# บทที่ 2

# วารสารปริทัศน์

## 2.1 ลักษณะสมบัติสารแทนนิน

### 2.1.1 ประวัติของแทนนิน

การบัญญัติคำศัพท์ คำว่า "แทนนิน" มีขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1796 ทั้งนี้เพื่อใช้ในการอธิบายถึงสารประกอบเคมีชนิดหนึ่งที่พบอยู่ในน้ำยาสกัดจากต้นพืช สารประกอบเคมีดังกล่าวนี้มีคุณสมบัติที่สามารถรวมตัวได้กับโปรตีนของหนังสัตว์ ทั้งยังสามารถป้องกันไม่ให้เกิดการเน่าเปื่อยตลอดจนการเปลี่ยนสภาพของหนังดิบสด ๆ ให้กลายสภาพมาเป็นหนังฟอกหรือหนังสำเร็จได้

การฟอกหนัง (tanning) คือกระบวนการที่ทำการเปลี่ยนสภาพหนังสัตว์ดิบ (hide) ให้กลายเป็นหนังสัตว์ฟอก (leather) ได้เป็นที่รู้จักและทำกันมานานแล้ว โดยการใช้พวกพืชหรือผลผลิตจากพืชเป็นตัวช่วยฟอก ซึ่งได้มีการบันทึกเป็นครั้งแรกถึงการฟอกหนังนี้ว่า เริ่มมาจากแถบเมดิเตอร์เรเนียนประมาณ 1500 ปี ก่อนคริสตศักราช หนังดิบที่ผ่านการฟอกแล้วจะกลายเป็นหนังฟอกที่มีความทนทานต่อน้ำ ความร้อน และแม้กระทั่งพวกจุลินทรีย์ต่าง ๆ สารเคมีที่ไปทำหน้าที่เปลี่ยนหนังดิบให้กลายเป็นหนังฟอกได้นี้จึงถูกเรียกชื่อกันว่า "แทนนิน" (สรศักดิ์, 2531)

### 2.1.2 ความหมายของแทนนิน

แทนนินคือกลุ่มสารประกอบ ที่ได้มาจากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น เปลือก ใบ ผล เปลือกผล ซึ่งมีคุณสมบัติละลายได้ในน้ำ สามารถรวมตัวกับโปรตีนในหนังสัตว์ ทำให้เป็นหนังฟอกหรือ หนังสำเร็จได้ (Wilson, 1941) ปัจจุบันได้มีการบัญญัติ นิยามของคำว่า "แทนนิน" ขึ้นโดยให้ความหมายว่า "แทนนินคือสารประกอบฟีนอลที่ได้จากธรรมชาติที่มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 500 และ 3,000 ทั้งยังมีหมู่ฟีนอลลิกไฮดรอกซิล (phenolic hydroxyl) อิสระอยู่จำนวนหนึ่ง (1-2 ต่อ 100 หน่วยน้ำหนักโมเลกุล)ที่สามารถเกิดการเชื่อมโยงได้กับสารโปรตีน (proteins) และ สารไบโอโพลิเมอร์ (biopolymers) เช่น เซลลูโลส (cellulose) และเพกติน (pectin) ได้สารใหม่ที่มีคุณสมบัติคงตัว (White, 1956) และ (Gustavson, 1954)

ในเปลือกไม้และเปลือกผล มีองค์ประกอบทางเคมีหลักอยู่ 3 ประเภทเช่นเดียวกับเนื้อไม้คือ โฮโลเซลลูโลส (holocellulose) ลิกนิน (lignin) และ สารแทรก (extractive) โดยปริมาณและชนิดของสารในองค์ประกอบแต่ละประเภทมีมากน้อยต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ ส่วนของไม้ และ ถิ่นที่ปลูกของต้นไม้ โดยปกติปริมาณสารแทรกและลิกนินใน

เปลือกไม้จะสูงกว่าในเนื้อไม้มาก แต่ปริมาณโฮโลเซลลูโลสในเปลือกไม้จะต่ำกว่าในเนื้อไม้ (Chang, 1955)

โฮโลเซลลูโลส และ ลิกนิน เป็นองค์ประกอบที่มีอยู่มากที่สุดในผนังเซลล์จึงนับเป็นองค์ประกอบหลักของต้นไม้ ส่วนสารแทรกนั้นมีอยู่น้อยกว่า จึงมีความสำคัญรองลงไป สารแทรกสามารถสกัดออกมาจากเนื้อไม้ได้ด้วยตัวทำละลายบางชนิด (Hagermann, 1988) สารแทรกหมายถึง สารที่ไม่ใช่องค์ประกอบของโครงสร้างผนังเซลล์ ประกอบด้วยสารประกอบทั้งอินทรีย์และอนินทรีย์หลายชนิดแทรกอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างเปลือกไม้และเปลือกผล ตัวอย่างสารแทรก เช่น เทอร์พีนอยด์ (terpeniods) ขี้ผึ้ง (waxes) ไขมัน (fats) กรดเรซิน (resin acids) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ลิกแนน (lignans) น้ำตาล (sugars) และ แทนนิน เป็นต้น ในขณะที่พืชมีชีวิตอยู่สารแทนนินจะถูกสร้างขึ้นมาในรูปของสารละลายรวมอยู่ใน โปรโตพลาสซึม (protoplasm) แวคคิวโอของเซลล์ (cell vacuoles) เมื่อเซลล์ตายแล้วสารโปรโตพลาสซึมจะสลายตัวแทนนินจะถูกดูดอยู่ในผนังเซลล์ โดยทั่วไปแทนนินในเปลือกไม้ชนิดต่าง ๆ จะมีปริมาณสูงกว่าในเนื้อไม้มาก ดังนั้นความสนใจในการใช้ประโยชน์เปลือกไม้จึงเน้นหนักทางด้านสารแทรกโดยเฉพาะแทนนินเป็นส่วนใหญ่ เปลือกที่เหลือจากการสกัดแทนนินออกแล้วยังสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง เช่น เชื้อเพลิงแข็ง หรือทำปุ๋ยคอก เพื่อปรับปรุงดินได้อีกด้วย (ปรีชา, 2526) และ (Hillis, 1962)

### 2.1.3 ประเภทของแทนนิน

แทนนินที่มีอยู่ในเปลือกไม้หรือเนื้อไม้ และส่วนต่าง ๆ ของพืช แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนิน (hydrolyzable tannins) และ คอนเดนซ์แทนนิน (condensed tannins) ตัวอย่างไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนิน หรือเรียกว่าไพโรแกลลอล (pyrogallol) เช่น แทนนินจากไม้ก่อ (chestnut) ไม้สมอ (myrobolans) ผลตันหยง (divi-divi) ผลโอ๊ค (valonia) และ เนื้อไม้โอ๊ค (oak Wood) ส่วนคอนเดนซ์แทนนินซึ่งเรียกว่าแคเทชอล (catechol) เช่นแทนนินจากเคบราชอ (quebracho) มิโมซา (mimosa) ไม้โกงกาง (mangrove) และเปลือกไม้โอ๊ค (oak bark) (Hammer,1966) และ (Pizzi,1980)

#### 2.1.3.1 ไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนิน

ไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนิน คือ แทนนินที่มีโครงสร้างเป็นสารประกอบโพลิฟีนอล (poly- phenols) ที่ซับซ้อนซึ่งจะสลายตัวได้เมื่อทำการแยกด้วยน้ำ แทนนินชนิดนี้เป็นเอสเทอร์ (esters) ระหว่างน้ำตาลหนึ่งโมเลกุลกับ กรดโพลิฟีนอลลิกคาร์บอกซิลิก (polyphenolic carboxylic acids) อีกหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งโมเลกุล น้ำตาลส่วนใหญ่ที่พบมักเป็นกลูโคส

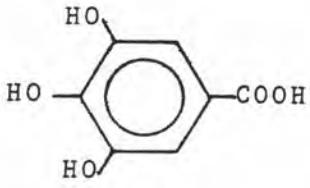
(glucose) เกิดการเชื่อมโยงแบบเอสเทอร์ที่เรียกว่าเดบไซด์ลิงเกจ (depside linkages) ทำให้แทนนินสามารถถูกไฮโดรไลซ์แยกออกได้ด้วย กรด ด่าง เอนไซม์บางชนิด แทนนินประเภทนี้สามารถแบ่งออกได้อีก 2 ชนิดคือ แกลโลแทนนิน (gallo tannins) และ เอลลาจิแทนนิน (ellagi tannins) โดยแทนนินชนิดแรกเมื่อถูกไฮโดรไลซ์จะให้กรดแกลลิค (gallic acid) ส่วนแทนนินชนิดหลัง เมื่อถูกไฮโดรไลซ์จะให้กรดเอลลาจิก (ellagic acid ) (Jurd, 1962) (Joslyn, 1964) และ (Haworth, 1964) ภาพที่ 2.1 แสดงไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนินชนิดต่าง ๆ

2.1.3.2 คอนเดนซ์แทนนิน

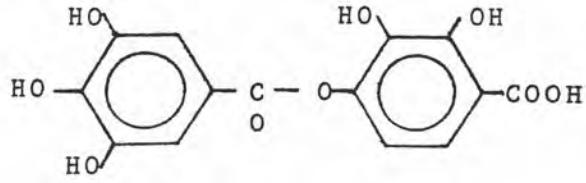
คอนเดนซ์แทนนินคือแทนนินชนิดรวมตัวแน่น เป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างโมเลกุลซับซ้อนมากจัดอยู่ในประเภทโพลิฟีนอล (polymeric polyphenols) น้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 1000 ขึ้นไปประกอบด้วยโพลิไฮดริกฟีนอล (polyhydric phenols) ซึ่งเชื่อมกันเป็นโมเลกุลใหญ่ด้วยโมเลกุล C-C linkage ไม่สามารถไฮโดรไลซ์ด้วยกรด หรือ ด่างได้ แต่ละลายได้ดีในน้ำร้อน แอลกอฮอล์ และอะซีโตน (Robinson, 1967)

นอกจากความสลับซับซ้อนในโครงสร้างของโมเลกุล ยังมี ความลำบากในการแยกคอนเดนซ์แทนนินให้เป็นสารบริสุทธิ์จากสารที่สกัดได้ตามธรรมชาติ อย่างไรก็ตามมีการวิเคราะห์พบว่า คอนเดนซ์แทนนินจากเปลือกไม้ มีโครงสร้างเป็น สารประกอบฟลาโวนอยด์ - โมโนเมอร์ (flavonoid - monomer) ซึ่งเป็นโมโนเมอร์ที่มีคาร์บอน 15 อะตอมมีโครงสร้าง $C_6-C_3-C_6$ ซึ่ง $C_6$ หัวท้ายมีโครงสร้างแบบเบนซิน ส่วน $C_3$ ตรงกลางอาจมีโครงสร้างแบบสายอะลิฟาติค (aliphatic - chain) หรือเป็นแบบเบนโซไพแรน (benzopyran) ก็ได้ (Drewes, 1967) พบว่าคอนเดนซ์แทนนินมีโครงสร้างพื้นฐานที่ประกอบด้วยกลุ่มเรซอลซินอล (resorcinol group) และ กลุ่มฟลอโรกลูซินอล (phloroglucinol group) หรือ (A-rings) ซึ่งเชื่อมด้วยกลุ่มคาร์บอนแบบอะลิฟาติคสั้น ๆ เข้ากับกลุ่มแคเทชอล (catechol) และ ไพโรแกลลอล (pyrogallol) ซึ่งพบในเปลือกไม้มิโมซาได้แก่ คอนเดนซ์แทนนินที่มีลักษณะเป็นไดเมอร์ หรือ ไบฟลาวานอล (biflavanols) ดังภาพที่ 2.2 ก.

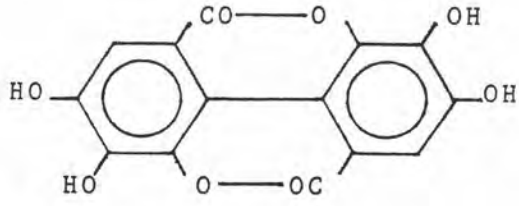
สูตรโครงสร้างของคอนเดนซ์แทนนินในเปลือกไม้สกุลสน ซึ่งได้มีการพิสูจน์โครงสร้างอย่างแน่นอนแล้ว เมื่อปี ค.ศ. 1970 พบว่าโมโนเมอร์ของแทนนินในเปลือกไม้สกุลสนนี้ประกอบด้วย กลูซินอล-แคตชอล์ (glucinol-catechol) ซึ่งมีไฮดรอกซิล (OH) อยู่ 5 หมู่และการเรียงตัวที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 และ 3 อาจแตกต่างกันในแต่ละโมโนเมอร์ และในแต่ละชนิดของไม้ตัวอย่างที่มีการค้นพบ นอกจากนี้ยังพบว่าแทนนินในเปลือกพวกยูคาลิปตัส, โกงกาง และ ประสัก มีโมโนเมอร์ประเภท ฟลาวาน-3,4-ไดโอล (flavan -3,4- diol) ดังภาพที่ 2.2



