الباب الرابع

البيتالينات ومواد الصبغ النباتية

- البيتالينات
- مواد الصبغ النباتية

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل السادس

البيتالينات

• المقدمة • بناء وتركيب البيتالينـــات الكيميـــائي • تصنيف البيتالينات • أهمية البيتالينات • طرق التعرف على البيتالينات

المقدمة

ورد في الفصول السابقة أساسيات تأثير الإضاءة واستغلالها بواسطة النباتات لتسيير عمليات النمو والتكشف والبقاء في بيئاتها المتباينة باستخدام صبغات البناء الضوئي وصبغات التشكل النباتية وصبغات التكيف كوسيلة للبقاء والانتشار. بالطبع ليست هذه الصبغات هي الوحيدة بل يشارك المجال الأخير (أي صبغات التكيف) صبغات أخرى تميز بعض النباتات وتم فصلها عن بقية الصبغات المشاركة معها في الوظيفة وذكرت هنا لأنها محدودة في بعض النباتات ومسار بنائها متميز عن مسارات بناء الصبغات الأخرى. من الصبغات النباتية المميزة لأعضاء بعض النباتات صبغات البيتالين Betalins .

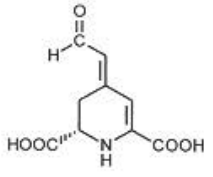
تتميز رتبة القرنفليات .Caryophyllales بوجود عشر فصائل Families تحوي طائفة من الصبغات النباتية يطلق عليها البيتالينات، بينما فصيلتين هما الفصيلة

القرنفلية Caryophyllaceae والفصيلة المولوجينية Molluginaceae تابعة للرتبة تحوي بدلا من ذلك الأنثوسيانينات (Starck, et al., 2003) . لقد وجدت صبغة البيتالين في كائنات حية أخرى مثل جنسي الفطريات *Amanita* sp. و *Hygrocybe* sp. من الفطريات البازيدية (Stafford, 1994).

كان المعتقد أن البيتالينات ذات علاقة بالأنثوسيانينات، على الرغم من أن هذه الصبغات تحوي النيتروجين ولم توجد حتى الآن صبغات البتالينات وصبغات الأنثوسيانينات في نبات واحد (Francis, 2000) . إن صبغات البيتالينات ليست ذات علاقة من الناحية الكيميائية بالأنثوسيانينات وحتى أشباه الفلافون (Raven, et al., 2004) . لقد اشتق الاسم بيتالينات من اسم النوع الذي وجدت به الصبغة أول مرة وهو نبات البنجر *Beta vulgaris* كبديل لكل التسميات القديمة وهي "الأنثوسيانينات النيتروجينية nitrogen-containing anthocyanin" للبيتاسيانين وفلافوسيانين flavocyanin للبيتازانثين . تذوب البيتالينات في الماء وتوجد داخل الفجوة في الخلية في أعضاء النبات كالأزهار والثمار (والأعضاء الأخرى كالمجموع الخضري والجذور في بعض النباتات) في تلك الرتبة (Wang, et al., 2006) و (Sreekanth, et al., 2007) .

بناء وتركيب البيتالينات الكيميائي

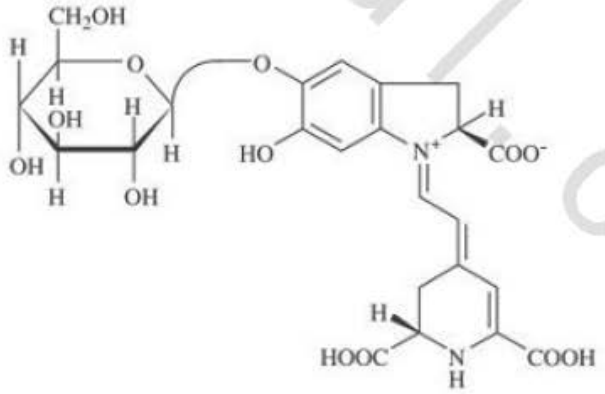
تبنى البيتالينات في السيتوبلازم ثم تخزن في الفجوة العصارية، والإنزيم الرئيسي في مسار البناء هو الإنزيم الفريد في نوعه ، إنزيم داي هيدوركسي فينيل الألانين-داي أوكسيجينيز DOPA-dioxygenase الذي يحول مركب ٣،٤-داي هيدوركسي فينيل الألانين 3,4-dihydroxyphenylalanine إلى الحامل الصبغي chromophore في مركبات البيتالين وهو حمض البيتالاميك Betalamic acid انظر الشكل رقم (٦,١) (Gerritsen, 2000).



