# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## พลับ (Persimmon)

"ลูกพลับ" หรือ "พลับ" เป็นพืชในสกุลไดโอสไพรอส (Diospyros) ซึ่งอยู่ในตระกูลเดียวกับมะเกลือ อีบีนาซีอี้ (Ebenaceae) เป็นไม้ผลยืนต้นมีขนาดใหญ่ ลำต้นมีผิวหยาบกร้าน ขรุขระ สีน้ำตาลแก่ ลักษณะใบมีสีเขียวเข้มเป็นมัน มีรูปร่างคล้ายรูปหัวใจ ลักษณะผลมีรูปร่างแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์โดยผลอ่อนจะมีสีเขียวอ่อน ผลแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง เนื้อผลแข็ง และเมื่อสุกเต็มที่จะเปลี่ยนเป็นสีแดงส้ม พืชในสกุลนี้มีประมาณ 190 ชนิด ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตร้อน หรือกึ่งร้อน และอาจพบเห็นได้ในเขตป่าผลัดใบและป่าโปร่ง สำหรับประเทศไทยพืชในสกุลพลับที่พบเห็น และเจริญเติบโตบนพื้นที่นิยมปลูกเป็นการค้ามีอยู่ 4 ชนิด คือ ไดโอสไปรอสกากิ (*D.kaki* L.). ไดโอสไปรอสโลตัส (*D.lotus* L.). ไดโอสไปรอสเวอร์จิเนียนา (*D.virginiana* L.) และโอเลียเฟียรา เชง (*D. Oleifera* Cheng) โดยชนิดที่สำคัญที่สุดคือ ไดโอสไปรอสกากิ (*D.kaki* L.) หรือเรียกว่า พลับญี่ปุ่น หรือพลับแห่งตะวันออก สำหรับประเทศไทยมีการปลูกกันมาตั้งแต่ประมาณ พ.ศ. 2470 ในทางภาคเหนือ เช่น เชียงใหม่ เชียงราย (สุรินทร์ นิลสำราญจิต. 2543)

### การจัดแบ่งประเภทของพลับ

พลับสามารถจัดแบ่งประเภทตามสีของเนื้อผล ซึ่งได้รับอิทธิพลจากการผสมเกสร โดยแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้รับการผสมเกสรแล้วสีของเนื้อผลไม่เปลี่ยนแปลง (pollination constant) และกลุ่มที่ได้รับการผสมเกสรแล้วสีเนื้อผลจะมีสีดำในกรณีที่ผลมีเมล็ด (pollination variant)

นอกจากความแตกต่างด้านสีของเนื้อผลแล้ว ยังสามารถจัดแบ่งพลับตามรสชาติได้ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ พลับฝาด (astringent persimmon) และพลับหวาน (non-astringent persimmon) ซึ่งถ้ารวมความแตกต่างด้านสีของเนื้อผล และรสชาติจะสามารถแบ่งพลับได้ออกเป็น 4 กลุ่ม (สราวุธ ศรีวรรณา. 2554) คือ

1. Non-astringent and pollination constant (PCNA) เป็นกลุ่มพลับที่มีรสหวาน มีจุดสีดำของแทนนินในเนื้อผล พันธุ์ที่สำคัญได้แก่ Fuyu. Jiro. Gosho และ Suruga

2. Non-astringent and pollination variant (PCVA) เป็นกลุ่มพลับที่มีรสหวาน มีจุดสีดำของแทนนินในเนื้อผล ถ้าไม่มีเมล็ดจะมีรสฝาด พันธุ์ที่สำคัญได้แก่ Zenjimaru, Shogatsu, Mizushima และ Amyhyakume

3. Astringent and pollination constant (PCA) เป็นกลุ่มพลับที่มีรสฝาดไม่ปรากฏจุดสีดำ

ของแทนนินในเนื้อผล พันธุ์ที่สำคัญได้แก่ Yokono, Yotsumizo, Shakokushi, Hagakushi, Hachiya, Gionbo และ Xichu (P2)

4. Astringent and pollination variant (PVA) เป็นกลุ่มพลับที่มีรสฝาด มีจุดสีดำของแทนนินในเนื้อผล พันธุ์ที่สำคัญได้แก่ Aizumishirazu, Emon, Koshuhyakume และ Hiratanenashi

**พันธุ์พลับที่ปลูกในประเทศไทย**

พลับที่ปลูกในประเทศไทยมีทั้งที่เป็น pollination constant และ pollination variant และมีทั้งพันธุ์ฝาด และพันธุ์หวาน (พิทยา วงษ์ช้าง, 2542) แต่พันธุ์ที่นิยมปลูกทางการค้า ได้แก่

1. พันธุ์ Xichu (พันธุ์ P2) พลับฝาด ที่ลักษณะผลมีรูปร่างกลมจนถึงเหลี่ยม อาจพบเป็นรูปสี่เหลี่ยมถึงแปดเหลี่ยม เนื้อผลสีเหลืองอ่อน สีเนื้อคงที่ในผลที่ติดเมล็ดเป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาจากประเทศไต้หวัน

2. พันธุ์ Ang-sai (พันธุ์ P3) พลับฝาด ที่ลักษณะผลสี่เหลี่ยมแบน ติดผลดก มีผลค่อนข้างเล็ก อาจจะเห็นเป็นพู 4 พู มีเมล็ดตั้งแต่ 0-8 เมล็ด มีสีน้ำตาล เนื้อผลมีรสฝาด เมื่อสุกจะเป็นสีแดง

