مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2022 ، 10 (2) : 136 – 155 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

الانثوسيانينات : استعراض مراجع

ايناس عبد الرحمن علي الشريط* و روضة محمود العلي
قسم علوم الاغذية / كلية الزراعة / جامعة البصرة / العراق
***Corresponding author: enasabdulrahman1990@yahoo.com & enas.ali@uobasrah.edu.iq**
استلام البحث : 28 / 06 / 2022 وقبول النشر : 25 / 07 / 2022

الخلاصة
الانثوسيانينات صبغات نباتية ذائبة بالماء والمذيبات العضوية تستخلص من الفواكه والخضروات اذ تتراوح الوانها بين البرتقالي الى الوردي والاحمر الى الارجواني والازرق اعتماداً على التركيب الجزيئي والرقم الهيدروجيني للوسط، تعد الانثوسيانينات من المركبات النشطة حيوياً ففي السنوات الأخيرة استعملت كملونات طبيعية في التصنيع الغذائي بسبب خصائصها العلاجية اذ تعمل على تعزيز الصحة ويرمز لها E163. وتتواجد الانثوسيانينات في النباتات ذات الترتيب العالي اذ تعمل على حماية النبات من الاشعة فوق البنفسجية عن طريق امتصاصها للشعاع الضوئي. يتكون تركيبها البنائي من جزئين جزء يسمى اكلايكون او الانثوسياندين يحتوي على 15 ذرة كربون بشكل C_6-C_3-C_6 والجزء الاخر يتضمن السكريات وان اكثر السكريات شيوعاً للارتباط كلوكوز ، كالاكتوز ، زايلوز و ارابينوز، إن أكثر الانثوسيانينات انتشارا في الطبيعة السيانيدين ، بيلاركونيدين والدلفيندين اذا تشكل 80% من صبغات الأوراق و69% من صبغات الفاكهة و 50% من صبغات الازهار، تتأثر ثباتية الانثوسيانيات بعدة عوامل الرقم الهيدروجيني، الدرجات الحرارية، الايونات المعدنية، المواد الحافظة، المواد المختزلة، المواد المؤكسدة، الاحماض الامينية، السكريات، الانزيمات، الضوء، ثنائي أوكسيد الكبريت ومرافقات الصبغة.
الكلمات المفتاحية: الألوان، الانثوسيانينات، الصبغات النباتية، مضادات الاكسدة، عوامل الاكسدة والاختزال، ايون الاكسونيوم ، الاستخلاص

Anthocyanins: A review

Enas A. Al-Shurait* and Rawdah M. Al-Ali
Dep. of Food Science, College of Agriculture, University of Basrah, Basrah, Iraq.
***Corresponding author: enasabdulrahman1990@yahoo.com & enas.ali@uobasrah.edu.iq**
Received: 28 / 06 / 2022; Accepted: 25 / 07 / 2022

Abstract
Anthocyanins are pigments that were extracted from fruits and vegetables. They are soluble in water and organic solvents, and their color can range from orange to pink to red to purple or blue, depending on the structure and pH of the medium. Because anthocyanins are bioactive compounds, they have recently been used as a natural color in the food systems due to their ability to promote health and symbolizes anthocyanins E163, anthocyanins are present in higher order plants its work to protect plant from ultraviolet ray by absorbing the light. Its structural consists of two part, first part known as aglycone or anthocyanidin, contains 15 carbon atoms in the form of C6-C3-C6 , the second part is made up sugars, the most types that attached in structure of anthocyanins glucose, galactose, xylose and arabinose. The most available anthocyanins in nature are cyanidin, pelargonidin, and delphinidin, that make up for 80% of the pigments in leaves, 50% of the pigments in fruit, and 50% of the pigments in roses. The stability of anthocyanins is determined by a lot of factors, including pH, temperature, metal ions, preservatives, reducing agents, oxidizing agents, amino acids, sugars, enzymes, light, sulfur dioxide, oxygen and co-pigment.
Keyword: Colors, Anthocyanins, Pigments, Antioxidant, Oxonium ion, oxidizing and reducing agents, Extraction

المقدمة
ان ازدياد العدد السكاني في العالم أدى الى زيادة عدد المخلفات التي تؤثر سلباً على البيئة اذ أصبحت النفايات مصدر قلق لصحة الانسان ومن هذه النفايات المخلفات النباتية، اتجهت اعين المؤسسات الصناعية الى تقليل التلوث البيئي عن طريق إعادة تدوير

مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2022 ، 10 (2) : 136 – 155 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

المخلفات النباتية والاستفادة منها بشكل إيجابي (Silva *et al.*,2018). ازداد استعمال المضافات الغذائية من قبل المستهلك يوماً بعد اخر ومن هذه المضافات الملونات الغذائية الصناعية وبسبب الاثار الضارة للملونات الصناعية استبدلت بملونات طبيعية، تعد عملية إضافة الملونات الى الغذاء ممارسة قديمة اذ يرجع تاريخها الى 2600 سنه قبل الميلاد في الصين، ازداد استعمالها سنوياً بنسبة 10-15% (Shamina *et al.*,2007; Amelia, *et al.*,2013; Cortez *et al.*,2017). يعد اختيار اللون خاصية رئيسة في تقبل المستهلك لأي منتج غذائي اذ تعمل الملونات على توحيد لون المنتج النهائي، تحسين جودته، اعطائه مظهر جذاب، حماية النكهة والمركبات الحساسة للضوء وبالتالي زيادة التقبل من قبل المستهلك وزيادة القوة الشرائية (Ramadan and El-Hadidy,2015; Le *et al.*,2019; Gerard *et al.*,2019). الانثوسيانينات هي صبغات نباتية تتواجد في جميع النباتات ذات الرتبة العالية ويندر تواجدها في الفطريات بينما يتواجد مركب 3-deoxyanthocyanidins في بعض الأعشاب البحرية المرجانية، يمكن تواجدها في حزم متخصصة داخل فجوات في الخلية ويطلق عليها الانثوسيانوبلاست هي المسؤولة عن التخليق الحيوي للانثوسيانينات (Barnes,2010) . الهدف من المقاله إعطاء فكرة عن الصبغات الطبيعية النباتية (الانثوسيانينات) والعوامل المؤثرة على ثباتيتها

الألوان:

يعد اللون هو احد خصائص منتجات الفاكهة والخضروات وتتأثر تفضيلات اللون بالجوانب الثقافية والاجتماعية والجغرافية للسكان التي بدورها تؤثر بشكل كبير على اختيارات المستهلك للأغذية ، إن لكل نوع من الغذاء لون يتميز به وبالتالي يعد الخاصية الأولى التي تدركها حواس الإنسان ولا غنى عنها للتعرف السريع على المنتج وقبوله النهائي (Malien-Aubert *et al.*,2001; Joshi *et al.* 2003; Joshi and Preema,2017).

يوفر اللون معلومات عن جودة الغذاء وسلامته ونضارته ومؤشر على القيم الجمالية والحسية، إن إضافة الألوان إلى الغذاء تمنحه مظهر جذاب وشهي (Stintzing and Carle,2004; Shetty *et al.*,2017; Joshi and Preema,2017). ان اللون هو ناتج من تفاعل الضوء مع المادة الذي يمكن أن تكون صبغات نباتية أو أصباغ صناعية أو مادة أخرى قادرة على منح اللون عند إضافتها إلى المنتج الذي قد يكون غذاء، دواء أو مستحضرات تجميل ، يرجع لون الجسم الشفاف إلى الوان الضوء الذي يمكن إن يمر عبر المادة مثل مرور الضوء الأبيض عبر زجاج النبيذ الأحمر ليصبح احمر اللون الذي يرجع إلى امتصاص النبيذ جميع الألوان والسماح فقط باللون الأحمر بالمرور ويعتمد بشكل كبير على الخصائص الكيميائية والفيزيائية للمادة (Ahmadiani,2015;Shindy,2016).

استعملت بعض الشركات الألوان لجذب فئة معينة من الناس مثل الأطفال ، لتحسين مظهر المنتج الغذائي وقبوله من قبل المستهلك، إذ يتم إضافة الملونات إلى الغذاء المصنع لإحدى الأسباب فقدان اللون والنكهة إثناء التصنيع خاصة عند استعمال الحرارة العالية، للتغطية عن المنتجات الغذائية منخفضة الجودة ، اختلاف مواسم الإنتاج أو المنطقة الجغرافية، عدم وجود لون طبيعي للغذاء أو لأغراض التزيين بالتالي يتم إضافة ملونات طبيعية أو صناعية إلى المنتج الغذائي لتعزيز وتحسين اللون الأصلي . (Delgado-Vargas and Paredes-Lopez,2002; Liamas *et al.*, 2009; Cortez *et al.*,2017)

يرجع إضافة المستخلصات اللونية الطبيعية كملونات غذائية إلى 1500 سنة قبل الميلاد ، اذ يتطلب معرفة جيدة في علوم الهندسة والقانون والتسويق ، بالتالي يحتاج عالم الغذاء معلومات كافية عن الألوان المستعملة في الغذاء وخصائصها وتركيبها الكيميائي وبالتالي عدم حصول تداخل ما بين مركبات الألوان والمادة الغذائية وحصول تغير باللون أثناء عملية التصنيع ، لذلك اتجهت الشركات الى استبدال الصبغات الطبيعية التي تتأثر بالضوء والظروف الجوية بإصباغ صناعية أكثر استقراراً (Downham and Collins,2000; Frick,2003; Ahmadiani,2015).

تعد الصبغات والإصباغ من أهم الملونات المستعملة لإضافة لون أو تغير لون شيء ما، اذ تستعمل في صناعة النسيج والأدوية والمنتجات الغذائية ومستحضرات التجميل والبلاستيك والطلاء والحبر والورق، زاد الطلب على استعمال الملونات الطبيعية في المنتج الغذائي في السنوات الأخيرة وبنسبة 10-15% سنويا اذ يرجع الى زيادة الوعي بالمخاطر الصحية والآثار الجانبية للملونات الصناعية المستعملة في المنتج الغذائي (Lazze *et al.*,2004; Carocho *et al.*,2014; Gurses *et al.*,2016; Shetty, 2017).

مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2022 ، 10 (2) : 136 – 155 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

صنفت الملونات المستعملة في تلوين المواد الغذائية إلى أربع أصناف (Mortensen ,2006; Shetty,2017)

1- الألوان الطبيعية Natural Colors وهي صبغات يتم استخلاصها بشكل طبيعي من الكائنات الحية مثل صبغة الانثوسيانينات والبيتالينات.

2- الألوان المطابقة للطبيعية Nature-identical Colors وهي صبغات مشابهة للصبغات الطبيعية يتم تصنيعها كيميائيا لكن لا يحتاج الى شهادة إدارة الغذاء والدواء الأمريكية Food and Drug Administration FDA مثل بيتا كاروتين والرايبوفلافين.

3- الألوان الصناعية Synthetic Colors يطلق عليها الاصباغ الصناعية وهي الأكثر استعمالاً كملونات غذائية و مسموح باستعماله من قبل FDA ويتم تصنيعها كيميائيا مثل E120 Carmine ذو اللون الأحمر ولا يوجد في الطبيعة.

4- الألوان اللاعضوية Inorganic Colors ناتجة من عمليات التنقيب والتصنيع الكيميائي مثل الذهب، الفضة وثنائي اوكسيد التيتانيوم.