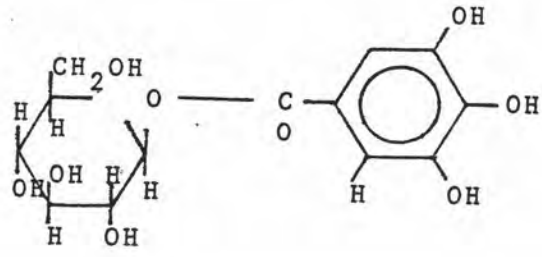
ก. gallic acid



ข. digallic acid

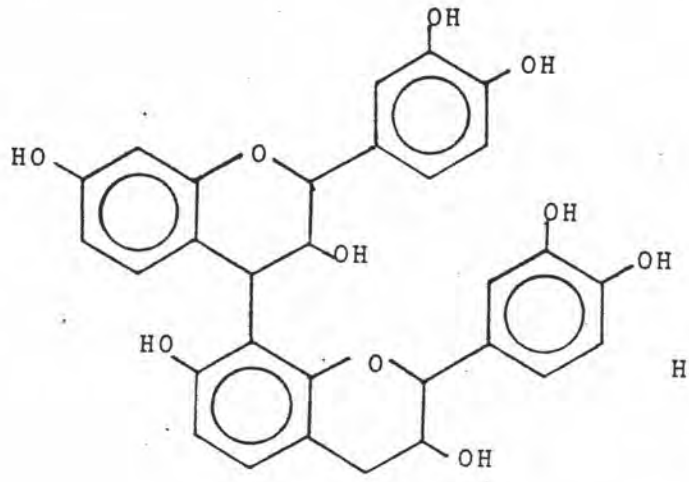


ค. ellagic acid

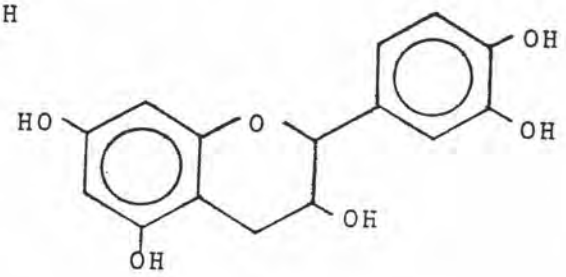


ง. β-D- glucogallins

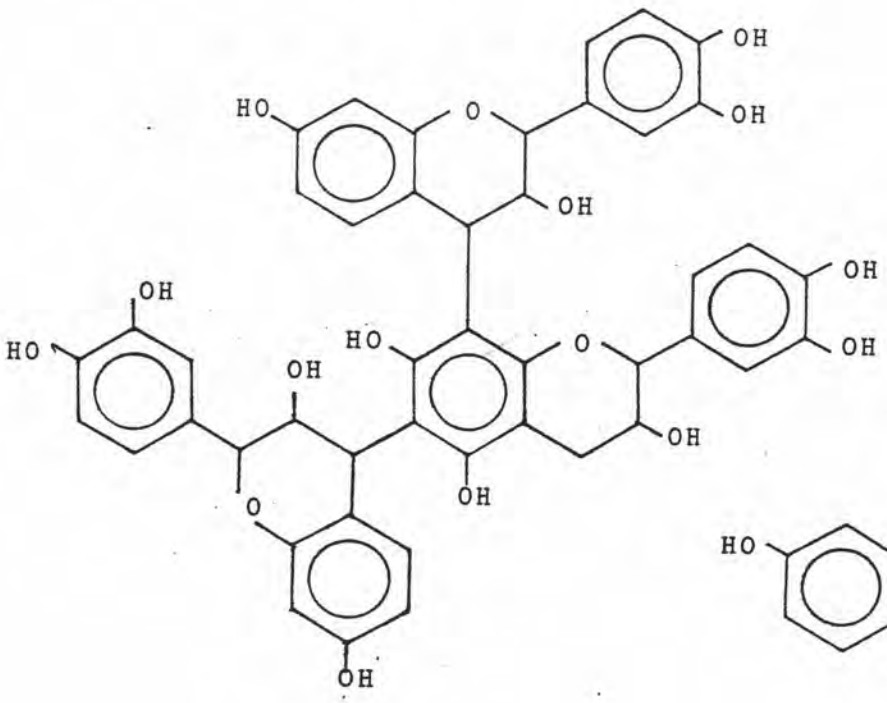
ภาพที่ 2.1 ไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนินชนิดต่าง ๆ ที่พบในพืช



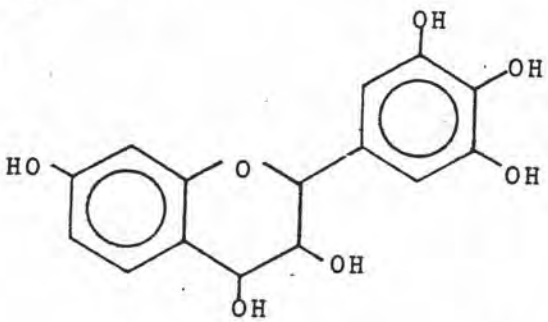
ก. biflavonoids



ข. glucinol-catechol



ค. triflavonoids



ง. flavan-3,4-diols

ภาพที่ 2.2 คอนเดนซ์แทนนินชนิดต่าง ๆ ที่พบในพืช

2.1.4 การกระจายตัวในธรรมชาติ

การกระจายตัวในธรรมชาติของแทนนินนั้น พบว่ามีการกระจายตัวอยู่ในอาณาจักรของพืชเกือบทุกวงศ์ และ เกิดเป็นองค์ประกอบสำคัญที่เด่นมากในพืชใบเลี้ยงคู่จำนวนมากมาย แต่สำหรับในพืชชั้นต่ำ เช่น เชื้อรา สาหร่าย มอสส์ ลิฟเวอเวิร์ท (liverworts) ตลอดจนพวกหญ้าทั้งหลายจะพบว่ามีแทนนินเป็นองค์ประกอบอยู่น้อยมาก

บทบาททางนิเวศวิทยาของแทนนินที่พบอยู่ในพืช ยังไม่เป็นที่ทราบกันอย่างชัดแจ้งนัก และโดยทั่วไปแล้ว พืชทั้งหลายก็มักจะมีแทนนินเป็นองค์ประกอบเสมอ มักจะพบแทนนินสูงในส่วนของแก่นไม้และเปลือกไม้ รวมทั้งในโครงสร้างพิเศษ เช่น galls ซึ่งเกิดมาจากการเจาะไชของแมลง ในส่วนของใบพืชที่มีอายุมากกว่า 1 ปี จะมีแทนนินสูงกว่าใบพืชที่มีอายุเพียงปีเดียว และพืชที่มีสีเขียวตลอดปีก็มีแทนนินมากกว่าพืชประเภทผลัดใบ

วงศ์ของพืชที่พบแทนนินเกิดอยู่เป็นองค์ประกอบสำคัญในปริมาณที่ค่อนข้างสูงได้แก่

- Fagaceae
- Hamamelidaceae
- Mimosaceae
- Myrtaceae
- Papilionaceae
- Polygonaceae
- Rosaceae
- Rubiaceae
- Salicaceae

ในบรรดาวงศ์ของพืชเหล่านี้ยังพบอีกว่าพืช สกุลต่าง ๆ ที่มีแทนนินอยู่เป็นองค์ประกอบสำคัญมากได้แก่ สกุล ต่อไปนี้ คือ

- Acacia
- Castanea
- Hamamelis
- Pterocarpus
- Quercus
- Rhus
- Rosa
- Terminalia

สมบัติของแทนนินที่สำคัญคือ "ความฝาด" ซึ่งเกิดจากส่วนโพลิเมอริค (polymeric) ของสารประกอบที่มีกลุ่มฟีนอลและแคเทชอลหรือฟลาโวนอล ซึ่งมีมวลโมเลกุลสูง ๆ เนื่องจากสามารถเกิด cross linking ระหว่างไกลโคโปรตีน กับแทนนินทำให้การหล่อลื่น (lubricating action) ในปากลดลง (Swian, 1960) ได้รายงานว่าการเกิดรสฝาดจะพบอยู่ในแทนนินที่มีลักษณะโอลิโกเมอร์ (oligomeric) จะไม่พบในแทนนินแบบโมโนเมอร์ (monomeric) และโพลิเมอร์ริค (polymeric) ดังนั้นในผลไม้ดิบจะมีคอนเดนซ์แทนนินชนิดลิวโคแอนโทไซยานินที่มีขนาดโมเลกุลพอเหมาะ (โอลิโกเมอร์) ที่มีรสฝาดและจะค่อย ๆ ลดลง จนกระทั่ง

ผลไม้สุกเพราะการเกิดโพลิเมอไรเซชัน เป็นโพลิเมอร์ของลิวโคแอนโทไซยานิน เปลี่ยนเป็นตะกอนแข็งไม่สามารถรวมตัวกับแทนนิน หรือเกิด cross linking ได้ (Freudenberg, 1962) (Hergert, 1962) และ (Hathway, 1957)

ปริมาณและชนิดของแทนนินในพืชจะขึ้นอยู่กับ ชนิดของพันธุ์พืช แหล่งที่ปลูก สภาพภูมิอากาศ เกลือแร่ของธาตุอาหาร และ อายุกิ่ง ก้าน ใบ ของพืช ( Hargermann, 1988) กลุ่มของสารที่ทำให้เกิดความฝาดนอกจากแทนนินแล้วยังได้แก่ เกลือของโลหะอลูมิเนียม โครเมียม สังกะสี ตะกั่ว แคลเซี่ยม แมกเนเซี่ยม สารบอแรกซ์ กรดบอริค และ สารดีไฮเดรท (dehydrating) เช่น เอธิลแอลกอฮอล์ อะซีโตน กลีเซอรีน และ มินเนอรัลแอซิด เช่น ฮาโลจีเนตอะซิติดแอซิด (Mc.Donough, 1935) และ (Lesser, 1939)

2.1.5 <u>คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีภาพของแทนนิน</u>

สรศักดิ์ (2531) ได้อธิบายลักษณะทางกายภาพและเคมีของแทนนินดังต่อไปนี้

1. แทนนินคือสารประกอบเคมีผสมชนิดซับซ้อนส่วนมากจะไม่สามารถตกผลึกได้

2. สามารถรวมตัวได้กับโปรตีนในหนังสัตว์ เปลี่ยนหนังดิบให้กลายเป็นหนังฟอกหรือหนังสำเร็จ

3. มีรสฝาดเนื่องจากไกลโคโปรตีน (glycoprotein) ที่อยู่ในน้ำลายตกตะกอนกับแทนนินทำให้การหล่อลื่นลดลง

4. เมื่ออยู่ในน้ำจะเป็นสภาพคอลลอยด์

5. มีคุณสมบัติเป็นยาฝาดสมาน (astringent) เพราะว่าสามารถรวมตัวได้กับโมเลกุลของโปรตีนและเกิดเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างแบบการเชื่อมโยงชนิดไขว้ที่คงตัวมาก

6. เมื่อทำปฏิกิริยากับเกลือของเหล็กจะเป็นสีน้ำเงิน หรือ สีเขียว

7. สามารถตกตะกอนได้กับเกลือของโลหะหลายชนิด เช่น ตะกั่วโลหะอะซิเตท

8. สามารถตกตะกอนได้กับสารละลายโพแตสเซียมไดโครเมตหรือกรดโครมิค

9. สามารถทำให้สารแอลคาลอยด์ (alkaliods) ตกตะกอนได้และสีอินทรีย์ที่มีลักษณะเบส (base) ตกตะกอนได้เช่นกัน

10. ในสารละลายที่มีความเป็นด่าง แทนนินจะดูดซับออกซิเจนและเปลี่ยนเป็นสีคล้ำขึ้น

11. เมื่ออยู่ในสารละลายของโพแตสเซี่ยมเฟอร์ริกไซอะไนด์ (potassium ferric cyanide) และ แอมโมเนียจะเกิดเป็นสีแดงเข้ม

### 2.1.6 ประโยชน์ของแทนนินที่ใช้ในอุตสาหกรรม

1. ใช้แทนนินในการฟอกหนัง ได้แก่แทนนินที่ได้จากเปลือกไม้ป่าชายเลนเช่น Rhizophora spp. ไม้มิโมซา เช่น Acacia spp. ไม้แคบราชอ เช่น Schinopsis spp.และจากเปลือกไม้โอ๊คเป็นต้น (ประเชิญ, 2530)

2. ใช้แทนนินในการผลิตกาวไม้อัด และผลิตพลาสติกโดยผสมแทนนินจากเปลือกเคบราชอ กับฟอร์มัลดีไฮด์ หรือเปลือกไม้มิโมซาหรือเปลือกไม้โกงกางกับฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งใช้แทนกาวในอุตสาหกรรม ไม้อัด และ อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด (Collins, 1988)

3. ใช้เคลือบผิวไม้เช่นพื้นบ้านที่เป็นไม้ โดยให้แทนนินทำปฏิกิริยากับเบนโซอิลเลต (benzoylated) จะได้สารประกอบ benzoylated wattle tannins ที่สามารถละลายในโทลูอีน(toluene) เมื่อทำปฏิกิริยาอีกครั้งกับไดไอโซไซอาเนต (diisocyanates) จะได้โพลียูรีเทน (polyurethanes) (Pizzi, 1979)

4. แทนนินสามารถรวมตัวเข้ากับเกลือของธาตุเหล็กแล้ว จะได้สารประกอบที่มีสีน้ำเงิน หรือ สีเขียว นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม การผลิตน้ำหมึก หมึกพิมพ์ และ สีย้อมต่าง ๆ (สรศักดิ์, 2531)

### 2.1.7 แหล่งของแทนนิน

ดังได้กล่าวมาแล้วแทนนินพบในส่วนต่าง ๆ ของพืชเช่น ใบ ลำต้น ราก ผล เปลือก เปลือกผล และพบค่อนข้างสูงในส่วนต่าง ๆ ของแก่นไม้และเปลือกไม้รวมทั้งในพวกโครงสร้างพิเศษ เช่น galls ปริมาณแทนนินจะแปรผันไปตามชนิดของพืช พื้นที่เพาะปลูกพืช อายุและส่วนของพืช ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ปัจจุบันแหล่งใหญ่ของการสกัดแทนนินในระดับอุตสาหกรรมอยู่ใน ประเทศอาร์เจนตินา อาฟริกาใต้ บราซิล และปารากวัย โดยทำการสกัดจากเนื้อไม้เคบราชอ เช่น Schinopsis Lorentzii และ Schinopsis balansae ในอาร์เจนตินาและปารากวัย และสกัดจากเปลือกไม้มิโมซาเช่น Acacia mollisima ในอาฟริกาใต้และบราซิล ส่วนไม้ชนิดอื่น ๆ ที่นับว่าเป็นแหล่งแทนนินที่รู้จักกันดี ได้แก่ไม้ก่อ ในอเมริกาเหนือและยุโรป ไม้ใน สกุลยูคาลิปตัสสน และไม้ป่าชายเลนบางชนิด (Scharenberg, 1977)

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณแทนนินในพืชชนิดต่าง ๆ ในส่วนต่าง ๆ และการนำไปใช้ประโยชน์ (Lemmens, 1991)

| ชื่อทางพฤกษศาสตร์ | ส่วนของพืชที่พบ | ร้อยละของแทนนินที่พบ | การนำไปใช้ประโยชน์ |
|---|---|---|---|
| Acacia - fornesiana | ผล | 23 | ฟอกหนัง |
| Adenanthera pavonina | เปลือกไม้ | 25-30 | ฟอกหนัง |
| Areca catechu | เปลือกเมล็ด | 13-27 | ฟอกหนัง, ย้อมแห |
| Kandelia candel | เปลือกไม้ | 17-20 | ฟอกหนัง |
| Lithocarpus pseudomoluccus | ผล | 20-25 | ฟอกหนัง |
| Punica granatum | ผล, เปลือกไม้ | 26-28 | ฟอกหนัง |
| Syzygium spp. | เปลือกไม้ | 28 | ย้อม แห-อวน |

ในประเทศอินเดีย สารสกัดแทนนินจากเปลือกไม้ได้จากป่าชายเลนพวกโกงกางและประสัก (Bruguiera spp.) นอกจากนี้ก็มีไม้พยอม (shorea robusta) ไม้สีเสียดแก่นและไม้สมอ (Narayanamurti, 1957)

ในประเทศออสเตรเลียเปลือกไม้มิโมซาเช่น Acacia mollisima และ Acacia mearnsii นับว่าเป็นแหล่งแทนนินที่สำคัญมักจะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตกาวติดไม้ แทนนินจากเปลือกไม้สองชนิดนี้ได้นำมาเป็นวัสดุทดแทนสารโพลีฟีนอลตั้งแต่กลางปี ค.ศ.1974 (Plomley, 1976)