3. พันธุ์ Niu Scin (พันธุ์ P4) พลับฝาด ที่ผลมีลักษณะคล้ายรูปหัวใจ ขนาดผลค่อนข้างใหญ่ เนื้อสีเหลืองอ่อน

4. พันธุ์ Hachiya พลับฝาด ที่ให้ผลผลิตทางการค้าดีที่สุด ผลรูปไข่ น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล 230-240 กรัม มีเมล็ดน้อย ภายหลังกำจัดความฝาดสีผลจะคล้ำ เหมาะที่จำนำไปทำพลับอบแห้ง

5. พันธุ์ Fuyu พลับหวาน ที่นิยมปลูกมากในพื้นที่ปลูกพลับหวานทั้งหมดในประเทศญี่ปุ่น เนื้อผลสีเหลืองอ่อน มีรสหวาน ผลผลิตสามารถเก็บไว้ได้นาน

6. พันธุ์ Jiro พลับหวานที่นิยมปลูกมากรองจากพันธุ์ Fuyu น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล 250-260 กรัม คุณภาพดี เนื้อละเอียด

7. พันธุ์ Gosho พลับหวานพันธุ์เก่าแก่ จัดได้ว่าเป็นพลับหวานที่ดีที่สุด คุณภาพดี ผิวผลสุกมีสีแดงอมส้ม เนื้อละเอียด สีสวย รสหวาน ผลผลิตไม่ดีเนื่องจากมีการร่วงของผลเมื่อผลแก่

**องค์ประกอบทางเคมีของพลับ**

องค์ประกอบทางเคมีของผลพลับ ประกอบด้วยน้ำตาล และของแข็งที่สามารถละลายน้ำได้ เช่น เพคติน แทนนิน แคโรทีนอยด์ กรดแอสคอร์บิกและกรดอะมิโน

1. น้ำตาล น้ำตาลที่พบภายในเนื้อของผล ได้แก่ ฟรักโทส และกลูโคส ซึ่งมีปริมาณมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลทั้งหมด และพบว่าปริมาณฟรักโทสมากกว่ากลูโคส ส่วนซูโครสพบในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น กล่าวได้ว่าภายในผลมีกระบวนการทางเอนไซม์เปลี่ยนซูโครสให้อยู่ในรูปอื่น (สราวุธ ศรีวรรณา, 2554)

2. เพกทิน ปริมาณเพกทินที่พบในผลพลับแบ่งได้ 3 กลุ่ม ตามความสามารถในการ

ละลายได้ในตัวทำละลายในขั้นตอนของการสกัด ซึ่งประกอบด้วยเพกทินที่ละลายได้ในน้ำ 64 - 69 เปอร์เซ็นต์ ละลายได้ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20 - 29 เปอร์เซ็นต์ และละลายได้ในสารโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต 5 - 10 เปอร์เซ็นต์ (สราวุธ ศรีวรรณา, 2554)

3. แทนนิน ความฝาดของพลับเกิดจากแทนนิน ซึ่งอยู่ในรูปละลายน้ำได้ (hydrolysable tannins) และกระจายไปตามส่วนต่าง ๆ ของเนื้อพลับซึ่งเป็นสารประเภท phenolic compounds ปริมาณแทนนินสามารถสกัดออกมาจากผลอ่อนได้ในปริมาณมาก ในระยะผลสุกแทนนินจะเปลี่ยนมาอยู่ในรูปของแข็งที่คงตัว รสฝาดจึงหายไป ปริมาณแทนนินขึ้นอยู่กับชนิดของสายพันธุ์ของพลับ (สุรินทร์ นิลสำราญจิต, 2543)

4. แคโรทีนอยด์ สีของผลพลับเกิดขึ้นจากแคโรทีนอยด์ซึ่งมีส่วนประกอบของ cryptoxanthin อยู่ถึง 30 – 40 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ซึ่งให้สีอยู่ช่วงระหว่างสีแดงถึงส้มอมเหลือง (สราวุธ ศรีวรรณา, 2554)

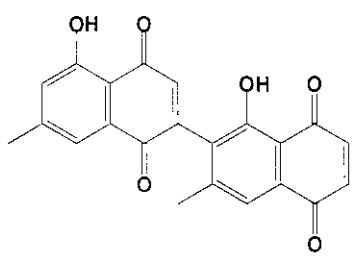
5. กรดแอสคอร์บิก ผลที่ยังไม่แก่จะมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกสูง จะมีการสะสมอยู่บริเวณผิวของผลมากกว่าบริเวณเนื้อ และนอกจากนี้ยังพบว่าจะมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกบริเวณเนื้อผลมากกว่าบริเวณแกนผล (สราวุธ ศรีวรรณา, 2554)

6. กรดอะมิโน พบได้ทั้งในเนื้อผล กลีบเลี้ยง และเมล็ด กรดอะมิโนที่พบในพลับมีถึง 19 ชนิด คือ alanine, arginine, aspartic acid, glutamic acid, glycine, histidine, leucine, isoleucine, lysine, methionine, phenylalanine, proline, serine, threonine, tryptophan, tyrosine, valine, cystine และ γ-amino butyric acid ซึ่งจะไม่พบกรดอะมิโนชนิด asparagines รวมอยู่ด้วย (พิทยา วงษ์ช้าง, 2542)