الصبغات الطبيعية

هي مركبات كيميائية عضوية تعمل على امتصاص الضوء المرئي بمدى من الأطوال الموجية 350-750 نانومتر ، تستخلص من النباتات مثل الفواكه ، البذور ، الجذور ، الورق ، اللحاء، الازهار و الأشجار، يرجع السبب في استعمال الصبغات الطبيعية في الغذاء خاصة لكونها أمنة واحتوائها على مركبات ذات فوائد صحية وبالتالي زاد الطلب على المصادر الطبيعية للملونات يوماً بعد اخر من قبل المستهلك (Delgado-Vargas *et al*.,2000; Boo *et al*.,2011; Dyankova and Doneva,2016).

فوائد الصبغات النباتية The Benefits of Pigments

- تعمل كمضادات للأكسدة من خلال تثبيط عمل الجذور الحرة في الجسم
- احتوائها على مركبات الفلافونويد التي تعمل كمضادات للالتهابات والسموم
- الحماية من امراض السكري، تصلب الشرايين، امراض القلب والسمنة
- المساعدة في عدم تخثر الدم داخل الجسم وبالتالي عدم ضيق الاوعية الدموية
- الوانها الزاهية ساعدت على جذب الحشرات للنباتات ونقل البذور والمساعدة على التلقيح
- حماية DNA
- حماية النباتات من الاشعة فوق البنفسجية، انخفاض الدرجات الحرارية ومقاومة الجفاف
- البناء الضوئي
- مضادة للفايروسات
- تمنع تكاثر أنواع الاوكسجين الفعال Reactive Oxygen Species ROS داخل الخلية

(Mei *et al*.,2014; Arslan ,2015; Ahmadiani,2015; Ali *et al*.,2016; Cortez *et al*.,2017; Salehi *et al*.,2020; Houghton *et al*.,2021).

صنفت الصبغات إلى تصنيفات عدة منها اعتماداً على

مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2022 ، 10 (2) : 136 – 155 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

الجدول (1): الصبغات النباتية وتقسيماتها

تقسيم الصبغات	المركبات الكيميائية	المصادر
التركيب الجزيئي	• Tetrapyrroles • Isoprenoid • Benzopyran • Quinones • N-heterocyclic • O-heterocyclic • met allo-proteins • Melanins	(Bauernfeind,1981; Hendry,1996; Ngamwonglumlert *et al*.,2017; Deman *et al*.,2018
القابلية الذوبانية	صبغات ذائبة بالماء: الانثوسيانينات، الانثوكسانثين ، البتالينات صبغات ذائبة بالدهن: الكلوروفيل، الكاروتين	(Kong *et al*.,2003; Wrolstad,2004; Dyankova and Doneva,2016)
المجموعة الوظيفية	حامل اللون مع أنظمة مرافقة • Carotenoids • Anthocyanins • Betalains • Carmel • synthetic pigments • lakes بورفيرينات معدنية • Myoglobin • Chlorophyll and their derivatives	(Delgado-Vargas *et al.* 2000; Wong,2018)
تواجدها طبيعياً	• الكلوروفيل • الكاروتنويدات • الانثوسيانينات • البتالينات	(Bauernfeind,1981; Hendry,1996; Ngamwonglumlert *et al*.,2017; Deman *et al*.,2018

الانثوسيانينات

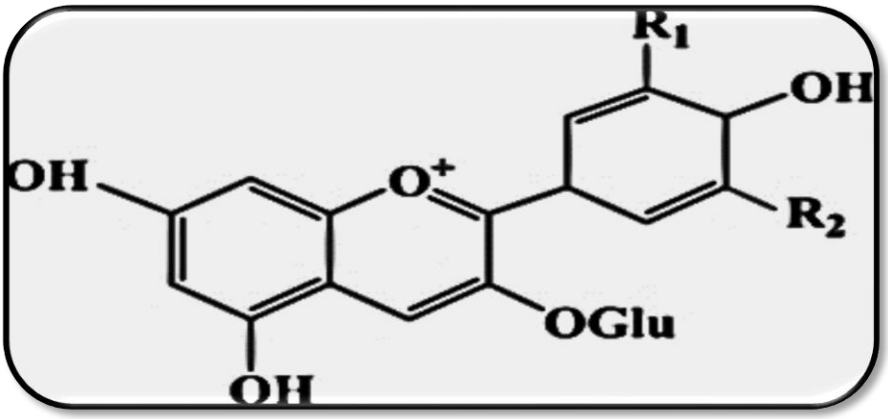
هي صبغات نباتية ذائبة بالماء والمذيبات العضوية، تعد اهم مجموعة بعد الكلوروفيل مرئية للعين البشرية، تمتص الضوء عند مدى من الاطوال الموجية، تتميز بمجموعة واسعة من درجات الألوان تتراوح بين البرتقالي إلى الوردي والأحمر إلى الأرجواني والأزرق اعتماداً على التركيب الجزيئي والرقم الهيدروجيني (Mei *et al*.,2014;Ali *et al*.,2016; Joshi and Preema,2017; Al-Qadri,2018). تتكون كلمة الانثوسيانينات من كلمتين يونانية Anthos تعني الزهرة و Kynos الازرق الداكن، استعمل مصطلح الانثوسيانينات لتصنيف الصبغات الزرقاء في زهرة الذرة التي تم وصفها من قبل العالم ماركوارت عام 1835 بينما يشير مصطلح Anthocynidins الى الانثوسيانينات بدون جزيئات السكر (Castaneda-Ovando *et al*.,2009; Wahyuningsih *et al*.,2017).

مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2022 ، 10 (2) : 136 – 155 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

تتواجد الانثوسيانينات في النباتات ذات الترتيب العالي ويندر تواجدها بالفطريات او الطحالب، تحمي صبغة الانثوسيانينات النبات من الاشعة فوق البنفسجية عن طريق امتصاصها للشعاع الضوئي من خلال تركيبها متعدد الفينول واحتوائها على المجموعة الاسيلية وبالتالي التقليل من تلف الحامض النووي DNA (Barnes,2010).

الانثوسيانينات هي كلايكوسيدات من مشتقات متعدد الهيدروكسيل ومتعدد الميثوكسيل من املاح Flavylium و 2-Phenylbenzopyrylium، يتكون هيكلها من جزئين جزء يسمى اكلايكون يحتوي على 15 ذرة كربون بشكل C_6-C_3-C_6 ويسمى الانثوسياندين ويتضمن الجزء الأخر على السكريات كلوكوز ، كالاكتوز ، زايلوز و ارابينوز (Oancea and Draghici,2013; Cortez *et al.*,2017; Gerard *et al.*,2019) . تتكون الانثوسيانينات من حلقتين اورماتية سداسية الكربون متصلة مع حلقة كربونية غير متجانسة ثلاثية ذرات كربون، اذ تحتوي الحلقة الاولى A على ثلاث اواصر مزدوجة ومجموعتين من مجاميع الهيدروكسيل ويطلق عليها حلقة Fused benzoyl ، بينما تحتوي الحلقة الثانية C على اثنين من الأواصر المزدوجة وذرة أوكسجين واحدة ويطلق عليها حلقة البيرول، اما الحلقة الثالثة B فتحتوي على ثلاث أواصر مزدوجة ومجموعة هيدروكسيل واحدة ويطلق عليها حلقة الفينول التي تتصل بها اثنين من المجاميع الوظيفية الجانبية R-Groups كما في الشكل (2-1) (Harbone,1984; Barnes,2010).
تعد الانثوسيانينات من المركبات النشطة حيوياً، إن أكثر الانثوسيانينات انتشارا في الطبيعة السيانيدين ، بيلاركونيدين والدلفيندين اذا تشكل 80% من صبغات الأوراق و69% من صبغات الفاكهة و 50% من صبغات الازهار (Khoo *et al.*2017).

قسمت الانثوسيانينات اعتمادا على موقع الارتباط وعدد السكريات الى 18 مجموعة اهمها 3-monosides ، 3-biosides ، 3-triosides ، 3,5- dimonosides ، 3-bioside-5-monosides و3-biosides-7-monosides. تعد من أكثر مكونات الفلافونويدات وفرة في الخضروات والفواكه التي تعود إلى مجموعة واسعة من متعددة الفينولات التي يمكن استخلاصها من مصادر طبيعية عدة هي الإزهار، الفواكه، الخضروات والجذور (Harbone,1963; Jackman *et al.*,1987) .



(Martin *et al.*,2017)

الشكل (1): الصيغة الكيميائية العامة للانثوسيانينات

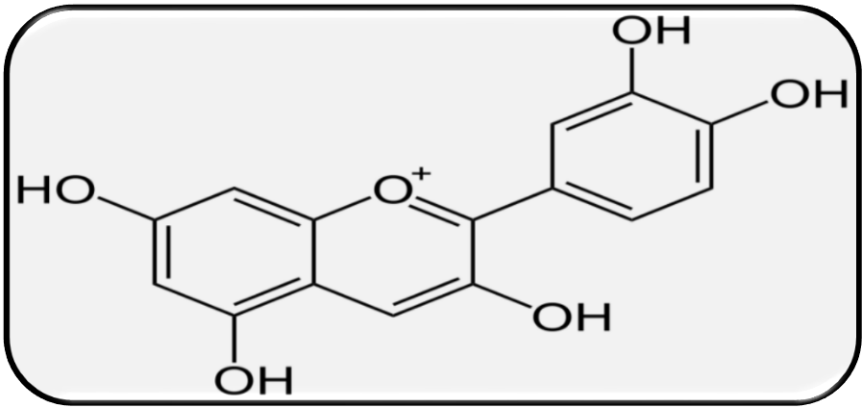
زاد الاهتمام في السنوات الأخيرة باستعمالها كبديل طبيعي لتلوين المنتجات الغذائية اذ تشير الدلائل المتزايدة إلى إن الانثوسيانينات ليست فقط صبغة طبيعية غير سامة بل لها مجموعة من الخصائص العلاجية تعمل على تعزيز الصحة بالتالي استعملت على نطاق واسع في التصنيع الغذائي (Lozovskaya *et al.*,2012; Ali *et al.*,2016; Al-Qadri,2018; Gerard *et al.*,2019)

مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2022 ، 10 (2) : 136 – 155 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

تكـون الانثوسيانينات مستقــرة فـي الظـروف الحامضية ولكنها تتأثــر بظروف التصنيـع والخـزن اذ تتحول إلـى مركبات عديمـة اللـون وبـعدهـا إلى صبغات بنيــة غير قابلة للذوبـان بالـرغـم من كونهـا أمنــة للاستعمـال كمكملات غذائيـــة (Cabrita *et al*.,2000; Wang *et al*.,2013; Zoric *et al*.,2014; Arslan,2015)

توجد في الطبيعة أكثر مـن 300 نــوع من الانثوسيانينات بشكل Oxonium ion ولكن الأكثـر شيوعـاً ستـة أنــواع اذ تشكل 90% من الانثوسيانينات الكلية (Geetha *et al*.,2011; Khoo *et al*.,2017) وهي

