บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

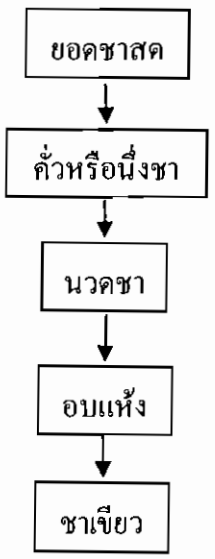
ชา (Tea) (สุมาลี แซ่แต้, 2546)

ต้นชาเป็นพืชในวงศ์ Theaccae มีชื่อสามัญ Tea และชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Camellia sinensis* โดยส่วนของต้นชาที่นำมาทำเป็นเครื่องดื่มคือ ส่วนใบบริเวณยอดอ่อน ซึ่งจะให้ชาที่มีคุณภาพดีที่สุด โดยการเก็บใบชาจะเริ่มเก็บเมื่อต้นชามีอายุประมาณ 4 ปี เมื่อถึงฤดูเก็บใบชาจะเก็บใบชาทุก ๆ 2 สัปดาห์ ในแต่ละปีต้นชาแต่ละต้นจะผลิตใบชาได้ประมาณ 100 กรัม และสามารถผลิตได้เรื่อย ๆ จนต้นชามีอายุ 25 – 30 ปี หรืออาจจะมากกว่านั้นถ้าต้นชาได้รับการบำรุงที่ดี

ประเภทของชา

ชาแต่ละประเภทได้มาจากใบของพืชชนิดเดียวกัน การแบ่งประเภทของชาจะแบ่งตามวิธีการผลิตโดยใช้หลักการหมัก สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

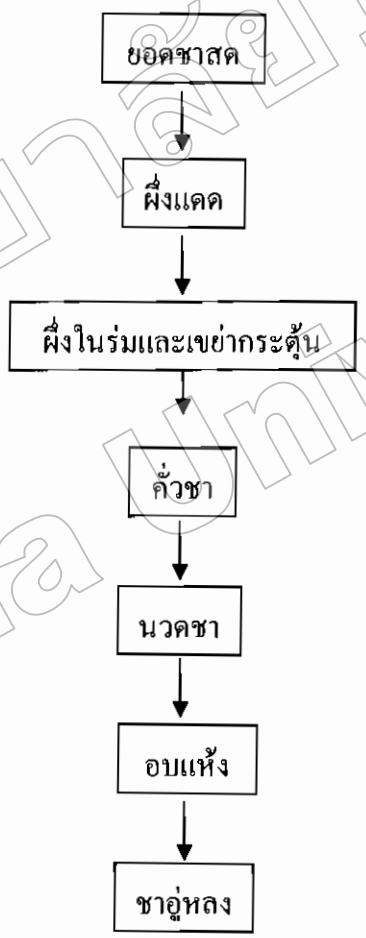
1. **ชาเขียว** (Green tea) เป็นชาที่ไม่ผ่านขั้นตอนการหมัก (Non – fermented tea processing) เมื่อเก็บใบชามาแล้วจะนำไปคั่วทันที เพื่อเป็นการทำลายเอนไซม์ในใบชาไม่ให้เกิดการหมักขึ้น จากนั้นนำใบชามานวดและอบแห้ง แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ชาเขียวแบบจีนซึ่งมีการคั่วด้วยกระทะร้อน และชาเขียวแบบญี่ปุ่นซึ่งจะนึ่งด้วยไอน้ำร้อน



ภาพที่ 1 ขั้นตอนกระบวนการผลิตชาเขียว

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

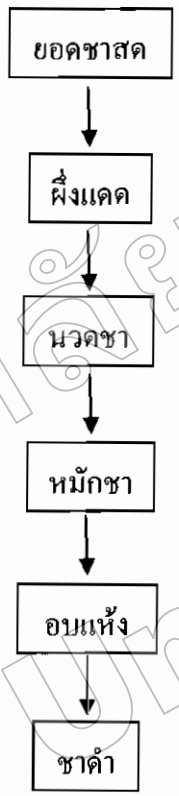
2. **ชาอู่หลง** (Oolong tea) เป็นชากึ่งหมัก (Semi – fermented) เมื่อเก็บใบชามาจะนำมาคัดและผึ่งแดด ทำให้อุณหภูมิในยอดชาสูงขึ้น เกิดกลิ่นหอม และเพื่อไล่ความชื้นออกจากใบชา แล้วนำไปผึ่งในร่มอีกครั้งพร้อมเขย่ากระตุ้นยอดชาให้ตื่นตัวเร่งการหมัก ทำให้น้ำชามีสีเข้มขึ้น ความแก่อ่อนของการหมักขึ้นกับระยะเวลาการผึ่งและเขย่ากระตุ้น และนำไปคั่วเพื่อหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ แล้วนำไปนวดเพื่อให้ใบชาช้ำและเป็นการเร่งให้ใบชาเกิดการหมักเร็วขึ้น การหมักเป็นการทำให้สารที่มีอยู่ในใบชาทำปฏิกิริยากับอากาศ ทำให้ใบชาเปลี่ยนคุณสมบัติ ทั้งสี กลิ่น และรสชาติ เมื่อใบชาเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล แสดงว่าใบชาหมักได้ที่แล้ว จากนั้นจึงนำไปอบแห้ง



ภาพที่ 2 ขั้นตอนกระบวนการผลิตชาอู่หลง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. **ชาดำ** (Black tea) เป็นชาที่ผ่านการหมักแบบสมบูรณ์ (Fully fermented) เมื่อเก็บใบชามาจะนำมาผึ่งแดดและนวด เหมือนชาอู่หลง แต่ที่แตกต่างกันคือเวลาที่ใช้ในการหมักใบชา ใบชาจะเกิดการหมักอย่างเต็มที่ จึงได้ใบชาที่มีสีเข้มและรสชาติที่เข้ม แล้วจึงนำมาอบแห้ง



