บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาสมบัติความเป็นอินดิเคเตอร์ธรรมชาติของแก่นฝางและดอกหมามุ่ยสำหรับการไทเทรตกรด-เบสซึ่งเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้ามีดังนี้

1. พืชธรรมชาติที่ศึกษา

1.1 ฝาง (ศูนย์ปฏิบัติการพืชเศรษฐกิจ, 2552)

ชื่อวงศ์: Caesalpiniaceae
ชื่อวิทยาศาสตร์: *Caesalpinia sappan* Linn.
ชื่อสามัญ: Sappan tree
ชื่ออื่น: ฝางส้ม (กาญจนบุรี), ฝางเสน (กลาง), หนามโค้ง (แพร่), โซบั๊ก (จีน)

ภาพที่ 2-1 ต้นฝาง (โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2555)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ , 2544)

ต้น: สมุนไพรฝางเป็นพรรณไม้ยืนต้นที่มีขนาดกลาง ตามลำต้นและกิ่งก้านจะมีหนาม ซึ่งโคนหนามนี้พองคล้ายกับฐานนม

ใบ: เป็นไม้ใบรวม เป็นช่อแบบขนนก 2 ชั้น เรียงสลับกัน แต่ละช่อ ประกอบด้วยใบย่อยขอบขนานแคบ ๆ ติดตรงข้ามกันเป็นคู่ ปลายใบมนและหยักเว้าตรงกึ่งกลางเล็กน้อย ผิวใบเกลี้ยง ทั้ง 2 ด้าน ขอบใบเรียบลักษณะการเรียงใบคล้ายกับใบหางนกยูงไทย มีสีเขียว

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ดอก: ฝางออกดอกเป็นช่ออยู่ตรงส่วนยอดของต้น ดอกมีสีเหลืองกลางดอกเป็นสีแดง ออกรวมกันเป็นช่อไม่แยกแขนงตามปลายกิ่งและง่ามใบใกล้ ๆ ปลายกิ่ง กลีบรองดอกมี 5 กลีบ ขอบกลีบเกยซ้อนทับกัน กลีบล่างสุดโค้งงอและขนาดใหญ่กว่ากลีบอื่น กลีบดอก มี 5 กลีบ รูปไข่กลับ ผิวและขอบกลีบย่น เกสรผู้ 10 อัน แยกเป็นอิสระ

ผล: เป็นฝักรูปสี่เหลี่ยม แข็ง สีน้ำตาลเข้ม และที่ผิวฝักลักษณะเป็นลายจุด ๆ แต้มอยู่ซึ่งรูปร่างนั้นจะคล้ายกับถั่วแปบ ฝักของฝางนี้มีอยู่ 2 ชนิด คือชนิดแก่นสีเหลืองเรียกว่า "ฝางส้ม" และแก่นสีแดงเข้มเรียกว่า "ฝางเสน" ตรงปลายฝักนี้จะยาวแหลมยื่นออกมาเล็กน้อยคล้ายจงอยแหลม แต่ละฝักมีเมล็ดรูปรี ๆ 2-4 เมล็ด แสดงดังภาพที่ 2-2 (ก)

การขยายพันธุ์: เป็นพรรณไม้กลางแจ้ง ที่เจริญงอกงามได้ดีในดินที่ร่วนซุย สามารถให้ร่มเงาแก่เราได้ แต่ก็เป็นต้นไม้ที่ให้ร่มเงาขนาดเล็ก ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด

สารประกอบทางเคมี: แก่นฝางพบสารกลุ่ม Flavonoid ชนิด 7-hydroxy-3-(4'-hydroxybenzylidene)-chroman-4-one, 3,7-dihydroxy-3-(4'-hydroxybenzyl)-chroman-4-one, 3,4, 7-trihydroxy-3-(4'-hydroxybenzyl)-chroman, 4.4'-dihydroxy-2'-methoxychalcone,8-methoxy bouducellin, quercetin, rhamnetin และ ombuin และสารกลุ่ม sterols ชนิด beta-sitosterol 69.9%, campesterol 11.2% และ stigmasterol 18.9% brazilin, brazilein, protosappanin E และ taraxerol