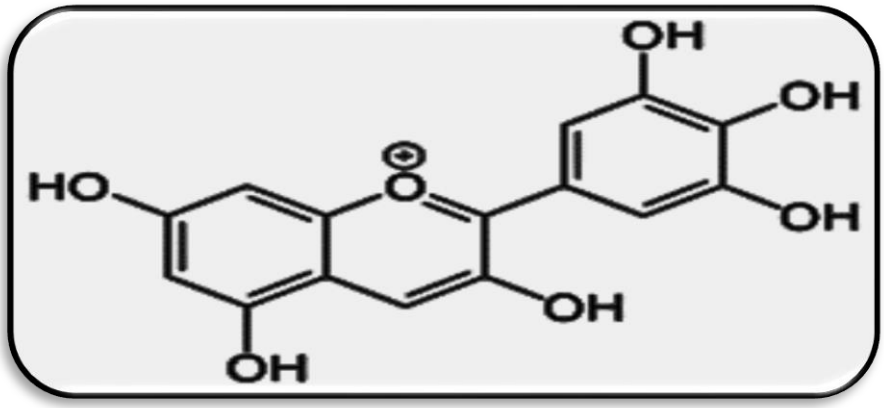
1- السيانيدين **Cyanidin** هو الأكثر شيوعاً ذو لون ارجواني محمر او قرمزي، يشكل نسبة 50%، يحتوي في الموقع R_1 مجموعة هيدروكسيل OH ، بينما يحتوي الموقع R_2 على ذرة هيدروجين



(Martin *et al*.,2017)

الشكل (2): الصيغة الكيميائية للسيانيدين

2- الديلفيندين **Delphinidin** ذو اللون البنفسجي والأرجواني الى الأزرق ويشكل 12% من مجموع الانثوسيانينات الكلية، يحتوي على مجاميع هيدروكسيل أكثر من السيانيدين، يتواجد في الموقع R_1 وR_2 مجاميع الهيدروكسيل

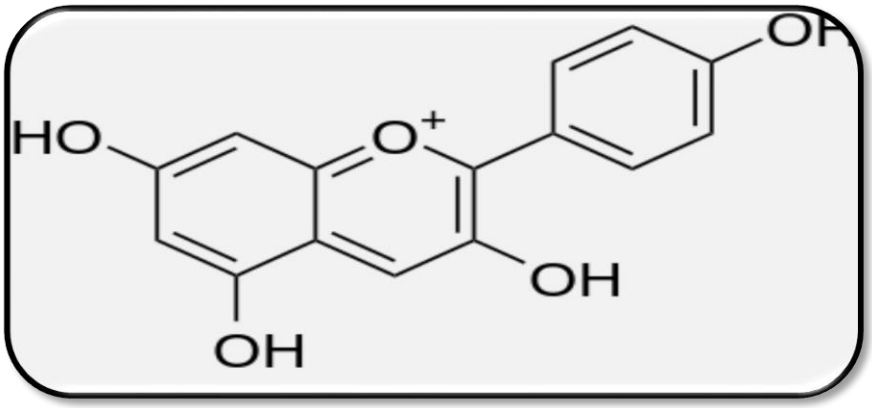


(Martin *et al*.,2017)

الشكل (3): الصيغة الكيميائية للديلفيندين

3- البيلاركونيدين **Pelargonidin** يمتلك لون احمر- برتقالي، يشكل أيضا نسبة 12% من مجموع الانثوسيانينات الكلية، يختلف عن السيانيدين باستبدال مجموعة الهيدروكسيل بذرة الهيدروجين في الموقع R_1 .

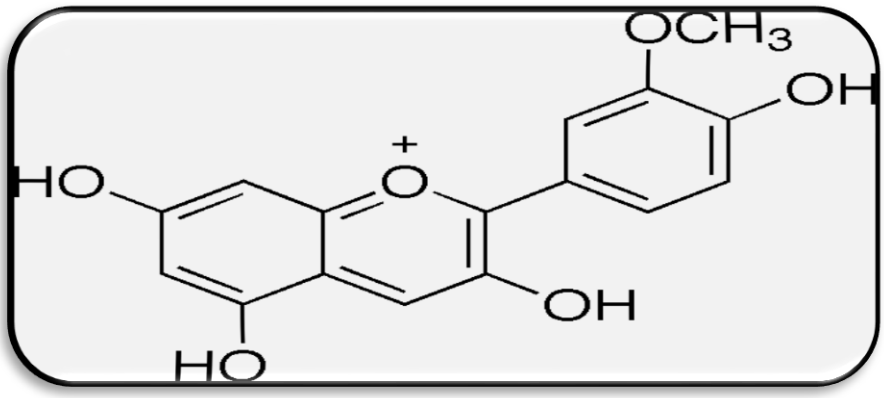
مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2022 ، 10 (2) : 136 – 155 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X



(Martin *et al.*,2017)

الشكل (4): الصيغة الكيميائية للبيلاركونيدين

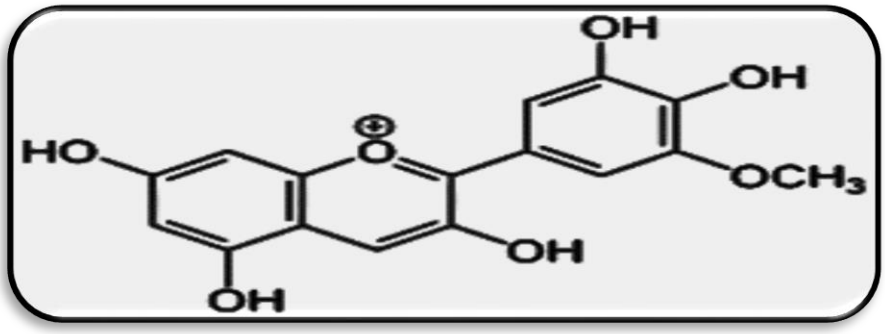
4- البيونيدين **Peonidin** هو من مشتقات السيانيدين يعرف بايثرات الانثوسيانينات المثيلية شائع جدا، يشكل حوالي 12%، ذو لون احمر أرجواني ، يحتوي الموقع R_1 على مجموعة الميثوكسيل OCH_3 ويتواجد في الموقع R_2 ذرة هيدروجين.



(Martin *et al.*,2017)

الشكل (5): الصيغة الكيميائية للبيونيدين

5- البيتونيدين **Petunidin** يشكل نسبة 7 % ويحتوي الموقع R_1 مجموعة الهيدروكسيل و R_2 مجموعة ميثوكسيل OCH_3 ، ذو لون ارجواني .

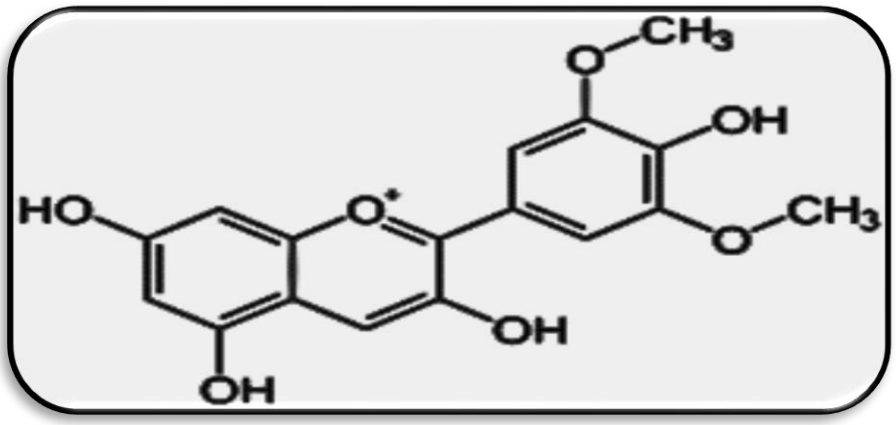


(Martin *et al.*,2017)

الشكل (6) :الصيغة الكيميائية للبيتونيدين

مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2022 ، 10 (2) : 136 – 155 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

6- المالفيدين **Malvidin** يشكل نسبة 7%، ذو لون ارجواني، يختلف عن البيتونيدين باحتوائه على مجاميع ميثوكسيل OCH_3 في الموقعين R_1 و R_2 .



(Martin *et al.*,2017)

الشكل (7): الصيغة الكيميائية للمالفيدين

ان وجود ايون الاكسونيوم O^+ المجاور للموقع 2 في جزيئة الانثوسيانين مسؤول عن الطبيعة الامفوتيرية المميزة لهذه الصبغة وبالتالي قدرتها على تكوين الأملاح ،اذ يعطى هذا الايون الصفة المميزة لتواجد الصبغة في الاوساط الحامضية او القاعدية اعتماداً على الرقم الهيدروجيني للوسط (Fuleki,1967; Jackman *et al.*,1987) . يرجع الاختلاف بين الأنواع الستة للانثوسيانينات إلى أعداد مجاميع الهيدروكسيل والميثوكسيل في الحلقة B وهي حلقة الفينول المتصلة بالموقع '1 و 2 إذ تظهر الصبغات التي تحتوي على عدد اكبر من مجاميع الهيدروكسيل ظلاً أكثر زرقة بينما تظهر الصبغات التي تحتوي على عدد اكبر من مجاميع الميثوكسيل احمرار اكبر (Delgado-Vargas and paredes-Lopez,2002;Ngamwonglumlert *et al.*,2017)، ترتبط السكريات في الموقع 3، 5، 7، 3'، 4' او 5' في الانثوسياندين ولكن الموقع رقم 3 و 5 هما الأكثر شيوعاً بالارتباط وتكون الاصرة الايثرية هي التي تربط بين جزء الاكلايكون والجزء السكري ويرتبط بالجزء السكري لبعض الانثوسانينات مجاميع اسيل Acyl وهي مجموعة وظيفية وان عدد هذه المجاميع ومواقعها تؤثر على استقرار الصبغة (Ahmadiani,2015) .

استخلاص صبغة الانثوسيانينات

يتم استخلاص صبغة الانثوسيانينات بمذيبات عدة منها الميثانول ، الايثانول، الاسيتون والكلوروفورم مع نسبة من الاحماض القوية او الضعيفة مثل حامض الهيدروكلوريك، حامض الخليك و الستريك وان الهدف من استعمال مذيبات مختلفة هو الحصول على شكل أيون الفلافيليوم الموجب ذو اللون الأحمر المستقر في الوسط الحامضي، وعادةً ما يستعمل الكحول الاثيلي في الاستخلاص بسبب كون الميثانول سام وسريع الاشتعال خاصة إذا كان المنتج معد للاستعمالات الغذائية مع المحافظة عليها في أجواء مظلمة وفي درجات حرارة منخفضة ويفضل حفظها في أجواء خالية من الاوكسجين. يعتمد تركيب صبغة الانثوسيانينات في المستخلصات النباتية على عوامل عدة منها عملية الاستخلاص، المعاملة قبل الاستخلاص، نوع المذيب ونوع المستخلص النباتي لب او قشور (Harbone,1973; Joshi and Preema,2017).

استخلصت صبغة الانثوسيانينات من الفواكه والخضروات واستعملت كمضافات غذائية ويرمز لها E163، ولتجنب حدوث عمليات الاسترة لمجموعة الاسيل الحرة في الانثوسيانين الاسيلي بواسطة احماض قوية استعملت مذيبات مثل الاحماض الضعيفة لتجنب نزعها وبالتالي فقدان الاستقرار للصبغة واللون ومن هذه الاحماض حامض الخليك ، التارتريك و الستريك او استعمال مخاليط من الكحولات والاحماض، تكون الانثوسيانينات غير مستقرة في الأوساط القاعدية (Shetty,2017; Gerard *et al.*,2019).