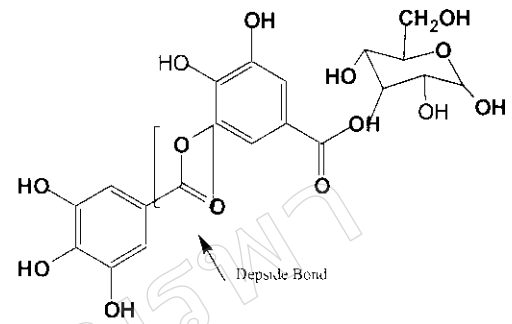
## ความฝาดและกระบวนการขจัดความฝาดของพลับ

ความฝาดของพลับเกิดจากน้ำตาล reducing sugar จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจะถูกนำมาเก็บสะสมไว้ในรูปของลิวโคแอนโธไซยานินกลูโคไซด์ (leucoanthocyanins-3-glucoside) หรือมีชื่อสามัญว่าไดโอสไปริน (diospyrin) ดังภาพที่ 1 ซึ่งเป็นแทนนินชนิดที่ละลายน้ำได้ชนิดหนึ่งเป็นแทนนินส่วนใหญ่ที่พบในพลับโดยในโมเลกุลประกอบด้วย gallic acid, gallocatechin และ gallocatechin gallate เป็นสารที่ไม่เสถียรทำปฏิกิริยากับสารอื่นได้ง่ายในปฏิกิริยาออกซิเดชัน และพอลิเมอร์ไรเซชัน สมบัติของไดโอสไปรินที่สำคัญคือละลายน้ำได้ง่าย กระจายตัวได้ดี จึงทำให้เกิดรสฝาดมากกว่า แทนนินชนิดนี้มีลักษณะโอลิโกเมอร์ มีโมเลกุลของแทนนินต่อกัน 3-10 โมเลกุล สามารถเกิดการ cross linking ที่ซับซ้อน เกิดการตกตะกอนกับไกลโคโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในน้ำลายทำให้เกิดการหล่อลื่นในปากลดลง จึงรับ

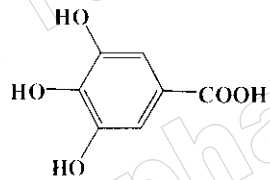
รสฝาดของผลพลับได้ ซึ่งการเกิดรสฝาดจะเกิดขึ้นกับแทนนินที่ละลายน้ำได้มากกว่าแทนนินที่ไม่ละลายน้ำ (จารุวรรณ ภัทรสรรเพชญ, 2549; สราวุธ ศรีวรรณา, 2554)



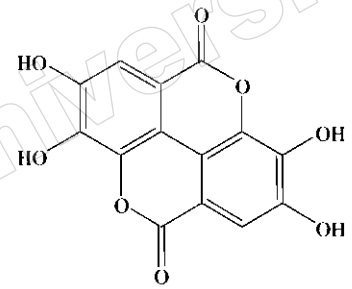
Diospyrin




Gallotannin



Gallic acid



Ellagitannin

ภาพที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบบางชนิดที่มีอยู่ในพลับ (จารุวรรณ ภัทรสรรเพชญ, 2549)

เมื่อผลของพลับสุกตามธรรมชาติสารไดโอสไพรินจะเปลี่ยนโครงสร้างไปเป็นแทนนินชนิดที่ไม่ละลายน้ำ โดยการจับตัวกับน้ำตาลหรือเพคตินที่ละลายได้เป็นสารเชิงซ้อน tannin-acetaldehyde และ tannin-pectin ทำให้ความฝาดของพลับลดลง (จารุวรรณ ภัทรสรรเพชญ, 2549) ซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยรองและเกิดขึ้นหลังจากระยะสุดท้ายของการเจริญเติบโตของผล โดยทั่วไปการบริโภคพลับต้องปล่อยให้ผลสุกงอมก่อน แต่การปล่อยให้ผลสุกตามธรรมชาติทำให้ผลสุกนิ่มซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของตลาด และมีอายุการวางจำหน่ายสั้น ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการขจัดความฝาดเพื่อให้ได้ผลพลับขณะที่เนื้อยังแน่นอยู่ภายหลังการขจัดความฝาด เพื่อให้เป็นที่ต้องการของตลาด เป็นที่นิยมของผู้บริโภค

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

และมีอายุการวางจำหน่ายที่นานขึ้น (สราวุธ ศรีวรรณา. 2554) กระบวนการขจัดความฝาดสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้ (มานิตย์ โมษิตตระกูล. 2525)

1. การเร่งความสุกของพลับ สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่

1.1 การบ่มด้วยแก๊สอะเซทิลีน ($C_2H_4$) เป็นการนำเอาถ่านแก๊ส (แคลเซียมคาร์ไบด์, $CaC_2$) ไปทำปฏิกิริยากับน้ำซึ่งจะให้แก๊สอะเซทิลีน ซึ่งแก๊สนี้จะทำหน้าที่เหมือนกับเอทิลีน ($C_2H_2$) ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชช่วยกระตุ้นผลไม้ให้สุกเร็วขึ้น (สายชล เกตุษา. 2549) ซึ่งจะเป็นการเร่งแทนนินที่ละลายน้ำได้ ให้อยู่ในรูปแทนนินที่ไม่ละลายน้ำเร็วขึ้นนั่นคือลดความฝาดของพลับได้เร็วขึ้น