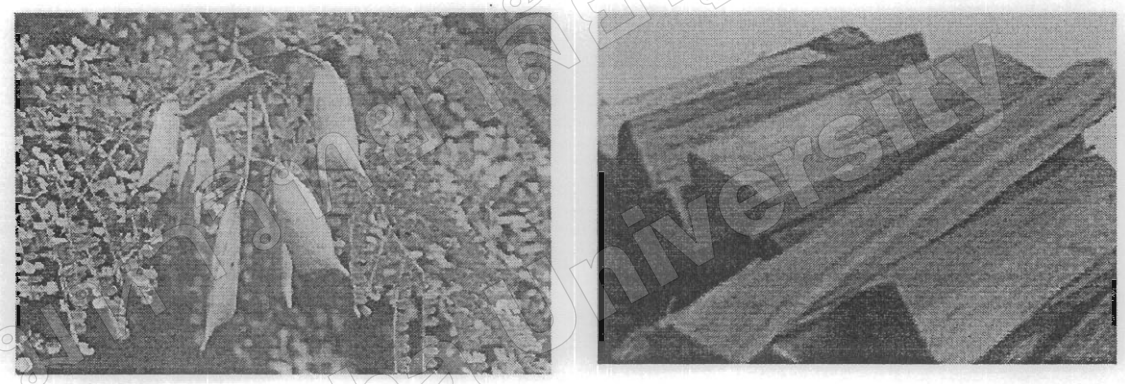
การใช้ประโยชน์

แก่น มีสารสีชมพูส้มถึงแดง (ขึ้นกับปริมาณ) ชื่อ Brazilin แก่นฝางมีรสขื่นขมฝาด ใช้ต้มน้ำกินเป็นยาบำรุงโลหิตสตรี ขับหนอง ขับเสมหะ ทำโลหิตให้เย็น แก้โรคหืด แพทย์ชนบทใช้ต้มน้ำกินแก้อาการท้องร่วง ร้อนใน แก้โลหิตออกทางทวารหนักและทวารเบา

เนื้อไม้ ใช้แก้ท้องเสีย แก้บิด ทำให้ประจำเดือนมาเป็นปกติ แก้ไข้ รักษาโรคทั่วไป นอกจากนี้ส่วนเปลือก ลำต้นและเนื้อไม้ฝางสามารถใช้ต้มรับประทานรักษาวัณโรค ท้องเสียและอาการอักเสบในลำไส้เป็นยาฝาดสมานและรักษาแผล

จากข้อมูลรายงาน มีการใช้ประโยชน์ในการนำแก่นฝางมาทำสีย้อมโดยทั่วไปสีที่ได้จากแก่นฝางจะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับสารประกอบโลหะออกไซด์ได้ดี เช่น อลูมิเนียม หรือเหล็ก เช่น ในการย้อมสีมอร์แดนท์ ในการย้อมสีธรรมชาติ เป็นต้น ทั้งนี้ในแก่นฝางมีสารให้สีชมพูส้มถึงแดง เรียกว่า Sappanin ซึ่งเป็นสารสีประเภท Brazilin ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงโคโมฟอร์เมื่อค่า pH เปลี่ยนแปลงสาร Brazilin ในแก่นฝาง เมื่อผ่านการต้มสาร Brazilin จะเปลี่ยนเป็นสาร Brazilein ซึ่งมีสีแดง ซึ่งในสมัยก่อนใช้ทำสีในการย้อมสีผ้าไหม ผ้าฝ้ายและผ้าขนสัตว์ แต่งสีขนม สีผสมอาหารและใช้ทำน้ำยาอุทัยผสมน้ำดื่ม สำหรับฝางที่มีแก่นสีแดงเข้ม ส่วนฝางที่แก่นเป็นสีเหลือง เรียกว่า ฝางส้ม นำมาต้มสกัดสาร Haematoxylin ใช้ย้อมสี Nuclei ของเซลล์ สำหรับ