يلعب الرقم الهيدروجيني دوراً مهماً في الاستخلاص من المادة الغذائية، كميتها، لونها وتحديد الطول الموجي الأعظم للصبغة، تقل بزيادة الرقم الهيدروجيني كمية الصبغة المستخلصة وعندها يتغير الطول الموجي الأعظم للصبغة، كذلك تلعب نسبة الكحولات والاحماض المستعملة عند الاستخلاص

مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2022 ، 10 (2) : 136 – 155 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

دوراً مهماً في الكمية المستخلصة. تعد درجات الحرارة والمدة الزمنية المستعملان في الاستخلاص مهمان جداً في تحديد كمية الصبغة المستخلصة و يعتمد هذا على نوع المادة الغذائية (Xavier *et al.*,2008;Todaro *et al.*,2009; Sharif *et al.*,2010) .

ثباتية صبغات الانثوسيانينات

تتأثر الانثوسيانينات بعوامل عدة منها الرقم الهيدروجيني، الحرارة، الضوء، الايونات المعدنية، الاوكسجين والسكريات.

1- الرقم الهيدروجيني pH

يعد الرقم الهيدروجيني أحد العوامل الرئيسة التي تؤثر بشكل كبير على لون واستقرار صبغة الانثوسيانينات، اذ يعمل تغير الرقم الهيدروجيني للوسط الى تحول عكسي لبنية الانثوسيانينات وبالتالي تغير لون الصبغة (Ibadi,2015; Ngamwonglumlert *et al.*,2017). ويرجع السبب في تأثر الصبغة بتغير الرقم الهيدروجيني الى طبيعة صبغة الانثوسيانينات الايونية اذ توجد الصبغة في اربع اشكال في حالة توازن كما يوضحه الشكل (8).

a) **Flavylium Cation** اذ تم وصفه بانه كاتيون كربوكسيلي حلقي غير متجانس له شحنة موجبة غير مركزية ، ذو لون احمر عند كل من الرقم الهيدروجيني 1و2، يكون شكل الفلافيليوم الموجب مستقر داخل الخلية من خلال تكوين معقدات داخلية ما بين الجزيئات

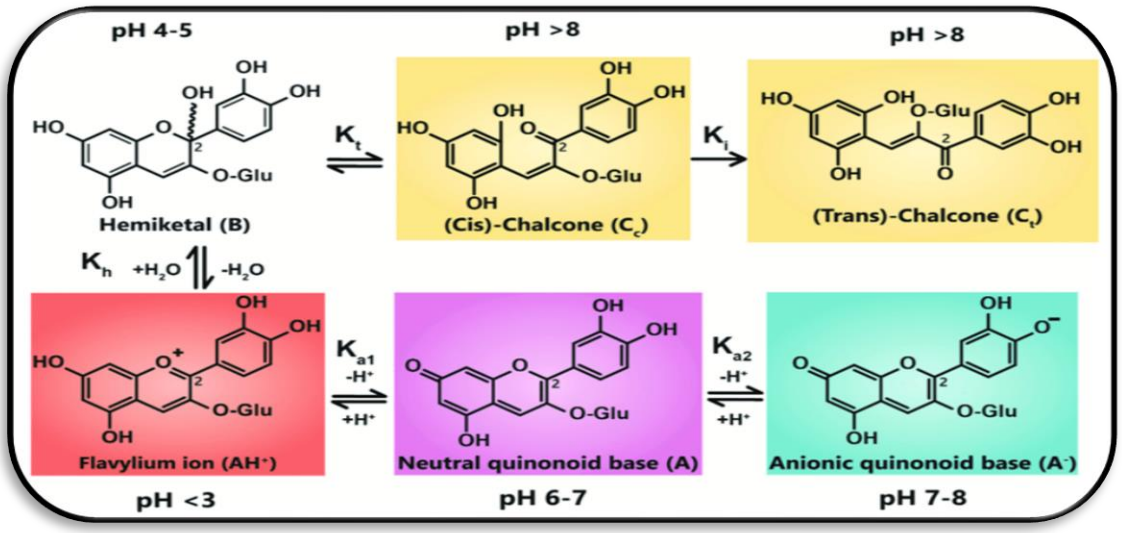
b) **Carbinol pseudobase** قاعدة كاربينول الكاذبة عديمة اللون، تركيب ناتج من زيادة الرقم الهيدروجيني للوسط 6-4 وبالتالي تحول شكل الفلافيليوم الموجب عن طريق إضافة جزيئة ماء الى الحلقة C.

c) **Quinoidal** هي قاعدة كينويدال لامائية ناتجة من فقدان الفلافيليوم الموجب لبروتون عند الموقع 5 او 7 في الحلقة A عند الرقم الهيدروجيني 6-7 اذ يتحول اللون من الأحمر الى الارجواني وعند زيادة الرقم الهيدروجيني 7-8 يحصل نزع لقاعدة quinonoid بروتون اخر في الحلقة B مما يمتلك الشكل شحنة سالبة غير مركزية ، يعد مركب غير ذائب ، مسؤول عن تلوين الإزهار وأنسجة الفواكه.

d) **Chalcone** تركيب الشالكون الناتج من انفتاح الحلقة C عند الرقم الهيدروجيني الاعلى من 8، يعد مركب اصفر اللون يتحلل بسرعة الى مركبات ثانوية مثل حامض البنزويك و2-4-6 ثلاثي هيدروكسي بنزوالديهايد

(Rein,2005; Barnes,2010; Amelia *et al.*,2013; Alappat and Alappat,2020; Houghton *et al.*,2021)

إن إضافة الاحماض العضوية مثل حامض الكافييك ، الفيروليك ، الكاليك ، التارتريك الى الانثوسيانينات المستخلصة يمكن ان يؤخر من تغير اللون عند زيادة الرقم الهيدروجيني من 4-6 لوجود مجاميع هيدروكسيل في تركيب هذه الاحماض وبالتالي تساعد على استقرار الصبغة في حين تكون عديمة اللون عند ذات الرقم الهيدروجيني الخالي من هذه الاحماض العضوية .(Jackman *et al.*,1987; Gauche *et al.*,2010; Ngamwonglumlert *et al.*,2017)



Houghton *et al.*(2021)

الشكل (8): اشكال الانثوسيانين باختلاف الرقم الهيدروجيني

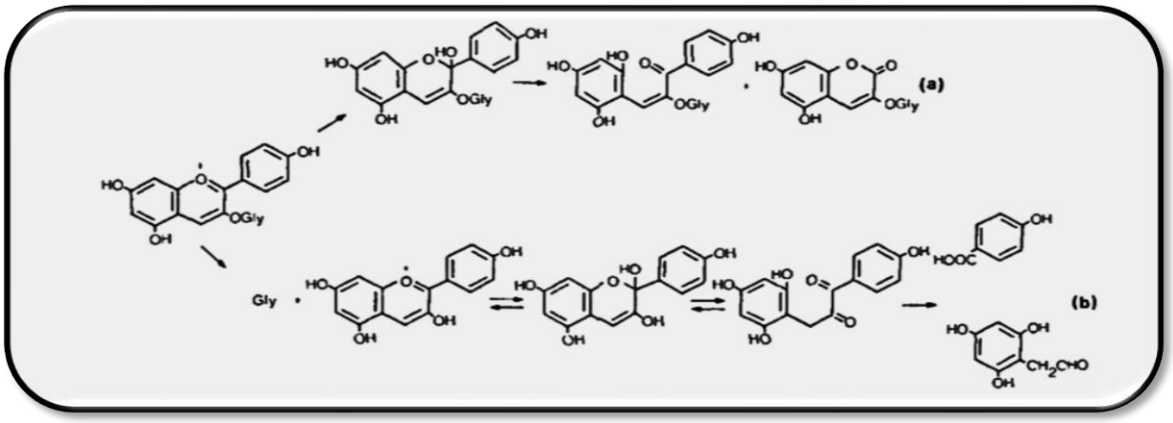
مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2022 ، 10 (2) : 136 – 155 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

تمكن Mei *et al.*(2014) من استخلاص صبغة الانثوسيانينات من الذرة فائقة السواد ودراسة تأثير ارقام هيدروجينية مختلفة 1-12 على ثباتية الصبغة المخزنة مدة 20 يوم بدرجة حرارة 4م بغياب الضوء، بلغت نسبة الصبغة المتبقية 76% عند الرقم الهيدروجيني 1 بعد مرور 20 يوم وحصول انخفاض خطي للصبغة المخزنة عند الارقام الهيدروجينية الاعلى من 5 اذ انخفضت نسبة الصبغة المتبقية بزيادة الرقم الهيدروجيني لتصل الى اقل من 50% عند الرقم الهيدروجيني اعلى من 7 . بينت النتائج ان اقل نسبة فقد لصبغة الانثوسيانينات المستخلصة من ازهار الكجرات 6% عند الرقم الهيدروجيني 1 ، بينما كانت اعلاها 20% عند الرقم الهيدروجيني 9 بعد مرور 180 دقيقة من الخزن بدرجة حرارة المختبر وبغياب الضوء في الدراسة التي أجريت من قبل Askar *et al.*(2015) .

2- درجات الحرارة Temperature

تتأثر الصبغات النباتية واستقرارها بارتفاع الدرجات الحرارية مما يؤدي الى تغير لونها اذ تعد صبغة الانثوسيانينات اكثر الصبغات النباتية مقاومة للحرارة ، يختلف تأثير الدرجات الحرارية المستعملة في التصنيع مثل التعقيم او البسترة بوجود الضوء على ثباتية صبغة الانثوسيانينات اعتماداً على مجموعة الاسيل ، تعد الصبغة الحاوية على مجموعة الاسيل اكثر استقراراً، كذلك تؤثر عدد مجاميع الهيدروكسيل في الحلقة B على استقراريتها اذ تنخفض ثباتيتها بزيادة عدد مجاميع الهيدروكسيل فيها عند خزنها بدرجات حرارية مختلفة (Ngamwonglumlert *et al.*,2017; Xu *et al.*,2018). تؤثر الدرجات الحرارية العالية 100م او اعلى على جودة اللون وكذلك على الخصائص الغذائية للمنتج الغذائي، اذ توجد علاقة خطية بين تحلل الصبغة ودرجة حرارة الخزن والمدة الزمنية (Jackman *et al.*1987;Ngamwonglumlert *et al.*,2017).

