



# Plant cyanide

รหัส : 3002-1-000-001-01-2567 จำนวนหน่วยกิต : 2.5 หน่วยกิต

ผู้แต่ง : ดร.ชญ.ดวงเพ็ญ ปัทมดิลก

ผู้รับผิดชอบบทความ : ดร.ชญ.ดวงเพ็ญ ปัทมดิลก อีเมล duangpen.p@dmsc.mail.go.th

สถานที่ทำงาน : สถาบันวิจัยสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

วันที่รับรอง : 12 กุมภาพันธ์ 2567 วันที่หมดอายุ : 11 กุมภาพันธ์ 2568 จำนวนหน้า : 7 หน้า

คำสำคัญ : cyanogenetic glycoside, cyanogenic glycoside, plant cyanide, ไชยาไนต์ในพืช

## วัตถุประสงค์

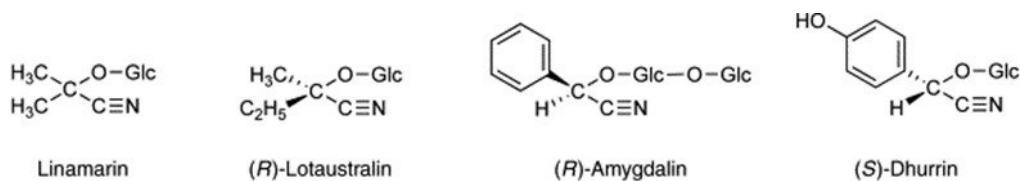
เพื่อให้ผู้อ่านได้รับความรู้เกี่ยวกับไชยาไนต์ในพืช

## บทนำ

ตามที่มีข่าวปรากฏในสื่อต่างๆ เกี่ยวกับการนำสารไชยาไนต์ซึ่งเป็นสารเคมีไปใช้ในทางที่ผิด จนก่อให้เกิดพิษต่อมนุษย์จนถึงแก่ชีวิตอย่างเฉียบพลัน รวมทั้งข่าวการเกิดพิษจากการบริโภคพืชบางชนิดโดยไม่ผ่านกระบวนการที่เหมาะสม เช่น หน่อไม้ดิบ มันสำปะหลังดิบ ลูกประสด ซึ่งการเกิดพิษดังกล่าวก็เกิดจากไชยาไนต์เช่นกัน แต่เป็นไชยาไนต์ที่พบในพืช บทความนี้นำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับไชยาไนต์ที่พบได้ในพืช เนื้อหาครอบคลุมทั้งโครงสร้างทางเคมี การกระจายในพืช ชีวสังเคราะห์ ปฏิกิริยาเคมี การตรวจสอบเบื้องต้น การเกิดพิษ และการบริโภคอย่างปลอดภัย

## ไชยาไนต์ในพืช

ไชยาไนต์ในพืชจะอยู่ในรูปของกลัยโคไซด์ เรียกว่า cyanogenetic glycoside หรือ cyanogenic glycoside เป็นสารทุติยภูมิ (secondary metabolite) กลุ่มหนึ่งที่พืชสร้างขึ้น มีบทบาทในระบบป้องกันตัวพืชเองจากศัตรูของพืช (defense mechanism) โครงสร้างทางเคมีของสารกลุ่มนี้ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนอะกลัยโคน (aglycone) เป็น 2-hydroxynitrile หรือ  $\alpha$ -hydroxynitrile และส่วนน้ำตาลซึ่งมักจะเป็นชนิด D-glucose<sup>[1]</sup> ตัวอย่างสารกลุ่ม cyanogenetic glycoside เช่น linamarin และ (R)-lotaustralin ในหัวใต้ดินและใบของมันสำปะหลัง, (R)-amygdalin ในอัลมอนด์ขมและลูกประ (seed), (S)-dhurrin ในข้าวฟ่าง ดังรูปที่ 1