1.2 การบ่มด้วยใบสน (ใบไม้) เป็นการนำเอาใบเสนคลุมลูกพลับที่เรียงเป็นชั้น โดยเมื่อทำการเด็ดใบไม้จากต้นแล้วจะมีการปลดปล่อยเอทิลีนซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชออกมาจะช่วยกระตุ้นการสุกของลูกพลับ นอกจากนี้ใบสนที่ใช้ในการบ่มยังคายน้ำออกสู่บรรยากาศ ทำให้มีความชื้นสัมพัทธ์สูงซึ่งทำให้พัฒนาสีผิวของพลับสวยสม่ำเสมอ (สายชล เกตุษา. 2549)

1.3 การใช้รังสีแกมมาที่ 0.15-0.25 M rad จะสามารถช่วยลดความฝาดลงได้ แต่อาจทำให้เนื้อมีลักษณะที่นิ่ม ไม่เป็นนิยมทางตลาด (สุรินทร์ นิลสำราญจิต. 2543)

1.4 การแช่แข็ง ถ้านำเอาผลสดมาแช่เย็นที่อุณหภูมิ -250 องศาเซลเซียส นาน 10-90 วัน จะสามารถลดปริมาณแทนนินที่ละลายน้ำได้ แต่ไม่สามารถทำให้หายฝาดสนิทได้
(สุรินทร์ นิลสำราญจิต. 2543)

2. การเก็บรักษาผลพลับในสภาพไม่มีออกซิเจน (anaerobic) ทำได้หลายวิธี ได้แก่

2.1 การแช่ด้วยน้ำปูนใส ($Ca(OH)_2$) ทำโดยนำปูนขาวมาละลายน้ำทิ้งไว้ 1 คืน รินเอาแต่ส่วนที่ใสแช่ผลพลับนาน 5-7 วัน แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือผลพลับมีอายุการเก็บรักษาสั้น และผลยังมีคราบปูนเกาะบนผิว ทำให้ผิวไม่สวยขณะวางจำหน่าย (สุรินทร์ นิลสำราญจิต. 2543)

2.2 การใช้แอลกอฮอล์ ทำโดยใช้แอลกอฮอล์ 35 – 40 เปอร์เซ็นต์ รมผลภายในภาชนะปิด โดยใช้อัตราส่วนเอทานอล 10 มิลลิลิตรต่อบรรยากาศ 1 ลิตร รมนาน 5-7 วัน วิธีนี้ผลจะคงคุณภาพได้นาน 2 3 วัน ข้อเสียของวิธีนี้คือ ผลอาจจะมีกลิ่นแอลกอฮอล์ติดบ้าง และรสชาติอาจเปลี่ยนไป (สราวุธ ศรีวรรณา. 2554)

2.3 การรมด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นวิธีที่ง่าย ทำได้โดยบรรจุผลพลับในถุงพลาสติกหนา 2.5 มิลลิเมตร ปิดปากถุงให้แน่นจึงดูดเอาอากาศออกจากถุงให้หมด เติมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทิ้งไว้ประมาณ 5 วัน ที่อุณหภูมิห้อง วิธีนี้ให้ระยะเวลาในการเก็บรักษาได้นานถึง 1 เดือน ที่ระดับอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (สุรินทร์ นิลสำราญจิต. 2543)

**แทนนิน (Tannins)**

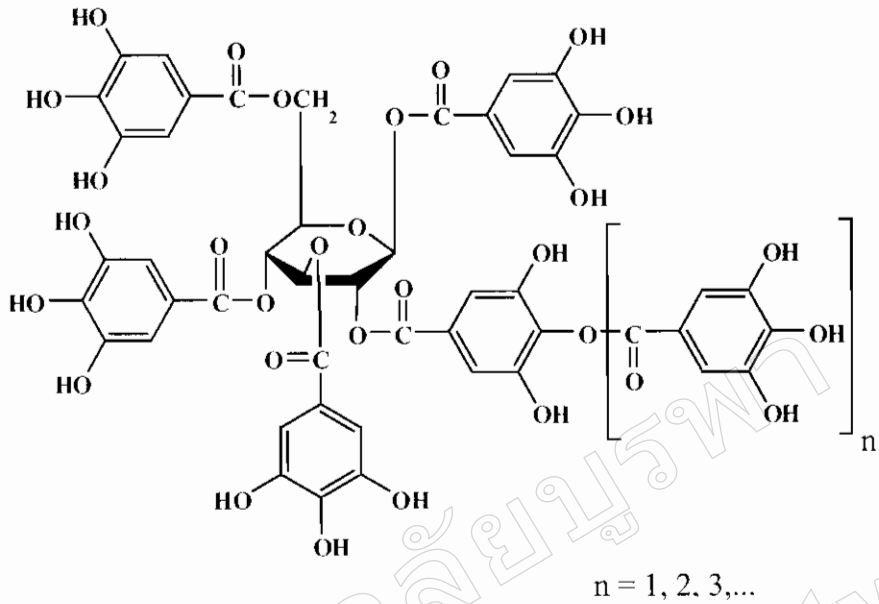
แทนนิน คือ กลุ่มสารประกอบฟีนอลิคที่มีหมู่ไฮดรอกซีเป็นองค์ประกอบจำนวนมาก มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่ และซับซ้อน เป็นสารที่ให้ความฝาดในพืช มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนมีค่าพีเอชประมาณ 5.6 น้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 500 – 3,000 Da ทั้งยังมีหมู่ฟีนอลิคไฮดรอกซิลอิสระที่สามารถเกิดการเชื่อมโยงกับโปรตีน และสารไบโอพอลิเมอร์ เช่น เซลลูโลส และเพคติน ได้สารใหม่ที่มีคุณสมบัติคงตัว พบได้ตามส่วนต่าง ๆ ของพืชไม่ว่าจะเป็นเปลือก ลำต้น ราก ใบ ก้าน และผล (สรศักดิ์ เหลี่ยวไชยพันธุ์, 2531)