عند الاوساط الحامضية يكون استقرار الانثوسيانينات اعلى من الانثوسياندين بوجود الضوء اذ يرجع الى وجود مركبات أخرى مثل الفلافونويدات ، السكريات و مجاميع الاسيل، يحدث بزيادة الرقم الهيدروجيني وتكون شكل carbinol الكاذب عديم اللون تحلل للصبغة من خلال ميكانيكتين حدوث تحلل لحلقة البيريليوم غير المتجانسة وتكون مركب الشالكون ثم مركب كومارين او حدوث تحلل مائي للكلايكوسيدات التي لها التأثير الوقائي وفقدان السكر وبالتالي تحول اللون وإنتاج مركب الفا ثنائي الكيتون كما موضح في الشكل (9) (Jackman *et al.*1987;Laleh *et al.*,2006; Askar *et al.*,2015; Kangthin *et al.*,2021)



(Jackman et al.,1987)

الشكل (9) إلية تحلل الانثوسيانينات عند درجات الحرارة العالية

ان أفضل طريقة للحفاظ على الصبغة في المنتج المصنع لأطول مدة ممكنة هو بمعاملة المنتجات بدرجات حرارية عالية مثل التعقيم او البسترة لمدة قصيرة للحفاظ على اللون ثم الخزن بدرجات حرارية منخفضة، إذ تكون نسبة الفقدان منخفضة بالصبغة مقارنة بالمنتجات المحفوظة بدرجات حرارة 25-30م (Markakis *et al.*,1957; Vargas *et al.*,2013). من المعروف ان تركيز الانثوسيانينات يختلف من مادة غذائية الى أخرى حسب مصدر ونوع المادة الغذائية المأخوذ منها وهذا ناتج من اختلاف العوامل الداخلية والخارجية ومنها العوامل الوراثية، العوامل الزراعية، شدة ونوع الضوء، درجات الحرارة، العمليات التصنيعية والظروف الخزنية (Aprodu *et al.*,2020). يحصل تحلل للصبغة المخزنة بدرجات

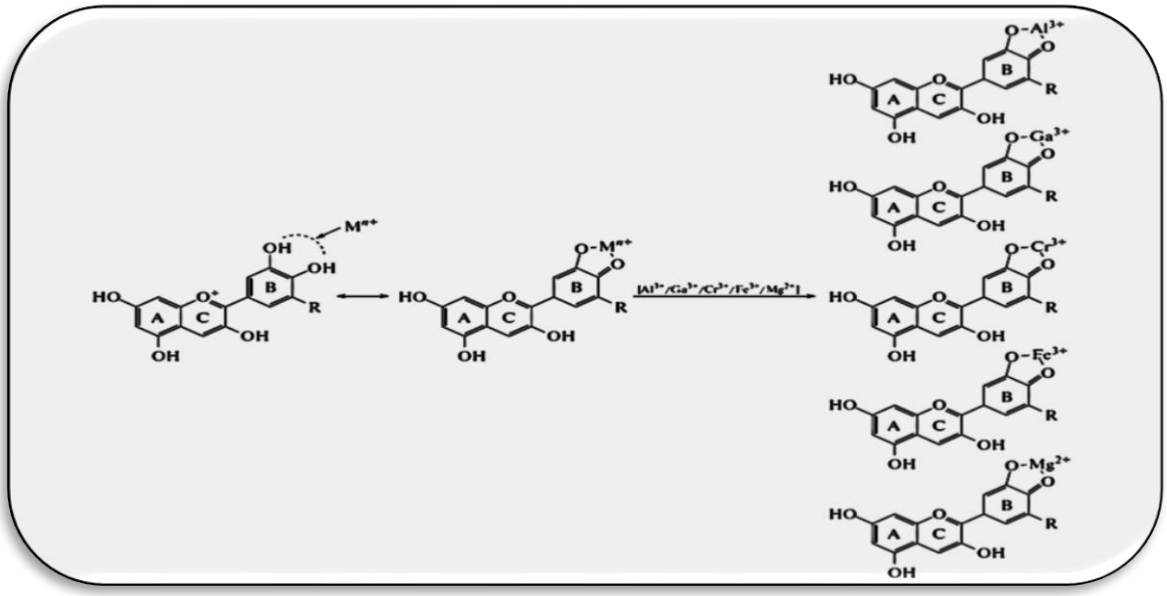
مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2022 ، 10 (2) : 136 – 155 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

حرارية منخفضة -18م بشكل ابطئ من الصبغة المخزنة بدرجة حرارة 4-5م اذ تحدث تفاعلات انزيمية ناتجة عن وجود الماء بحالة سائلة اعتماداً على نوع المادة الغذائية المخزنة (Poiana *et al.*,2010).

3- الايونات المعدنية Metal Ions

تلعب بعض الايونات المعدنية دوراً مهماً في زيادة ثباتية صبغة الانثوسيانينات من خلال تكوين معقدات مع الصبغة يعتمد هذا على الظروف البيئية للصبغة اذا كانت في أوساط حامضية قوية، ضعيفة او قاعدية، اذ تتنافس الايونات المعدنية مع ايون الهيدروجين على الارتباط بالصبغة في الحلقة B وتكوين معقد يساعد على الاستقرار، تعد مركبات السيانيدين ، الديلفنيدين والبيتونيدين لها القدرة على تكوين معقدات مع الصبغة لاحتوائها على اكثر من مجموعة هيدروكسيل حرة في الحلقة B (Cavalcanti *et al.*,2011; Mustika and Marpaung,2020; Tang and Giusti,2020) . يمكن التفريق بين مركبات السيانيدين، الديلفنيدين البيتونودين في صبغة الانثوسيانين وبين المركبات الأخرى للصبغة من خلال إضافة الايونات المعدنية اذ تعمل هذه المركبات على تغير لون الصبغة وبالتالي تغير الطول الموجي الأعظم للصبغة (Jackman *et al.*,1987).

ان أكثر الايونات المعدنية شيوعاً في تكوين المعقدات القصدير، النحاس، البوتاسيوم، المغنيسيوم، الالمنيوم والحديد، يكون تأثير الايونات المعدنية الثنائية التكافؤ ضعيف في تغير لون الصبغة بينما تلعب الايونات المعدنية الثلاثية التكافؤ دوراً في تغير لون الصبغة من الأحمر الى الأزرق والبنفسجي وبالتالي التأثير السلبي على الصبغة (Zhang *et al.*,2018; Mollaamin and Monajjemi, 2020).



Mollaamin and Monajjemi(2020)

الشكل (10): الية تفاعل الصبغة مع الايونات المعدنية

ان الرقم الهيدروجيني للوسط ذو تأثير كبير في تكون المعقدات، يحصل ارتباط ضعيف في الأوساط الحامضية الأقل من 3 مع الايونات المعدنية وبقاء اللون احمر، وبزيادة الرقم الهيدروجيني الى 3.5 يحصل تغير باللون عند إضافة الايونات المعدنية اذ تعمل هذه الايونات على إزاحة الرقم الهيدروجيني وظهور لون ازرق للمحلول اذ يتكون شكل Quinoidal عديم الشحنة وبالتالي يسهل للأيونات المعدنية الارتباط بالصبغة كما في الشكل (10) (Jackman *et al.*,1987).

4- المواد الحافظة Preservatives

استعملت المضافات الغذائية على نطاق واسع في صناعة الأغذية لتعزيز خصائص المادة الغذائية او لزيادة مدة الحفظ ومن هذه المضافات بنزوات الصوديوم، تعد بنزوات الصوديوم مادة امنة عديمة اللون والرائحة ذات ثباتية عالية تركيبها الكيميائي $C_7H_5O_2Na$ مصرح بها من قبل FDA، يرمز لها E211، سريعة الذوبان بالماء والايثانول اذ تكون أسرع بمقدار 200 مرة من حامض البنزويك، يفضل استعمال بنزوات

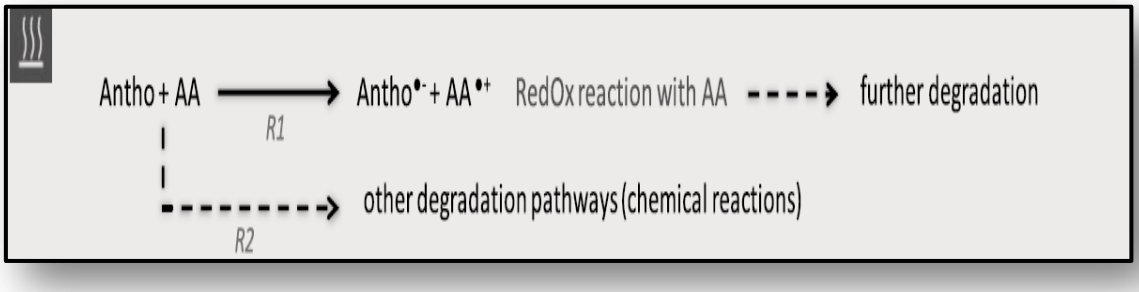
مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2022 ، 10 (2) : 136 – 155 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

الصوديوم بمدى من الأرقام الهيدروجينية الأقل من 4.5، ان الحد الأعلى من بنزوات الصوديوم المسموح بإضافته الى الغذاء المصنع 0.1% (Linke *et al.*,2018; FDA,2021).

5- العوامل المختزلة (حامض الاسكوربيك) Reducing Agents

يتواجد حامض الاسكوربيك في جميع المنتجات الغذائية ويتأثر بدرجات الحرارة العالية، الهواء والضوء، يتم اضافته الى المنتج الغذائي لتحسين من القيمة الغذائية للمنتج النهائي من خلال تقليل او منع التفاعلات البنية الانزيمية بسبب قدرته المضادة للأكسدة (Nikkhah *et al.*,2010; Arslan,2015; Gerard *et al.*,2019). يفضل خزن المنتجات الحاوية على حامض الاسكوربيك بالتجميد لأنه يعمل على تثبيت الصبغة وعدم التفكك، تعمل درجات الحرارة العالية الى تدهور السريع للصبغة بوجود حامض الاسكوربيك ويعزى ذلك الى تحلل حامض الاسكوربيك وانتاج مركب Dehydroascorbic acid الذي يعمل على عدم استقرار الصبغة، يمكن إضافة الاحماض الامينية الحلقية بوجود حامض الاسكوربيك عند الخزن بدرجات الحرارة العالية لتساعد الصبغة على الاستقرار (Jackman *et al.*,1987; Chung *et al.*,2017). ان الية التحلل لحامض الاسكوربيك في الصبغة من خلال إضافة الكترون الناتج من عمليات الاكسدة والاختزال ثم حدوث تفكك لحلقة البيريليوم بواسطة الجذور الحرة بوجود الاوكسجين وإنتاج جذر البيروكسيد الذي يعد عامل مؤكسد الذي يؤثر سلباً على الصبغة، او حدوث عمليات التكثيف بين الصبغة وحامض الاسكوربيك في ذرة الكربون الرابعة في الحلقة C للانثوسيانينات مما ينتج عنه تفكك كل من الصبغة وحامض الاسكوربيك معا وفقدان اللون كما في الشكل (11) (Jackman *et al.*,1987; Arslan,2015; Gerard *et al.*,2019).

ان الموقع الأكثر عرضة للهجوم في جزيئة الانثوسيانينات هي ذرة الكربون الرابعة في الحلقة C وبالتالي يعمل على تغير اللون، تساعد مجاميع الفينول او المثيل على استقرار الصبغة من خلال منافسة حامض الاسكوربيك على الارتباط في ذرة الكربون الرابعة في الحلقة C، كذلك يساعد وجود الانثوسيانينات ثنائي الكلايكوساید او الانثوسيانينات الاسيلية على استقرار الصبغة بوجود حامض الاسكوربيك (Nikkhah *et al.*,2010; Farr and Giusti.2018) .