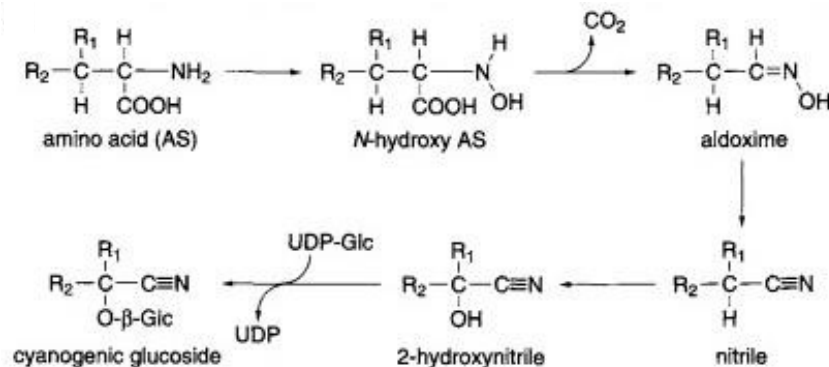
รูปที่ 1. cyanogenetic glycoside

cyanogenetic glycoside ไม่ได้ก่อให้เกิดพิษด้วยตัวมันเอง ต้องเกิดปฏิกิริยาเคมีจนเกิดสารพิษ hydrogen cyanide ออกมา โดย hydrogen cyanide หรือเรียกชื่ออื่นๆ hydrocyanic acid, prussic acid, formonitrile, cyclon มีสูตรโมเลกุล คือ HCN

### การกระจายของ cyanogenetic glycoside ในพืช

#### ชีวสังเคราะห์ของ cyanogenetic glycoside

เริ่มจากหมู่ฟังก์ชันอะมิโน (-NH<sub>2</sub>) ของ l-amino acid ถูกเติมหมู่ไฮดรอกซิล โดยเอนไซม์ l-amino acid N-monooxygenase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ N-hydroxy amino acid จากนั้นเกิดปฏิกิริยา oxidative decarboxylation ได้เป็น aldoxime ซึ่งจะเปลี่ยนเป็น nitrile โดยเอนไซม์ aldoxime dehydratase เป็นตัวเร่ง ปฏิกิริยา จากนั้น nitrile จะถูกเติมหมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 2 โดยเอนไซม์ nitrile monooxygenase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้สารมัธยันตร์ (intermediate) คือ 2-hydroxynitrile หรือ cyanohydrin จากนั้นจะมีการเติมกลูโคสจาก UDP-glucose ได้สารกลัยโคไซด์ในรูป β-glucoside โดยเอนไซม์ glucosyltransferase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สารกลัยโคไซด์ดังกล่าวคือ cyanogenetic glucoside <sup>[2]</sup> ดังรูปที่ 2

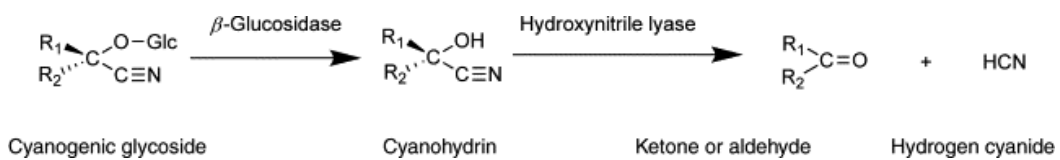


รูปที่ 2. ชีวสังเคราะห์ของ cyanogenetic glycoside

cyanogenetic glycoside แต่ละชนิดมีกรดอะมิโนที่เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการชีวสังเคราะห์แตกต่างกันไป เช่น linamarin และ lotaustralin ซึ่งพบมากในมันสำปะหลัง มีกรดอะมิโน l-valine และ l-isoleucine เป็นสารตั้งต้น ตามลำดับ <sup>[3]</sup>

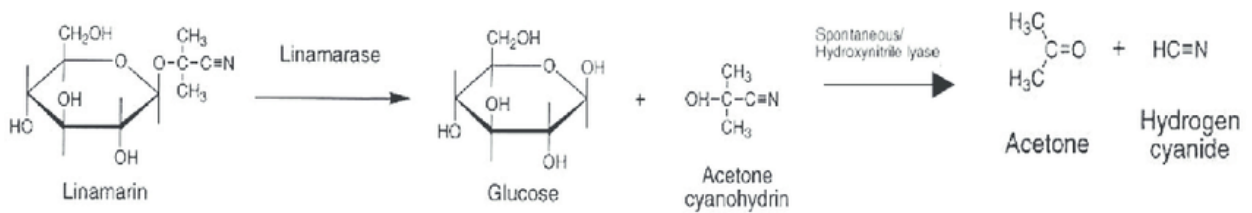
### ปฏิกิริยาเคมีของ cyanogenetic glycoside