Kulvik (1977) ได้รายงานว่าการใช้สารแทนนินที่สกัดได้จากเปลือกไม้สกุลก่อเช่น Castanea spp. ผสมลงในกาวสังเคราะห์ฟีนอลเพื่อผลิตกาวไม้อัดชนิดใช้งานภายนอกอาคารนั้นสามารถใช้ทดแทนกาวฟีนอลได้มากกว่าร้อยละ 50 สารสกัดแทนนินของไม้ชนิดนี้ส่วนใหญ่ได้จากไม้ก่อของประเทศ ฝรั่งเศส และ อิตาลี

2.1.8 <u>การตรวจสมบัติของแทนนิน</u>

Hais และ Macek (1963) ใช้สารทดสอบวานิลลิน ในกรดเกลือเข้มข้น (vanillin-conc.HCl) เพื่อตรวจหาประเภทฟีนอลลิกที่เกี่ยวข้องกับฟลาโวนอยด์นับว่าได้ผลดีโดยเฉพาะการเกิดสีแดง (crimson) ที่เชื่อว่าควรจะมีฟลอโรกลูซินอลนิวเคลียส (phloroglucinol nucleus) ในสารประกอบที่ทดสอบซึ่งเป็นการอ้างอิงคอนเดนซ์แทนนินนั่นเอง

Haslam (1966) ได้สรุปผลการทดสอบของน้ำยาเคมี 3 ชนิด คือ Ferric chloride-potassium ferricyanide, Potassium iodate และ Gibbs reagent ที่มีผลต่อแทนนิน ซึ่งให้ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงเอสเทอร์ของฟีนอลที่ให้ผลกับน้ำยาฉีดพ่นบนกระดาษโครมาโทแกรม

| สารประกอบฟีนอล | ผลที่เกิดขึ้นกับน้ำยาฉีดพ่น | | |
|---|---|---|---|
| | Ferric chloride-potassium ferricyanide | potassium iodate | Gibbs reagent |
| Sumach gallotannin | + | สีชมพู - แดง | สีน้ำตาล |
| Acer tannin | + | สีชมพู - แดง | สีน้ำตาล |
| Corilagin | + | สีชมพู | สีน้ำตาล |
| B-penta-O-galloyl- | + | สีชมพู | สีน้ำตาล |
| D-glucose | + | สีชมพู | สีน้ำตาล |
| Gallic acid | + | สีชมพู | สีน้ำตาล |
| Ellagic acid | + | - | สีน้ำตาล |

Normann (1966) รายงานการตรวจหาแทนนินไว้ว่าสารทดสอบที่ใช้คือสารละลายเจลาติน (gellatin solution) หรือสารละลายเกลือเจลาติน (gelatin salt solution) เกิดปฏิกิริยาโดยแทนนินจะตกตะกอนพวกโปรตีน ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อน โปรตีน - แทนนิน (protein-tannin complex) การเติมสารละลายเกลือลงไป เพื่อเร่งการตกตะกอนของโปรตีน (salting out) จะทำให้เห็นตะกอนชัดขึ้น ถ้าเกิดตะกอนขึ้นเมื่อเติมเพียงสารละลายเกลือแสดงว่าเป็นผลบวกที่ผิดพลาด (false-positive) สามารถทดสอบยืนยันได้จากการใช้

สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ (ferric chloride solution) ถ้าได้ผลบวกจะเกิดเป็นสีน้ำเงินดำ-น้ำเงิน เขียว หรือเขียวอมน้ำเงินและอาจมีตะกอนเกิดขึ้นด้วย การเกิดสีนี้เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างเฟอร์ริกคลอไรด์ และหมู่ฟีนอลลิกของแทนนิน ถ้ามีสองหมู่จะได้สีเขียว ถ้ามีสามหมู่จะได้สีน้ำเงิน สารประกอบประเภทฟีนอลลิก หรือโพลิฟีนอลลิกที่นอกเหนือจากแทนนินก็เกิดสีได้กับเฟอร์ริกคลอไรด์ แต่ไม่เกิดตะกอนกับเจลาตินหรือสารเกลือเจลาติน สารเหล่านี้จึงจัดอยู่ในพวกแทนนินเทียม (pseudo tannin) ได้แก่สารที่มีน้ำหนักโมเลกุล ต่ำกว่าไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนินและคอนเดนซ์แทนนิน เช่น gallic acid, catechins, chlorogenic acid, ipecacuanhic acid เป็นต้น ซึ่งจะให้ผลลบกับสารเจลาตินหรือสารเกลือเจลาตินด้วยเช่นกัน

Robinson (1967) พบว่าคอนเดนซ์แทนนิน เมื่อต้มกับกรดเจือจางจะได้โฟลบาฟีน (phlobaphenes) หรือ แทนนินเรด (tannin-red) ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ที่ไม่ละลายน้ำ มีสีแดง - น้ำตาล นอกจากนี้คอนเดนซ์แทนนิน ยังสามารถทำปฏิกิริยากับโบรมีนเกิดเป็นตะกอนสีอ่อนขึ้นมาได้ อันอาจเป็นแนวทางในการตรวจหาคอนเดนซ์แทนนินได้อีกทางหนึ่ง

### 2.1.9 การตรวจปริมาณแทนนิน

ในการหาปริมาณแทนนินซึ่งเป็นโพลิฟีนอลนั้น โดยปกติมีอยู่สองวิธี วิธีแรกอาศัยวิธีการตามแบบของ American Leather Chemists Association ด้วยการใช้สารละลายแทนนินทำปฏิกิริยากับผงหนัง (hide powder) จะทำให้เกิดตะกอนขึ้น วัตถุประสงค์ของวิธีนี้เพื่อนำแทนนินไปใช้ในการฟอกหนังเป็นส่วนใหญ่ ส่วนวิธีที่สองเรียกว่าวิธี Stiasny เป็นวิธีที่ใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในกรดเกลือ (formaldehyde-HCl) ไปตกตะกอนแทนนินออกมา วิธีนี้จะทำให้ทราบถึงปริมาณสารโพลิฟีนอลทั้งหมดที่สามารถทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์ เพื่อใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์กาวต่อไป พบว่าเมื่อให้ความร้อนต่อสารสกัดโพลีฟีนอลของไม้ป่าชายเลน และของไม้มิโมซากับฟอร์มัลดีไฮด์ภายใต้สภาวะต่าง ๆ กัน พบว่าฟอร์มัลดีไฮด์จะทำปฏิกิริยากับสารสกัดมากที่สุด ที่ความเป็นกรด - ด่าง 8 และ น้อยที่สุดที่ความเป็น กรด - ด่าง 4.5 และ แนะนำว่าการตรวจการทำปฏิกิริยาของฟอร์มัลดีไฮด์กับโพลีฟีนอล จากไม้หลาย ๆ ชนิด ที่ความเป็น กรด-ด่าง 8 อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง น่าจะเป็นการวัดประสิทธิภาพของโพลิฟีนอลเพื่อใช้เป็นกาวติดไม้ได้ดีกว่าการหาแบบ Staisny (Hillis, 1959)

ในประเทศที่มีอุตสาหกรรมการผลิตแทนนิน มักมีการกำหนดมาตรฐานของการทดสอบแทนนินไว้ เช่น อินเดียมี India standard (1970) อังกฤษมี Society of Leather Technologists & Chemists กำหนดวิธีการทดสอบไว้ใน SLT (SLTC, 1981)

## 2.2 หลักการแยกสกัดสารออกจากของแข็งด้วยของเหลว

การสกัดในระบบของแข็ง-ของเหลวนี้ เป็นกระบวนการแยกสารออกจากของแข็งที่ไม่ละลายในของเหลวใด ๆ ด้วยของเหลวชนิดหนึ่ง สารที่แยกได้จากของแข็งอาจจะมีหนึ่งชนิดหรือมากกว่า และอาจจะเป็นของเหลวหรือของแข็งก็ได้ ของเหลวที่ใช้สกัดเรียกว่าตัวทำละลาย (solvent) ส่วนสารที่สกัดได้เรียกว่าตัวถูกละลาย (solute) ของแข็งที่นำมาสกัดมักจะอยู่ในรูปของอนุภาคที่มีรูพรุน หรือเซลที่ห่อหุ้มด้วยผนังเมมเบรนที่ดูดน้ำได้บางส่วน (สมเกียรติ, 2533)

ในการสกัดของแข็ง - ของเหลวประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

- ขั้นตอนการเตรียมของแข็ง
- การนำของแข็งมาสัมผัสกับตัวทำละลายในลักษณะการแช่หรือการไหลผ่านกัน
- การแยกสารละลายที่มีตัวถูกละลายออกจากของแข็งที่เหลือ
- การแยกตัวถูกละลายจากสารละลายพร้อมทั้งนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งปกติจะใช้กระบวนการระเหย หรือการกลั่น

การสกัดของแข็งด้วยของเหลวมี 2 ลักษณะคือ

1. โดยใช้ตัวทำละลายสกัดตัวถูกละลาย ที่อยู่ในวัตถุของแข็งออกมาอยู่ในตัวทำละลาย เช่นการสกัดเมล็ดน้ำมัน

เนื่องจากการใช้การสกัดของแข็งด้วยของเหลวมีหลายสาขา จึงรู้จักหลายชื่อ เช่น washing (การล้าง) percolation (เทตัวทำละลายลงบนของแข็ง เช่น กาแฟ) decoction (จุ่มอนุภาคในตัวทำละลายเดือด เช่นการทำข้าวหมักในโรงต้มสุรา) maceration (จุ่มอนุภาคลงในตัวทำละลายเย็น เช่น สมุนไพรใช้ทางเภสัชศาสตร์) elution (การนำตัวถูกละลายที่ติดอยู่ที่ผิวของของแข็งกลับคืนมา เช่น โครมาโตกราฟฟี่ ) และอื่น ๆ

2. โดยใช้ตัวทำละลายทำปฏิกิริยากับวัตถุของแข็ง ที่สำคัญเพื่อผลิตสารประกอบที่มีสารละลายได้ในตัวทำละลาย เช่นการทำสินแร่

การสกัดของแข็ง-ของเหลว เป็นกระบวนการที่เก่าแก่และมีการใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น

อุตสาหกรรมอาหาร: น้ำตาลจากรากหัวผักกาด หรือ อ้อยโดยใช้น้ำร้อน
: น้ำมันพืชจากเมล็ดพืชต่าง ๆ เช่น ฝ้าย ถั่วลิสง งาโดยใช้เบนซิน หรือ ตัวทำละลายที่มีคลอรีนอยู่

อุตสาหกรรมยา : อัลคาลอยด์ วิตามิน ยาปฏิชีวนะที่ได้จากสมุนไพรโดยใช้น้ำ แอลกอฮอล์หรือตัวทำละลายที่มีคลอรีน

อุตสาหกรรมน้ำหอม: การสกัดสารหอมจากดอกไม้ รากพืช ด้วยแอลกอฮอล์

อุตสาหกรรมแร่ : การสกัดทองแดง ทองคำ ด้วยกรด หรือ ตัวทำละลายที่เกิดปฏิกิริยากับโลหะ

019182

2.2.1 ขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการสกัด

1. การเตรียมสารที่จะทำการแยกสกัด ให้มีสภาพที่สามารถนำไปแยกสกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งรวมถึงการบด การลดขนาด หรือเปลี่ยนสภาพใหม่

2. ใช้วิธีที่เหมาะสมเพื่อให้มีการสัมผัส ระหว่างตัวทำละลายกับของแข็ง ทำเพื่อให้เกิดการถ่ายเทตัวถูกละลายที่มีในเนื้อของของแข็ง (ส่วนประกอบที่ละลายได้) ไปยังตัวทำละลาย หลังจากการสัมผัสกันแล้วจะแยกสารออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งประกอบด้วยตัวทำละลายอยู่กับตัวถูกละลายซึ่งแยกออกจากของแข็ง เรียกว่า "overflow" (light phase) อีกส่วนหนึ่งประกอบด้วยของแข็งอยู่กับตัวถูกละลายที่สกัดไม่หมด และมีตัวทำละลายปนอยู่บ้างเรียกว่า "underflow" (heavy phase)

3. นำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ โดยแยกออกจากตัวถูกละลาย ซึ่งอาจใช้การกลั่น

2.2.2 กลไกของกระบวนการสกัด

การถ่ายเทตัวถูกละลายจากของแข็งไปยังของเหลว จะเกิดขึ้นสอดคล้องกับขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นที่1 ถ้าตัวถูกละลายมีอยู่ในช่องว่างที่ถูกล้อมรอบด้วยกลุ่มของวัตถุเฉื่อย ตัวทำละลายจะแพร่เข้าไปข้างใน เพื่อจับตัวถูกละลายแล้วจึงแพร่ออกมา เพื่อให้การสกัดเร็วขึ้นอาจทำได้โดยการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส ระหว่างตัวทำละลายกับอนุภาคของของแข็ง เมื่อของแข็งมีโครงสร้างเป็นผนังเซลล์ (cellular structure) การสกัดจะเกี่ยวข้องกับการออสโมซิสของตัวถูกละลายผ่านผนังเซลล์ถ้ามีการบดอาจทำให้ผนังเซลล์แตกออก ซึ่งทำให้สกัดสารที่ไม่ต้องการออกมาด้วย จึงเกิดปัญหาได้ผลิตภัณฑ์ไม่บริสุทธิ์

ขั้นที่2 ขั้นนี้เป็นการแพร่ของตัวถูกละลาย หรือ สารละลายจากด้านในของกลุ่มของวัตถุเฉื่อยออกไปยังขอบนอกของอนุภาค ขั้นตอนนี้ถูกควบคุมโดยการแพร่

ขั้นที่3 ขั้นนี้เป็นกระบวนการถ่ายเทมวลสาร ของตัวถูกละลายที่อยู่ในอนุภาคออกสู่สารละลายทั้งหมด

2.2.3 การเลือกลักษณะของของแข็งและตัวทำละลายที่เหมาะสม

2.2.3.1 คุณสมบัติทางกายภาพของของแข็ง ของแข็งที่จะนำมาสกัดจะต้องถูกเตรียมให้เหมาะสมเพื่อที่จะสามารถสกัดตัวถูกละลายที่ต้องการให้ได้มากที่สุด ซึ่งขึ้นอยู่กับธรรมชาติของของแข็งต่าง ๆ บางชนิดอาจจะใช้การบดให้ละเอียด การกด หรือการบีบ หรือทำให้อนุภาค