Gerard *et al.*(2019)

الشكل (11) الية عمل حامض الاسكوربيك مع الانثوسيانينت

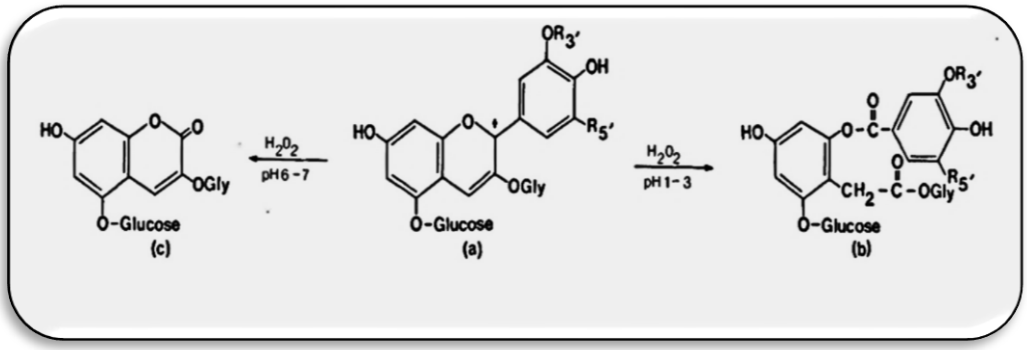
6 - العوامل المؤكسدة (بيروكسيد الهيدروجين) Oxidizing Agents

بيروكسيد الهيدروجين هو مادة كيميائية يستعمل في تعقيم مواد التعبئة والتغليف البلاستيكية ينتقل الى الصبغات ويسبب تلف المنتج الغذائي، او قد يتكون من اكسدة حامض الاسكوربيك بوجود الهواء وإنتاج نواتج تسبب في تغير لون الصبغة وتكون رواسب صمغية بنية اللون (Jackman *et al.*,1987; Ozkan *et al.*,2004).

يعد بيروكسيد الهيدروجين مادة مؤكسدة ضارة للصبغات يتسبب في تفككها وإنتاج نواتج مختلفة باختلاف الوسط الموجودة فيه، ففي الأوساط الحامضية وبوجود بيروكسيد الهيدروجين يحدث تفكك لحلقة البيريليوم غير المتجانسة للصبغة بين الموقع 2 و 3 من الحلقة C عن طريق مهاجمة الجزيئات المحبة للماء لمركب Anthocyanidin 3,5-diglucoside مع بيروكسيد الهيدروجين وإنتاج مركب o-benzoyloxyphenyl acetic acid esters (b) كما في الشكل (12)، في حين يحدث اكسدة في الأوساط المتعادلة لشكل Carbinol الكاذب للصبغة ثم حدوث تحلل مائي وإنتاج مركب (c) 3-o-acyl-Glucosyl-5-o-glucosyl-7-hydroxy coumarin. ان الية عمل بيروكسيد الهيدروجين من خلال تكوين جذور حرة وتكون معقد بين الصبغة وبيروكسيد الهيدروجين ثم تفكك حلقة البيريليوم وانتاج

مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2022 ، 10 (2) : 136 – 155 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

CO_2 ومـــــــاء ومركبات ثانوية مثل Quinones التي لها دور في اكسدة الصبغة (Hrazdina and Franzese,1974; Jackman *et al.*,1987; Nikkhah *et al.*,2010).



Hrazdina and Franzese (1974)

الشكل (12): الية تفاعل بيروكسيد الهيدروجين مع صبغة الانثوسيانينات

ان تحطـــم الصبغـــة يحـــدث بخطوتين الأولى عكسية تكـــون معـــقد الانثوسيانينات – بيروكسيد الهيدروجيـــن، والثانيـــة غيـــر عكسيـــة ابطـــئ مـــن الأولـــى يحـــدث فيـــها تحـــلل وتفكـــك لبيروكسيد الهيدروجين المسؤول عـــن تحـــلل المـــركبات الفينوليـــة. ان الجـــذر الحر OH^o هـــو المسؤول الرئـــيس لتفكـــك حلقة البنزين فـــي المركبات الفينولية لإنتـــاج ثنائي اوكســـيد الكربون ومـــاء Sondheimer and Kertesz 1952; (De *et al.*,1999; Schwartz *et al.*, 2017).

7 - الاحماض الامينية Amino Acid

تلعـــب الاحماض الامينية الحلقية دوراً فـــي الحفاظ علـــى لـــون صبغـــة الانثوسيانينات مـــن التغير، ان التداخلات ما بيـــن الفلافونويدات والبروتينات ناتجـــة مـــن التفاعل ما بيـــن المجاميـــع الوظيفيـــة فـــي البروتينـــات وهـــي مجاميع الأميـــن والامايـــد ومركبات Quinones المتكونـــة مـــن اكســـدة الفلافونويدات كيميـــائياً او انزيميـــاً، وتحـــدث الاكسدة نتيجـــة التـــعرض لأرقام هيدروجينية عاليـــة، الحرارة و أنـــواع الاوكسجـــين الفـــعال التـــي يمـــكن ان تحـــدث خـــلال العمليات التصنيعيـــة او خـــلال عمليـــات التداول ما بعـــد الحصاد، وكلما ازدادت عـــدد مجاميـــع الميثوكســـيل فـــي تركيـــب الصبغة يـــزداد التداخـــل بينـــها وبيـــن المجاميـــع الوظيفيـــة فـــي البروتينات مما ينتـــج عنـــه زيـــادة مفـــرطة فـــي اللـــون (Bordenave *et al.*,2014;Chung *et al.*,2017; Miyagusuku-Cruzado *et al.*,2021).

8 - السكريات Sugars

يعد سكر السكروز والكلوكوز مادة حافظة وقائية تعمل على حفظ صبغة الانثوسيانينات من التفكك خلال مدة الخزن والحفاظ على اللون وعدم تكون اللون البني، يعيق السكروز عمل عمليات التكثيف، تثبيط التفاعلات الانزيمية وخفض النشاط المائي، تعمل بعض السكريات على تحلل الصبغة بصورة أسرع مثل الفركتوز، الارابينوز واللاكتوز مـــن الصبغة الحاوية على الكلوكوز، السكروز او المالتوز (Jackman *et al.*,1987). يرجـــع السبب في تحلل الصبغة بـــوجود السكر الـــى وجـــود الاوكسجيـــن الـــذي يســـاعد علـــى تحلل الصبغـــة، نـــوع السكـــر المضاف، تركيـــزه، تركيـــبه الكيميائي ونـــوع المركـــب السائد فـــي الصبغة (Ancos *et al.*,1999; Nikkhah *et al.*,2007). ان معدل تحلل الصبغة مرتبط بمعدل تحلل السكر وانتاج مركبات الفورفورال و5-هيدروكسي فورفورال عند الدرجات الحرارية العالية خلال مـــدة الخزن، ان زيادة تركيز السكر في الصبغة يقلل مـــن استقرارها بسبب تكون نواتج من تحلل السكر التـــي تعمل بصورة اســـرع في تدهور الصبغة مـــن السكر الاصلي (Jackman *et al.*,1987; Koulani *et al.*,2016)).

9 - الانزيمات Enzymes

تعمل الإنزيمات على تغير لون صبغة الانثوسيانينات وتسبـــب فقدان لونهـــا عنـــد وجودها في الانثوســـيانينات المستخلصـــة، إذ تعمـــل الإنزيمات علـــى التحلل المائي للانثوسيانينات وفصل الجزء السكـــري عنها مما يؤدي الـــى تكـــون مركب عديـــم اللون ومـــن هـــذه الانزيمات Anthocyanases (Wrolsted *et al.*,1994;

مجلة العلوم الحديثة والتراثية ، 2022 ، 10 (2) : 136 – 155 .
Journal of Modern and Heritage Science
http://www.j-msh.com
Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

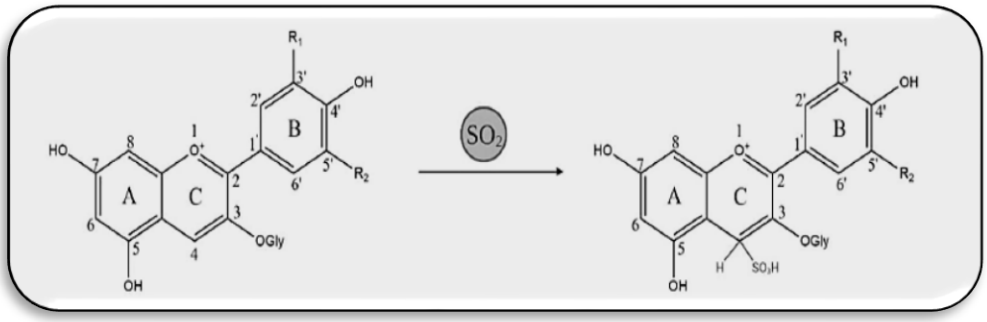
(Jackman *et al.*,1987; Buchert *et al.*,2005). ذكـــر Silva *et al.*(2017) ان بعـــــض الانزيمات لها دور في عملية استخلاص صبغة الانثوسيانين من النباتات من خلال تحطيم جدار الخلية التي توجد داخلها الصبغة وبالتالي خروج الصبغة من داخل الخلية الى الخارج ومن هذه الانزيمات Pectinase و Cellulase.

10- الضوء Light

يعـــد الضوء أحد العوامل المهمة المؤثرة على ثباتية صبغة الانثوسيانينات اذ يسرع من تحطم الصبغة (Laleh *et al.*,2006) . وجد Kangthin *et al.*(2021) عند خزن الانثوسيانينات المستخلصة من نبات Chaba maple بعد تغليفها بطبقة من رقائق الالمنيوم في صندوق مغلق مدة 72 ساعة انها اكثر ثباتاً مقارنة بتلك التي خزنت داخل صندوق مغلق يحتوي على مصباح نيون اذ عانت من التفكك التدريجي منذ بداية الخزن وحتى نهايته.

11- ثنائي اوكسيد الكبريت Sulfur dioxide

يعد ثنائي اوكسيد الكبريت مادة حافظة تعمل على تثبيت الصبغة في المنتجات الغذائية المحتوية على صبغة الانثوسيانينات ، يستعمل ثنائي اوكسيد الكبريت بتراكيز قليلة جدا إذ تؤدي التراكيز العالية منه الى إزالة اللون من الصبغة الذي يحتاج الى وسط حامضي ذو رقم هيدروجيني 1 للحفاظ على اللون الأحمر لذلك حدد من استعماله (Jackman *et al.*,1987).



Enaru *et al.*(2021)

الشكل (13): الية تفاعل ثنائي أوكسيد الكبريت مع الانثوسيانينات

يعد معقد الانثوسيانين وثنائي اوكسيد الكبريت أكثر استقراراً من خلال عمل جزء ثنائي الكبريت في تعطيل الاصرة بين الجزء السكري والانثوسياندين وبالتالي منع التحلل المائي وتكوين منتجات متحللة بنية اللـــون (Admas 1972). إن إلية التفاعـــل هو حدوث تفاعـــل عكســـي ما بين جزء الانثوسيانين في شكل ايون الفلافيليوم الموجب مع الايونات ثنائية الكبريت لإنتاج حامض Flaven-4-Sulfonic عديم اللون يشبه إلى حد ما القاعدة الكاذبة (Jurd,1964). بين Timberlake and Bridle (1968) ان ارتباط الايونات الثنائية التكافؤ يحدث في الموقع 4 من الحلقة C من الانثوسيانين ولكون املاح الفلافيليوم تحتوي على مجاميع مثيل او فينول في هذا الموقع بالتالي لا تتأثر الصبغة أساساً بوجود ثنائي اوكسيـــد الكـــبريت (Enaru *et al.*,2021) كما يوضح في الشكل أعلاه (13).

12- الاوكسجين الجزيئي Oxygen

يلـعب الأوكسجين دوراً مهماً فـي تحلل الصبغة إذ يـعد عـاملاً ضـاراً مع الدرجات الحرارية العالية اللذان يؤثران على استقرار صبغة الانـثوسيانينات (Nebesky *et al.*, 1949; Jackman *et al.*,1987). ان إلية عمـل الأوكسـجين في تفكك الصبغة من خـلال الأكسدة المباشرة أو غـير المباشرة إذ تـعمل المكونات المؤكسدة في الوسط عـلى الـتفاعل مع الانثوسيانينات وإنـتاج منـتجات عـديمة اللـون أو منتجات ذات لـون بني (Daravingas and Cain,1968; Jackman *et al.*,1987).