ภาพที่ 3 ขั้นตอนกระบวนการผลิตชาดำ

องค์ประกอบทางเคมีของใบชา

องค์ประกอบทางเคมีของชาเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิต และมีผลต่อสี รสชาติของน้ำชา องค์ประกอบทางเคมีของน้ำชาที่ได้จากการชงชาที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตต่าง ๆ ที่พบในใบชาสดและใบชาแห้งมีปริมาณที่แตกต่างกัน (เดือนเต็ม ทองเผือก, 2548) ดังตารางที่ 1

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของใบชาสดและใบชาแห้ง

สาร	ใบชาสด	ใบชาแห้ง
เซลลูโลส และกาก	34	34
โปรตีน	17	16
คลอโรฟิลล์ และสารสีต่าง ๆ (ไม่ละลายน้ำ)	1.5	1
แป้ง	1.5	0.25
แทนนิน	25	23
แทนนินที่ผ่านการออกซิไดส์แล้ว	-	4
คาเฟอีน	4	4
กรดอะมิโน (ละลายน้ำ)	8	9
ยางและน้ำตาล	3	4
แร่ธาตุ	3 - 4	3 – 4
น้ำมันหอมระเหย	-	น้อยมาก
ความชื้น	70 - 80	3 - 5

องค์ประกอบทางเคมีของใบชาประกอบด้วยสารประกอบอนินทรีย์ ได้แก่ โพแทสเซียม เป็นสารที่พบในปริมาณสูงที่สุด 1.76 % ของน้ำหนักแห้ง รองลงมาได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม ส่วนเหล็ก แมงกานีส ซัลเฟอร์ อะลูมิเนียม โซเดียม ซิลิคอน สังกะสี และทองแดง พบในปริมาณต่ำมาก (เดือนเต็ม ทองเผือก, 2548) ดังตารางที่ 2

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 2 ปริมาณสารอนินทรีย์ในใบชา

ชนิดของสาร	น้ำหนักแห้ง (%)
โพแทสเซียม	1.760
แคลเซียม	0.410
ฟอสฟอรัส	0.320
แมกนีเซียม	0.220
เหล็ก	0.150
แมงกานีส	0.120
ซัลเฟอร์	0.088
อะลูมิเนียม	0.069
ซิลิคอน	0.024
สังกะสี	0.003
ทองแดง	0.002

สารประกอบอินทรีย์ที่พบในปริมาณสูงและมีผลต่อคุณภาพของใบชา คือ สารประกอบโพลีฟีนอล (Polyphenols) ที่มีอยู่ถึง 30 % ของน้ำหนักแห้ง ส่วนประกอบที่สำคัญรองลงมาคือ คาเฟอีน (Caffeine) ที่กระตุ้นประสาทความรู้สึกของผู้ดื่ม (เดือนเด็ม ทองเผือก, 2548) ดังตารางที่ 3

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 3 ปริมาณสารอินทรีย์ในใบชา

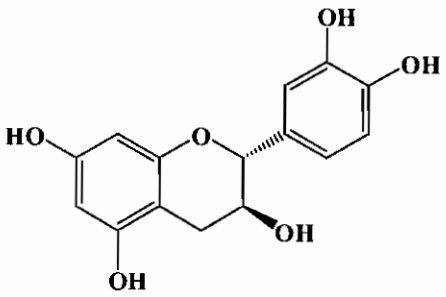
ชนิดของสาร	น้ำหนักแห้ง (%)
โปรตีน	15
เม็ดสี (คลอโรฟิลล์ และแคโรทีน)	2
ไขมัน	7
Caffeine	4
Polyphenol	30
กรดอะมิโน	4
คาร์โบไฮเดรต	7
วิตามิน	1
สารให้กลิ่น	0.1

ในเครื่องดื่มชามีสารที่มีผลต่อสุขภาพ (ปรียนันท์ บัวสด, 2549) ดังต่อไปนี้

1. **คาเฟอีน** (Caffeine) มีอยู่ในชาประมาณร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนัก ซึ่งสารชนิดนี้ทำให้น้ำชาสามารถกระตุ้นให้สมองสดชื่น หายง่วง เนื่องจากคาเฟอีนมีฤทธิ์กระตุ้นประสาท เพิ่มการเผาผลาญ เพิ่มการทำงานของหัวใจและไต ฉะนั้นคาเฟอีนจึงไม่เหมาะสำหรับเด็กและผู้ป่วยโรคหัวใจ เพราะคาเฟอีนมีสมบัติในการกระตุ้นประสาทและบีบหัวใจ ซึ่งในการชงชา 3 นาทีแรกจะได้คาเฟอีนออกมาในปริมาณสูง โดยทั่วไปชา 1 ถ้วย จะมีคาเฟอีนอยู่ 10 – 50 มิลลิกรัม

2. **แทนนิน** (Tannin) เป็นสารโพลีฟีนอลซึ่งมีผลต่อรสฝาดและสีของชา ในใบชามีสารแทนนินอยู่ประมาณร้อยละ 20 – 30 โดยน้ำหนัก เป็นสารที่มีรสฝาดที่ใช้ในการบรรเทาอาการท้องเสียได้ ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อหัวใจและขยายผนังหลอดเลือด ซึ่งสารแทนนินที่สำคัญที่พบในชาคือ คาเทชิน ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี โดยชาตำมีคาทีชินประมาณ 3-5% ของน้ำหนักแห้ง ในชาเขียวมีปริมาณคาทีชินประมาณ 10-18% ของน้ำหนักแห้ง โดยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าวิตามินอีถึง 20 เท่า จึงช่วยป้องกันเซลล์จากสารพิษต่างๆ ได้ คาเทชินมีสูตรโครงสร้างดังภาพที่ 4

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4 สูตรโครงสร้างของ (+) – Catechin (ปรียนันท์ บัวสด, 2549)

ประโยชน์ของชา

ชาเป็นเครื่องดื่มที่มีสารหลายชนิดเป็นองค์ประกอบ (สุมาลี แซ่แต้, 2546) ซึ่งประโยชน์ของชามีดังนี้

