کم در برخی از خوراکی‌ها یافت می‌شوند. از اینرو مقررات سختگیرانه‌تری برای کنترل مصرف آنها وضع شده است. روش‌های تجزیه‌ای رایج برای شناسایی و سنجش مواد رنگزای خوراکی شامل طیف‌سنجی، کروماتوگرافی لایه نازک، HPLC، ولتامتری جذبی، کاپیلاری الکتروفورز می‌باشند. به منظور حذف، خنثی‌سازی و یا پوشش برخی از خصوصیات نامطبوع مواد رنگزا، به عنوان مثال بوی خاص آنها، از روش کپسوله‌کردن و خشک‌کردن پاششی، مثلا با استفاده از بی-سیکلودکسترین می‌توان استفاده نمود [۷۹-۷۷].

۴- نتیجه‌گیری

تقاضای مصرف‌کنندگان و ارجحیت مواد رنگزای طبیعی که بگونه‌های گسترده به تصویر افراد از تندرستی گره خورده، بصورت تصاعدی در حال افزایش است. این امور برای صنایع غذایی و موسسات پژوهشی مربوطه چالش قابل‌ملاحظه ای ایجاد کرده است. تردیدی وجود ندارد که طبیعت از نظر رنگدانه بسیار غنی است و بسیاری از گیاهان که این قابلیت را دارند هنوز شناخته نشده‌اند. با این وجود، همانگونه که قبلا بیان شد بسیاری از این مواد رنگزا تحت تاثیر عوامل محیطی مانند دما، pH، نور، حلال، آنزیم، یون‌های فلزی و حتی ساختار خودشان و در حین فرآوری متحمل تغییرات اساسی و ناپایداری می‌شوند. برای غلبه بر این گرفتاری‌ها، تلاش مداوم بر این است که منابع مطمئن و پایدار را انتخاب و از فناوری‌های پیشرفته در استخراج مواد رنگزا از گیاه استفاده شود و ایمنی و قابلیت‌های زیستی آنها بایستی همچنان مورد مطالعه دقیق علمی قرار بگیرد.

۵- مراجع

1. P. Shukla, A .Sharma, "Food additives from an organic chemistry perspective", Biorg. Org Chem. 1, 70–79, **2017**.
2. European Commission Regulation (EC), No. 1333/2008 of the European parliament and of the council on food additives, **2008**.
3. M. Shahid, F. Mohammad, "Recent advancements in natural dye applications: a review", J. Clean. Prod. 53, 310-331, **2013**.
4. M. Carocho, P. Morales, I. Ferreira, "Natural food additives", Trends Food Sci. Technol. 45, 284-295, **2015**.
5. M. Carocho, M.F. Barreiro, P. Morales, I. Ferreira, "Adding molecules to food, pros and cons: a review on synthetic and natural food additives", Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 13, 377-399, **2014**.
6. S. Ray, U. Raychaudhuri, R. Chakraborty, "An overview of encapsulation of active compounds used in food products by drying technology", Food Biosci. 13, 76-83, **2015**.
7. S. M. Shim, S. H. Seo, Y. Lee, G. I. Moon, M. S. Kim, J. H. Park, "Consumers' knowledge and safety perceptions of food additives: evaluation on the effectiveness of transmitting information on preservatives", Food Control. 22, 1054-1060, **2011**.
8. F. Delgado-Vargas, O. Paredes-Lopez, "Natural colorants for food and nutraceutical uses", Trends Food Sci. Tech. 14, 438, **2003**.
9. P. Amchova, H. Kotolova, J. Ruda-Kucerova, "Health safety issues of synthetic food colorants", Regul. Toxicol. Pharmacol. 73, 914 – 922, **2015**.
10. D. B. Rodriguez-Amaya, "Natural food pigments and colorants", Curr. Opin. Food Sci. 7, 20-26, **2016**.
11. N. Laokuldilok, P. Thakeow, P. Kopermsub, N. Utama-ang, "Optimisation of microencapsulation of turmeric extract for masking flavor", Food Chem. 194, 695-704, **2016**.