13 - مرافقات الصبغة Co-Pigment

تعد مرافقات الصبغة مـــن العوامل المهمة فـــي تحسين خصائـــص لون صبغة الانثوسيانينات إضافة الى الـــرقم الهيدروجيني والمجاميع المختلفـــة المرتبطة بالحلقة B داخل التركيـــب الجزيئي للانثوسيانيات، اذ تعمل على استقراريـــة حامل الصبغة داخل الفجـــوات النباتية عنـــد الرقم الهيدروجيني بحدود 5.5 التي تعمل علـــى مـــنع ارتباط جزيئات الماء بشكل الفلافيليوم الموجب وبالتالي فقدان اللون ويقل هذا عند فتـــح الحلقـــة وتكون شـــكل الشالكـــون وأيضا شكل الكاربونيل الكاذب بسبب انخفاض الارتباط بالنواة (; Jackman *et al.*,1987 Arslan,2015; Houghton *et al.*,2021) .

Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

References

Adams, J.B. (1972). Changes in the polyphenols of red fruits during processing - the kinetics and mechanism of anthocyanin degradation. **Campden. Food Pres. Res. Assoc. Tech. Bull.,** p. 22.

Ahmadiani, N. (2015). Red Cabbage Anthocyanins: Horticultural and Chemical Factors Affecting Color Characteristics of Crude Extracts, Select Pigment Mixtures, and Isolated Pigments. **Thesis of** Ph.D. The Ohio State University.

Alappat, B. and Alappat, J. (2020). Anthocyanin pigments: beyond aesthetics. **Molecules**, 25(23):5500.

Ali, O.A.A.; Al-Sayed, H.M.A.; Yasin, N.M.N. and Afifi, E.A.A. (2016). Effect of different extraction methods on stability of anthocyanins extracted from red onion peels (*Allium cepa*) and its uses as food colorants**. Bulletin of the National Nutrition Institute of the Arab Republic of Egypt,** 47(2) :1- 24.

Amelia, F.; Afnani, G. N.; Musfiroh, A.; Fikriyani, A. N.; Ucche, S. and Murrukmihadi, M. (2013). Extraction and stabililty test of anthocyanin from buni fruits (*Antidesma bunius L.*) as an alternative natural and safe food colorant. **J. Food Pharm. *Sci.*,** 1(2) :49-53.

Ancos, D.; Gonzalez, B. E. and Cano, M.P. (1999). Differentiation of raspberry varieties according to anthocyanin composition. **Zeitschrift fuer Lebensmittel Untersuchung und Forschung A,** 208(1): 33–38.

Aprodu, I.; Milea, S. A.; Enachi, E.; Rapeanu, G.; Bahrim G. E. and Stanciuc N. (2020). Thermal degradation kinetics of anthocyanins extracted from purple maize flour extract and the effect of heating on selected biological functionality. **Foods**, 9(11): 1593.

Al-Qadri, F. (2018). Kinetics study and thermal stability of red onion skin and it's use as alternative colorants in food and textiles. **International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology,** 5(1) :2393-8021.

Arslan, D. (2015). Effects of degradation preventive agents on storage stability of anthocyanins in sour cherry concentrate. **Agronomy Research**, 13(4): 892–899.

Barnes, J.S. (2010). Analytical Characterization of Anthocyanins from Natural Products by Reverse-Phase Liquid Chromatography-Photodiode Array-Electrospray Ionization-Ion Trap-Time of Flight Mass Spectrometry.**Thesis of degree master**, the University of Texas.

Bauernfeind, J. C. (1981). Natural Food Colors. In: Carotenoids as Colorants and Vitamin A Precursors. Bauernfeind, J. C. (ed). **Academic Press, NewYork**, 1-45.

Boo, H.O.; Hwang, S. J.; Bae, C. S.; Park, S. H. and Song, W. S. (2011). Antioxidant activity according to each kind of natural plant pigments. **Korean Journal of Plant Resources,** 24(1):105-112.

Bordenave, N.; Hamaker, B. R. and Ferruzzi, M. (2014). Nature and consequences of non-covalent interactions between flavonoids and macronutrients in foods. **Food and Function**, 5(1): 18-34.

Buchert, J.; Koponen, J. M.; Suutarinen, M.; Mustranta, A.; Lille, M.; Teorreonen, R. and Poutanen, K. (2005). Effect of enzyme-aided pressing on anthocyanin yield and profiles in bilberry and blackcurrant juices. **J. Sci. Food. Agric**., 85(15) :2548–2556.

Cabrita, L; Fossen, T. and Anderson, M. (2000). Colour and stability of the six common anthocyanin 3-glucosides in aqueous solution. **Food Chem**., 68(1):101-107.

Castañeda-Ovando, A; Pacheco-Hernández, M.; Páez-Hernández, Me; Rodríguez, J. and Galán-Vidal, C. (2009). Chemical studies of anthocyanins: a review. **Food Chemistry**, 113(4): 859-871.

Carocho, M.; Barreiro, M.f.; Morales, P. and Ferreira, I. (2014). Adding molecules to food, pros and cons: a review on synthetic and natural food additives. **Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.**, 13(4) :377–99.

Cavalcanti, R. N.; Santos, D. T. and Meireles, M. A. A. (2011). Non-thermal stabilization mechanisms of anthocyanins in model and food systems-an overview. **Food Res. Int.,** 44 (2): 499−509.

Chung, C.; Rojanasasithara, T. ; Mutilangi, W. and Mcclements, D. J.(2017). Stability improvement of natural food colors: impact of amino acid and peptide addition on anthocyanin stability in model beverages. **Food Chemistry**, 218: 277–284.

Cortez, R.; Luna-Vital, D. A.; Margulis, D. and Gonzalez De Mejia, E. (2017). Natural pigments: stabilization methods of anthocyanins for food applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**,16(1): 180-198.

Daravingas, G. and Cain, R.F. (1968). Thermal degradation of black raspberry anthocyanin pigments in model systems. **J. Food Sci**., 33(2): 138-142.

De, A. B.; Cano, M.; Hernandez, A and Monreal, M. (1999). Effects of microwave heating on pigment composition and color of fruit purees. **J. Sci. Food Agric**., 79(5): 663-670.

Delgado-Vargas, F., and Paredes- Lopez, O. (2002). Natural Colorants for Food and Nutraceutical Uses. **CRC Press**, Boca Raton.

Delgado-Vargas, F.; Jiménez, A. R. and Paredes-López, O. (2000). Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and bet alains - characteristics, biosynthesis, processing, and stability. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.,** 40(3):173–289.

Deman, J.; Finley, J.; Hurst, W. and Lee, C. (2018). Principles of Food Chemistry. 4th edition. **Gaithersburg: Aspen Publishers,** 478: pp446.

Downham, A. and Collins, P. (2000). Colouring our foods in the last and next millennium. **Int. J. Food Sci. Tech.,** 35(1):5-22.

Dyankova, S. and Doneva, M. (2016). Extraction and characterization of anthocyanin colorants from plant sources. **Agricultural Science and Technology**, 8 (1) :85-89.

Enaru, B.; Dretcam, G.; Pop, T. D.; Stanila, A. and Dianconease, Z. (2021). Anthocyanins: factors affecting their stability and degradation. **Antioxidants**, 10(12): 1967.

Gauche, C.; Malagoli, E. D. S. and Bordignon-Luiz, M. T. (2010). Effect of pH on the copigmentation of anthocyanins from Cabernet Sauvignon grape extracts with organic acids. **Sci. Agric**., **67**: 41–46.

Farr, J. E. and Giusti, M. M. (2018). Investigation the interaction of ascorbic acid with anthocyanins and pyranoanthocyanins. **Molecules**, 23(4): 744.

FDA: Food and Drug Administration (2021). Sodium benzoate. In: CFR-Code of Federal Regulations Title 21, Department of health and human services.PART 184—Direct food substances affirmed as generally recognized as safe. Subpart B- Listing of specific substances affirmed as gras. Sec. 184.1733 Sodium benzoate. 2p.

Frick D. (2003). The coloration of food. review of progress in coloration and related topics. **Color Technol**., 33(1):15-32.

Fuleki, T. (1967). Development of Quantitative Methods for Individual Anthocyanins in Cranberry and Cranberry Products, **Thesis of Ph.D**. University of Massachusetts, Amherst, pp. 1-286.

Gerard, V.; Ay, E.; Morlet-Savary, F.; Graff, B.; Galopin, C.; Ogren, T.; Mutilangi, W. and Lalevee, J.(2019). Thermal and photochemical stability of anthocyanins from blackcarrot, grape juice, and purple sweet potato in model beverages in the presence of ascorbic acid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**,67(19): 5647-5660.

Gürses, A; Acikyildiz, M.; Gunes, K. and Gurses, M.S. (2016). Dyes and Pigments: their Structure and Properties In: Dyes and Pigments. Sharma, S. K. (ed.) **Springer, Cham**. pp13-29.

Harborne, J. B. (1963). Distribution of Anthocyanins in: Higher Plants. In: Chemical Plant Taxonomy, Swain, T. (ed.) **Academic Press, New York**. pp359-388.

Harbone, J. B. (1973). Phytochemical Methods. A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis, First Edition. **Chapman and Hall, London, UK**.

Harborne, J. B. (1984). Phytochemical Methods. A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis, Second Edition. **Chapman and Hall**. **NewYork, USA.**

Houghton, A.; Appelhagen, I. and Martin, C. (2021). Natural blues: structure meets function in anthocuanins. **Plants**, 10(4): 726.

Hrazdina, G. and Franzese, A.J. (1974). Oxidation products of acylated anthocyanins under acidic and neutral conditions. **Phytochem**, 13(1): 231-234.

Ibadi, A. A.(2015). Extraction of anthocyanin pigments from different plants and study the effect of solvent, temperature and pH variation on it. **Journal of Missan Researches**,11(21): 37-44.

Jackman, R.; Yada, R.; Tung, M. and Speers, R. (1987). Anthocyanins as food colorants- A review. **Journal of Food Biochemistry**, 11(3): 201-247.

Joshi,V. K. and Preema, M.(2017). Anthocyanins: chemistry, extraction, stability, significance and application as a biocolour . **Intl. J. Food. Ferment. Technol.,** 7(2): 201-22.

Joshi, V.K.; Attri, D.; Anju, B. and Shashi, B. (2003). Microbial pigment, **Indian Journal of Biotech.**, 2: 362-369.

Jurd, L. (1964). Reactions involved in sulfite bleaching of anthocyanins**. J. Food Sci.**, 29(1): 16-19.

Kang, H.; Ko, M. and Chung, M.(2021). Anthocyanin structure and pH dependent extraction characteristics from blueberries (*Vaccinium corymbosum*) and chokeberries (*Aronia melanocarpa*) in subcritical water state. **Foods**, 10(3) :527.

Kong, JM.; Chia, LS.; Goh, NK.; Chia, TF. and Brouillard, R. (2003). Analysis and biological activities of anthocyanins. **Phytochemistry**, 64(5): 923-933.