الشكل رقم (٦,١). تركيب حمض البيتالاميك .

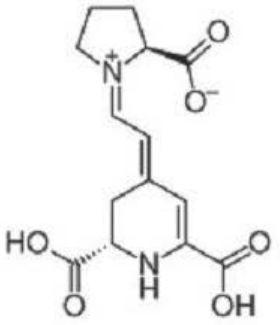
المصدر: (Gerritsen, 2006)

من الخطوات الرئيسية في مسار بناء البيتالينات تحويل الحمض الأميني التيروسين tyrosine إلى المركب ٣،٤-داي هيدوركي فينيل الألانين 3,4-dihydroxyphenylalanine الذي يحول إلى المركب الرئيسي حمض البيتالاميك Betalamic acid . تستمر التحولات من هذا الحمض في مسارين بها تفرعات لتكوين مجاميع البيتاسيانينات والمثل لهذه المجموعة البيتانين كما في الشكل رقم (٦,٢) أو البيتازانثينات حسب نوع النبات وصنفه والمثل لهذه المجموعة إنديكازانثين كما في الشكل رقم (٦,٣). تُنشط الإضاءة بناء البيتالينات مثلها مثل الأنثوسيانينات (Salisbury and Ross, 1992) . يوضح الشكل رقم (٦,٤) مختصر لمسار بناء البيتالينات .



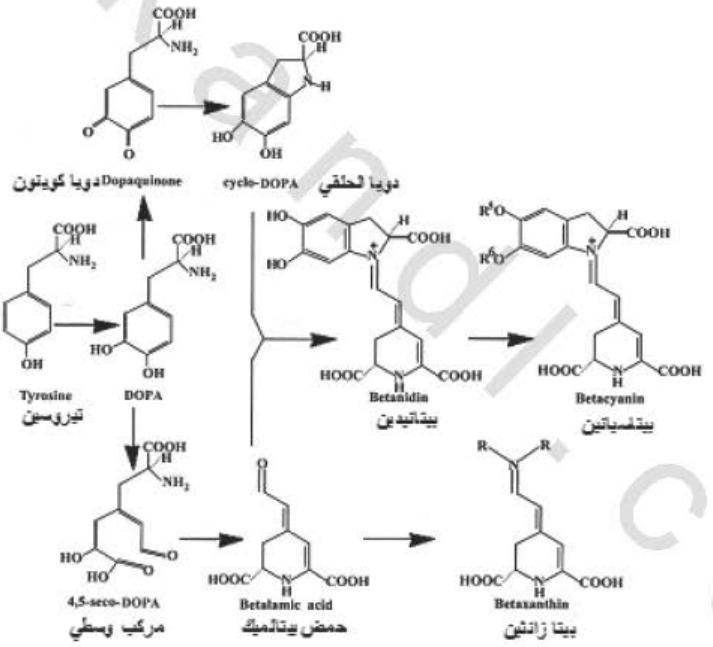
الشكل رقم (٦,٢). التركيب الكيميائي للبيتانين

المصدر : (Sreekanth, *et al.*, 2007)



الشكل رقم (٦,٣) . التركيب الكيميائي لمركب البيتازانثين (إنديكازانثين Indicaxanthin)

المصدر: (Stintzing and Carle 2007)



الشكل رقم (٦,٤) . مختصر لمسار بناء البيتالينات وقد حذفت أسماء الإنزيمات للتسهيل وللتفصيل يمكن الرجوع إلى المصدر .المركب الوسطي هو seco-dopa وهو مركب غير ثابت ويتبلور حمض البيتاليك ، بينما DOPA هو مركب ثنائي هيدروكسي فينيل الألانين dihydroxyphenylalanine .

المصدر بتصرف : . (Wang, et al., 2007) .

تصنيف البيتالينات

تعد البيتالينات طائفة من المركبات العضوية الحاوية على النيتروجين والمميزة بألوانها. عرفت البيتالينات في عدد من الفصائل النباتية التابعة لرتبة القرنفليات Caryophyllales مثل:

الفصيلة الغاسولية (الأيزونيات)	Aizoaceae
الفصيلة القطيفية (قطيفيات)	Amaranthaceae
الفصيلة البازلية (بازليّات)	Basellaceae
الفصيلة الصبارية (الصباريات)	Cactaceae
الفصيلة السرمقية (السرمقيات)	Chenopodiaceae
الفصيلة الدايديرية	Didieraceae
فصيلة النباتات الملحية	Halophytaceae
فصيلة شب الليل (الشبيات)	Nyctaginaceae
الفصيلة اللكية (اللكيّات)	Phytolaccaceae
فصيلة الرِجْلة (الرجليات)	Portulacaceae