มีลักษณะพิเศษอื่น ๆ ที่ง่ายต่อการสกัด ถ้าตัวถูกละลายยึดเกาะอยู่บริเวณผิวของแข็ง ซึ่งจะพบรูพรุนล้อมรอบของแข็งการสกัดจะถูกควบคุมด้วยการแพร่ ในการนี้ถ้าเพิ่มพื้นที่ผิวในการสัมผัสกับตัวทำละลาย จะช่วยทำให้อัตราเร็วในการสกัดเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามก็มีข้อจำกัดในการลดขนาดของอนุภาคเพราะว่า ถ้าปริมาณตัวถูกละลายที่มีอยู่ในของแข็งมีน้อยมาก การบดของแข็งให้ละเอียดจะสิ้นเปลืองพลังงาน ต้นทุนจะสูง ถ้าของแข็งถูกทำให้เล็กเกินไป อาจจะทำให้เกิดปัญหาการไหลผ่านเบดของแข็งออกไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าไม่มีระบบกวนอยู่ด้วย ถ้าของแข็งถูกทำให้เล็กมาก ๆ เมื่อเราใช้ระบบกวนทำให้ของแข็งอยู่ในสภาวะแขวนลอย อาจทำให้เกิดความยุ่งยากในการแยก overflow ให้ปราศจากของแข็งเจือย เพราะฉะนั้นจะต้องคำนึงล่วงหน้าถึงสิ่งเหล่านี้ด้วย

ปัญหาที่สำคัญมากในกรณีของของแข็งที่มีโครงสร้างเป็นห้อง ๆ มีผนังเป็นเซลลูโลสถ้าผนังของแข็งไม่มีการดัดแปลงที่เหมาะสม การสกัดของแข็ง-ของเหลว จะเกิดขึ้นด้วยปรากฏการณ์ออสโมซิส ซึ่งใช้เวลานานมากแต่ถ้าทำให้ผนังเซลล์แตกออกอาจจะทำให้มีการสกัดสารชนิดอื่นที่ไม่ต้องการออกมาด้วย จึงเกิดปัญหาได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่บริสุทธิ์ ดังนั้นการเตรียมของแข็งให้เหมาะสมสำหรับกระบวนการสกัด จึงขึ้นอยู่กับธรรมชาติของของแข็งแต่ละชนิด ควรจะเลือกใช้วิธีที่ได้ผลการสกัดที่ดีที่สุด

2.2.3.2 การเลือกตัวทำละลาย ในกรณีการสกัดของแข็ง-ของเหลว ก็เช่นเดียวกับ การสกัดของเหลว-ของเหลว คือต้องคำนึงถึง สิ่งที่สำคัญต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ ความคงตัวเมื่อได้รับความร้อน ราคา อันตราย และ คุณสมบัติทางฟิสิกส์ มีกฎง่าย ๆ อันดับแรกในการเลือกตัวทำละลาย คือ ควรเลือกตัวทำละลายที่มีโครงสร้างใกล้เคียงกับโครงสร้างของตัวถูกละลายที่เราต้องการสกัดออกมา จากของแข็งนั้น เช่น การสกัดน้ำมันพืชซึ่งมีกรดไขมันของ triglyceride ส่วนมากจะใช้ hexane เป็นตัวทำละลายแต่ถ้าเป็นกรดไขมันที่มีขั้ว มากกว่า glyceride เราจะใช้พวกแอลกอฮอล์ที่มีขั้วมากกว่าเป็นตัวทำละลาย

ตัวทำละลายที่มีแรงตึงผิวน้อย ๆ จะช่วยให้ง่ายต่อการทำให้ของแข็งเปียกตัวทำ-ละลายที่มีความหนืดต่ำจะทำให้การแพร่ในตัวทำละลายดีขึ้น ตัวทำละลายจะต้องไม่เปลี่ยนสภาพที่อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด และ ตัวทำละลายจะต้องไม่เป็นพิษ ไม่ติดไฟ หรือ ระเบิดได้ และราคาต้องไม่แพงจนเกินไป ตัวทำละลายที่นิยมใช้กันมากนอกจากน้ำแล้ว ก็มีพวกแอลกอฮอล์ที่มีสายสั้น ๆ พวกไฮโดรคาร์บอน halogen, ไฮโดรคาร์บอน alyphatic โดยเฉพาะ hexane

### 2.2.4 วิธีการแยกสกัดอย่างต่อเนื่อง

1. single contactor หรือ single stage ของแข็งจะถูกป้อนเข้ามาด้วยอัตราการไหล $L_o$ ในขณะที่ตัวทำละลายบริสุทธิ์ จะไหลสวนทางกับของแข็งที่ป้อนเข้ามาด้วยอัตราการไหล $V_2$ สารละลายที่ได้จะออกทาง overflow ด้วยอัตราไหล $V_1$ ส่วนของแข็งที่เหลือจากการสกัดจะออกทาง underflow ด้วยอัตราการไหล $L_1$ ดังภาพที่ 2.3 โดยทั่วไปการสกัดวิธีนี้มีประสิทธิภาพการสกัดต่ำ และสารละลายที่ได้จากการสกัดมีความเข้มข้นเจือจาง ดังนั้นจึงไม่นิยมใช้วิธีการสกัดแบบนี้ในระดับอุตสาหกรรม

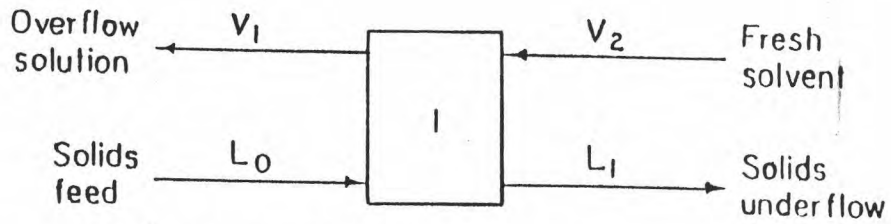
2. simple multiple contact หรือmultistage cocurrent (parallel) ของแข็งจะถูกป้อนเข้ามาด้วยอัตราการไหล $L_o$ พร้อมกับตัวทำละลายบริสุทธิ์ ด้วยอัตราการไหลคงที่ $V_1$ ได้สารละลายออกทาง overflow ส่วนของแข็งที่เหลือทาง underflow จะถูกส่งต่อไปขั้นที่ 2 ด้วยอัตราการไหล $L_1$ เพื่อสัมผัสกับตัวทำละลายบริสุทธิ์ ด้วยอัตราการไหล $V_2$ จากนั้นของแข็งที่เหลือทาง underflow จะถูกส่งต่อไปยังขั้นที่ 3 ทำในลักษณะนี้จนถึงขั้นที่ n ดังแสดงในภาพที่ 2.4 วิธีนี้สารสกัดที่ได้ยังคงเจือจางอยู่แต่ประสิทธิภาพการสกัดจะสูงกว่าวิธีแรก

3. continuous countercurrent multistage ของแข็งและตัวทำละลายจะไหลสวนทางกันด้วยอัตราการไหล $L_o$ และ $V_{n+1}$ในขั้นที่ 1 และ n ตามลำดับ องค์ประกอบสัดส่วนที่อัตราการไหล $L_o$ ของตัวถูกละลาย (A) และตัวทำละลาย (S) เป็น $(x_A)_o$ และ $(x_S)_o$ ในขณะที่องค์ประกอบสัดส่วนอัตราการไหล $V_{n+1}$ ของตัวถูกละลายและตัวทำละลายเป็น $(y_S)_{n+1}$ และ $(y_A)_{n+1}$ จะได้สารละลายออกทาง overflow ในขั้นที่ 1 ด้วยอัตราการไหล $V_1$ โดยมีองค์ประกอบสัดส่วนที่อัตราการไหล $V_1$ ของตัวถูกละลาย และตัวทำละลายเป็น $(y_S)_1$ และ $(y_A)_1$ ส่วนของแข็งที่เหลือออกทาง underflow ในขั้นที่ n ด้วยอัตราการไหล $L_n$ โดยมีองค์ประกอบสัดส่วนที่อัตราการไหล $L_n$ เป็น $(x_A)_n$ และ $(x_S)_n$ ดังในภาพที่ 2.5 สารละลายที่ได้สัมผัสครั้งสุดท้ายกับของแข็งบริสุทธิ์ที่ป้อนเข้ามา และของแข็งที่ถูกสกัดแล้วสัมผัสครั้งสุดท้ายกับตัวทำละลายบริสุทธิ์ ระบบนี้จึงได้สารสกัดที่มีความเข้มข้นสูงและให้ประสิทธิภาพการสกัดสูงอีกด้วย

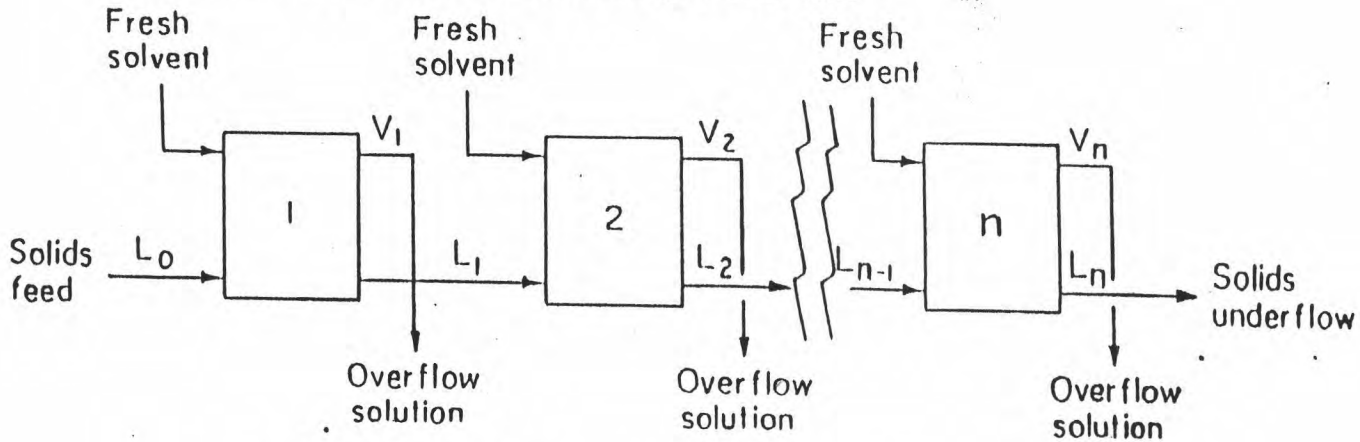
### 2.2.5 วิธีการวิเคราะห์หาขั้นอุดมคติแบบ countercurrent multistage

โดยปกติมโนทัศน์ของ "ขั้นอุดมคติ" (ideal stage number) หรือ" ขั้นสมดุล" ในการถ่ายเทมวลสารจะนำมาใช้แต่ในกรณีของ leaching "ขั้นอุดมคติ" คือขั้นผลลัพธ์ที่ออกจากขั้น "light phase", V ซึ่งเป็นองค์ประกอบเดียวกันกับสารละลายที่ยึดเกาะกับของแข็งออกจากขั้น "heavy phase", L

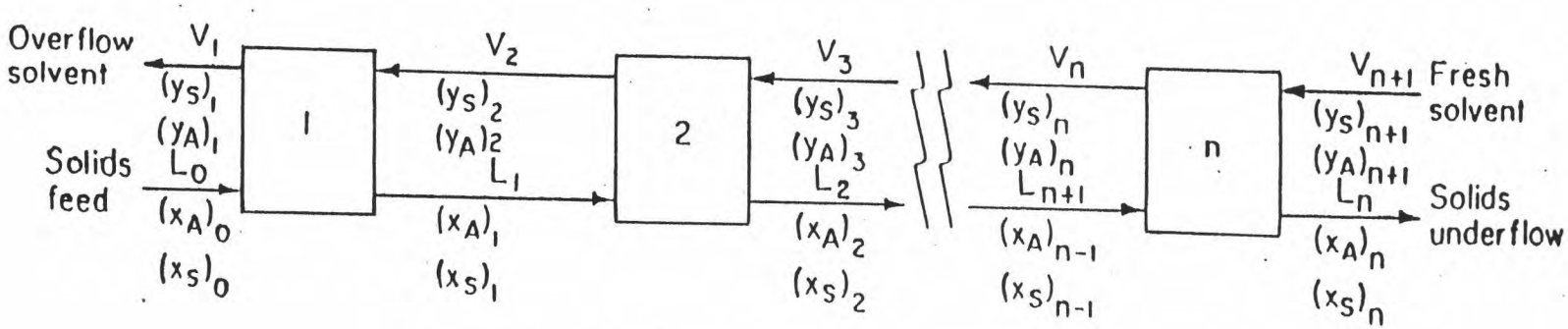
อัตราส่วนของจำนวนขั้นอุดมคติต่อจำนวนขั้นที่แท้จริง จำเป็นต้องทำให้มีผลลัพธ์เดียวกันเรียกว่าประสิทธิภาพขั้นทั้งหมด




ภาพที่ 2.3 แสดงวิธีการสกัดแบบ single contactor




ภาพที่ 2.4 แสดงวิธีการสกัดแบบ multistage cocurrent




ภาพที่ 2.5 แสดงวิธีการสกัดแบบ countercurrent multistage

$$\text{จำนวนขั้นที่แท้จริง} = \frac{\text{จำนวนของขั้นอุดมคติ}}{\text{ประสิทธิภาพขั้นทั้งหมด}}$$

ในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ ของการทำงานในลักษณะ countercurrent multistage แบบอุดมคติมีวิธีการดังต่อไปนี้

การตั้งสมมติฐาน (hypothesis)

มีการตั้งข้อสมมติดังต่อไปนี้

1. ระบบประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ
   - ของแข็งที่ไม่ละลายและเฉื่อย (กาก)
   - ส่วนที่ละลายตัวถูกละลายที่มีอยู่ในของแข็งอาจเป็นของเหลวหรือของแข็ง
   - ตัวทำละลายซึ่งละลายเฉพาะตัวถูกละลาย
2. ตัวถูกละลายไม่ถูกดูดซับโดยของแข็งที่เฉื่อย (กาก)
3. ไม่มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นระหว่างตัวถูกละลายและตัวทำละลาย
4. การคำนวณในระบบของแข็ง-ของเหลว ขึ้นกับมโนทัศน์ของขั้นสมดุลหรือขั้นอุดมคติ

วิธีการวิเคราะห์

ในที่นี้จะกล่าวถึงวิธีการ - กราฟสามเหลี่ยมมุมฉาก และ - กราฟสี่เหลี่ยมของ Ponchon-Savarit หรือ Janecke ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้มาก