Koulani, M. K.; Jamei, R. and Marjani, A. P. (2016). Influence of sucrose and high temperature on grape anthocyanin stability and furfural formation. Jounal Food Safety and Hygiene, 2(3-4): 54-62.

Khoo, H.; Azlan, A.; Tang, S. and Lim, S. (2017). Anthocyanidin and anthocyanin: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. **Food Nutri. Res**., 61(1): 1361779.

Laleh, G.H.; Frydoonfar, H.; Heidary, R.; Jameel, R. and Zare, S. (2006). The effect of light, temperature, pH and species on stability of Anthocyanin pigment in four berberis species. **Pakistan Journal of Nutrition**, 5(1):90-92.

Lazze, M. C.; Savio, M.; Pizzala, R.; Cazzalini, O.; Perucca, P.: Scovassi, A. L.; Stivala, L. A. and Bianchi, L. (2004). Anthocyanins induce cell cycle perturbations and apoptosis in different human cell lines. **Carcinogenesis**, 25(8): 1427-1433.

Le, X. T.; Huynh, M. H.; Pham, T. N. and Than, V. T. (2019). Optimization of total anthocyanin content, stability and antioxidant evaluation of the anthocyanin extract from Vietnamese *Carissa carandas L*. fruits. **Processes**.7(7): 468.

Liamas, N. E.; Garrido, M.; Sussan, M.; Nezio, D.; Susana, B. and Band, F. (2009). Second order advantage in the determination of amaranth, sunset. Yellow FCF and tartrazine by UV-Vis and multivariate cure resolutionalternating least squares. **Analytica Chimica Acta**, 655(1-2): 38-42.

Linke, B. G. O.; Casagrande, A. C. and Cardoso, L. A. C. (2018). Food additives and their health effects: A review on preservative sodium benzoate. **African Journal of Biotechnology**,17(10): 306-310.

Lozovskaya, T.; Brenner-weiss, G.; Franzreb, M. and Nusser, M.(2012). Recovery of anthocyanins from grape pomace extract (Pinot noir) using magnetic particles based on poly (vinyl alcohol). **Cellulose Chem. Technol**.,46(7-8) :427-433.

Malien-Aubert, C.; Dangles, O. and Amiot M.j. (2001). Color stability of commercial anthocyanin-based extracts in relation to the phenolic composition. protective effects by intra- and intermolecular copigmentation. **J. Agric. Food Chem**., 49(1):170-176.

Markakis, P.; Lmngston, G.E. and Fellers, C.R. (1957). Quantitative aspects of strawberry pigment degradation. **Food Res**., 22(2): 117-129.

Martin, J.; Navas, M. J.; Jimenez-Moreno, A. and Asuero, A. G. (2017). Anthocyanin Pigments: Importance, Sample Preparation and Extraction In: Phenolic Compounds - Natural Sources, Importance and Applications. Soto-Hernandez, M; Plama-Tenango, M. and Garcia-Mateos, R.(eds.) **INTECH,** 117-152.

Mei, X.; Qin, H.; Wang, J.; Wang, G.; Liu, C. and Cai, Y. (2014). Studies on physicochemical characteristics of anthocyanin from super dark maize. **Journal of Food and Nutrition Research**, 2(3) :109-114.

Miyagusuku-Cruzado, G.; Jimenez-Flores, R. and Giusti, M. M. (2021). Whey protein addition and its increased light absorption and tinctorial strength of model solutions colored with anthocyanins. **J. Dairy Sci.,** 104 (6): 6449-6462.

Mollaamin, F. and Monajjemi, M.(2020). Thermodynamic and IR spectral study of metal cations–anthocyanin chelation: mechanism of formation of pigments. **Russian Journal of Physical Chemistry A**, 94 (9): 1887-1901.

Mortensen, A.(2006). Carotenoids and other pigments as natural colorants. **Appli. and Pure, Chem**., 78(8): 1477-1491.

Mustika, S. R. and Marpaung, A. M. (2020). Color properties and stabilizing effect of metal ion on anthocyanin from *buni* (*antidesma bunius*) fruit. **In 5th International Conference on Food, Agriculture and Natural Resource (FANRes 2019)**. **Atlantis Press,** 194**:** 223-225.

Nebesky, E.A.; Esselen, W.B. JR.; Mcconnell, J.E. W. and Fellers, C.R. (1949). Stability of color in fruit juices. **Food Res.**, 14: 261-274.

Ngamwonglumlert, L.; Devahastin,S. and Chiewchan, N.(2017). Natural colorants: pigment stability and extraction yield enhancement via utilization of appropriate pretreatment and extraction methods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 57(15): 3243-3259.

Nikkhah, E.; Khayamy, M.; Heidari, R. and Jamee, R. (2007). Effect the sugar treatment on stability of anthocyanin pigment in berries. **Journal of Biological Sciences,** 7(8): 1412-1417.

Nikkhah, E.; Khaiamy, M.; Heidary, R. and Azar, A. S. (2010). The effect of ascorbic acid and H2O2 treatment on the stability of anthocyanin pigments in berries. **Turk. J. Biol**., 34(1): 47-53.

Oancea, S. and Drăghici, O. (2013). pH and thermal stability of anthocyaninbased optimised extracts of romanian red onion cultivars. **Czech J. Food Sci.,** 31(3): 283–291.

Ozkan, M.; Kirca, A. and Cemeroglu, B. (2004). Effects of hydrogen peroxide on the stability of ascorbic acid during storage in various fruit juices. **Food Chemistry**, 88(4) :591–597.

Poiana, M.; Moigradean, D.; Raba, D.; Maria, L. and Popa, M. (2010). The effect of long-term frozen storage on the nutraceutical compounds, antioxidant properties and color indices of different kinds of berries. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, 8(1): 54-58.

Ramadan, K. M. and El-Hadidy, E. M. (2015). Color stability of anthocyaninbased extracts innon-traditional sources: improvement of thermal stability by tannic acid. **J. Biol. Chem. Environ. Sci**., 10(3): 1-19.

Rein, M. (2005). Copigmentation Reactions and Color Stability of Berry Anthocyanins. **Thesis of Ph.D** Helsinki, Russia: University of Helsinki,**.**

Salehi, B; Sharifi-Rad, J.: Cappellini, F.; Reiner, Z.; Zorzan, D.; Imran, M.; Sener, B.; Kilic, M.: El-Shazly, M.; Fahmy, N. M.; Al-Sayed, E.; Martorell, M.; Tonelli, C.; Petroni, K.; Docea, A.O.;

Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

Calina, D. and Maroyi, A.(2020). The therapeutic potential of anthocyanins: current approaches based on their molecular mechanism of action. **Frontiers in Pharmacology**, 11.

Schwartz, S. J.; Cooperstone, J. L.; Cichon, M. J.; Von Elbe, J. H. and Giusti, M. M. (2017). Colorants. In: Fennema Food Chemistry. Damodaran, S. and Parkin, K. L.(eds.). **CRC Press**, pp 681-752.

Shamina, A.; Shiva, K. N. and Parthasarathy, V. A. (2007). Food colours of plant origin. **CAB Rev. Perspectives Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Resour**., 2(87): 12- 24.

Sharif, A. ; Saim, N. ; Jasmani, H. and Ahmad, W.Y.W.(2010). Effects of solvent and temperture on the extraction of colorant from onion (*Allium cepa*) skin using pressurized liquid extraction. **Asian Journal of Applied Sciences,** 3(4): 262-268.

Shetty, M.; Geethalekhimi, P.R. and Mini, C. (2017). Natural pigments as potential food colourants: A review. **Trends In Biosciences**, 10 (21): 4057-4064.

Shindy, H. A. (2016). Basics in colors, dyes and pigments chemistry: a review. **Chemistry**, 2(1): 29-36.

Silva, C. H. C.; Rocha, F. C. and Silva, L. L. G. G. (2018). Production of organic compost from different plant waste generated in the management of a green urban space**. Rev. Ciênc. Agron**.,49(4): 558-565.

Silva, S.; Costa, E. M.; Calhau, C.; Morais, R. M. and Pintado, M. E. (2017). Anthocyanin extraction from plant tissues: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 57(14) :3072-3083.

Sondheimer, E. and Kertesz, Z.I. (1952). The kinetics of the oxidation of strawberry anthocyanin by hydrogen peroxide. **Journal of food science**., 17(1-6): 288-297.

Stintzing, F. C. and Carle, R. (2004). Functional properties of anthocyanins and bet alains in plants, Food, and in human nutrition. **Trends in Food Sci. Technol**., 15(1):19-38.

Tang, P. and Giusti, M. M. (2020). Met al chelates of petunidin derivatives exhibit enhanced color and stability. **Foods**, 9(10): 1426.

Timberlake, C.F. and Bridle, P. (1968**).** Flavylium salts resistant to sulphur dioxide. **Chem. Ind., oct**., (43): 1489**.**

Todaro, A. ; Cimino, F. ; Rapisarda, P. ; Catalano, N. E. ; Barbagallo, R. N. and Spagna, G.(2009). Recovery of anthocyanins from eggplant peel. **Food Chemistry**, 114(2): 434-439.

Vargas, M.; Cortez, J.; Duch, E.s.; Lizama, A.P. and Mendez, C. H.(2013). Extraction and stability of anthocyanins present in the skin of the dragon fruit (*Hylocereus undatus*). **Food and Nutrition Sciences**, 4(12): 1221-1228.

Wahyuningsih, S.; Wulandari, L.; Wartono, M. W.; Munawaroh ,H. and Ramelan, A. H.(2017). The effect of pH and color stability of anthocyanin on food colorant. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, 193(1): 012047.

Wang, W.; Shen, X. and Chen, Y. (2013). Effect of pH, temperature and iron on the stability of anthocyanins from black-skinned peanuts (*Arachis Hypogaea L.*). **African Journal of Agricultural Research**, 8(18): 2044-2047.

Wong, D. W. S. (2018). Colorants. In: Mechanism and Theory in Food Chemistry. Jackson, M. O.(ed.). Second Edition. **Springer, Cham.,** pp 169-218.

Wrolstad, R.E. (2004). Anthocyanin Pigments-Bioactivity and Coloring Properties. **Journal of Food Science**, 69(5): 419-425.

Wrolstad, R. E., Wightman, J. D. and Durst, R. W. (1994). Glycosidase activity of enzyme preparations used in fruit juice processing. **Food Technol**., 48(11):90–98.

Xavier, M. F.; Lopes, T. J.; Quadri, M. G. N. and Quadri, M. B. (2008). Extraction of red cabbage anthocyanins: optimization of the operation conditions of the column process. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 51(1) :143-152.

Online ISSN: 2001-6611
Print ISSN: 2001-662X

Xu, Q.; Zhou, Y.; Wang, D.; Li, B.; Luo, L. and Gao, G. (2018). Study on improving the stability of blueberry anthocyanins. **Advances in Engineering Research**, 163: 1747-1750.

Zhang, M.; Lou, B.; Zhang, Y. and Fu, H. (2018). Stability and antioxidant activity of anthocyanins from flowers of *Rhododendron pulchrum* sweet. **Asian Agricultural Research**, 10(10): 88-92.

Zorić, Z.; Dragović-uzelac, V.; Pedisić, S.; Kurtanjek, Z. and Garofulic, I. E. (2014). Kinetics of the degradation of anthocyanins, phenolic acids and flavanols during heat treatments of freezedried sour cherry Marasca paste**. Food Technology and Biotechnology, Zagreb,** 52(1): 101-108.