وقد ذكر في دراسة أخرى ثلاث عشرة فصيلة (Clement and Mabry, 1996)، كما أضافت مراجعة أخرى إلى القائمة الفصائل الثلاث: الفصيلة الأكاتوكاربية Achatocarpaceae والفصيلة الهيكتوريللية Hectorellaceae والفصيلة الستجنوسبرماتية Stegnospermataceae،

انظر <http://www2.unil.ch/lpc/docs/pdf/betalaines_book.pdf>

وتصنف البيتالينات غالباً حسب اللون إلى مجموعتين : البيتاسيانينات Betacyanins (نحو 50 مركباً) وهي الحمراء إلى الحمراء البنفسجية، والبيتازانثينات Betaxanthins (نحو 20 مركباً) وهي الصفراء، (Salisbury and Ross, 1992; Francis, 2000) . لقد حدد تركيب نحو 55 مركباً حتى الآن حيث هناك عزلات عرفت بكونها شبيهة بالبيتالينات لكن لم تتضح الصورة الكاملة لها (Andersen and Jordheim, 2006). ويمكن تصنيف البيتالينات إلى أربع مجاميع (Strack et al., 1993) حسب التركيب الكيميائي وهي:

- نمط البيتانين betanin-type
- نمط الأمارانثين amaranthin-type
- نمط الجومفرين gomphrenin-type
- نمط البوجينفللين bougainvillein-type

وهناك مراجعة أخرى صنفت البيتالينات إلى طائفتين أيضاً (Starck, *et al.*, 2003) كالتالي :

أ) **البيتاسيانينات** Betacyanins وتشتمل على الصبغات ذات اللون الضارب للحمرة والبنفسجي وهي بدورها تقسم إلى أربع مجاميع هي:

• مجموعة البيتانين Betanin group والمثل لها صبغة الفيللوكاكتين Phyllocactin المميزة لأزهار وثمار الفصيلة الصبارية Cactaceae باللون الأحمر كما في نوع الصبار *Schlumbergera X buckleyi* الشكل رقم (٦,٥)، والهايلوسيرينين Hylocerenin في ثمار الصبار *Hylocereus polyrhizus* المستخدم تجاريا لتلوين المشروبات والآيسكريم الشكل رقم (٦,٦) ونوع آخر من الصبار في الشكل رقم (٦,٧).

الشكل رقم (٦,٥) زهرة نبات صبار عيد الميلاد Schlumbergera X buckleyi .

المصدر : http://mobot.biology.dal.ca/pmill/cactaceae/cactaceae.html#schlumbergera

الشكل رقم (٦,٦) . ثمرة نبات صبار يتاهايا (البتاية) Pitaya (Hylocereus polyrhizus)

المصدر : http://www.desert-tropicals.com/Plants/Cactaceae/Hylocereus_polyrhizus.html

الشكل رقم (٦,٧) أزهار نبات الصبار *Mammillaria* sp. حيث صبغة البيتاسيانين الحمراء.

المصدر : http://en.wikipedia.org/wiki/Betalain

• مجموعة الأمارانثين Amaranthin group والمثل لها صبغة الأمارانثين Amaranthin المميزة للنورات في للفصيلة القطيفية (الأمارانثية) Amaranthaceae باللون الأحمر كما في النوع *Celosia argentea* var. *cristata* انظر الشكل رقم (٦,٨).

الشكل رقم (٦,٨) نبات عرف الديك *Celosia argentea var. plumosa* .

المصدر : http://en.wikipedia.org/wiki/Celosia_argentea

• مجموعة الجومفرينينGomphrenin group والمثل لها صبغة الجومفرينينI، Gomphrenin I الصبغة الرئيسية في النورات البنفسجية لنبات *Gomphrena globosa* L. . يتبع هذه المجموعة أيضا صبغة البيتانيدين Betanidin الموجودة في قنابات bracts زهرة نبات الجهنمية *Bougainvillea glabra* . انظر الشكل رقم (٦,٩) .

الشكل رقم (٦,٩). قنابات نبات الجهنمية ***Bougainvillea glabra*** .