กราฟสามเหลี่ยมมุมฉาก

จากภาพที่ 2.6 สมการสมดุลมวลสารทั้งระบบเป็นดังนี้คือ:-

สมการสมดุลรวม: $$L_o + V_{n+1} = L_n + V_1 \qquad (1)$$

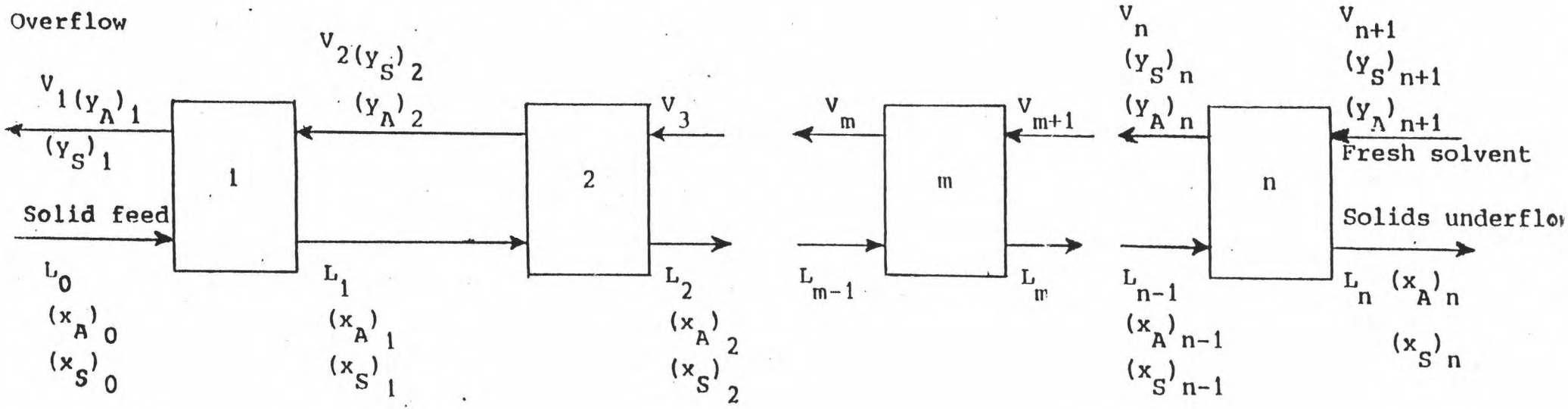
สมการสมดุลตัวถูกละลาย: $$L_o(x_A)_o + V_{n+1}(y_A)_{n+1} = L_n(x_A)_n + V_1(y_A)_1 \qquad (2)$$

จากภาพที่ 2.7 ถ้าแสดงการไหลสุทธิ (net flow) จะได้ว่า:-

$$L_{m-1} - V_m = L_m - V_{m+1} = _ _ _ = \qquad (3)$$

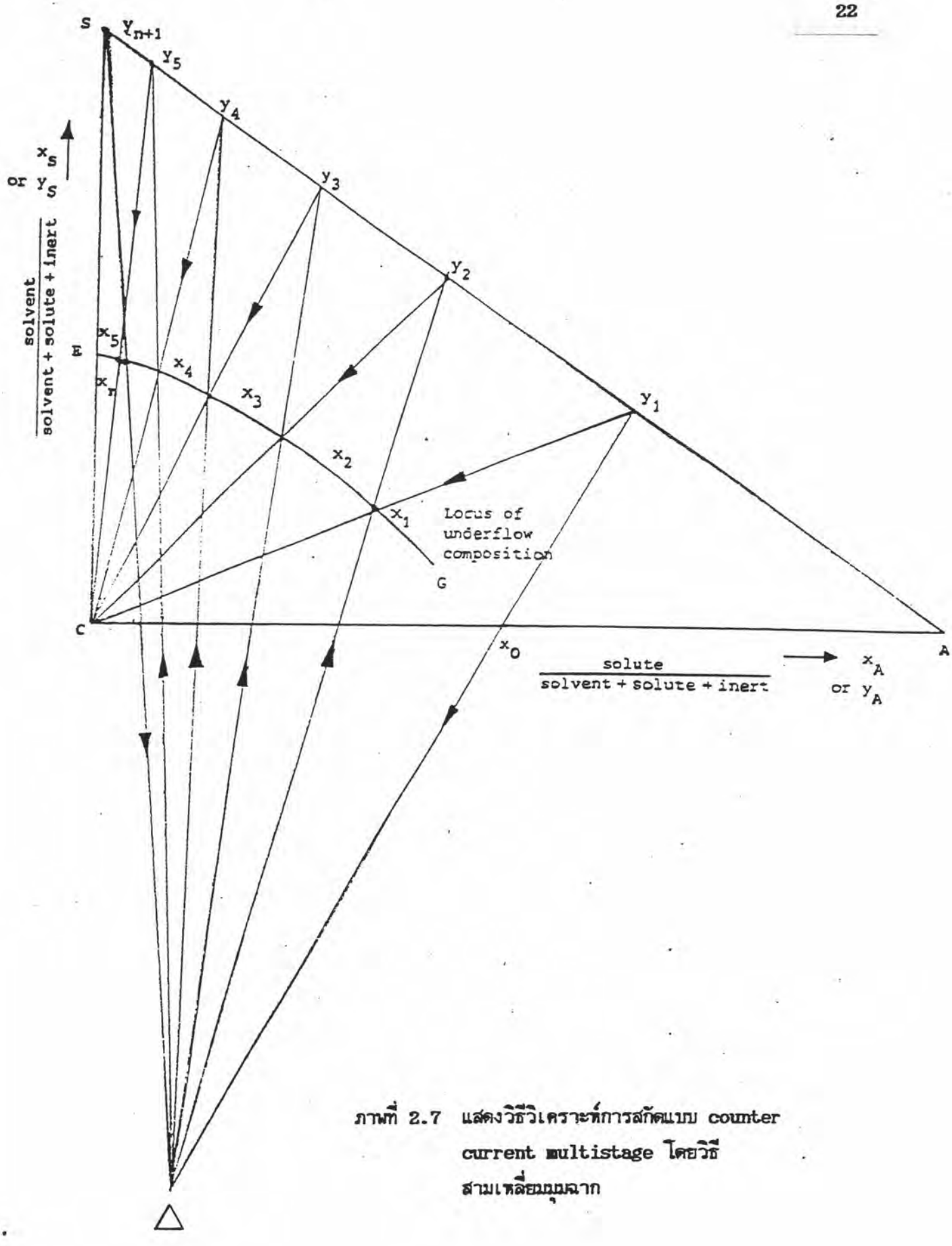
ซึ่งแสดงถึงกระแสสุทธิที่ไหลผ่านขั้นใด ๆ และสำหรับส่วนประกอบใด ๆ จะได้ว่า

$$L_{m-1}(x)_{m-1} - V_m(y)_m = L_m(x)_m - V_{m+1}(y)_{m+1} = _ _$$




ภาพที่ 2.6 แสดงวิธีการสกัดแบบ countercurrent multistage

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




ภาพที่ 2.7 แสดงวิธีวิเคราะห์การสกัดแบบ counter current multistage โดยวิธีสามเหลี่ยมมุมฉาก

จากความสัมพันธ์นี้เราสามารถหาจุด ซึ่งแสดงถึงกระแสสุทธิได้:-

$$(x)_{\Delta} = \frac{L_{m-1}(x)_{m-1} - V_m(y)_m}{L_{m-1} - V_m}$$

จากนั้นคำนวณ $(x_A)_{\Delta}$, $(x_S)_{\Delta}$, $(x_C)_{\Delta}$

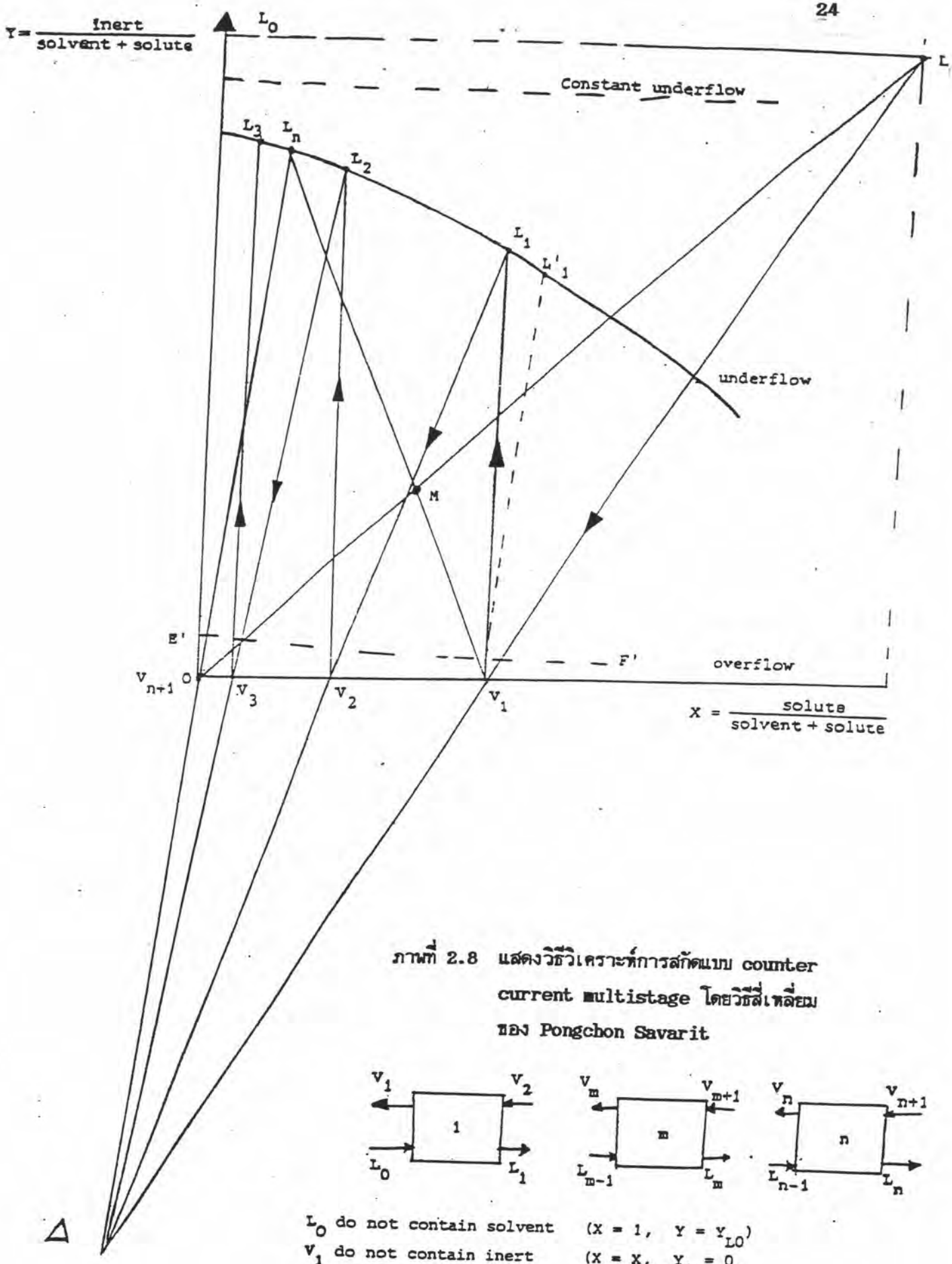
จากภาพที่ 2.7 จุด$\Delta$ได้จากการลากเส้น $y_1x_o$ ตัดกับเส้น $y_{n+1}x_n$ และจากจุด $y_1$ จะหาจุดที่แสดง underflow $L_1$ ซึ่งออกจากชั้นอุดมคติ 1 และมีองค์ประกอบ $x_1$ ได้โดยลากเส้น $cy_1$ ตัดกับเส้น EG จุด $x_1$ ที่ได้จะอยู่บนเส้น EG

เนื่องจาก underflow $L_1$ ผ่านชั้นที่ 1 ไหลสวนทางกับ overflow $V_2$ ดังนั้นเราจะได้ $y_2$ อยู่ที่ด้านตรงข้ามมุมฉาก โดยลากเส้นจากจุด $\Delta$ ผ่าน $x_1$ ไปที่ด้านตรงข้ามมุมฉากก็จะได้จุด $y_2$ ที่ต้องการ โดยที่ผลต่างระหว่าง $x_1$ กับ $y_2$ ก็คือ $\Delta$ นั่นเอง สารละลายที่อยู่ใน underflow $L_2$ มีองค์ประกอบเช่นเดียวกับ $y_2$ ดังนั้นจุด $x_2$ ซึ่งอยู่บนเส้น EG จึงหาได้จากจุดตัดของเส้น $cy_2$ กับเส้น EG จุด $x_3, x_4, _ _ _$ ก็หาได้ทำนองเดียวกัน

ลากกราฟดังกล่าวจนกระทั่งองค์ประกอบของ $x_A$ มีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่า $(x_A)_n$ จำนวนชั้นอุดมคติ ก็ได้จากจำนวนเส้นที่แสดงถึงกระแสที่สภาวะสมดุลที่ออกจากชั้นต่าง ๆ ซึ่งก็หมายถึงจำนวนเส้นที่ลากระหว่างด้านตรงข้ามมุมฉากกับจุด c ($y_1c, y_2c, _ _ _$) หรือ เส้นต่อเชื่อม (tie-lines)

**กราฟสี่เหลี่ยมของ Pongchon - Savarit/ Janecke**

จากภาพที่ 2.8 จะเห็นได้ว่า overflow ก็คือแกน x นั่นเองตามสมมติฐานที่เราให้ overflow ไม่มีของแข็งเจือย y=0 ถ้า overflow ประกอบด้วยของแข็งเจือยจำนวนเล็กน้อย เราจะได้เส้น $E'F'$ แทนแกน x สำหรับเส้น underflow จะต้องหามาจากการทดลอง ในกรณีที่ปริมาณของสารละลาย ที่ถูกหน่วงเหนี่ยวด้วย หนึ่งหน่วยมวลของของแข็งเจือยมีค่าคงที่ และ underflow มีค่าคงที่เส้น underflow จะเป็นเส้นที่ขนานกับแกน x ในการเขียนกราฟชนิดนี้ทำได้โดยพิจารณาจุดต่าง ๆ ที่แสดงถึงกระแสไหลสวนทางกันของปลายทั้งสองด้านคือ $L_o$ จะประกอบด้วยของแข็งเจือยและตัวถูกละลายเท่านั้นได้ว่า x=1 และ $y_{Lo}$ $V_{n+1}$ เป็นตัวทำละลายบริสุทธิ์ x=0, y=0 $V_1$ ไม่มีของแข็งเจือยอยู่ด้วยจะได้จุด $x_1$ และ $y_1$=0 เราเริ่มต้นโดยการหาจุดได้จากการลากเส้น $L_oV_1$ ตัดกับเส้น $L_nV_{n+1}$ จากนั้นลากเส้นตรงจากจุด $V_1$ ขนานกับแกนตั้งขึ้นไปหาเส้น underflow ก็จะได้จุด $L_1$ จาก $L_1$ลากไปหาจุด $\Delta$ ก็จะได้จุด $V_2$ ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้ จุด L ที่มีค่า x เท่ากับหรือน้อยกว่าที่จุด $L_n$ จำนวนชั้นอุดมคติก็หาได้จากจำนวนเส้นตรงที่ลากขนานกับแกนตั้ง




ภาพที่ 2.8 แสดงวิธีวิเคราะห์การสกัดแบบ counter current multistage โดยวิธีลี่เหลี่ยม ของ Pongchon Savarit