1. กระตุ้นระบบประสาทและร่างกายให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากชามีสารคาเฟอีนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งจะไปกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางและระบบหมุนเวียนโลหิต ช่วยให้กล้ามเนื้อผ่อนคลาย มีอิทธิพลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึม (Metabolism) ของเซลล์ร่างกาย ช่วยขยายหลอดเลือดและป้องกันโรคเส้นเลือดหัวใจตีบตัน นอกจากนี้ชายังสามารถรักษาอาการเจ็บหน้าอกและกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดหล่อเลี้ยง รักษาโรคหวัด โรคปวดหัวโดยไม่มีผลข้างเคียง

2. ช่วยแก้กระหายและช่วยในการย่อยอาหาร การดื่มชาจะช่วยให้มีความรู้สึกสดชื่น เนื่องจากในชามีสารโพลีฟีนอล คาร์โบไฮเดรตและกรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบ เมื่อสารเหล่านี้เกิดปฏิกิริยากับน้ำลาย จะช่วยกระจายความร้อนส่วนเกินของร่างกาย พร้อมกับชะล้างสารพิษต่าง ๆ ออกไป เร่งให้มีการขับถ่ายของเสียออกจากร่างกายทำให้กระบวนการแมแทบอลิซึมเกิดความสมดุล นอกจากนั้นชายังมีสารไอโอดีนและฟลูออไรด์ ซึ่งเป็นสารช่วยป้องกันภาวะต่อมไทรอยด์ผิดปกติ (Hyperthyroidism) และฟลูออไรด์ในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการจะสามารถช่วยป้องกันฟันผุ หลังจากที่รับประทานอาหารแล้วดื่มชาแก่ ๆ หนึ่งถ้วยจะช่วยกระตุ้นการหลั่งน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร ส่วนสารให้กลิ่นที่เป็นองค์ประกอบในชาจะช่วยย่อยอาหารและระงับกลิ่นปาก เพราะไขมันสามารถละลายได้ในสารให้กลิ่นเหล่านี้ ชาจึงเป็นเครื่องดื่มของชนชาติที่นิยมบริโภคเนื้อสัตว์และเนยเป็นอาหารหลัก

3. ช่วยฆ่าเชื้อโรค ลดการอักเสบ ช่วยสมานแผล ช่วยในการขับถ่ายและชะล้างสารพิษในร่างกาย เนื่องจากในชามีสารโพลีฟีนอลสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เช่น ไทฟอยด์ อหิวาตกโรค เป็นต้น โดยทำให้โปรตีนของเชื้อแบคทีเรียนั้นแข็งตัว

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4. ช่วยทำให้สุขภาพแข็งแรง โดยเฉพาะชาเขียวจะมีวิตามินซี วิตามินบีคอมเพล็กซ์ และกรดเพนโทเทนิค (Pantothinic) ทำให้ผิวหนังชุ่มชื่น ช่วยให้เม็ดเลือดเจริญเติบโต ช่วยลดการอักเสบของผิวหนัง

5. ช่วยต่อต้านโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตันและโรคหัวใจ โดยมีสรรพคุณช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลและยับยั้งการจับตัวของลิ่มเลือด รวมถึงต่อต้านอนุมูลอิสระที่กระตุ้นให้มีการก่อตัวของตะกอนไขมันที่ผนังหลอดเลือด อีกทั้งสามารถลดระดับความดันโลหิตด้วย

แทนนิน (Tannin)

แทนนินเป็นสารประกอบฟีนอลิค (Phenolic compounds) ที่ได้จากธรรมชาติ มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 500 – 3,000 ดาลตัน ทั้งยังมีหมู่ฟีนอลิคไฮดรอกซิลอิสระ (Phenolic hydroxyl) ที่สามารถเกิดการเชื่อมโยงได้กับสารโปรตีน (Proteins) และสารไบโอพอลิเมอร์ (Biopolymers) เช่น เซลลูโลส (Cellulose) และเพคติน (Pectin)

แทนนินได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น เปลือก ใบ ผล เปลือกผล ซึ่งมีสมบัติละลายในน้ำ สามารถรวมตัวกับโปรตีนในหนังสัตว์ ทำให้เป็นหนังฟอกหรือหนังสำเร็จได้ ในขณะที่พืชมีชีวิตอยู่สารแทนนินจะถูกสร้างขึ้นมาในรูปของสารละลายรวมอยู่ในโปรโตพลาสซึม (Protoplasm) และแวคิวโอของเซลล์ (Cell vacuoles) เมื่อเซลล์ตายลง โปรโตพลาสซึมจะสลายตัว แทนนินจะถูกดูดอยู่ในผนังเซลล์ โดยทั่วไปแทนนินในเปลือกไม้ชนิดต่าง ๆ จะมีปริมาณแทนนินสูงกว่าในเนื้อไม้มาก (สมศักดิ์ วรมงคลชัย, 2532)

ประเภทของแทนนิน

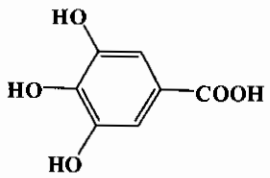
แทนนินแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. Hydrolyzable tannins เป็นสารประกอบฟีนอลิค สีน้ำตาลอมเหลือง ละลายได้ในน้ำร้อน โดยปกติเป็นอนุพันธ์ของ Gallic acid กับ Ellagitannin และน้ำตาล เมื่อรวมตัวกับสารละลายเฟอริคคลอไรด์ (Ferric chloride) จะให้สีน้ำเงิน

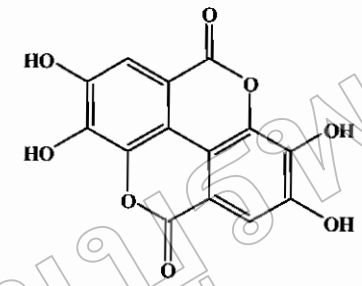
ในขบวนการทำน้ำผลไม้ที่ต้องมีการบีบคั้นน้ำออกจากผล สารแทนนินมักจะติดไปกับส่วนที่เป็นน้ำของผลไม้นั้น เช่น แอปเปิ้ล องุ่น และในการต้มใบชาหรือกาแฟก็จะสกัดสารแทนนินปนออกมากับน้ำต้ม เนื่องจากแทนนินทำปฏิกิริยากับไอออนของแคลเซียมและแมกนีเซียมในน้ำ ถ้าในน้ำมีธาตุเหล็กสีของแทนนินจะเข้มขึ้น ถ้าน้ำมีความเป็นกรดโดยการเติมน้ำมะนาวลงไปในน้ำชา แทนนินก็จะมีสีเข้มขึ้นได้เช่นกัน ในขณะเดียวกันกับการต้มสกัดแทนนินจากใบชา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

หรือกาแฟนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นด้วย ทำให้กลิ่นของน้ำสกัดนั้นหอมชวนดื่มมากกว่าการละลายด้วยน้ำเย็นธรรมดา (เดชภาฑร วงศ์เดชขจร, 2550)

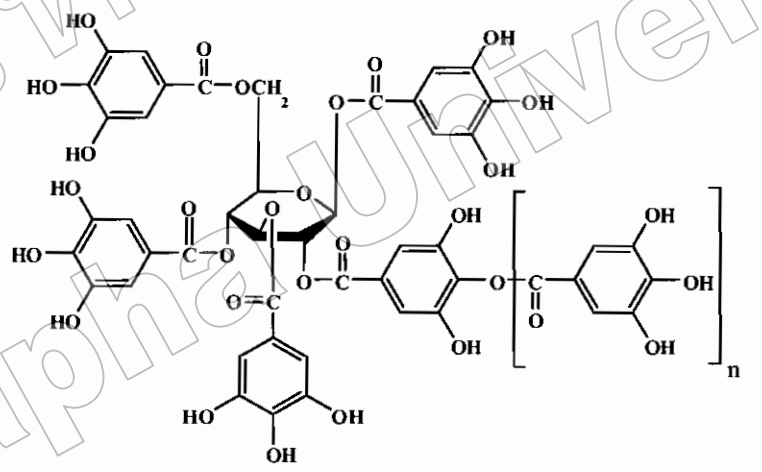


Gallic acid



Ellagitannin

ภาพที่ 5 โครงสร้างทางเคมีของ gallic acid และ ellagitannin (เดชภาฑร วงศ์เดชขจร, 2550)

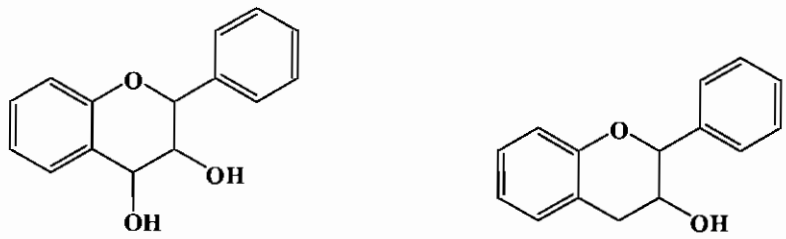


n = 1, 2, 3,...

ภาพที่ 6 โครงสร้างทางเคมีของ Hydrolyzable tannin (Mane, Sommerer, Cheynier, Cole, & Fulcrand, 2007)

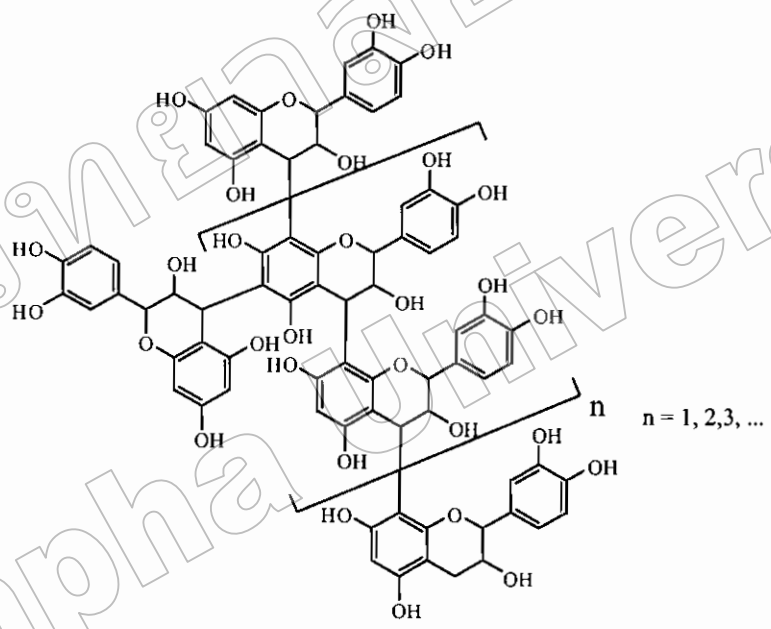
2. Condensed tannins เป็นพอลิเมอร์ (Polymer) ของสารประกอบฟีนอลิค เกิดจากหลายโมเลกุลของ Flavanols รวมตัวกัน ซึ่งจะไม่มีน้ำตาลในโมเลกุล Flavanols ประกอบด้วย 2 ชนิดคือ Flavan-3-ols และ Flavan-3, 4-diols ซึ่งเมื่อรวมตัวกันเป็นโพลิเมอร์จะเรียกว่า Anthocyanidine และ Proanthocyanidine ซึ่งมีสีแดง ละลายน้ำได้ไม่ดีเท่า Hydrolyzable tannins เมื่อรวมตัวกับสารละลายเฟอริคคลอไรด์จะให้สีเขียว

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



Flavan-3, 4-diols Flavan-3-ols

ภาพที่ 7 โครงสร้างทางเคมีของ Flavan-3, 4 – diol และ Flavan-3-ol (เดชภาฑร วงศ์เดชขจร, 2550)



ภาพที่ 8 โครงสร้างทางเคมีของ Condensed tannin (Goncalves, Soares, Mateus, & Freitas, 2007)