การเกิด HCN จาก cyanogenetic glycoside มี 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกเป็นการตัดกลูโคสออกจากโมเลกุล โดยเอนไซม์  $\beta$ -glucosidase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และขั้นที่สองเป็นการ cleavage ของโมเลกุล โดยเอนไซม์ hydroxynitrile lyase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (หรือขั้นตอนนี้อาจไม่มีเอนไซม์เร่งปฏิกิริยาก็ได้) ได้สาร ketone หรือ aldehyde และ HCN อิสระซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดพิษ ดังรูปที่ 3 และยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีของ linamarin ดังรูปที่ 4



รูปที่ 3. ปฏิกิริยาเคมีของ cyanogenetic glycoside

linamarin ถูกสลายโดยเอนไซม์ linamarase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ตัดน้ำตาลกลูโคสออกจากโมเลกุล ได้สาร acetone cyanohydrin ซึ่งจะสลายต่อโดยมีเอนไซม์ hydroxynitrile lyase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา /หรือไม่มี เอนไซม์ก็ได้ จนในที่สุดได้ acetone และ HCN ซึ่งก่อให้เกิดพิษ [4]



รูปที่ 4. ปฏิกิริยาเคมีของ linamarin

ในสภาพการเจริญเติบโตปกติของพืชจะไม่พบ HCN ที่ปล่อยออกมาในรูปอิสระ แต่เมื่อเซลล์พืชถูกทำลาย ถูกบดหรือถูกขยี้ จะเป็นการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ย่อยสลาย cyanogenetic glycoside

### ฤทธิ์ทางชีวภาพของ cyanogenetic glycoside [5-6]

linamarin และ amygdalin มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่น่าสนใจ เช่น ด้านมะเร็ง ด้านเนื้องอก มีการศึกษาศักยภาพของ amygdalin ในการพัฒนาเป็นยาต้านมะเร็งมุ่งเป้า (targeted therapy) และศึกษา linamarin เพื่อ พัฒนาเป็น bio-pesticide และ herbicide

## การใช้ประโยชน์พืชที่มี cyanogenetic glycoside <sup>[7]</sup>

แบ่งออกเป็นกลุ่ม ดังนี้

1. เป็นอาหาร เช่น มันสำปะหลัง หน่อไม้ ถั่วลิมา (*Phaseolus lunatus* L.) เมล็ดแฟลกซ์ (*Linum usitatissimum* L.)
2. ใช้ในการผลิตเครื่องดื่ม ของหวาน เช่น อัลมอนด์ แอปริคอต เซอร์รี่ (*Prunus avium* L., *P. cerasus* L.) พีช (*Prunus persica* (L.) Batsch) พลัม (*Prunus domestica* L.)
3. ใช้ประโยชน์ทางแพทย์พื้นบ้าน (traditional medicine)

## การบริโภคพืชที่มี cyanogenetic glycoside

จากที่กล่าวมาในตอนต้น จะเห็นได้ว่า cyanogenetic glycoside พบได้ในพืชทั่วไป ทั้งที่เป็นอาหาร เป็นพืชเศรษฐกิจ จึงควรบริโภคพืชเหล่านั้นอย่างถูกวิธี ไม่ควรบริโภคดิบ ต้องผ่านกระบวนการทำลายพิษสารกลุ่มนี้ โดยอาจจะเป็นการต้ม การดอง การหมัก การทอด ซึ่งภูมิปัญญาไทย รู้จักการทำลายพิษในพืชกลุ่มนี้มาช้านาน เช่น

- มันสำปะหลัง : นำไปต้ม เผา ทอด ที่อุณหภูมิสูง หรือนำไปทำให้เป็นแป้งซึ่งผ่านความร้อนหรือหมัก
- ลูกประ : นำมาดองก่อนแล้วจึงทาน หรือนำลูกประดองไปประกอบอาหาร หรือคั่ว
- หน่อไม้ : ควรต้มให้เดือดอย่างน้อย 10 นาที หรือดองหน่อไม้ปืบและก่อนนำมาปรุงอาหารต้องล้างให้สะอาดป้องกันไม่ให้มีไซยาไนด์หลงเหลือ
- ผักเสี้ยน : ดองน้ำซาวข้าว
- ผักหนาม : ดองน้ำซาวข้าว ดองเกลือ