12. FDA, Overview of food ingredients, additives & colors. Retrieved February 17, **2016.**
13. A. Agocs, J. Deli, "Pigments in your food", J. Food Comp. Anal. 24, 757-759, **2011**.
14. M. J. Cejudo-Bastante, N. Hurtado, N. Mosquera, F. J. Heredia, "Potential use of new Colombian sources of betalains, Color stability of ulluco (Ullucus tuberosus) extracts under different pH and thermal conditions", Food Res. Inter. 64, 46-471, **2014**.
15. O. Sagdic, L. Ekici, I. Ozturk, T. Tekinay, B. Polat, B. Tastemur, B. Senturk, "Cytotoxic and bioactive properties of different color tulip flowers and degradation kinetic of tulip flower anthocyanins", Food Chem. Tox. 58, 432-439, **2013**.
16. D. M. Jimenez-Aguilar, A. E. Ortega-Regules, J. D. Lozada-Ramírez, M. Perez E. J. Vernon-Carter, J. Welti-Chanes, "Color and chemical stability of spray-dried blueberry extract using mesquite gum as wall material", J. Food Com. Anal. 24, 889-894, **2011**.
17. M. Causse, C. Friguet, C. Coiret, M. Le´picier, B. Navez, M. Lee, N. Holthuysen, F. Sinesio, E. Moneta, S. Grandillo, "Consumer preferences for fresh tomato at the European Scale: a common segmentation on taste and firmness", J. Food Sci. 75, S531–S541, **2010**.
18. J.D.A. Burrows, "Palette of our palates: a brief history of food coloring and its regulation", Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 8, 394–408, **2009**.
19. A. Gengatharan, G. A. Dykes, W. S. Choo, "Betalains: natural plant pigments with potential application in functional foods", LWT – Food Sci. Tech. 64, 645-649, **2015**.
20. D. Masone, & C. Chanforan, "Study on the interaction of artificial and natural food colorants with human serum albumin: a computational point of view", Comput. Biol. Chem. 56, 152-158, **2015**.
21. V. Sharma, HT. Mckone HT, PG. Markow, "A global perspective on history, use and identification of synthetic food dyes", J. Chem. Educ. 88, 24-28, **2011**.
22. A. Mortensen, "carotenoids and other pigments as natural colorants", pure appl. Chem. 78, 1477-1491, **2006**.
23. E. James, A. Eric, G. Mario, Ferruzzi, G. Monica , D. Carla, Mark Goldschmidt, T.Stephen, "Establishing Standards on Colors from Natura Sources", J. Food Sci. 82, 2539-2553, **2017**.
24. M. Henriette, C. Azeredo, "Betalaines: properties, sources, applications, and stability- a review", Inter. J. food sci. Tech. 44, 2235-2347, **2009**.
25. J. M. Gostner, K. Becker, F. Ueberall, D. Fuchs, "The good and bad of antioxidant foods: an immunological perspective", Food Chem. Tox. 80, 72-79, **2015**.
26. Council Regulation (EC) 1129/2011. (n.d.). Council Regulation (EC) 1129/2011 of 11 November 2011 on amending Annex II to Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and

of the Council by establishing a Union list of food additives, 2011.
27. Council Regulation (EC) 1333/2008. (n.d.). Council Regulation (EC) 1333/2008 of 16 December 2008 on food additives, OJ L354/16, **2008**.
28. S. Bonan, G. Fedrizzi, S. Menotta, C. Elisabetta, "Simultaneous determination of synthetic dyes in foodstuffs and beverages by high-performance liquid chromatography coupled with diode-array detector", Dyes Pigm. 99, 36-40, **2013**.
29. C. Kong, E.K. Fodjo, D. Li, Y. Cai, D. Huang, Y. Wang, "Chitosan-based adsorption and freeze deproteinization: improved extraction and purification of synthetic colorants from protein-rich food samples", Food Chem. 188, 240-247, **2015**.
