

البيتاينات ومواد الصبغ النباتية

- البيتاينات
- مواد الصبغ النباتية

البيتالينات

- المقدمة • بناء وتركيب البيتالينات الكيميائي •
- 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 .

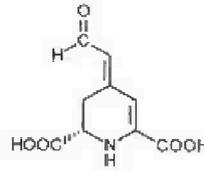
تتميز رتبة القرنفليات Caryophyllales بوجود عشر فصائل Families تحوي طائفة من الصبغات النباتية يطلق عليها البيتالينات، بينما فصيلتين هما الفصيلة

القرنفلية Caryophyllaceae والفصيلة المولوجينية Molluginaceae تابعة للرتبة تحوي بدلا من ذلك الأثوسيانينات (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 بالأثوسيانينات، على الرغم من أن هذه الصبغات تحوي النيتروجين ولم توجد حتى الآن صبغات البتالينات وصبغات الأثوسيانينات في نبات واحد (Francis, 2000). إن صبغات البيتالينات ليست ذات علاقة من الناحية الكيميائية بالأثوسيانينات 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 "الأثوسيانينات 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

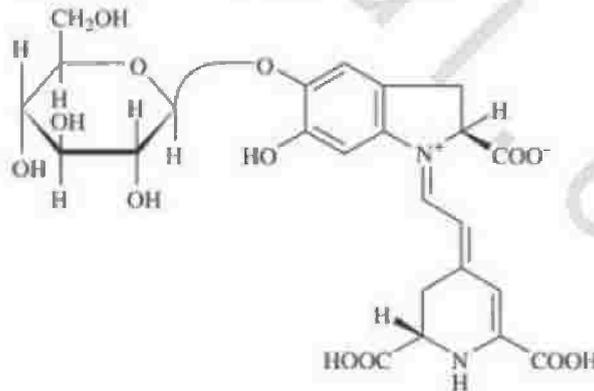
تبنى البيتالينات في السيتوبلازم ثم تخزن في الفجوة العصارية، والإنزيم الرئيسي في مسار البناء هو الإنزيم الفريد في نوعه، إنزيم داي هيدوركسي فينيل الألانين-داي أوكسيجيناز DOPA-dioxygenase الذي يحول مركب ٣،٤-داي هيدوركسي فينيل الألانين 3,4-dihydroxyphenylalanine إلى الحامل الصبغي chromophore في مركبات البيتالين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



الشكل رقم (٦,١). تركيب حمض البيتا لاميك .

المصدر: (Gerritsen, 2004)

من الخطوات الرئيسية في مسار بناء البيتاينات تحويل الحمض الأميني الثيروسين tyrosine إلى المركب ٤,٣-داي هيدوركي فينيل الألانين 3,4-dihydroxyphenylalanine الذي يحول إلى المركب الرئيسي حمض البيتا لاميك Betalamic acid . تستمر التحولات من هذا الحمض في مسارين بها تفرعات لتكوين مجاميع البيتا سيانينات والمثل لهذه المجموعة البيتاين كما في الشكل رقم (٦,٢) أو البيتا زائينات حسب نوع النبات وصفه والمثل لهذه المجموعة إنديكازائين كما في الشكل رقم (٦,٣). تُنشط الإضاءة بناء البيتاينات مثلها مثل الأنثوسيانينات (Salisbury and Ross, 1992). يوضح الشكل رقم (٦,٤) مختصر لمسار بناء البيتاينات .



الشكل رقم (٦,٢). التركيب الكيميائي للبيتاين

المصدر: (Breckanfb, 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 :

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

وقد ذكر في دراسة أخرى ثلاث عشرة فصيلة (Clement and Mabry, 1996) ، كما أضافت مراجعة أخرى إلى القائمة الفصائل الثلاث: الفصيلة الأكاتوكارية Achatocarpaceae والفصيلة الهيكاتوريللية 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 عزلت 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 البوجينفيللين 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 الفيللوكتاكتين 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 تجارياً لتلوين المشروبات والأيسكريم 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://www.kenilworthbiology.com/journals/Schlumbergera/Schlumbergera_X_buckleyi.htm



الشكل رقم (٦، ٦) - فواكه نبات صبار بيضاء (البيضاوية) *Pitaya (Hylocereus polyribos)*

المصدر : http://www.danet-tropicals.com/Plants/Cactaceae/Hylocereus_polyribos.html



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

المصدر : <http://en.wikipedia.org/wiki/Betaxata>

• 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 الجومفرينين Gomphrenin group والمثل لها صبغة الجومفرينين I،
Gomphrenin I الصبغة الرئيسية في النورات البنفسجية لنبات *Gomphrena globosa* L. يتبع
هذه المجموعة أيضا صبغة البيتايندين Betanidin الموجودة في قنابات زهرة نبات
الجهنية *Bougainvillea glabra*. انظر الشكل رقم (٦،٩).



الشكل رقم (٦،٩). قنابات نبات الجهنية *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 البيتاينيدات 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
الجدور 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 (بيتازانثينات **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 البورتيو لاكازانثين II ، **Portulacaxanthin II** الذي يرتبط به مشتق الحمض الأميني هيدروكسي برولين **hydroxyproline** والمتواجد مع بيتازانثينات أخرى في أزهار وسيقان بعض الأصناف من نبات الرجل *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) نبات الرجل 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-beta-xanthin وهي الصبغة السائدة للألوان الصفراء والبرتقالية في نورات كل من *Celosia argentea* *var. cristata* و *var. plumosa* والتي عرفت بالاسم ميرازانثين *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 التراكييب شبه المصنعة Semisynthetic structures تضم هذه المجموعة تلك المركبات التي تتكون عند خلط البيتاينين 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) ومراجعتها.

أهمية البيتالينات

من المعتقد أن البيتالينات تؤدي أدوار مهمة في الطبيعة من أكثرها تميزاً - 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 للأوكسدة (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 والأنتوسيانينات 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 البيetasيانينات من البنجر الأحمر *Beta vulgaris* مشهورة باستخدامها بدرجة كبيرة كصبغة في صناعة الأطعمة منذ فترة طويلة (Von Elbe & Goldman, 2000). وتجارياً تمضّر الصبغة من سحق جذور البنجر وتركيز العصارة الملونة وتباع بصورة عصير مركز أو مسحوق بطريقة التجميد الجفاف 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 لصنع الأطعمة كاستخدام الصبغة من جذور البنجر . تشير دراسة على ٣٨٨ نمطاً وراثياً من ٣٧ نوعاً لثمانية أجناس من الفصيلة القطيفية (الأمارانثية) *Amaranthaceae* إلى التعرف على ١٦ نوعاً من مركبات البيتاسيانينات و ٣ أنواع من مركبات البيتازانثينات والجدول رقم (٦،١) يحوي بعض أمثلة من البيتاينات 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 البيتاينات من الفصيلة الأمارانثية.

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

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

تتميز الأنثوسيانينات بالألوان الناصعة في الأرقام الهيدروجينية المنخفضة بينما البيتاينات 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 الأنثوسيانينات والبيتاينات 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 الهيدروجيين 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 البيتاينات 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 للبيتاينات .

طرق التعرف على البيتاينات

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