การกระจายตัวในธรรมชาติ

การกระจายตัวในธรรมชาติของแทนนินนั้น พบว่ามีการกระจายตัวอยู่ในพืชเกือบทุกชนิดและเกิดเป็นองค์ประกอบสำคัญที่เด่นมากในพืชใบเลี้ยงคู่จำนวนมาก แต่สำหรับในพืชชั้นต่ำ เช่น รา สาหร่าย มอส ลิเวอร์เวิร์ท ตลอดจนพวกหญ้าทั้งหลายจะพบว่ามีแทนนินเป็นองค์ประกอบอยู่น้อยมาก บทบางทางนิเวศวิทยาของแทนนินที่พบอยู่ในพืชยังไม่เป็นที่ทราบกันอย่างชัดแจ้งนัก และโดยทั่วไปแล้วพืชทั้งหลายก็มักจะมีแทนนินเป็นองค์ประกอบเสมอ มักจะพบแทนนินสูงใน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ส่วนของแก่นไม้และเปลือกไม้ ในส่วนของพืชที่มีอายุมากกว่า 1 ปี จะมีแทนนินสูงกว่าใบที่อายุเพียงปีเดียว และพืชที่มีใบสีเขียวตลอดปีก็มีแทนนินมากกว่าพืชประเภทผลัดใบ (อัญมณี ปิณฑะบุตร, 2540)

สมบัติของแทนนินที่สำคัญคือ " ความฝาด " ซึ่งเกิดจากส่วนโพลิเมอริค (Polymeric) ของสารประกอบที่มีกลุ่มฟีนอลและแคเทชอลหรือฟาโวนอล ซึ่งมีมวลโมเลกุลสูง ๆ เนื่องจากสามารถเกิด Cross linking ระหว่างไกลโคโปรตีนกับแทนนินทำให้เกิดการหล่อลื่น (Lubricating action) ในปากลดลง การเกิดรสฝาดจะพบอยู่ในแทนนินที่มีลักษณะโอลิโกเมอร์ (Oligomer) จะไม่พบในแทนนินแบบโมโนเมอร์ (Monomer) และโพลิเมอร์ (Polymer) (สุวรงค์ วงษ์ศิริ, 2536)

ดังนั้นในผลไม้ดิบจะมีคอนเดนซ์แทนนินชนิดลิวโคแอนโธไซยานินที่มีขนาดโมเลกุลพอเหมาะ (โอลิโกเมอร์)ที่มีรสฝาดและจะค่อย ๆ ลดลง จนกระทั่งผลไม้สุกเพราะการเกิดโพลิเมอร์ไรเซชัน เป็นโพลิเมอร์ของลิวโคแอนโธไซยานิน เปลี่ยนเป็นตะกอนแข็งไม่สามารถรวมตัวกับแทนนินหรือเกิด Cross linking ได้

ปริมาณและชนิดของแทนนินในพืชจะขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์พืช แหล่งที่ปลูก สภาพภูมิอากาศ แร่ธาตุ และอายุกิ่ง ก้าน ใบของพืช

สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแทนนิน

1. แทนนิน คือ สารประกอบเคมีชนิดซับซ้อนส่วนมากจะไม่สามารถตกผลึกได้

2. สามารถรวมตัวได้ดีกับโปรตีนและหนังสัตว์ เปลี่ยนหนังดิบให้กลายเป็นหนังฟอกหรือหนังสำเร็จ

3. มีรสฝาดเนื่องจากไกลโคโปรดีนที่อยู่ในน้ำลายจะเกิดสารเชิงซ้อนกับแทนนิน เกิดการตกตะกอน ทำให้การหล่อลื่นลดลง

4. แทนนินสามารถละลายได้ในน้ำ แอลกอฮอล์ อะซิโดน และไพริดีน แต่ไม่สามารถละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม แต่เมื่ออยู่ในน้ำจะมีสภาพเป็นคอลลอยด์

5. มีสมบัติเป็นยาฝาดสมาน (Astringent) เพราะสามารถรวมตัวกับโปรตีน เกิดเป็นสารประกอบที่มีความคงตัวมาก

6. เมื่อทำปฏิกิริยากับเกลือของเหล็กจะเป็นสีน้ำเงินหรือสีเขียว

7. สามารถตกตะกอนกับเกลือของโลหะบางชนิด เช่น เลดแอซีเตด

8. สามารถตกตะกอนได้กับสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตหรือกรดโครมิค

9. สามารถทำให้สารอัลคาลอยด์ (Alkaloids) ตกตะกอนได้ และสารอินทรีย์ที่มีสมบัติเป็นเบสก็สามารถตกตะกอนได้เช่นกัน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

10. ในสารละลายที่มีความเป็นเบส แทนนินจะดูดซับออกซิเจนและเปลี่ยนเป็นสีคล้ำขึ้น

11. เมื่ออยู่ในสารละลายโพแทสเซียมเฟอริคไซยาไนด์ (Potassium ferric cyanide) และแอมโมเนียจะเกิดเป็นสีแดงเข้ม

ประโยชน์ของแทนนิน

1. ใช้แทนนินในการฟอกหนัง เช่น แทนนินที่ได้จากเปลือกไม้โกงกาง ไม้มิโมซา ไม้แคบวาซอ และเปลือกไม้โอ๊ค

2. ใช้แทนนินในการผลิตกาวไม้อัด และผลิตพลาสติก โดยผสมแทนนินกับฟอร์มัลดีไฮด์ ใช้เป็นกาวในอุตสาหกรรมเกี่ยวกับไม้อัด

3. ใช้แทนนินเคลือบผิวไม้ โดยใช้แทนนินทำปฏิกิริยากับเบนโซอิลเลด (Benzoylated) จะได้สารประกอบ Benzoylated wattle tannins ที่สามารถละลายได้ในโทลูอีน (Toluene) เมื่อทำปฏิกิริยาอีกครั้งกับไดไอโซไซยาเนต (Diisocyanates) จะได้โพลียูริเทน (Polyurethanes)

4. แทนนินสามารถรวมตัวกับเกลือของเหล็ก ได้สารประกอบสีน้ำเงิน นำมาใช้ผลิตน้ำหมึก หมึกพิมพ์ สีย้อมผ้า

5. ใช้แทนนินเป็นสารตกตะกอนโปรตีนและจับกับไอออนของโลหะ ในอุตสาหกรรมผลิตไวน์ เบียร์ และสาเก ทำให้สามารถกำจัดกลิ่นและรสที่ไม่ต้องการออกจากผลิตภัณฑ์ได้