## กลไกการเกิดพิษของไซยาไนด์

ไซยาไนด์ไอออน (CN<sup>-</sup>) จะจับกับโมเลกุลที่มีประจุบวก ซึ่งที่สำคัญคือ โมเลกุลของเหล็กซึ่งมีทั้ง Ferrous ion (Fe<sup>2+</sup>) ในฮีโมโกลบิน และ Ferric ion (Fe<sup>3+</sup>) ในไมโอโกลบิน แต่จะจับกับ Fe<sup>3+</sup> ได้ดีกว่า Fe<sup>2+</sup> เนื่องจากไมโอโกลบินทำงานในระบบ electron transport ในกระบวนการหายใจระดับเซลล์ซึ่งเกิดขึ้นในไมโทคอนเดรีย ทำให้ได้พลังงาน น้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อ CN<sup>-</sup> จับกับ Fe<sup>3+</sup> ในไมโอโกลบิน แล้วจะขัดขวางไม่ให้ electron transport chain ทำงานได้ตามปกติ ร่างกายจะอยู่ในภาวะ anoxia และเกิดภาวะ lactic acidosis <sup>[8]</sup>

## พิษจากการบริโภคพืชที่มี cyanogenetic glycoside

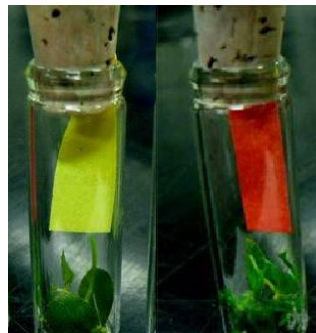
พิษจากการบริโภคพืชจะไม่เฉียบพลัน ไม่เกิดขึ้นรวดเร็วเหมือนกับพิษจากการสูดดมก๊าซไซยาไนด์หรือการกินสารไซยาไนด์เคมี เช่น โซเดียมไซยาไนด์ โพแทสเซียมไซยาไนด์ ซึ่งอาการพิษจะปรากฏให้เห็นภายในไม่กี่นาที หรือภายใน 1 ชั่วโมงหลังได้รับ

การแสดงพิษจากการบริโภคพืชที่มีไซยาไนด์อาจเกิดขึ้นในเวลาหลายชั่วโมงหลังรับประทาน เนื่องจากต้องรอการย่อย cyanogenetic glycoside ให้เป็น HCN ก่อน และปริมาณพิษที่เกิดขึ้นกับปริมาณ HCN ที่ได้รับ โดยพิษจากการบริโภค อาจเนื่องจากการบริโภคพืชดิบ หรือพืชนั้นอาจไม่ได้ผ่านกระบวนการทำลายพิษอย่างเหมาะสมในระหว่างการแปรรูปหรือการปรุง ทำให้ HCN เหลือตกค้างในพืช

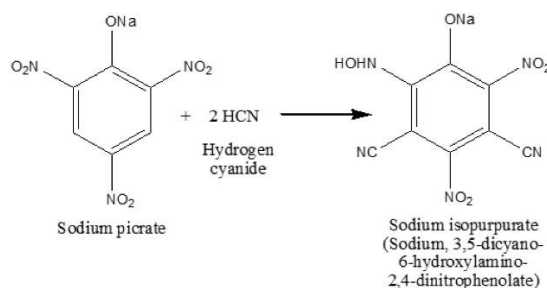
หากร่างกายได้รับ HCN ปริมาณน้อย ร่างกายจะสามารถทำลายพิษและขับออกทางปัสสาวะ แต่หากได้รับปริมาณมากทำให้เกิดอาการขาดออกซิเจน หายใจขัด ชักกระตุก กล้ามเนื้ออ่อนแรง หมดสติ อาจเสียชีวิต อาการพิษฉับพลัน ได้แก่ เวียนศีรษะ ปวดท้อง อาเจียน ท้องเสีย

### การตรวจสอบ cyanogenetic glycoside ในพืช

การตรวจสอบเบื้องต้นว่า พืชมี cyanogenetic glycoside เป็นองค์ประกอบหรือไม่ เป็นการทำปฏิกิริยา การเกิดสีของ free hydrocyanic acid โดยทำปฏิกิริยากับ sodium picrate (สีเหลือง) ซึ่งอยู่ในแถบกระดาษ ผลบวกของปฏิกิริยาจะเปลี่ยนเป็น sodium isopurpurate (สีแดงอิฐ ปรากฏบนแถบกระดาษ) ดังรูปที่ 5 <sup>[9]</sup> และปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ 6



รูปที่ 5. การตรวจสอบ cyanogenetic glycoside ด้วยปฏิกิริยาการเกิดสี (ดัดแปลงจาก Müller-Schwarze D, 2009)