$L_0$ do not contain solvent $(X = 1, \quad Y = Y_{L0})$

$V_1$ do not contain inert $(X = X, \quad Y_1 = 0$

$V_{n+1}$ contain only solvent $(X = 0, \quad Y = 0)$

### 2.2.6 การถ่ายโอนมวลในกระบวนสกัดของแข็งด้วยของเหลว

Coulson (1978) ได้อธิบายอัตราของการถ่ายโอนมวล ของการสกัดของแข็งด้วยของเหลว มักจะประมาณค่าอัตราการถ่ายโอนจากอนุภาคออกสู่สารละลาย ซึ่งง่ายกว่าการที่จะประมาณการถ่ายโอนในช่องว่างของของแข็ง โดยอาศัยมโนภาพของการถ่ายโอนผ่านแผ่นฟิล์มด้านทานบาง ๆ ซึ่งสมการของการถ่ายโอนสามารถเขียนได้ดังนี้

$$dm/dt = k'A(C_s - C)/b \qquad 2.2.6.1$$

โดย $k'$ = สัมประสิทธิ์ของการแพร่

$A$ = พื้นที่สัมผัสระหว่างของแข็ง - ของเหลว

$C_s$ = ความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่สภาวะอิ่มตัว

$C$ = ความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่เวลาใด ๆ

$b$ = ความหนาของฟิล์มบาง ๆ รอบอนุภาคที่ถูกสกัด

$m$ = มวลของตัวถูกละลายที่แพร่ออกมาในสารละลาย

$t$ = เวลา

เมื่อพิจารณากระบวนการแบบถังเดี่ยว (batch) ซึ่งมีปริมาตรคงที่ จะได้ว่า

$$dm = VdC$$

เปรียบเทียบกับสมการ 2.2.6.1 จะได้

$$dC/dt = k'A(C_s - C)/bV$$

ช่วงเวลา $t$ ที่ค่าความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้นจาก $C_o$ ไปเป็น $C$ สามารถหาได้จากการอินทิเกรต โดยให้ค่า $b$ และ $A$ คงที่ จะได้ดังนี้

$$\int dC/(C_s - C) = \int (k'A/Vb)dt$$

$$\ln[(C_s - C_o)/(C_s - C)] = (k'A/Vb)t \qquad 2.2.6.2$$

เมื่อเริ่มการสกัดจะเป็นตัวทำละลายบริสุทธิ์, $C_o = 0$ จะได้ว่า

$$1 - C/C_s = e^{-(k'A/bV)t}$$

หรือ

$$C = C_s(1 - e^{-(k'A/bV)t}) \qquad 2.2.6.3$$

ซึ่งสมการที่ 2.2.6.2 สามารถนำไปใช้งานได้โดยพิจารณาค่า $\ln(C_o/C_o - C)$ ที่หาได้จากการทดลอง นำมาสร้างความสัมพันธ์กับค่า t หรือเวลาที่เก็บสารละลายตัวอย่างจะได้กราฟเส้นตรงที่มีค่าความชันเท่ากับ $k'A/Vb$ ค่า V คือปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการสกัด และจากข้อสมมติที่ให้ค่า A และ b คงที่ จะคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของการแพร่ ($k'$) ได้ในรูป $k'A/b$ ดังนั้นถ้าทำการทดลองที่อุณหภูมิต่าง ๆ สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่า ($k'A/b$) กับอุณหภูมิของตัวทำละลาย เป็นสมการคณิตศาสตร์ได้

## 2.3 <u>ความรู้เกี่ยวกับการฟอกหนัง</u> (องค์การฟอกหนัง, 2534)

หนังสัตว์เป็นผลพลอยได้จากสัตว์ซึ่งมนุษย์รู้จักใช้ประโยชน์มาตั้งแต่โบราณ โดยใช้เป็นเครื่องนุ่งห่ม ในครั้งแรกนั้นการเก็บรักษาหนังจะใช้วิธีตากแห้งหรือรมควัน ต่อมารู้จักการฟอกด้วยเนื้อไม้หรือเปลือกไม้ หลายพันปีต่อมามนุษย์รู้จักวิธีย้อมสีหนังด้วยสีสกัดจากพืช ซึ่งปัจจุบันสีเหล่านี้ยังใช้อยู่เป็นบางส่วน เมื่อมีความเจริญมากขึ้นมนุษย์ได้พัฒนาวัสดุอื่นเพื่อใช้แทนหนังสัตว์ แต่ยังไม่มีวัสดุใด ๆ ที่มีคุณภาพทัดเทียมหนังสัตว์ได้ ทั้งนี้โดยเฉพาะคุณสมบัติด้านการดูดและการถ่ายเทน้ำ ซึ่งเป็นคุณภาพดีเด่นของหนัง ทำให้หนังสัตว์ยังเป็นที่นิยมใช้มากกว่าหนังเทียม

วัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมฟอกหนัง ได้แก่หนังสัตว์ต่าง ๆ 3 ประเภท คือ

1. หนังสัตว์ใหญ่ (hides) เช่น หนังโค กระบือ หนังม้า ฯลฯ
2. หนังสัตว์เล็ก (skin) เช่นหนังแพะ หนังแกะ หนังหมู หนังกระต่าย ฯลฯ
3. หนังสัตว์เลื้อยคลาน (reptile) เช่น หนังงู หนังจรเข้ ฯลฯ

กรรมวิธีการฟอกหนังแต่ละประเภทแตกต่างกันไปแต่หลักการใหญ่ก็คือการใช้ประโยชน์จากผิวหนังส่วนที่เรียกว่า (corium) โดยใช้เคมีภัณฑ์ไปทำปฏิกิริยากับโปรตีน collagen ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของ connective tissue corium โปรตีน collagen นี้มีลักษณะเป็นไฟเบอร์สานกันเป็น network เมื่อโปรตีน collagen ทำปฏิกิริยากับสารเคมีในการฟอกหนังก็จะสามารถเปลี่ยนสภาพจากหนังดิบ (hide) เป็นหนังฟอก (leather) ซึ่งสามารถเก็บไว้ได้นานและมีคุณภาพทางฟิสิกส์ดีขึ้น

กรรมวิธีการฟอกหนังแบ่งตามประเภทของสารที่ใช้ฟอกประเภทใหญ่ ๆ 3 ประเภทคือ

1. ฟอกด้วยฝาด (vegetable tannage)
2. ฟอกด้วยแร่ธาตุ (mineral tannage) เช่นการฟอกด้วยโครม เซอร์โคเนียม (zirconium) และสารประกอบอลูมิเนียม (aluminium tanning materials)
3. ฟอกด้วยอัลดีไฮด์ (aldehyde tannage)

ในปัจจุบันองค์การฟอกหนังได้ดำเนินการผลิตหนังฟอก 2 ประเภท คือ

1. ประเภทฟอกฝาด (vegetable tannage) เพื่อผลิตพื้นชั้นใน (insole-

leather) และพื้นชั้นนอก (outer sole leather) ของรองเท้า วัตถุดิบส่วนใหญ่จะเป็นหนังกระบือ

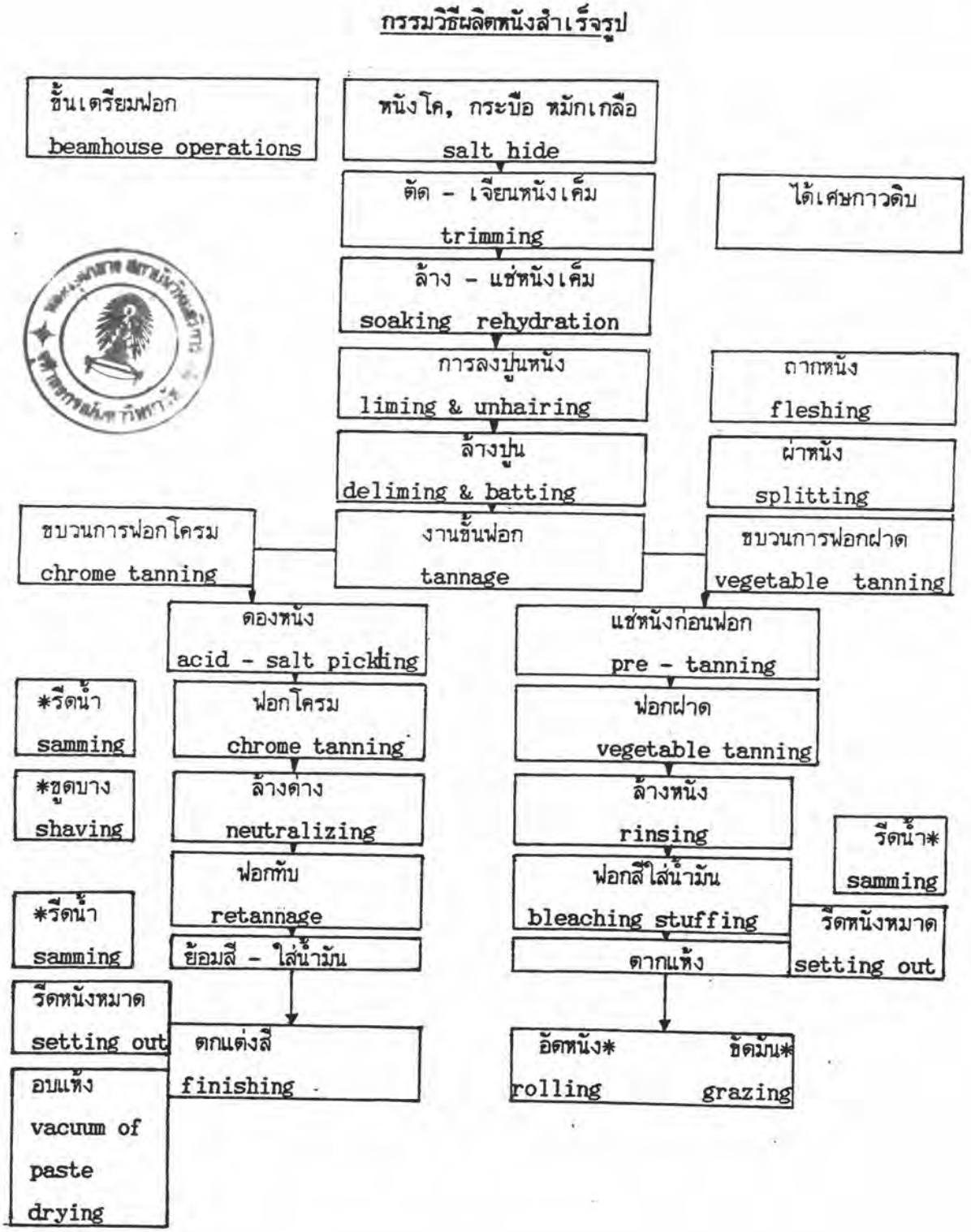
2. ประเภทฟอกโครม (chrome tannage) เพื่อผลิตหนังหน้ารองเท้า (shoes-upper) หนังทำกระเป๋า เครื่องหนังอื่น ๆ วัตถุดิบส่วนใหญ่เป็นหนังโค

การฟอกหนังเริ่มต้นจากขั้นตอนเตรียมฟอก โดยนำหนังโคหรือกระบือเค็ม ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหนังซื้อภายในประเทศ นำมาล้างสิ่งสกปรกออก (washing) และแช่น้ำ (soaking) เพื่อให้หนังคืนตัวสู่สภาพธรรมชาติในถังหมุน ต่อจากนั้นจะทำการกำจัดขนและโปรตีน บางชนิดออก โดยใช้สารเคมีคือ โซเดียมซัลไฟต์ และปูนขาว (liming) ขั้นตอนนี้เป็นการเตรียมไฟเบอร์ของหนังให้สามารถทำปฏิกิริยากับสารฟอกต่อไปได้ เมื่อหนังล้างปูนได้ที่แล้ว นำมาถากด้วยเครื่องถาก (fleshing machine) เพื่อกำจัดไขมันและพังผืด ต่อจากนั้นนำมาผ่าโดยใช้เครื่องผ่าหนัง (splitting machine) เพื่อให้ได้ความหนาตามต้องการ ขั้นนี้จะได้หนังผิว (grain) และหนังท้อง (split) แล้วจึงนำหนังไปล้างปูนออก (deliming and batting) เพื่อเตรียมนำไปฟอกตามประเภทหนังที่ต้องการต่อไป

สำหรับหนังฟอกโครม (chrome tannage) หนังที่ล้างปูนแล้วจะนำไปดอง (pickling) โดยใช้กรดและเกลือทั้งนี้เพื่อปรับความเป็นกรด ด่าง (pH) ให้ได้ตามต้องการแล้วเติมผงโครม (basic chromium sulphate) ทำปฏิกิริยากับหนังเพื่อให้หนังเปลี่ยนสภาพจากหนังดิบเป็นหนังฟอก เมื่อหนังฟอกถึงขั้นนี้แล้วจะมีสีฟ้า เรียกหนัง wet blue หนังจะไม่เน่าและสามารถนำหนังขั้นนี้รีดน้ำด้วยเครื่องรีดน้ำ (sammying machine) ขูดบาง (shaving) ปรับให้มีความหนาเสมอตลอดแผ่น หลังจากนั้นนำไปฟอกทับ (retannage) เพื่อปรับสภาพหนังให้ผิวแน่นขึ้นหรือมีคุณภาพตามต้องการ แล้วย้อมใส่น้ำมัน (dyeing and fat liquoring) เมื่อนำหนังไปอบแห้งด้วยเครื่องอบสูญญากาศ (vaccuum dry) หรือเครื่องอบไอน้ำ (paste dry) แล้วนำหนังมาพรมน้ำ (conditioning) เพื่อให้หนังมีความชื้นพอสมควรที่จะเข้าเครื่องทำนิ่ม (staking) ต่อไป แล้วจึงขึงหนังอบแห้งในเครื่อง toggle dry เป็นอันจบการฟอกแล้วนำหนังไปตบแต่ง (finishing) ซึ่งมีหลายวิธี เพื่อให้ได้สีและคุณภาพตามต้องการ

ส่วนหนังประเภทฟอกฝาด (vegetable tannage) นำหนังที่ล้างปูนแล้วมาแช่ในบ่อซึ่งมีส่วนผสมของแทนนินซึ่งสกัดจากเปลือกไม้ 2 ประเภทคือ แทนนินมิโมซา (mimosa) และแทนนินเชสนัท (chestnut) เรียกว่าน้ำฝาด โดยปรับความเข้มข้นต่าง ๆ ระดับเดียวกัน เพื่อให้หนังดูดซึมน้ำฝาดนี้ และเกิดปฏิกิริยาระหว่างแทนนินกับหนังเพื่อเปลี่ยนสภาพจากหนังดิบ มาเป็นหนังฟอกต่อไป เมื่อหนังดูดซึมน้ำฝาดในบ่อแล้วจึงย้ายมาใส่ถังหมุนซึ่งมีน้ำฝาดเข้มข้น เพื่อให้หนังถูกฟอกจนได้ที่แล้วจึงนำมารีดน้ำ และลงน้ำมัน (stuffing) รีดหมาด (setting out) ผ่าหนัง จากนั้นผึ่งลมให้แห้งนำมาขัดผิวด้วยเครื่องขัดมัน (glazing machine) เพื่อแต่งผิว