30. E. Paz, A. Martín, A. Bartolome, M. Largo, M. J. Cocero, "Development of water-soluble b-carotene formulations by high-temperature, high-pressure emulsification and anti -solvent precipitation", Food Hydrocol. 37, 14-24, **2014**.
31. G. Karanikolopoulos, A. Gerakis, K. "Papadopoulou, I. Mastrantoni, "Determination of synthetic food colorants in fish products by an HPLC-DAD method", Food Chem. 177, 197-203, **2015**.
32. A. Basu, & G.S. Kumar, "Binding of carmoisine, a food colorant, with hemoglobin: spectroscopic and calorimetric studies, "Food Res. Inter. 72, 54-61, **2015**.
33. EFSA, "Scientific opinion on re-evaluation of copper complexes of chlorophylls (E 141(i)) and chlorophyllins (E 141(ii)) as food additives - EFSA panel on food additives and nutrient sources added to food (ANS)", EFSA, 13, 1-60, **2015**.
34. C. Wang, D. Chen, M. Chen, Y. Wang, Z. Li, Z., F. Li, "Stimulatory effects of blue light on the growth, monascin and ankaflavin production in Monascus", Biotech. Letters. 37, 1043-1048, **2015**.
35. P. Patakova, "Monascus secondary metabolites: production and biological activity", J. Indus. Microb. Biotech. 40, 169-181, **2013**.
36. S. Nontasan, A. Moongngarm, S. Deeseenthum, "Application of functional colorant prepared from black rice bran in yogurt", Procedia Apcbee, 2, 62-67, **2012**.
37. N. Türker, F. Erdogdu, "Effects of pH and temperature of extraction medium on effective diffusion coefficient of anthocynanin pigments of black carrot (Daucus carota var. L.)", J. Food Eng. 76, 579-583, **2006**.
38. L. Cabrita,T. Fossen, O.M. Andersen, "Colour and stability of the six common anthocyanidin 3-glucosides in aqueous solutions", Food Chem. 68, 101-107, **2000**.
39. M. I. Khan, & P. Giridhar, "Enhanced chemical stability, chromatic properties and regeneration of betalains in Rivina humilis L. berry juice". LWT – Food Sci. Tech. 58(2), 649-657, **2014**.
40. M. C. Otalora, J. G. Carriazo, L. Iturriaga, M. A. Nazareno, C. Osorio, "Microencapsulation of betalains obtained from cactus fruit (Opuntia ficusindica) by spray drying using cactus cladode mucilage and maltodextrin as encapsulating agents", Food Chem. 187, 174-181, **2015**.
41. A. Cassano, C. Conidi, E. Drioli, "Physico-chemical parameters of cactus pear (Opuntia ficus-indica) juice clarified by microfiltration and ultrafiltration processes", Desalin. 250, 1101-1104, **2010**.
42. D.B. Rodriguez-Amaya, "Natural food pigments and colorants", Curr. Opinion Food Sci. 7, 20-26, 2016.
43. M.G. Dias, M. F. Camoes, L. Oliveira, "Carotenoids in traditional Portuguese fruits and vegetables", Food Chem. 113, 808-815, **2009**.
44. A. Martín, F. Mattea, L. Gutierrez, F. Miguel, M.J. Cocero, "Co-precipitation of carotenoids and bio-polymers with the supercritical anti-solvent process", J Supercri. Fluids, 41, 138-147, **2007**.
45. C. Grewe, S. Menge, C. Griehl, "Enantioselective separation of all-Eastaxanthin and its determination in microbial sources", J. Chrom. A. 1166, 97-100, **2007**.
46. H. L. Hong, Q. Suo, L.M. Han, C. P. Li, "Study on precipitation of astaxanthin in supercritical fluid", Powder Tech. 191, 294-298. **2009**.