6. ใช้แทนนินทำปฏิกิริยากับเจลาตินได้สารประกอบเชิงซ้อน สามารถใช้เคลือบอาหารบางชนิด เช่น เนื้อสัตว์ ให้มีอายุการเก็บที่นานขึ้น

7. ใช้แทนนินป้องกันการเหม็นหืน

8. ใช้แทนนินในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในอาหาร

สเปกโทรโฟโตเมทรี (Spectrophotometry)

วิธีสเปกโทรโฟโตเมทรีเป็นเทคนิคการวิเคราะห์สารที่นิยมใช้มาก สามารถวิเคราะห์สารได้ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ

สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)

สเปกโทรโฟโตมิเตอร์นั้นเป็นเครื่องมือที่ใช้หาปริมาณของสาร โดยจะใช้วิธีการดูดกลืนแสงของสารที่มีสี พบว่าถ้าผ่านแสงที่เคลื่อนที่ต่อเนื่องกันเข้าไปในสารละลาย พบว่าแสงจะถูกดูดกลืน ณ ที่ช่วงความยาวคลื่นของคลื่นที่มีค่าบางค่า ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่ละลายในสารละลายนั้น การวัดการดูดกลืนของแสงจะกระทำได้โดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

หลักในการหาปริมาณของสารกับการวัดปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืน

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

กฎของแลมเบิร์ด มีใจความว่า " เมื่อลำแสงเดี่ยว ซึ่งเป็นลำแสงที่มีความยาวคลื่นเดียว ผ่านตัวกลางเนื้อเดียว สัดส่วนของความเข้มข้นของแสงที่ถูกดูดกลืนไว้ ไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแสงที่กระทบตัวกลางนั้น และความเข้มข้นของแสงจะถูกแต่ละชั้นของตัวกลางดูดกลืนไว้ ในสัดส่วนที่เท่ากัน "

กฎของเบียร์ มีใจความว่า " เมื่อแสงที่มีความยาวคลื่นเดียว ผ่านตัวกลางเนื้อเดียว สัดส่วนของความเข้มแสงที่ถูกตัวกลางนั้นดูดกลืนไว้ จะแปรโดยตรงกับปริมาณของตัวกลางที่ดูดกลืนแสงนั้น "

เมื่อวัดการดูดกลืนแสงของสารละลาย ปริมาณความเข้มของแสงที่ถูกดูดกลืนนั้น จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายและความหนาของสารละลายที่ลำแสงต้องผ่าน 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

ε หมายถึง โมลาร์แอบซอบติวิตี

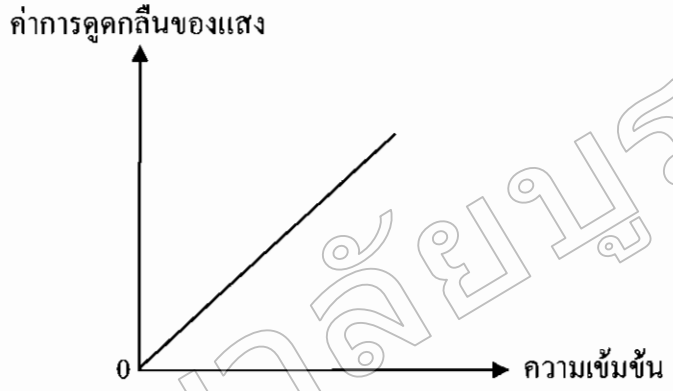
T หมายถึง การส่งผ่าน

A หมายถึง การดูดกลืน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การเขียนกราฟมาตรฐาน

กราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนของแสงและความเข้มข้นของสาร จะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง



ภาพที่ 9 กราฟมาตรฐานทั่วไปที่ใช้ในการหาปริมาณสาร (แม้น อมรสิทธ์ และคณะ, 2552)

ชนิดของสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (แม้น อมรสิทธ์ และคณะ, 2552)

1. สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ชนิดลำแสงเดี่ยว (Single beam spectrophotometer)

เครื่องมือสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ เป็นหลักการของลำแสงเดี่ยวซึ่งเป็นแบบธรรมดาที่สุด ลำแสงออกจากแหล่งกำเนิดแสงผ่านเข้าหน่วยจำแนกช่วงคลื่นของแสง ควบคุมลำแสงให้พอเหมาะด้วยช่อง (Slit) หลังจากแยกช่วงคลื่นของแสงที่ต้องการออกมาแล้ว แสงจะตรงผ่านไปที่เซลล์ของสารละลาย ลำแสงที่ผ่านจากเซลล์ก็จะไปกระทบกับผนังของโฟโตเซลล์ทำให้เกิดอิเล็กตรอนหลุดออกมา สเกลที่หน่วยตรวจวัดจะบอกในหน่วยของ Transmittance และ Absorbance ในการใช้เครื่องมือแบบนี้เราจะต้องจัดตั้ง (Set) เครื่องมือให้อ่าน 100 เปอร์เซ็นต์ Transmittance ก่อนโดยใช้สารที่เป็นตัวทำละลาย เช่น ถ้าใช้น้ำเป็นตัวทำละลายก็ใช้น้ำกลั่นใส่เซลล์ไปวางกั้นแสง หลังจากนั้นจึงนำเซลล์ที่บรรจุสารละลายของสารที่ต้องการวิเคราะห์ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง

2. สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ชนิดลำแสงคู่ (Double beam spectrophotometer)