การเก็บรักษาหนังสัตว์ (curing or preservation) หนังฟอกที่ดีนั้นจะต้องได้มาจากวัตถุดิบที่มีคุณภาพดี จึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการเก็บรักษาให้หนังที่ได้มานั้นคงอยู่ และมีคุณภาพดีเหมือนถลกออกมาจากซากสัตว์ใหม่ ๆ การเก็บรักษามักจะใช้วิธีหมักเกลือ (salt curing) โดยนำหนังดิบที่ทำความสะอาดแล้วไปแช่น้ำเกลือความเข้มข้นประมาณ 22 - 24 องศาโบเม (°baume) เป็นเวลา 12 - 48 ชั่วโมง นำหนังขึ้นจากบ่อเกลือโรยเกลือเม็ดเล็ก ๆ ที่ด้านเนื้อพับแล้วเก็บไว้ การฟอกหนังใช้ทั้งแทนนินสังเคราะห์ และแทนนินจากธรรมชาติเพื่อคุณภาพของหนังให้ความยืดหยุ่นดีขึ้น ภาพที่ 2.9 แสดงขั้นตอนต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตหนังสัตว์




* ทำด้วยเครื่องจักร

ภาพที่ 2.9 แสดงขั้นตอนต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตหนังสัตว์

## 2.4 ตัวทำละลายในการสกัดแทนนิน

ด้วยเหตุที่ในเปลือกไม้หรือเปลือกผลไม้ มีสารประกอบต่าง ๆ และแทนนินอยู่โดยปริมาณของสารแต่ละชนิดมีไม่เท่ากัน การสกัดแทนนินเพื่อนำมาใช้ประโยชน์จำเป็นต้องพิจารณาถึงปริมาณแทนนินในวัตถุดิบแต่ละชนิดต้องมีปริมาณมากพอ โดยสิ้นเปลืองเวลา และค่าใช้จ่ายต่ำ รวมทั้งพิจารณาถึงความบริสุทธิ์และขนาดโมเลกุลของแทนนินที่สกัดได้

การใช้น้ำ หรือ แอลกอฮอล์เป็นตัวสกัดมีสภาพขั้วสูง ซึ่งเหมาะสมต่อการสกัดในทางอุตสาหกรรม เพราะมีราคาถูกและสามารถละลายแทนนินได้ดี แต่ตัวทำละลายทั้งสองนี้ก็สามารถละลายคาร์โบไฮเดรตบางชนิดออกมาด้วย จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพยายามศึกษาหาวิธีที่เหมาะสมในการสกัดและแยกสิ่งเจือปนจากแทนนิน ปัจจัยอีกประการหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือ ขนาดโมเลกุลของแทนนินที่แยกออกมาจากเปลือกไม้หรือ เปลือกผล เพราะโครงสร้างของคอนเดนซ์แทนนินเป็นโพลิเมอริด - โพลีฟีนอล การเกิดคอนเดนซ์แทนนินจึงต้องเกิดจากการรวมตัวของโมโนเมอริค-โพลีฟีนอล (monomeric polyphenol) หลาย ๆ หน่วยมาจับรวมกันขึ้นกลายเป็นโมเลกุลใหญ่ และแทนนินในเปลือกแต่ละชนิดก็มีขนาดโมเลกุลต่างกันด้วย ดังนั้นถ้าแทนนินมีขนาดโมเลกุลใหญ่เกินไปจะทำให้ใช้ประโยชน์ได้น้อยลง

การใช้สารละลายด่างเป็นตัวสกัดแทนนิน จะได้ปริมาณสารที่ละลายในด่างซึ่งรวมกันทั้งแทนนินที่มีโมเลกุลใหญ่ และคาร์โบไฮเดรตมากกว่าใช้สารละลายที่เป็นกลาง และที่สำคัญก็คือแทนนินอาจเปลี่ยนโครงสร้างได้ในสารละลายที่เป็นด่าง (Sears, 1974) จนอาจเป็นการทำลายตำแหน่งที่ทำปฏิกิริยา (reactive sites) ของแทนนินได้ (Herrick, 1958)

## 2.5 งานวิจัยที่ผ่านมา

กรรมวิธีการสกัดแทนนินจากส่วนของพืช พบว่าเป็นการยากที่จะกำหนดวิธีการให้เฉพาะเจาะจงลงไป เพราะโมเลกุลของแทนนินมีความสลับซับซ้อน และ มีองค์ประกอบของโครงสร้างแตกต่างกันไปในแต่ละชนิด ถึงแม้จะเป็นพืชชนิดเดียวกันแต่ว่าเจริญต่างถิ่นกัน ก็ยังมีความผันแปรต่างกันออกไป ทำให้กรรมวิธีการสกัดพืชชนิดหนึ่งอาจไม่เหมาะสมกับพืชอีกชนิดหนึ่ง ดังนั้นจึงมีงานวิจัยมากมายโดยมีจุดประสงค์เหมือนกันคือ หาวิธีการที่เหมาะสม ปรับปรุงศึกษาหาแนวทางที่ดีเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของการสกัดสูงยิ่งขึ้นไป

ใน ค.ศ. 1938 Duthie ทำการแยกสกัดแทนนินจากเมล็ดโกโก้โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดระหว่าง สารสกัดน้ำ และ อะซีโตน พบว่าการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่ออะซีโตน 10:4 มีความเหมาะสมกว่าการสกัดโดยน้ำบริสุทธิ์ ที่อุณหภูมิสูง (98° เซลเซียส) โดยมีผลการทดลองแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ผลการทดลองสกัดสารแทนนินโดย Duthie, 1938

| วิธีการทดลอง | ร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ |
|---|---|
| น้ำ อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส เวลาสกัด 30 นาที | 8.41 |
| อะซีโตน : น้ำ = 4:10 อุณหภูมิห้อง เวลาสกัด 3 ชั่วโมง | 11.01 |
| อะซีโตน : น้ำ = 4:10 อุณหภูมิห้อง เวลาสกัด 7 ชั่วโมง | 11.16 |
| อะซีโตน : น้ำ = 4:10 อุณหภูมิห้อง เวลาสกัด 24 ชั่วโมง | 11.16 |

ใน ค.ศ. 1978 Price ได้ทำการทดลองสกัดแทนนินจากเมล็ดข้าวฟ่าง (sorghum grain) โดยใช้สารสกัดเมธานอล (methanol) และเติมกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้นลงไปเพื่อช่วยในการสกัด จากการวิเคราะห์พบว่ากรดไฮโดรคลอริคช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดโดยพิจารณาจากค่าการดูดกลืนแสงของแทนนินที่สูงขึ้น เมื่อใช้กรดไฮโดรคลอริคที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น โดยปริมาณแทนนินเพิ่มขึ้นตามค่าการดูดกลืนแสงดังแสดงสรุปในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ผลการเติมกรดไฮโดรคลอริคต่อประสิทธิภาพการสกัดสารแทนนิน

| ร้อยละของกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น | ค่าการดูดกลืนแสง |
|---|---|
| 0.01 | 0.010 |
| 0.10 | 0.084 |
| 1.00 | 0.275 |
| 4.00 | 0.349 |
| 8.00 | 0.358 |

Manas (1979) พบว่าแทนนินอาจสกัดจากเปลือกไม้โดยใช้ถังเปิดเป็นชุด (batch and open-vat system) และใช้วิธีการแยกสกัดแบบต่อกันไปจนครบชุดของการสกัด (counter current method) ตัวแปรที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อปริมาณและสมบัติของสารสกัดแทนนินก็คืออุณหภูมิ ระยะเวลาของการชะล้าง อัตราส่วนของตัวสกัดต่อตัวอย่างในการสกัด สมบัติของตัวสกัด ขนาดของตัวอย่างและจำนวนครั้งหรือถังในระบบสกัดนี้

Kato , (1984) ทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดความฝาดออกจากผลพลับ (persimmon friuts) โดยใช้ตัวทำละลายเอธานอลเข้มข้นร้อยละ 0 - 80 พบว่าตัวทำละลายเอธานอลเข้มข้นร้อยละ 70 สกัดแทนนินได้ดีที่สุด และได้รับผลกระทบของปฏิกิริยา de - astringency น้อยด้วย การให้ความร้อนด้วยเครื่องอังไอน้ำทำให้ความเข้มข้นของแทนนินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และที่ความเข้มข้นของเอธานอลต่ำ ๆ ทำให้ค่าความเข้มข้น reducing sugar เพิ่มขึ้น การทดลองสกัดแทนนิน หรือความฝาด เริ่มจากการบรรจุผลไม้ลงในภาชนะที่มีการไหลผ่านของอากาศ ซึ่งจะเป็นตัวพาตัวทำละลายเอธานอลความเข้มข้น ร้อยละ 70 ซึมผ่านผิวเปลือกและเนื้อผลพลับ ซึ่งมีการให้ความร้อนด้วย ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณ แทนนินที่เหลืออยู่ในผลไม้ภายหลังสกัดเท่ากับ ร้อยละ 0.2 ซึ่งร้อยละ 0.1 เป็น non - astringent

Tian, (1984) สร้างเครื่องมือสำหรับสกัดองค์ประกอบที่สำคัญจากพืชสมุนไพร เรียกเครื่องมือนี้ว่า rotor - pulse app. หรือใช้สกัดกรดแทนนิคจากผล Quercus infectoria ความเร็วของการกวนใช้ที่ 2960 รอบต่อนาที สามารถสกัดกรดแทนนิคได้สูงถึง ร้อยละ 77 ของประสิทธิภาพการสกัด

Chuntanaparb, et al. (1985) พบว่าอุณหภูมิเหมาะสมที่ใช้สกัดแทนนินขึ้นอยู่กับชนิดของเปลือกไม้ เช่น sumac = 50-60°เซลเซียส สมอ สีเสียด และมิโมซ่า = 70-80 °เซลเซียส โกงกาง = 80 - 90°เซลเซียส เคบราชอ = 100 - 120°เซลเซียส เป็นต้น แทนนินบางชนิดถูกทำลายได้ที่อุณหภูมิสูงและบางชนิดไม่ละลายที่อุณหภูมิต่ำ จึงควรเลือกใช้อุณหภูมิให้เหมาะกับชนิดของเปลือกไม้นั้น ๆ หรือใช้สารละลายโซเดียมไบซัลไฟต์ช่วยในการปรับปรุงสารสกัดแทนนินได้

Khvorost, Vetrov และ Serbin (1986) พบว่าปัจจัยที่สำคัญต่อการสกัดแทนนินจาก ผลของต้น glutinosa มีอยู่ห้าประการคือ ชนิดของตัวทำละลาย, อัตราส่วนของวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย, ขนาดอนุภาคของวัตถุดิบ, เวลาที่ใช้ในการสกัด และจำนวนครั้งของการสกัด

Seigler, Seilherimer, Keesy และ Huang, (1986) ทดลองสกัดแทนนินจากส่วนของต้นไม้ 4 ประเภท คือ A. berandieri, A. farnesiana, A. greggii และ A. rigidula ซึ่งใช้สารสกัด 3 ชนิดคือ น้ำ, 80 % เมธานอล และ 70 % อะซีโตน โดยตรวจวิเคราะห์ปริมาณแทนนินโดยสารละลาย Folin - Denis ซึ่งคิดเป็นปริมาณฟีนอลลิคทั้งหมดที่มีอยู่ และตรวจสอบปริมาณแทนนินซ้ำด้วย casein และ วิธีผงหนัง พบว่าสารละลาย

อะซิโตนสกัดแทนนินได้ดีที่สุด สำหรับส่วนต่าง ๆ ของพืช ได้แก่ ใบ, เนื้อไม้ และเปลือกไม้กับผลอ่อน พบว่าเปลือกไม้กับผลอ่อนให้มีปริมาณแทนนินสูงที่สุด

Hagermann, (1988) ทดลองสกัดแทนนินจากใบของต้นไม้ 2 ชนิดคือ ใบโอ๊ค (oak) และ ใบเมเปิ้ล (maple) โดยใช้ตัวทำละลายชนิดซึ่งประสิทธิภาพของตัวทำละลายแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 2.5 จากผลการทดลองแสดงว่า 70 % อะซีโตนเป็นสารละลายที่สกัดแทนนินจากใบโอ๊ค และ ใบเมเปิ้ลได้ดีที่สุด

ตารางที่ 2.5 ผลการทดลองสกัดสารแทนนินในใบโอ๊คและใบเมเปิ้ลโดยสารละลายต่าง ๆ

| สารสกัด | ประสิทธิภาพการสกัดสารแทนนิน * | |
|---|---|---|
| | ใบโอ๊ค | ใบเมเปิ้ล |
| 70 % อะซีโตน | 546 ± 87a | 1381 ± 149c |
| 50 % เมธานอล | 387 ± 21b | 1117 ± 133d |
| 50 % เมธานอลที่ร้อน | 359 ± 20b | 994 ± 78e |
| 1 % ไฮโดรคลอริค ในเมธานอล | 343 ± 35b | 97 ± 117d |

* แสดงด้วยค่า diffusion value, $cm^2/g$ a,b,c ค่าความผิดพลาดในแต่ละการทดลองที่แพร่กระจายในแผ่นเจลสำหรับการวิเคราะห์

ธวัชชัย และ พันธุ (2524) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการแยกสกัดแทนนินจากเปลือกไม้โกงกางด้วยวิธีการแช่ในน้ำกลั่น น้ำประปา และน้ำฝน แยกสารละลายออกจากกากโดยวิธีการกรอง การทดลองนี้ใช้น้ำ 5 ลิตรต่อเปลือกไม้ 1 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 90°เซลเซียส เวลาที่ใช้ในการแช่ 3 วัน แล้วนำสารที่สกัดได้มาวิเคราะห์หาปริมาณแทนนินโดยวิธีของ Lowenthal สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

ปริมาณแทนนินที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำประปา = 24.79 ก/กก. เปลือกไม้
ปริมาณแทนนินที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำฝน = 27.09 ก/กก. เปลือกไม้
ปริมาณแทนนินที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำกลั่น = 28.81 ก/กก. เปลือกไม้

นำสารละลายที่สกัดได้มาฟอกหนัง โดยเปรียบเทียบกับแทนนิน ที่ผลิตจากไม้มิโมซา ผลการทดลองปรากฏว่าเวลาที่ใช้ในการฟอกหนังแตกต่างกันดังนี้

หนังที่ฟอกด้วยแทนนินจากไม้มิโมซาใช้เวลา 15 วัน

หนังที่ฟอกด้วยแทนนินที่ทำการสกัดจากไม้โกงกางชนิดสารละลายใช้เวลา 19 วัน

หนังที่ฟอกด้วยแทนนินที่ทำการสกัดโดยนำสารละลายอบแห้งก่อนใช้เวลา 20 วัน

โดยหนังฟอกด้วยแทนนินสกัดจากไม้โกงกาง ให้ความ เหนียวและแข็งกว่าหนังที่ฟอกด้วยแทนนินจากมิโมซา