المصدر : **http://en.wikipedia.org/wiki/Bougainvillea_glabra**

• مجموعة ٢-ديسكربوكسي بيتانين 2-Descarboxy-betanin group والمثل لها صبغة ٢-ديسكربوكسي بيتانين 2-Descarboxy-betanin وهي مشتقة من مركب دوبامين كاستثناء من المركبات الأخرى من البيتاسيانينات وهي الصبغة الرئيسية في أزهار النبات الجفافي *Carpobrotus acinaciformis* من الفصيلة الغاسولية Aizoaceae انظر الشكل رقم (٦,١٠) . لقد ذكر وجود هذه الصبغة مؤخرا (Schliemann, *et al.*, 1999) في مزرعة الجذور ذات الشعيرات الجذرية لنبات البنجر الأصفر *Beta vulgaris* subsp. *vulgaris*.

الشكل رقم (٦,١٠) . نبات *Carpobrotus acinaciformis* .

المصدر : http://en.wikipedia.org/wiki/Carpobrotus_acinaciformis

ب) البيتازانثينات **Betaxanthins** وتشتمل على الصبغات التي تبدو بلون أصفر أو برتقالي وتقسم إلى ثلاث مجاميع هي :

• مجموعة مرتبطة مع مشتقات الأحماض الأمينية Amino acid-derived conjugates والمثل لهذه المجموعة البورتيولاكازانثين II ، Portulacaxanthin II الذي يرتبط به مشتق الحمض الأميني هيدروكسي برولين hydroxyproline والمتواجد مع بيتازانثينات أخرى في أزهار وسيقان بعض الأصناف من نبات الرجلة *Portulaca grandiflora* حيث تختلف ألوانه من الأبيض إلى الأصفر الباهت والغامق والبرتقالي والأحمر والأحمر البنفسجي حسب مساهمة الصبغات الأخرى. انظر الشكل رقم (٦,١١) لنبات *P. pilosa* .

الشكل رقم (٦,١١) لنبات الرجلة من نوع *Portulaca pilosa*

المصدر : http://www.plantsystematics.org/index.html

• مجموعة مرتبطة مع مشتقات من الأمين Amine-derived conjugates والمثل لهذه المجموعة هو ٣- ميثوكسي تايرامين بيتازانثين 3-Methoxytyramine-betaxanthin وهي الصبغة السائدة للألوان الصفراء والبرتقالية في نورات كل من *Celosia argentea* var. *cristata* و *Celosia argentea* var. *plumosa* والتي عرفت بالاسم ميرازانثين v، miraxanthin V . انظر الشكل رقم (٦,١٢) لنبات *Celosia argentea* var. *cristata* .

الشكل رقم (٦,١٢) نورات النبات *Celosia argentea* var. cristata .

المصدر : http://commons.wikimedia.org/wiki/Celosia_argentea

• مجموعة التراكيب شبه المصنعة Semisynthetic structures تضم هذه المجموعة تلك المركبات التي تتكون عند خلط البيتانين النقي والمستخلص من النبات مع أحد الأحماض الأمينية أو الأمينات حيث الصبغة الناتجة تستغل كمادة أصلية authentic marker عند تعريف الصبغات المستخلصة من أحد النباتات بواسطة الفصل اللوني بالسائل ذو الكفاءة العالية High performance Liquid Chromatography, HPLC وبالطبع فعددها غير معروف ولكن الجدول رقم (٦,١) من المراجعة (Strack, et al., 2003) يدرج أمثلة لما نشر لهذه المجموعة مع المركب المضاف (حمض أميني أو أمين) ومراجعها.

أهمية البيتالينات

من المعتقد أن البيتالينات تؤدي أدوار مهمة في الطبيعة من أكثرها تميزا – وهناك ما يؤيد ذلك من البحوث العلمية– ما يلي :

- دورها في تكوين الألوان في أعضاء النبات كالأزهار (Stintzing and Carle, 2004)
- دورها كمادة ملونة للأطعمة (Sreekanth, *et al.*, 2007) لخواص الصبغات المميزة وعدم سميتها حتى في التراكيز العالية (Schwartz, *et al.*, 1983).
- دورها كمضادات للكائنات الدقيقة والفيروسات (Strack, *et al.*, 2003).
- دورها كمركبات ذات خواص مضادة للأكسدة (Gentile *et al.*, 2004).

يضاف إلى هذه الأدوار أهمية وجود البيتالينات كميزة تصنيفية لتصنيف رتبة القرنفليات (Cai, et al., 2005).

إن هذه الأدوار علاوة على البحوث الخاصة بتأثيرها كمضادات لتكاثر خلايا الأورام (Sreekanth, *et al.*, 2007) توضح الدور المقترح لكنها لا تظهر آلية عمل البيتالينات في هذه المجالات.