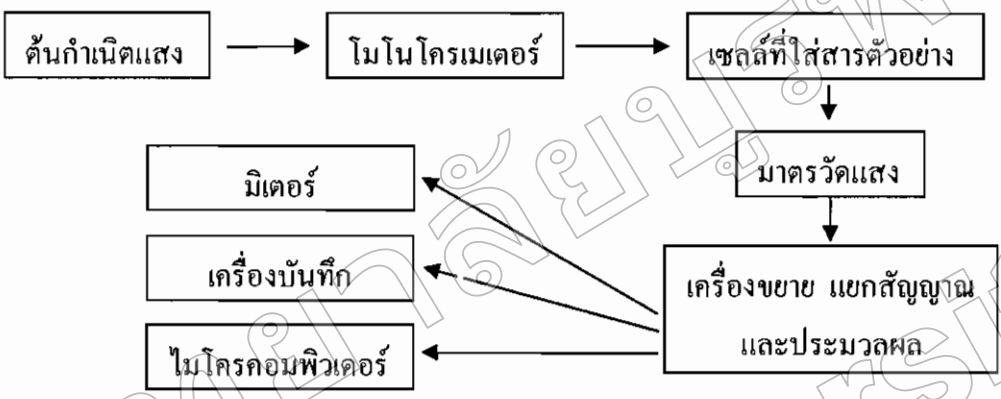
สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ชนิดลำแสงคู่ถูกดัดแปลงจากสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ชนิดลำแสงเดี่ยวเพื่อให้การวัดค่าการดูดกลืนแสงมีความแม่นยำมากขึ้น ผลของการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ชนิดลำแสงเดี่ยว ได้ถูกกำจัดโดยสิ้นเชิงใน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ชนิดลำแสงคู่ ในเครื่องมือแบบนี้เซลล์ของสารละลายไร้สารตัวอย่างและเซลล์ของสารละลายตัวอย่างจะวัดในเวลาพร้อมกัน

ส่วนประกอบของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (แม้น อมรสิทธ์ และคณะ, 2552)

เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์โดยทั่วไป จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 10 ส่วนประกอบของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (แม้น อมรสิทธ์ และคณะ, 2552)

1, ต้นกำเนิดแสง (Light source)

ต้นกำเนิดแสงที่ใช้งานทางสเปกโทรโฟโตเมทรีควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

1) จะต้องใช้ลำแสงที่มีกำลังพอที่จะวัดได้ด้วยมาตรแสง (Photometer)

2) จะต้องให้การแผ่รังสี (Radiation) ตลอดเวลา ในช่วงความยาวคลื่นที่ต้องการ

3) การแผ่รังสีจะต้องคงที่ตลอดเวลา คือ แสงที่ตกกระทบกับสารละลายในเซลล์ต้องคงที่ มิฉะนั้นแล้วผลของการวิเคราะห์จะไม่แม่นยำหรือไม่มีความเที่ยง

สำหรับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์นั้น ต้นกำเนิดแสงอัลตราไวโอเลตเป็นหลอดไฮโดรเจน หรือหลอดติวเทอเรียม ให้แสงอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 185 – 375 นาโนเมตร ซึ่งหลอดไฮโดรเจนและหลอดดิวเทอเรียมมีอายุการใช้งานที่จำกัด แต่หลอดติวเทอเรียมมีราคาแพงกว่าจะมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าและจะให้ความเข้มของแสงมากกว่าด้วย

หลอดทังสเตนให้แสงอยู่ในช่วง 320 – 2,500 นาโนเมตร ภายในใส่แก๊สไอโอดีนหรือแก๊สโบรมีนที่มีความดันต่ำ เพื่อให้หลอดมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น นอกจากนี้ยังมีหลอดไอปรอท ให้แสงที่มีความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร และหลอดซีนอนให้แสงที่มีความยาวคลื่น 250 – 600 นาโนเมตร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. โมโนโครเมเตอร์ (Monochromater)

ส่วนประกอบนี้ถือได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ เพราะเป็นส่วนที่ใช้ควบคุมแสง โดยจะทำให้แสงที่ออกมาจากต้นกำเนิดแสง ซึ่งเป็นพอลิโครเมติก (แสงที่ประกอบด้วย แสงที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ) ให้เป็นแสงโมโนโครเมติก (แสงที่มีความยาวคลื่นเดียว) ซึ่งเป็นแถบแสงแคบ ๆ เฉพาะช่วงคลื่นแสงที่ต้องการเลือกใช้

3. ส่วนที่วางสารตัวอย่างเพื่อวัด (Cell compartment)

เซลล์ที่บรรจุสารตัวอย่างและสารเปรียบเทียบ แล้วนำไปใส่ที่สำหรับวัด ซึ่งส่วนนี้จะมีฝาปิดเพื่อกันแสงจากภายนอกเข้าไปและถูกกั้นออกจากส่วนที่เป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์และระบบแสงเซลล์ที่ใส่สารตัวอย่าง บางครั้งเรียกว่า คิวเวทท์

4. เครื่องวัดแสง (Radiation detector)

เครื่องที่ใช้สำหรับวัดแสงมีด้วยกันหลายแบบ ซึ่งแต่ละแบบอาจแตกต่างที่ความกว้างของช่วงคลื่นแสงที่สามารถตรวจสอบได้ ความเร็วต่อการตอบสนองต่อแสง สภาพไวของการรับแสง เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อต้องการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า เครื่องวัดแสงที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

1) มีสภาพไวสูงและเครื่องต้องมีเสถียรภาพดี
2) การตอบรับแสงเป็นแบบสภาพเชิงเส้น
3) ระดับของสัญญาณรบกวนจะต้องมีน้อย
4) การตอบสนองต่อแสงจะต้องขึ้นอยู่กับความถี่หรือความยาวคลื่น
5) ค่าที่วัดได้ไม่ควรแปรปรวนมาก

5. เครื่องขยาย – แยกสัญญาณและประมวลผล (Single processors and data read out)

สัญญาณที่ได้จากเครื่องวัดจะเข้ากระบวนการของระบบอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ขยายสัญญาณให้มากขึ้นและเข้ากระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผลของการวิเคราะห์จะถูกนำเสนอออกมาหลายรูปแบบโดยต่อเข้ากับมิเตอร์ เครื่องบันทึก หรือเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Price and Butler (1977) ได้พัฒนาวิธีสเปกโทรโฟโตเมทริกเพื่อตรวจหาปริมาณของแทนนินและสารโฟลิฟีนอลิคที่มีความเข้มข้นต่ำ ๆ ได้ โดยการทำให้เกิดสารเชิงซ้อนสีน้ำเงินและให้ผลการทดสอบที่เป็นบวกอย่างรวดเร็วกับสารโพลิฟีนอลในเมล็ดข้าวฟ่าง สามารถจะเปรียบเทียบปริมาณของแทนนินได้ภายใน 20 นาที