47. T.P.A. Devasagayam, J.C. Tilak, K.K. Boloor, K.S. Sane, S.S. Ghaskadbi, R.D. Lele, "Free radicals and antioxidants in human health: current status and future prospects", J. Assoc. Phys. India. 52, 794-804, **2004**.
48. N. S. Bibi, L. Galvis, M. Grasselli, M. Fernandez-Lahore, "Synthesis and sorption performance of highly specific imprinted particles for the direct recovery of carminic acid", Process Biochem. 47, 1327-1334, **2012**.
49. Z. Zhu, N. Wu, M. Kuang, O. Lamikanra, G. Liu, S. Li, "Preparation and toxicological evaluation of methyl pyranoanthocyanin", Food Chem. Tox. 83, 125-132, **2015**.
50. P.S. Harsha, M.I. Khan, P. Prabhakar, P. Giridhar, "Cyanidin-3-glucoside, nutritionally important constituents and in vitro antioxidant activities of Santalum album L. berries", Food Res. Inter. 50, 275-281, **2013**.
51. K. Ravichandran, N.M. Saw, A.A. Mohdaly, A. M. Gabr, A. Kastell, H. Riedel, I. Smetanska, "Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity", Food Res. Inter. 50, 670-675, **2013**.
52. D. Sobral, R. G. B. Costa, G. M. Machado, J. C. Paula, V. A. Teodoro, N. M. Nunes, M. S. Pinto, "Can lutein replace annatto in the manufacture of Prato cheese", Food Sci. Tech. 68, 349-355, **2016**.
53. G. Martelli, C. Folli, L. Visai, M. Daglia, D. Ferrari, "Thermal stability improvement of blue colorant C-phycocyanin from Spirulina platensis for food industry applications", Process Biochem. 49, 154-159, **2014**.
54. S.K. Mishra, A. Shrivastava, I. Pancha, D. Jain, S. Mishra, "Effect of preservatives for food grade C-phycoerythrin, isolated from marine cyanobacteria Pseudanabaena sp", Inter. J. Biolog. Macro. 47, 597-602, **2010**.
55. M. Renna, & M. Gonnella, "The use of the sea fennel as a new spice-colorant in culinary preparations", Inter. J. Gastr. Food Sci. 1, 111-115, **2012**.
56. Z. Bahrieni, "Preparation and formulation of food grade betalain from beetroot and cactus pears (Opuntia)", Inno. Food Tech. 4, 115-129, **2017**.
57. Z. Bahreini, R. hakak A. Hekmat ,"Optimization of copper chlorophyllin food dye extraction process in bench scale", Proceeding of 6th national congress on applied research in chemistry & chemical engineering conference; January 20, **2020**.
58. Z. Bahreini, R. hakak, "Preparation and formulation of carthamidin yellow natural food dye from carthamus in bench scale", Proceeding of 6th national congress on applied research in chemistry & chemical engineering conference, January 20, **2020**.
59. Z. Bahreini , "Extraction of Carotenoid pigments from persimmon fruit in bench scale", 27th National Iranian food Science & Technology congress, 3 Feb, **2021**.
60. Z. Bahreini, V. Heydari, B. Vahid, and M. assadi, "xtraction, Identification and thermal stability of anthocyanins from Eggplant peel as a Natural Colorant", Prog. Color, colorants, Coat. 859-68, **2015**.
61. L. N. Gao, Y. Zhang, Y.L. Cui, K. Yan, "Evaluation of genipin on human cytochrome P450 isoenzymes and P-glycoprotein in vitro", Fitoterapia. 98, 130-136, **2014**.
62. D. L. Ramos C. M. Renard, L. Wicker, J.C. Montanez, L. A. García-Cerda, J.C. Contreras-Esquivel, "Environmental friendly coldmechanical/ sonic enzymatic assisted extraction of genipin from genipap (Genipa americana)", Ultrason. Sonochem. 21, 43-49, **2014**.