สมบัติที่สำคัญของแทนนินคือ ความฝาดซึ่งเกิดจาก leucoanthocyanins-3-glucoside หรือ diospyrin เกิดการตกตะกอนกับโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตในน้ำลาย แล้วลดการหล่อลื่นในปากจึงทำให้รับรสฝาด แทนนินที่มีโมเลกุลต่อกัน 3 – 10 โมเลกุล หรือโอลิโกเมอร์แทนนิน (oligomer tannins) จะทำให้เกิดรสฝาดมากกว่าแทนนินโมเลกุลเดี่ยว หรือมอนอเมอร์แทนนิน (monomer tannins) และแทนนินชนิดที่ไม่ละลายน้ำ (condensed tannins) (จารุวรรณ ภัทรสรรเพชญ, 2549)

แทนนิน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ แทนนินแท้ (true tannins) และแทนนินเทียม (psudotannins) (อัญมณี ปิณฑะบุตร, 2540)

1. แทนนินแท้ (true tannins) จะมีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่ ซับซ้อน มีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 1,000 – 5,000 แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย ได้แก่

1.1 แทนนินชนิดสลายตัวได้ด้วยน้ำ (hydrolysable tannins) คือ แทนนินที่มีโครงสร้างเป็นสารประกอบประเภทพอลิฟีนอลที่ซับซ้อน ซึ่งจะสลายตัวได้เมื่อทำการแยกสลายด้วยน้ำ ในโครงสร้างโมเลกุลจะประกอบขึ้นด้วยโครงสร้างพอลิเอสเทอร์ (สรศักดิ์ เหลี่ยวไชยพันธุ์, 2531) มีสีน้ำตาลอมเหลือง ละลายได้ในน้ำร้อนเมื่อทำปฏิกิริยากับเฟอริคคลอไรด์จะได้สารละลายสีน้ำเงินที่บริเวณกึ่งกลางของโครงสร้างประกอบด้วยหมู่ poyols carbohydrate (D-glucose) จะสามารถแยกออกเป็นสารโมเลกุลเล็กได้ ทำปฏิกิริยากับกรดอ่อนหรือเบสอ่อนจะได้คาร์โบไฮเดรตและสารประกอบฟีนอลิก พบได้ในส่วนของใบ ฝัก และส่วนที่ปูดออกมามากปกติเมื่อลำต้นได้รับอันตราย (gall) เป็นสารประกอบที่ประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ส่วนใหญ่ คือ ส่วนที่เป็นน้ำตาลโดยมากเป็นน้ำตาลกลูโคส และส่วนที่เป็นกรดฟีนอลิค เช่น กรดแกลลิค (gallic acid) โดยส่วนที่เป็นกรดฟีนอลิคจะมากกว่าส่วนที่เป็นน้ำตาล (ฤทัยรัตน์ น้อยคนดี, 2551) เนื่องจาก hydrolysable tannins มีกรดแกลลิคเป็นองค์ประกอบจึงละลายน้ำได้ง่าย กระจายตัวได้ดี จึงทำให้รสฝาดมากกว่า condensed tannins หรือแทนนินชนิดรวมตัวแน่น

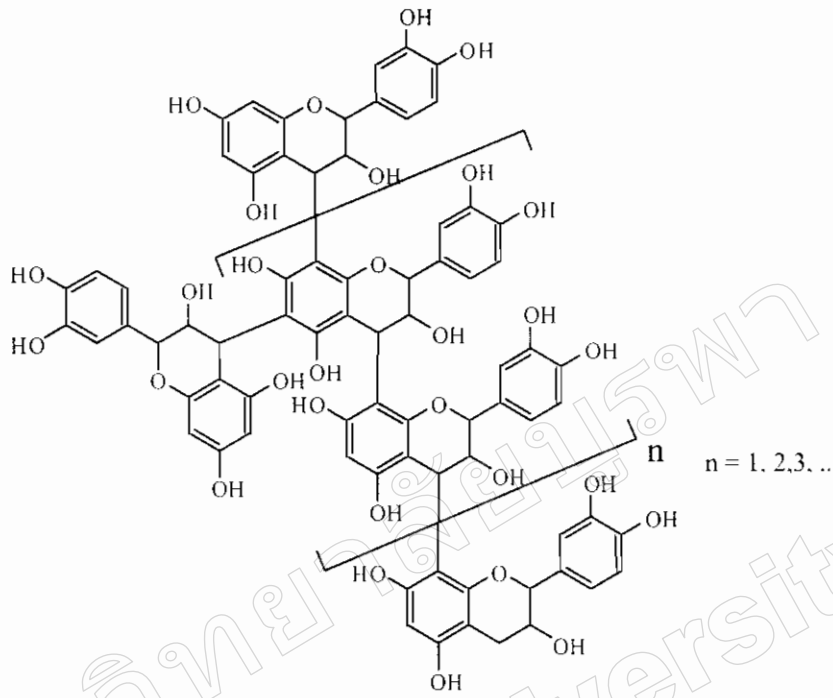


n = 1, 2, 3,...