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

Price, Hagerman and Butler (1980) ได้ทำการศึกษาปริมาณของคอนเดนซ์แทนนิน ในถั่วพุ่มจำนวน 10 สายพันธุ์, ถั่วลูกไก่, ถั่วแระและถั่วเขียว โดยวิธีสเปกโทรโฟโตเมตรี พบว่า มีความเข้มข้นของคอนเดนซ์แทนนินอยู่ในช่วง 0 – 0.7 % ในถั่วพุ่มและ 0 – 0.2 % ในถั่วแระ แต่ไม่พบคอนเดนซ์แทนนินในถั่วลูกไก่และถั่วเขียว แสดงให้เห็นว่าในถั่วพุ่มมีปริมาณ คอนเดนซ์แทนนินอยู่มากที่สุด ซึ่งอาจมีผลต่อคุณค่าทางอาหารหรือทำให้เกิดอันตรายได้

Luthar (1992) ได้วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลและแทนนินในเมล็ดบัควีต (Buckwheat seed) สายพันธุ์ต่าง ๆ ด้วยวิธีวานินลิน – ไฮโดรคลอริก (Vanillin-HCl) พบว่าใน เมล็ดบัควีตมีปริมาณแทนนิน 0.5 – 4.5 % ซึ่งปริมาณแทนนินจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และสภาพ แวดล้อมในการเพาะปลูก

Amin (1997) ได้วิเคราะห์ปริมาณแทนนินในตัวอย่างชาด้วยวิธีคัลเลอริเมตริก (Colorimetric method) โดยการทำให้แทนนินเกิดปฏิกิริยารีดักชันกับเตตระโซเลียม บลู (Tetrazolium blue) ในสภาวะที่เป็นเบส ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จะได้ ผลิตภัณฑ์ที่มีสี ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 527 นาโนเมตร พบว่าในตัวอย่างชามีแทนนิน 1.65 % ซึ่งวิธีนี้จะลดการรบกวนของสารอื่น ๆ ในการวิเคราะห์ได้

Hernes and Hedges (2000) ได้ทำการศึกษาปริมาณคอนเดนซ์แทนนินโดยใช้กรดทำ ให้เกิดปฏิกิริยา Depolymerization และใช้สาร Phloroglucinol ซึ่งเป็นคาร์โบแคทไอออนเป็นตัวจับ ผลปรากฏว่าสารมอนอเมอร์และ Phloroglucinol จะรวมตัวกันเป็นอนุพันธ์ของ Trimethylsilyl และ แยกออกจากกันด้วย Capillary gas chromatography ตรวจวัดโดยใช้ Flame ionization แล้ว เปรียบเทียบปริมาณกับสารมาตรฐาน ซึ่งวิธีนี้สามารถตรวจหาคอนเดนซ์แทนนินที่มีปริมาณน้อย กว่า 100 นาโนกรัม

Tabasum, Ahmad, Akhlaq and Rahman (2001) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณแทนนินใน ผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปบางชนิด ด้วยวิธีการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม เปอร์แมงกาเนต พบว่า ชาสุพรีม บรู๊ค บอนด์ มีแทนนิน 0.18% ชาเขียวมีแทนนิน 0.18% กาแฟ แม็กเวลมีแทนนิน 0.35% โกลเด้นท์แอปเปิลมีแทนนิน 0.19% แอมรี่แอปเปิลมีแทนนิน 0.19% นาคซ์แพร์มีแทนนิน 0.02% ซูมายพีชมีแทนนิน 0.09% ชาลารีทับทิมมีแทนนิน 0.39% ชาลิปตัน ฉลากสีเหลืองและใบชามีแทนนิน 0.48% และบาคาน่าทับทิมมีแทนนิน 1.17%

สมพร มีเดช, เจริญ เจริญชัย, จุฑารัตน์ ศริดารา, วัฒนา วิริวุฒิกร, และกนกวรรณ ฤดีสิริศักดิ์ (2544) ได้ทำการศึกษาปริมาณแทนนินในรูปของกรดแกลลิกและคาทิชินซึ่งเป็น องค์ประกอบที่สำคัญที่พบในไวน์แดงที่มีอิทธิพลต่อสี ความขม ความฝาด และชนิดของไวน์โดย วิธีไฮเพอร์ฟอร์มานซ์ลิควิดโครมาโทกราฟี พบว่าปริมาณของกรดแกลลิกและคาทิชินจะเพิ่มขึ้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

อย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการหมัก (0 – 6 วัน) และช่วงหลังของของการหมัก (7 – 9 วัน) คือ กรดแกลลิก 0.56 และ 1.58 ppm กับคาทิชิน 0.51 และ 5.74 ppm ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถนำมาพัฒนาไวน์ไทยให้มีคุณภาพต่อไป

Paaver, Matto and Raal (2010) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณแทนนินในส่วนของลำต้นที่บวมของต้นโอ๊ค ที่เรียกว่า แกล (Gall) ชนิดต่าง ๆ ในเอสโตเนีย (Estonia) ด้วยวิธีของ Price and Butler พบว่า แกลโอ๊คแอปเปิลมีแทนนิน 47.2% ในขณะที่แกลโอ๊คแอปเปิลที่แห้งจนเป็นสีน้ำตาลจะมีแทนนินเพียง 4.2% , แกลโอ๊คองุ่นมีแทนนิน 3.4% , แกลของโอ๊คจีนมีแทนนิน 89.1% , แกลของโอ๊คตุรกีมีแทนนิน 81.4% และแกลของโอ๊คพิสทาเชียมีแทนนิน 52.4% เมื่อวิเคราะห์ปริมาณแทนนินในเปลือกโอ๊ค พบว่ามีแทนนิน 9.1% และในส่วนรากมีแทนนิน 21.1% จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า แกลโอ๊คแอปเปิลหรือแกลโอ๊คองุ่นมีความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแทนนินเพื่อนำมาผลิตยาต่อไป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University