تكون البيتالينات والأنثوسيانينات مدى واسعاً من ألوان الأزهار والثمار والخضراوات والحبوب ولكون هاتان الطائفتان من الصبغات النباتية ولا توجدان في النوع الواحد فالمعتقد أن الطائفتين يحل أحدهما محل الآخر من الناحية الوظيفية مثل الوقاية من الأشعة فوق البنفسجية وجذب الملقحات والناثرات (Stintzing and Carle, 2004).

تعد البيتاسيانينات من البنجر الأحمر *Beta vulgaris* مشهورة باستخدامها بدرجة كبيرة كصبغة في صناعة الأطعمة منذ فترة طويلة (Von Elbe & Goldman, 2000) . وتجارياً تحضر الصبغة من سحق جذور البنجر وتركيز العصارة الملونة وتباع بصورة عصير مركز أو مسحوق بطريقة التجميد الجاف Freeze drying techniques ولكن عملية التخمير تزيد من تركيز الصبغة في العصير المركز انظر العنوان التالي :

http://ourworld.compuserve.com/homepages/Stephen_Nottingham/beetroot5.htm July 2004 SFN.

إن الأنسجة الخضرية الملونة للنباتات في الفصيلة القطيفية (الأمارانثية) Amaranthaceae قد جذبت الإنتباه كمصدر جيد لصبغ الأطعمة كاستخدام الصبغة من جذور البنجر . تشير دراسة على٣٨٨ نمطاً وراثياً من ٣٧ نوعاً لثمانية أجناس من الفصيلة القطيفية (الأمارانثية) Amaranthaceae إلى التعرف على ١٦ نوعا من مركبات البيتاسيانينات و٣ أنواع من مركبات البيتازانثينات والجدول رقم (٦,١) يحوي بعض أمثلة من البيتالينات في تلك الفصيلة . تضيف الدراسة إلى أن أنواع جنس *Amaranthus* المزروعة تحوي بيتاسيانينات أكثر من الأنواع البرية (Cai, *et al.*, 2001 and 2005) .

الجدول رقم (٦,١). بعض البيتالينات من الفصيلة الأمارانثية.

م	الاسم العام للبيتالين		نوع النبات
١	أمارانثين	Amaranthin	*Amaranthus cruentus*
٢	سيلوسيانين I	Celosianin I	*Celosia cristata*
٣	آيريسينين I	Iresinin I	*Iresine herbstii*
٤	بيتانين	Betanin	*Amaranthus powellii*
٥	جومفرينين I	Gomphrenin I	*Gomphrena globosa*
٦	ميرازانثين V	Miraxanthin v	*Celosia cristata/ plumose*

المصدر : جمعت من : (Cai, et al., 2005)

تتميز الأنثوسيانينات بالألوان الناصعة في الأرقام الهيدروجينية المنخفضة بينما البيتالينات تتميز بأعلى درجة من الثبات عند الأرقام الهيدروجينية من ٥ إلى ٧ وبالتالي فهي أنسب صبغة للأطعمة عند هذه الأرقام (Francis, 2000) . وفي محاولة لدراسة مزيج من الأنثوسيانيات والبيتالينات للحصول على ألوان أو مسحات منها مختلفة عن كل من ألوان الصبغتين منفردتين وثبات اللون ، تم التوصل إلى مزيج من الصبغتين ثبات لونها مقبول عند الرقمين الهيدروجينيين ٤,٥ و ٥ ، وعند الرقم الهيدروجيني ٣,٥ كان هناك مزيج واحد فقط وبالتالي فهذه الدراسة تستكشف الإتجاه العام لسلوك خليط الصبغتين (Stintzing, *et al.*,2006) .

هناك بعض الدراسات (Gentile et al., 2004; Escribano, et al., 1998) لفعالية البيتالينات كمواد مضادة للأكسدة خاصة تلك المساهمة في تلوين الأطعمة ، علاوة على فعاليتها كمضادات لتكاثر خلايا الأورام (Sreekanth, et al., 2007) لكن ليس هناك أدلة مباشرة ونهائية لهذا الدور للبيتالينات .

طرق التعرف على البيتالينات

تتميز البيتالينات بكونها غير سامة ويمكن الكشف عنها في المادة الحية *in vivo* بوسائل القياس بالطيف اللوني simple spectroscopic means أو التحليل المجهري متعدد الطيف microscopic multispectral analysis كما ذكر في إحدى المراجعات (Fernandez *et al.*, 1995) . لقد أوردت إحدى الدراسات طريقة للكشف عن خليط من الأنثوسيانينات والبيتالينات وذلك بتطور طريقة الفصل اللوني للسائل ذو الكفاءة العالية ومطياف الكتلة chromatic and HPLC-DAD-MS analyses ، انظر (Stintzing, *et al.*,2006) .