ภาพที่ 2 โครงสร้างของแทนนินชนิดสลายตัวได้ (Mane, Sommerer, Cheynier, Cole, & Fulcrand, 2007)

1.2 แทนนินชนิดรวมตัวแน่น (condensed tannins) คือ แทนนินที่มีโครงสร้างเป็นพวกสารประกอบพอลิฟีนอลที่ซับซ้อน แตกตัวหรือแยกสลายด้วยน้ำได้ยากกว่า hydrolysable tannins ทั้งนี้เพราะโครงสร้างในโมเลกุลของแทนนินประเภทนี้ไม่มีน้ำตาลอยู่จึงแยกสลายได้ยาก และละลายน้ำได้น้อย (สรศักดิ์ เหลี่ยวไชยพันธุ์, 2531) แทนนินชนิดนี้เป็นสารประกอบ polyphenols เป็นพอลิเมอร์ของสารประกอบฟีนอลิค มีโครงสร้างซับซ้อน ละลายน้ำได้ไม่ดี จึงมีรสฝาดน้อยกว่า hydrolysable tannins เป็นอนุพันธ์ของสารประกอบกลุ่ม flavonoids เมื่อนำมาต้มในกรดเจือจางหรือนำมาทำปฏิกิริยากับเอนไซม์จะได้สารประกอบที่เป็นรูปอสัณฐานสีแดงไม่ละลายน้ำ ซึ่งเรียกว่า phobaphenes หรือ tannin red และเมื่อนำมากลั่นแบบ dry distillation จะได้สารประกอบที่เป็น catechol tannins สารประกอบในกลุ่มนี้จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า catechol tannins (ฤทัยรัตน์ น้อยคนดี, 2551; อัญมณี ปิณฑะบุตร, 2540)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University




ภาพที่ 3 โครงสร้างของแทนนินชนิดรวมตัวแน่น (Goncalves, Soares, Mateus, & Freitas, 2007)

2. แทนนินเทียม (psudotannins) แทนนินชนิดนี้มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า 1,000 มักพบอยู่ร่วมกับแทนนินแท้ เช่น กรดกอลลิคคาเทชินส์ (catechins) กรดคลอโรจีนิค (chlorogenic acid) และกรดไอฟีแคคูแอนนิก (ipecacuanhic acid) เป็นต้น (อัญมณี ปิณฑะบุตร, 2540)

**คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแทนนิน** (วรรณวิภางค์ ชื้อตระกูล, 2554)

1. เป็นสารประกอบแคมีที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ โครงสร้างซับซ้อนไม่สามารถตกผลึกได้

2. สามารถรวมตัวได้ดีกับโปรตีนและหนังสัตว์ สามารถเปลี่ยนหนังดิบให้กลายเป็นหนังฟอกหรือหนังสำเร็จได้

3. มีรสฝาดเนื่องจากไกลโคโปรตีนที่อยู่ในน้ำลายตกตะกอนกับแทนนินทำให้การหล่อลื่นในปากลดลง

4. สามารถละลายได้ในน้ำ แอลกอฮอล์ อะซีโตน และไพริดีน แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม และเมื่ออยู่ในน้ำจะมีสภาพเป็นคอลลอยด์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

5. มีคุณสมบัติเป็นยาฝาดสมาน เนื่องจากสามารถรวมตัวได้กับโมเลกุลของโปรตีนเกิดเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างคงตัว

6. เมื่อทำปฏิกิริยากับเกลือของเหล็กจะเกิดสารละลายสีน้ำเงินหรือสีเขียว

7. สามารถตกตะกอนกับเกลือของโลหะได้

8. สามารถตกตะกอนกับสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตหรือกรดโครมิค

9. สามารถทำให้แอลคาลอยด์ และสารอินทรีย์ที่มีสมบัติเป็นเบสตกตะกอนได้

10. ในสารละลายที่เป็นเบส แทนนินจะดูดซับออกซิเจนและเปลี่ยนเป็นสีคล้ำขึ้น

11. ทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมเฟอริคไซยาไนด์ (potassium ferric cyanide) และแอมโมเนียเกิดสารละลายสีแดงเข้ม

**การตรวจสอบสมบัติของแทนนิน** (Schanderl, 1970)

แทนนิน และสารประกอบในกลุ่มของแทนนินพบได้ทั่วไปในส่วนต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของพืช เป็นสารประกอบพวกฟีนอลิคแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ hydrolysable tannins คือสารประกอบที่ประกอบด้วยกลุ่ม polyhydric alcohol โดยปกติเป็นอนุพันธ์ของกรดแกลลิก (gallic acid) โครงสร้างประกอบด้วย 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นน้ำตาลและส่วนที่เป็นกรดฟีนอลิค และ condensed tannins เป็นพอลิเมอร์ของสารกลุ่ม flavonoid (flavan-3-ol) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า catechin

การตรวจสอบสมบัติของแทนนินสามารถทดสอบได้หลายวิธี โดยแต่ละวิธีใช้สารในการทำปฏิกิริยาต่างกัน ดังนี้

1. ตรวจสอบโดยใช้วิธี vanillin hydrochloric ใช้สารประกอบวานิลลินในกรดเกลือเข้มข้น (vallin-conc. HCl) ทดสอบ ใช้ในการอ้างอิงหาปริมาณ condensed tannins โดยหลักการ คือใช้ทดสอบสารประกอบประเภทฟีนอลิคกลุ่ม flavonoid ซึ่งจะเกิดสารสีแดง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นประมาณ 500 นาโนเมตร