คุณสมบัติทางยาของเนื้อไม้และเปลือกไม้ฝางเกิดจากกลุ่มของสารฟีนอล (Phenol) ที่มีชื่อเรียกว่า โฮโมไอโซฟลาเวอร์นอยด์ (Homoisoflavonoids) ส่วนลำต้นและใบ มีสารอัลคาลอยด์ (Alkaloid) และฟายโตสเตอร์รอล (Phytosterol) อยู่ในปริมาณมากและผลการทดลองของสาร Brazilin ที่สกัดได้จากไม้แก่นฝางมีฤทธิ์ระงับการอักเสบได้ดี การที่แก่นฝางมีสารระงับการอักเสบนี้อยู่จึงทำให้มีผลระงับอาการหอบหืดและระงับเชื้อโรคได้ โดยการนำพืชที่มีสาร Brazilin มาแช่ในแอลกอฮอล์จะทำให้ได้น้ำยาสกัดแอลกอฮอล์ที่มีสาร Brazilin ละลายอยู่ น้ำยานี้สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดไข้สูง โรคท้องร่วงระบาด เชื้อ *Staphylococcus* ได้ และการศึกษาทางด้านฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของฝาง นอกจากต้านเชื้อแบคทีเรียแล้ว ยังสามารถต้านเชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย ไวรัส ยีสต์ ลดการอักเสบ ยับยั้งเนื้องอก กระตุ้นภูมิคุ้มกัน และยั้บยั้งการแพ้ได้ด้วย (ศิวพันธุ์ รัตนปฏิพันธ์, 2552)



(ก) (ข)

ภาพที่ 2-2 (ก) ผลฝาง (ข) แก่นฝาง (ไทยเกษตรศาสตร์, 2554)

ผลการศึกษาวิจัยพบว่าฝางเป็นสมุนไพรที่มีฤทธิ์ต้านจุลชีพและมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค พบว่ามีสารสำคัญอยู่ 2 ชนิดคือ Brazilin และ Haematoxylin ซึ่งในการศึกษานี้เป็นการประเมินผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลชีพชนิดต่าง ๆ ของสารสกัดของฝาง โดยทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโต (MIC) ของ *Caesalpinia sappan* L., Brazilin และ Haematoxylin ต่อเชื้อ 4 ชนิด ได้แก่ *S.aureus* ATCC 6538, *E.coli* ATCC 2592, *S.typhimurium* ATCC 13311 ซึ่งได้ค่า MIC ดังนี้ 125, 250, 250 และ 250, 500, 1000 และ 62.5, 125, 250 ตามลำดับ สำหรับ *C.albicans* ATCC 10231 ไม่สามารถสังเกตผลได้ และได้นำผลการทดลองไปประยุกต์ใช้กันเสียในน้ำพริกโดยใช้สารสกัดของฝางในปริมาณที่แตกต่างกันและตรวจสอบฤทธิ์กันเสียด้วยวิธีทางจุลชีววิทยาทุก 1 เดือนเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าสารสกัดของฝางสามารถลดปริมาณของเชื้อได้

อย่างมีประสิทธิภาพ และได้ทำการวิเคราะห์หาส่วนประกอบและปริมาณของสารที่สำคัญของสารสกัดของฝางโดยวิธี Thin Layer Chormatography (TLC) และ Spectrophotometry พบสาร Brazilin แต่ไม่สามารถตรวจพบ Haematoxylin ได้เนื่องมาจากอาจมีปริมาณที่ต่ำเกินไป สรุปได้ว่าฝางสามารถใช้เป็นสารกันเสียอย่างมีประสิทธิภาพ (นฤพร สุทธิสวัสดิ์ และศุทธินี ธไนศวรรยางค์กูร, 2549.)