ไชยพร (2525) ทดลองสกัดแทนนินจากเปลือกไม้โกงกางใบเล็กโดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ น้ำ สารละลายเอธานอล และ สารละลายอะซิโตน ผลการสกัดได้ปริมาณตะกอนแทนนินฟอร์มัลดีไฮด์เป็นร้อยละเทียบกับน้ำหนักแห้งของเปลือกเท่ากับ 27.45, 26.62 และ28.83 ตามลำดับ คิดเป็นปริมาณแทนนินคำนวณจากสูตรของ Humpreys เท่ากับ 17.41, 16.48 และ 18.46 ร้อยละเทียบกับน้ำหนักแห้งของเปลือกตามลำดับ ปริมาณแทนนินฟอร์มัลดีไฮด์เป็นร้อยละเทียบกับสารสกัดแห้งที่ได้เท่ากับ 83.33, 83.32 และ 86.01 ตามลำดับ

ชูเกียรติ ประสิทธิ์สินธุ์ พล และ ชูชาติ (2526) ได้ศึกษาการสกัดแทนนินจากเปลือกไม้โกงกางโดยใช้เครื่องบีบ Expeller โดยใช้น้ำประปา 0.8, 1 และ 1.2 ลิตรต่อน้ำหนักเปลือกไม้ 1 กิโลกรัม ตั้งทิ้งไว้ 1 ถึง 2 วัน ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำเข้าเครื่องบีบนำสารละลายที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณแทนนินโดยวิธีของ Lowenthal สรุปได้ดังนี้

ปริมาณแทนนินที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำ 0.8 ลิตร = 20.0 ก/กก. เปลือกไม้

ปริมาณแทนนินที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำ 1.0 ลิตร = 23.4 ก/กก. เปลือกไม้

ปริมาณแทนนินที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำ 1.2 ลิตร = 31.4 ก/กก. เปลือกไม้

นำสารละลายที่สกัดได้มาฟอกหนัง โดยเปรียบเทียบกับแทนนินที่ผลิตจากไม้มิโมซา ผลการทดลองปรากฏว่าเวลาที่ใช้ในการฟอกหนังแตกต่างกันดังนี้

หนังที่ฟอกด้วยแทนนินจากไม้มิโมซาใช้เวลา 12 วัน

หนังที่ฟอกด้วยแทนนินที่ทำการสกัดจากไม้โกงกางชนิดสารละลายใช้เวลา 25 วัน

หนังที่ฟอกด้วยแทนนินผสมมิโมซากับสกัดจากไม้โกงกาง (1:1) ใช้เวลา 20 วัน

หนังที่ฟอกด้วยแทนนินจากเปลือกไม้โกงกางผสมกับแทนนิน ที่นำมาจากโรงงานจะมีความกรอบ มีสีเข้มกว่าหนังที่ฟอกด้วยแทนนินจากไม้มิโมซา

ไชยพร (2527) ได้ทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดแทนนินจากเปลือกไม้ป่าชายเลนชนิดต่าง ๆ โดยใช้การสกัดแบบ 6 รอบ ใช้ตัวทำสกัดเวียนทำการสกัดต่อไปเรื่อย ๆ (six - stages countercurrent) และใช้น้ำเป็นตัวสกัด ซึ่งพบว่าเหมาะสมสำหรับการใช้ในอุตสาหกรรมแต่ไม่ควรใช้น้ำกระด้าง เพราะแทนนินอาจทำปฏิกิริยากับแคลเซียมและแมกเนเซียมได้ง่ายทำให้เกิดการตกตะกอน ส่วนการสกัดหรือการระเหยแห้งควรใช้อุณหภูมิต่ำที่สุด ไม่ควรเกิน 60-70 องศาเซลเซียสและไม่ควรใช้ภาชนะที่ทำด้วยเหล็ก

ไพบูลย์ (2530) ได้ทดลองแยกสกัดแทนนินจากเปลือกไม้โกงกาง สายพันธุ์ไรซ์โซฟอร่า (Rhizophora spp.) ด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ สกัดแบบแช่, สกัดในถังกวน และสกัดแบบกึ่งต่อเนื่องสวนทางกัน โดยใช้น้ำประปาเป็นตัวสกัดได้ผลการทดลองดังนี้

1. สกัดแบบแช่ ใช้อัตราส่วนระหว่างเปลือกไม้ต่อน้ำ 1:3 โดยน้ำหนัก เปลือกไม้บดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่า 0.5 มิลลิเมตร อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ผสม $Na_2SO_3$ ปริมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเปลือกไม้ สกัด 2 ครั้ง แต่ละครั้งใช้เวลาในการสกัด 20 นาที แยกสารละลายสกัดออกจากกากโดยใช้เครื่องบีบ ให้ผลการสกัดสูงสุด 77.6 เปอร์เซ็นต์ของที่มีอยู่ในเปลือกไม้

2. สกัดในถังกวน เมื่อเปลือกไม้ขนาดเล็ก พบว่าเวลาที่ใช้ในการสกัดจะน้อยกว่าเปลือกไม้ขนาดใหญ่ อัตราส่วนระหว่างเปลือกไม้ต่อน้ำที่ 1:10 ให้ประสิทธิภาพการสกัดสารแทนนินสูงกว่าที่อัตราส่วน 1:3 สำหรับเปลือกไม้บดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่า 0.5 มิลลิเมตร อุณหภูมิที่ใช้สกัด 30°เซลเซียส เวลาที่ใช้สกัด 10 นาที ให้ผลการสกัดสูงที่สุดคือร้อยละ 34.8 ของที่มีอยู่ในเปลือกไม้ ในการทดลองนี้ใช้ความเร็วใบพัดในการกวนผสมอยู่ระหว่าง 690, 820 และ 1100 รอบต่อนาที พบว่าความเร็วรอบของการกวนผสมไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดสารแทนนิน

3. สกัดแบบกึ่งต่อเนื่องสวนทางกัน เมื่ออัตราการไหลของน้ำ 15 ลิตรต่อชั่วโมง ปริมาณเปลือกไม้ที่ป้อน 7 นาทีต่อครั้ง ๆ ละ 500 กรัม หรืออัตราส่วนระหว่างเปลือกไม้ต่อน้ำ 1:3.5 โดยน้ำหนัก เปลือกไม้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่า 0.5 มิลลิเมตร เติมสาร $Na_2SO_3$ ปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ของเปลือกไม้ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส สกัด 3 ครั้ง จะให้ผลการสกัดสูงสุด คือ 48.7 เปอร์เซ็นต์ ของที่มีอยู่ในเปลือกไม้

สารละลายแทนนินที่สกัดได้นำมาอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณแทนนินประมาณ 50 - 55 เปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์แทนนินที่สกัดได้ เมื่อนำมาฟอกหนังหนังที่ฟอกจะมีสีน้ำตาลแดง

ประเชิญ (2530) ได้ศึกษาการแยกสกัดสารแทนนินจากเปลือกไม้โกงกางเพื่อใช้ในการฟอกหนังชนิดฟอกทับ (Retanning) ใช้ชิ้นเปลือกไม้แช่ในน้ำอุณหภูมิปกติเป็นเวลา 4,7 และ 14 วัน กับการใช้น้ำเป็นสารสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยทำการสกัดแบบต่อเนื่องจนครบชุดของการสกัด ชุดละ 3 ขั้นตอน และ 6 ขั้นตอน ขั้นตอนละ 1 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำต่าง ๆ กันคือ 1:6, 1:8 และ 1:10 ตรวจปริมาณสารสกัดแห้งที่ได้และปริมาณตะกอนแทนนินฟอร์มัลดีไฮด์ โดยวิธี Stiasny วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 3*3 แฟกตอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อค และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการแยกสกัดสารแทนนินจากเปลือกไม้โกงกาง คือการสกัดโดยใช้น้ำอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ชุดการสกัด 3 ขั้นตอน อัตราส่วนเปลือกต่อน้ำ 1:6 (กิโลกรัมต่อลิตร) การพิจารณาหาสภาวะเหมาะสมนี้โดยพิจารณาจากปริมาณ และคุณภาพของสารสกัดแทนนินที่ได้ พลังงานที่ใช้ในการสกัด และ การทำสารละลายแทนนินให้แห้ง สำหรับการสกัดแทนนินเป็นจำนวนมากเพื่อใช้ในการฟอกชนิดฟอกทับ พบว่าได้ปริมาณสารสกัดแห้งร้อยละ 33.28 ปริมาณตะกอนแทนนินฟอร์มัลดีไฮด์ร้อยละ 27.36 เทียบกับน้ำหนักเปลือกที่ใช้สกัด และปริมาณตะกอนแทนนินฟอร์มัลดีไฮด์ 80.26 เปอร์เซ็นต์เทียบกับปริมาณสารสกัดแห้ง เมื่อนำแทนนินที่สกัดได้ไปใช้ในการฟอกหนังชนิดฟอกโครมทับฝาด เปรียบเทียบกับการใช้แทนนินมิโมซา แล้ววิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล ในแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อค พบว่าสมบัติส่วนใหญ่ของหนังฟอกที่ได้ มีความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญได้แก่ ปริมาณน้ำมันและไขมัน ปริมาณสารที่ละลายในน้ำ ปริมาณเถ้าที่ละลายในน้ำ ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในน้ำ ปริมาณหนังสุทธิ ปริมาณน้ำยาฟอก ความหนาแน่นปรากฏ การดูดน้ำ ความแน่นผิว แรงดึง การยืดตัว แรงฉีก ส่วนสมบัติที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญคือ ปริมาณเถ้าทั้งหมด ปริมาณการหดตัว ในน้ำเดือดและความหนา

สมศักดิ์ (2531) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการแยกสกัดสารแทนนินจากเปลือกไม้โกงกางในคอลัมน์แบบพัลส์ ประเภทวงแหวนกับจาน ที่ทำงานแบบต่อเนื่องโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ที่สภาวะการทดลองมีดังนี้ ขนาดอนุภาคของเปลือกไม้ 0.25-2 มิลลิเมตร ผลคูณของความถี่และระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกสูบ 1.29 - 3.54 เซนติเมตรต่อวินาที อัตราการไหลของน้ำ 54.9 - 116.7 ลิตรต่อชั่วโมง อัตราการป้อนเปลือกไม้ 148.2 - 255 กรัมต่อชั่วโมง การเติมสารเคมีโซเดียมซัลไฟต์ 0-3 % น้ำหนักต่อปริมาตร และ อุณหภูมิของน้ำที่ใช้คือ อุณหภูมิห้อง (28 - 31) ถึง 50 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่าถ้าที่อุณหภูมิห้องสภาวะในการแยกสกัดที่ดีที่สุดคือ ขนาดอนุภาคของเปลือกไม้ 0.355 - 0.5 มิลลิเมตร ผลคูณของความถี่และระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกสูบ = 1.29 เซนติเมตรต่อวินาที อัตราการไหลของน้ำ = 54.9 ลิตรต่อชั่วโมง อัตราการป้อนเปลือกไม้ = 180 กรัมต่อชั่วโมง และเติมสารเคมีโซเดียมซัลไฟต์ = 3 % น้ำหนักต่อปริมาตรซึ่งให้ผลการสกัด 52.32 % ของที่มีอยู่ใน

เปลือกไม้ เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิของน้ำให้สูงขึ้นผลการสกัดจะดีขึ้น พบว่าถ้าทำที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สภาวะที่เหมาะสมคือ ขนาดอนุภาคของเปลือกไม้ = 0.365 - 0.5 มิลลิเมตร ผลคูณของความถี่ และ ระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกสูบ = 3.54 เซนติเมตรต่อวินาที อัตราการไหลของน้ำ = 54.9 ลิตรต่อชั่วโมง และ อัตราการป้อนเปลือกไม้ = 180 กรัมต่อชั่วโมง โดยไม่เติมสารเคมีโซเดียมซัลไฟต์ ให้ผลการสกัด 52.54 % ของที่มีอยู่ในเปลือกไม้ การทำที่อุณหภูมิสูงกว่านี้คาดว่าน่าจะให้ผลการสกัดที่ดีกว่า แต่เนื่องจากขีดจำกัดของหลอดแก้วและปั๊มน้ำของเครื่องสกัดนี้ จึงทำการทดลองที่อุณหภูมิสูงสุด 50 องศาเซลเซียส

สุวรงค์ สุเมธ และ พรสวรรค์ (2533) ได้ทดลองวิเคราะห์ปริมาณสารแทนนินในเปลือกเงาะ และได้เปรียบเทียบปริมาณแทนนินที่มีอยู่ในวัตถุดิบต่าง ๆ ในธรรมชาติดังแสดงเปรียบเทียบในตารางที่ 2.6 ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณแทนนินในเชสนัทและมิโมซา มีค่าสูงสุดเช่นเดียวกับในเปลือกโกงกาง แต่การนำเปลือกไม้โกงกางมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตแทนนินนั้นสรุปได้ว่าไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากมีการตัดไม้ทำลายป่าชายเลนอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ดังนั้นจึงควรหาวัตถุดิบอื่นที่มีความเหมาะสมมากกว่า มาทดแทนเปลือกไม้โกงกางสำหรับการผลิตแทนนินนี้ เปลือกเงาะเป็นวัตถุดิบที่กล่าวได้ว่ามีศักยภาพสูงที่น่าจะมีการวิจัยพัฒนาเพื่อใช้ในการสกัดสารแทนนิน ทั้งนี้ด้วยเหตุผล 2 ประการ คือ ประการแรกเปลือกเงาะจัดได้ว่ามีปริมาณสารแทนนินอยู่สูง และประการที่สองเป็นวัตถุดิบที่สามารถหาได้ง่าย และสะดวกในการเก็บรวบรวม เช่นจากโรงงานผลิตเงาะกระป๋อง นอกจากนี้เป็นวัสดุเหลือทิ้งซึ่งไม่มีราคาจัดเป็นของเสียจากโรงงาน

ตารางที่ 2.6 แสดงปริมาณแทนนินของพืชต่างประเทศ และแทนนินที่พบในวัสดุเหลือทิ้งของโรงงานผลิตวัสดุสำเร็จรูปต่าง ๆ

| ชนิดและส่วนของพืช | ร้อยละของแทนนินในสารที่สกัดได้ |
|---|---|
| เปลือกไม้เชสนัท | 65 ± 1 |
| เปลือกไม้มิโมซา | 62.06 |
| เปลือกไม้โกงกาง | 57.87 |
| เปลือกเงาะโรงเรียน | 30 - 40 |
| เศษใบชาฝรั่ง | 15.92 |
| เศษใบชาจีน | 5.51 |
| เปลือกลำไย | 2.47 |