2. ตรวจสอบโดยใช้วิธี folin-denis ใช้สารละลาย folin-denins reagent เป็นสารทดสอบ โดยหลักการคืออาศัยการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของหมู่ phenolic hydroxyl โดยหมู่ฟีนอลิคจะไปรีดิวซ์ phosphotunstomolydic acid เกิดเป็นสารเชิงซ้อนสีน้ำเงิน แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นประมาณ 700 nm คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดโดยนำเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิก, กรดแกลลิค หรือคาทีชิน

3. ตรวจสอบโดยการทำปฏิกิริยากับสารละลายเจลาติน (gelatin solution) หรือ

สารละลายเกลือเจลาติน โดยแทนนินจะตกตะกอนกับโปรตีนได้สารประกอบเชิงซ้อนโปรตีนแทนนิน

4. ทดสอบโดยการนำไปทำปฏิกิริยากับเฟอริคคลอไรด์ ($FeCl_3$) โดย hydrolysable tannins ให้ตะกอนสีน้ำเงินหรือสีน้ำเงินม่วง ส่วน condensed tannins ให้จะผลเป็นตะกอนสีเขียวหรือสีเขียวแกมน้ำตาล

**สเปกโทรโฟโตเมทรี (Spectrophotometry)** (แม้น อมรสิทธ์ และคณะ, 2552)

วิธีสเปกโทรโฟโตมิทรีเป็นเทคนิคที่นิยมมากใช้ในการวิเคราะห์สาร เช่น สารอินทรีย์ สารอินทรีย์ สารเชิงซ้อน โดยอาศัยการดูดกลืนแสงในช่วงอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิล สมบัติของสารดังกล่าวนี้ที่จะนำมาใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ

**หลักในการหาปริมาณของสารกับการวัดปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืน**

ในการวัดปริมาณของแสงที่ถูกดูดกลืนด้วยสารตัวอย่างนั้น สามารถทำได้โดยให้ลำแสงผ่านเข้าไปในสารตัวอย่าง แล้ววัดปริมาณของแสงที่ผ่านทะลุออกมาโดยเปรียบเทียบกับแสงที่ทะลุออกมาเมื่อไม่มีสารตัวอย่าง ซึ่งกฎการดูดกลืนแสงที่สำคัญ 2 กฎ ได้แก่ กฎของแลมเบิร์ต (Lambert's law) และกฎของเบียร์ (Beer's law)

กฎของแลมเบิร์ต มีใจความว่า "เมื่อลำแสงเดี่ยว ซึ่งเป็นลำแสงที่มีความยาวคลื่นเดียว ผ่านตัวกลางเนื้อเดียว สัดส่วนของความเข้มของแสงที่ถูกดูดกลืนไว้ ไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงที่กระทบตัวกลางนั้น และความเข้มของแสงจะถูกตัวกลางดูดกลืนไว้ในสัดส่วนที่เท่ากัน"

กฎของเบียร์ มีใจความว่า "เมื่อแสงที่มีความยาวคลื่นเดียว ผ่านตัวกลางเนื้อเดียว สัดส่วนของความเข้มแสงที่ถูกตัวกลางนั้นดูดกลืนไว้ จะแปรโดยตรงกับปริมาณของตัวกลางที่ดูดกลืนแสงนั้น"

เมื่อวัดการดูดกลืนแสงของสารละลาย ปริมาณความเข้มของแสงที่ถูกดูดกลืนนั้นจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายและความหนาของสารละลายที่ลำแสงต้องผ่าน จึงจำเป็นต้องรวมกฎของเบียร์และกฎของแลมเบิร์ตเข้าด้วยกัน เรียกเป็นกฎของเบียร์–แลมเบิร์ต และเขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$A = \log \frac{I_0}{I} = \varepsilon bC$$

$$\%T = \frac{I}{I_0} \times 100$$

$$A = 2 - \log \%T$$

เมื่อ $I_0$ หมายถึง ความเข้มของแสงก่อนผ่านตัวกลาง

I หมายถึง ความเข้มของแสงซึ่งผ่านตัวกลางแล้ว

C หมายถึง ความเข้มข้นของสาร ($mol/dm^3$)

b หมายถึง ความหนาของตัวกลาง

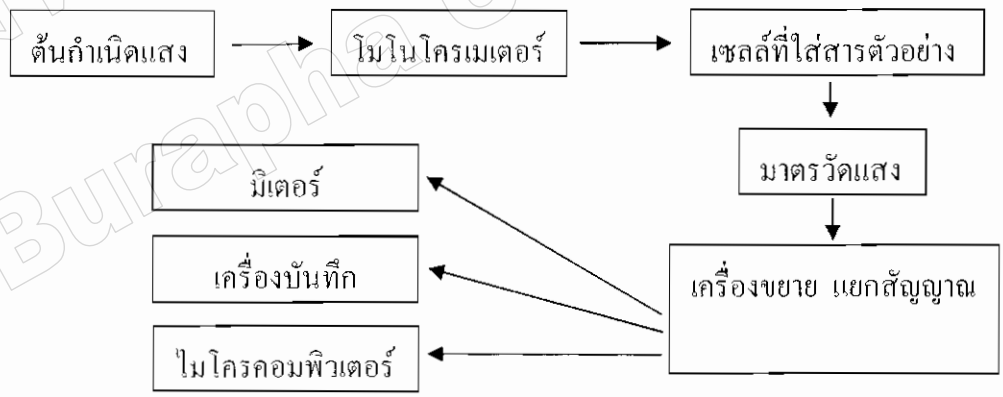
$\varepsilon$ หมายถึง โมลาร์แอบซอบติวิตี