รูปที่ 6. ปฏิกิริยาการเกิดสีของ free hydrocyanic acid <sup>[10]</sup>

หรืออีกวิธีใช้กระดาษกรองชุบสารละลาย guaiacum resin ใน absolute alcohol ที่ให้แห้ง และชุบสารละลายเจือจาง copper sulphate เมื่อทำปฏิกิริยากับ free hydrocyanic acid ผลบวกของปฏิกิริยาจะเกิดสีน้ำเงิน (ปัจจุบัน guaiacum resin หาได้ยาก)

นอกจากนี้ ในบ้านเรายังมีรายงานการศึกษาปริมาณสาร amygdalin ในลูกประและใบด้วยวิธี HPLC <sup>[11]</sup> ของพืชกินได้ (edible plant) ในต่างประเทศ เช่น สกุล *Prunus*, *Portulaca*, *Phytolacca*, *Linum*, *Phyllostachys*, *Hordenum* ก็มีรายงานการศึกษาปริมาณสาร cyanogenetic glycosides เช่นกัน

## สรุป

ไซยาไนด์ในพืชอยู่ในรูปของ cyanogenetic glycosides เป็นสารทุติยภูมิที่พืชสร้างขึ้น พบได้ทั่วไป ในพืชมีบทบาทในการป้องกันศัตรูของพืช cyanogenetic glycosides ไม่ก่อความเป็นพิษโดยตัวเอง แต่เมื่อเซลล์พืช ได้รับความเสียหายจะเป็นการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ย่อยสลาย cyanogenetic glycoside ได้ HCN ออกมาซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษ อย่างไรก็ตามมีการใช้ประโยชน์ หลากหลายจากพืชที่มี cyanogenetic glycoside เป็นองค์ประกอบ

## อ้างอิง

1. Vetter J. Plant cyanogenetic glycosides. *Toxicon*. 2000; 38(1); 11-36.
2. Wink M. 12-special nitrogen metabolism. In: Dey PM., Harborne JB, editors. *Plant Biochem*. Academic Press. 1997. p. 439-486. <https://doi.org/10.1016/B978-012214674-9/50013>.
3. Jørgensen K, Morant AV, Morant M, Jensen NB, Olsen CE, Kannangara R, Motawia MS, Møller BL, Bak S. Biosynthesis of the cyanogenic glucosides linamarin and lotaustralin in cassava: isolation, biochemical characterization, and expression pattern of CYP71E7, the oxime-metabolizing cytochrome P450 enzyme. *Plant Physiol*. 2011; 155(1); 282-292.
4. Bolarinwa IF, Oke MO, Olaniyan SA, Ajala AS. A review of cyanogenic glycosides in edible plants. In *Toxicology-new aspects to this scientific conundrum*. [Cited on 27 Apr 2023]. Available from: <http://dx.doi.org/10.5772/64886>.
5. An update on the toxicity of cyanogenic glycosides bioactive compounds: possible clinical application in targeted cancer therapy. *Material Chemistry and Physics*. 2020; 246; 122841. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2020.12284>.
6. Yulvianti M, Zidorn C. Chemical diversity of plant cyanogenic glycosides: an overview of reported natural product. *Molecules*. 2021; 26, 719. <https://doi.org/10.3390/molecules26030719>.

7. Brimer L. Cyanogenic glycosides in food, feeding stuffs and green medicine. In Bernhoft A editor. Bioactive compounds in plants-benefits and risks for man and animals. Oslo: The Norwegian Academy of Science and Letters. 2010. p. 125-143.
8. Ramathibodi Poison Center. Cyanide อันตรายที่ไม่ไกลตัว. Poison & Drug Information Bulletin. 1995: 3(2). [Cited 30 Aug 2023]. Available from: <https://www.rama.mahidol.ac.th/poisoncenter/th/bulletin/bul95/v3n2/Cyanide>.
9. Müller-Schwarze D. Test for cyanogenic compounds in plants In Hands-on Chemical Ecology. Springer. 2009 [Cited on 27 Apr 2023]. Available from: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-0378-5\\_12](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-0378-5_12).
10. Monga I, Paul V, Muniyasamy S, Zinyemba O. Green synthesis of sodium cyanide using hydrogen cyanide extracted under vacuum from Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaves. Sustain. Chem. 2022: 3; 312-333.
11. Ngamriabsakul C, Kommen H. The preliminary detection of cyanogenic glycoside in Pra (*Eleteriospermum tapos* Blume) by HPLC. Wilailak J Sci & Tech. 2009: 6(1); 141-147