63. C. K. Venil, Z. A. Zakaria, W. A. Ahmad, "Bacterial pigments and their applications". Process Biochem. 48, 1065-1079, 2013.
64. A. Agocs, J. Deli, "Pigments in your food", J. Food Compos. Anal. 24, 757-759, **2011**.
65. J. F. Ayala-Zavala, V. Vega-Vega, C. Rosas-Domínguez, H. Palafox-Carlos, J.A. Villa- Rodriguez, M.W. Siddiqui, G.A. Gonzalez-Aguilar, "Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives", Food Res. Inter. 44, 1866- 1874, **2011**.
66. T. Zou, P. He, A. Yasen, Z. Li, "Determination of seven synthetic dyes in animal feeds and meat by high performance liquid chromatography with diode array and tandem mass detectors", Food Chem. 138, 1742-1748, **2013**.
67. Council Regulation (EC) 1129/2011. (n.d.). Council Regulation (EC) 1129/2011 on amending Annex II to Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council by establishing a Union list of food additives, **2011**.
68. A. Todaro, F. Cimino, P. Rapisarda, A.E. Catalano, R.N. Barbagallo, G. Spagna, "Recovery of anthocyanins from eggplant peel", Food Chem. 114, 434-439, **2009**.
69. M. P. Junqueira-Goncalves, L.P. Cardoso, M. S. Pinto, R.M. Pereira, N. F. Soares, J. Miltz, "Irradiated beetroot extract as a colorant for cream cheese", Radiation Phys. Chem. 80, 114-118, **2011**.
70. M. A. Lemos, M. M. Aliyu, G. Hungerford, "Observation of the location and form of anthocyanin in purple potato using time-resolved fluorescence", Inn. Food Sci. Emerging Tech. 16, 61-68, **2012**.
71. M. T. M. Assous, M. M. Abdel-Hady, G. M. Medany, "Evaluation of red pigment extracted from purple carrots and its utilization as antioxidant and natural food colorants", Annals Agri. Sci. 59, 1-7, **2014**.
72. J. B. L. Tan, Y.Y. Lim, S. M. Lee, "Rhoeo spathacea (Swartz) Stearn leaves, a potential natural food colorant", J. Func. Foods.7, 443-451, **2014**.
73. I. Konczak, N. Terahara, M. Yoshimoto, M. Nakatani, M. Yoshinaga, O. Yamakawa, "Regulating the composition of anthocyanins and phenolic acids in a sweet potato cell culture towards production of polyphenolic complex with enhanced physiological activity", Trends Food Sci. Tech. 16, 377-388, **2005**.
74. A. Gengatharan, G.A. Dykes, W.S. Choo, "Betalains: natural plant pigments with potential application in functional foods", LWT - Food Sci. Tech. 64, 645-649, **2015**.
75. D. R. Kammerer, J. Kammerer, R. Valet, R. Carle, "Recovery of polyphenols from the by-products of plant food processing and application as valuable food ingredients", Food Res. Inter. 65, 2-12, **2014**.
76. I. X. Ceron, J.C. Higuita, C. A. Cardona, "Design and analysis of antioxidant compounds from Andes berry fruits (Rubus glaucus Benth) using an enhancedfluidity liquid extraction process with CO2 and ethanol", J. Super. Fluids, 62, 96-101, **2012**.
77. M. Natalia, L. R. Custodio, Lillian Barros, C. F. Isabel, "Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices", Trends Food Sci. Tech. 52, 1-15, **2016**.
78. G. Karanikolopoulos, A. Gerakis, K. Papadopoulou, I. Mastrantoni, "Determination of synthetic food colorants in fish products by an HPLC-DADmethod", Food Chem. 177, 197-203, **2015**.
79. N. Laokuldilok, P. Thakeow, P. Kopermsub, &N. Utama-ang, "Optimisation of microencapsulation of turmeric extract for masking flavor", Food Chem. 194, 695-704, **2016**.