T หมายถึง การส่งผ่าน

A หมายถึง การดูดกลืนแสง

**ส่วนประกอบของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์**

เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์โดยทั่วไป จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังภาพต่อไปนี้




ภาพที่ 4 ส่วนประกอบของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (แม้น อมรสิทธ์ และคณะ, 2552)

หลักการทางเครื่องมือดังกล่าวได้นำมาปรับใช้กับงานวิจัยนี้โดยศึกษาหาปริมาณแทนนินในลูกพลับที่ได้จากการบ่มด้วยวิธีต่าง ๆ โดยใช้วิธีสเปกโทรโฟโตมิทรีแทนวิธีทางโครมาโทกราฟี เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว อีกทั้งยังให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ และราคาไม่แพงสำหรับการวิเคราะห์ โดยการทำให้เกิดสีของสารเชิงซ้อนโดยการทำ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ปฏิกิริยากับสารละลายโฟลิน-เดนิส รีเอเจนต์ แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงคำนวณหาปริมาณแทนนินจาก กราฟมาตรฐาน

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมพร มีเดช และคณะ (2544) ได้ทำการศึกษาปริมาณแทนนินในผลิตภัณฑ์ไวน์ที่ผลิตในประเทศไทยโดยวิธีโครมาโตกราฟีสมรรถนะสูง ผลการวิจัยพบว่าปริมาณแทนนินในรูปของกรดแกลลิกและคาทิชินในช่วงเวลาการหมักไวน์ 11 วัน มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการหมัก 0-6 วัน โดยมีปริมาณกรดแกลลิก 0.59 ppm และคาทิชิน 0.51 ppm และช่วงหลังการหมัก 7-9 วัน มีปริมาณกรดแกลลิก 1.58 ppm และคาทิชิน 5.74 ppm หลักวันที่ 10 ของการหมักจึงมีแนวโน้มว่ามีกรดแกลลิก และคาทิชินลดลง

สราวุธ ศรีวรรณา (2554) ได้ทำการศึกษาผลการเก็บเกี่ยว วิธีการกำจัดความฝาด และอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลพลับพันธุ์พี 2 โดยการนำเอาผลพลับไปขจัดความฝาดด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 100% วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีโดยวิธีการไทเทรต ผลการวิจัยพบว่าเวลาไม่มีผลต่อความแน่นของเนื้อพลับและปริมาณวิตามินซี เมื่อวางผลพลับในถุงซ้อนกัน 2 และ 4 ชั้น ใช้เวลาในการขจัดความฝาด 2. 3 และ 4 วัน แต่มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ส่วนจำนวนชั้นที่ซ้อนต่างกันมีผลต่อความแน่นของเนื้อพลับและปริมาณวิตามินซี นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิในการบ่มมีผลต่อการขจัดความฝาด และความหนาแน่นของเนื้อพลับ เมื่อนำไปศึกษาระยะเวลาในการวางจำหน่ายพบว่าผลพลับที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 °C มีระยะการวางจำหน่ายสั้นกว่าที่ระดับ 2 และ 4 °C

Ferreira และ Norgueira (1999) ได้ทำการพัฒนาวิธีวิเคราะห์หาคอนเดนซ์แทนนินในถั่ว guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) โดยการทำให้เกิดสารเชิงซ้อนสีแดงด้วยวิธีวานิลลิน–ไฮโดรคลอริก (vanillin-HCl) แล้วนำไปวิเคราะห์หาแทนนินโดยวิธี FIA โดยใช้คาทิชินเป็นสารละลายมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่าวิธีวิเคราะห์ให้ค่าความเที่ยงของการวิเคราะห์ (%RSD) ต่ำกว่า 1% เมื่อทำการทดลองทุก ๆ 4 ชั่วโมง และสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้อย่างรวดเร็วถึง 60 ตัวอย่างต่อชั่วโมง โดยให้ขีดจำกัดต่ำสุดของวิธีวิเคราะห์ 1.05 มิลลิกรัมต่อลิตร

Luthar (1992) ได้วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลและแทนนินในเมล็ดบัควีต (buckwheat seed) สายพันธุ์ต่าง ๆ ทำให้เกิดสารเชิงซ้อนสีแดงด้วยวิธีวานิลลิน–ไฮโดรคลอริก แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธีสเปกโตรโฟโตมิทรี พบว่าในเมล็ดบัควีตมีปริมาณแทนนิน 0.5–4.5 % ซึ่งปริมาณแทนนินจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และสภาพแวดล้อมในการเพาะปลูก

Tamiselvi et al. (2012) ได้วิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลทั้งหมด แทนนิน และองค์ประกอบเบื้องต้นของพืช *Indigofera aspalathoides* (Shivanar Vembu) ซึ่งมีผลทางเภสัชในการรักษา และบำบัดอาการผิดปกติทางโรคผิวหนัง และโรคมะเร็ง เตรียมตัวอย่างโดยการต้มสกัดด้วยเมทานอล แล้วนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบ และปริมาณ โดยการทำให้เกิดสารเชิงซ้อนสีน้ำเงินด้วยวิธี Folin – Ciocalteu แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตมิทรี ผลการวิจัยพบว่าในพืชชนิดนี้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด 47 ± 1.532 mg/g ซึ่งมากกว่าเมื่อเปรียบกับปริมาณแทนนิน 34.59 ± 1.788 mg/g

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University