1.2 หมามุ่ย (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราธานี, 2553)

ชื่อวงศ์: Papilionaceae

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Mucuna pruriens* (Linn.) DC.

ชื่อสามัญ: Cowhage

ชื่ออื่น: บะเหยือง หมาเหยือง โพล่ยู กลออื้อแซ

ภาพที่ 2-3 ดอกหมามุ่ย (สวนรังค์ว่าน, 2554)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ต้น: ไม้ล้มลุกทอดเลื้อย ยาว 3-10 เมตร

ใบ: ใบเป็นใบประกอบ มีใบย่อย 3 ใบ รูปไข่แกมสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน กว้าง 3 -10 เซนติเมตร ยาว 5-15 เซนติเมตร ใบกลางมีขนาดใหญ่ที่สุด แผ่นใบมีขนสีเทาคลุมทั้งสองด้าน

ดอก: ดอกสีม่วงคล้ำ กลิ่นเหม็นเอียน ออกเป็นช่อที่ซอกใบ ยาว 15 -30 เซนติเมตร ช่อดอกจะย้อยลง ดอกย่อยมีจำนวนมาก ขนาดกว้าง 1-2 เซนติเมตร ยาว 2-4 เซนติเมตร กลีบรองดอกเป็นถ้วยสีน้ำตาล มีขนคล้ายเส้นไหมปกคลุม กลีบดอกคล้ายดอกถั่ว เกสรผู้ 10 อัน ดังแสดงภาพที่ 2-3

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ผล: ผลเป็นฝักโค้ง กว้าง 0.8-1 เซนติเมตร ยาว 5-9 เซนติเมตร หนาประมาณ 5 มิลลิเมตร มีขนแข็งและสั้นสีน้ำตาลอมแดง ซึ่งหลุดร่วงง่ายและเป็นพิษเมล็ดสีน้ำตาลแดงเข้ม 4-7 เมล็ด ดังแสดงภาพที่ 2-4

องค์ประกอบทางเคมี: จากการศึกษาพบสารเป็นองค์ประกอบในเมล็ดหมามุ่ยพบสาร L-DOPA (L-3,4-dihydroxyphenyl alanine) ประมาณ 7-10% ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่พบมากที่สุด ประมาณ 50% ของกรดอะมิโนทั้งหมดในเมล็ดสารกลุ่มอัลคาลอยด์ที่พบหลายชนิด เช่น mucunine, mucunadine prurienine, prurieninine, prurienidine รวมทั้งอัลคาลอยด์กลุ่ม isoquinoline อีกหลายชนิด สารอื่น ๆ ที่พบ เช่น vernolic acid, gallic acid. tryptamine, lkylamines, steroids, flavonoids, coumarins, cardenolide

การใช้ประโยชน์

การศึกษาทางเภสัชวิทยา สารสกัดทั้งต้นมีฤทธิ์กระตุ้นในการสร้างและการเคลื่อนไหวของตัวอสุจิ ช่วยให้ผู้ที่มีตัวอสุจิน้อยมีโอกาสมีลูกได้มากขึ้น น้ำต้มมีฤทธิ์ลดการอักเสบของต่อมลูกหมากในคน สาร L-DOPA ที่พบในรากและเมล็ด ใช้ในการรักษาโรคพาร์กินสัน มีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดในสัตว์ทดลอง เอนไซม์ Phenol oxidase ที่พบ สามารถนำมาใช้เตรียมอนุพันธ์ของสาร Phenolic steroid ป้อนหนูแรทเพศผู้ด้วยสารสกัดเอธานอลเมล็ดหมามุ่ยที่ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ของน้ำหนักตัว วันละครั้ง เป็นเวลา 21-45 วัน สามารถเพิ่มสมรรถภาพทางเพศของหนูได้ กล่าวคือมีผลทำให้พฤติกรรมทางเพศของหนูเปลี่ยนไป โดยมีพฤติกรรมการจับคู่และการขึ้นคร่อมตัวเมียถี่ขึ้น และมีระยะเวลาในการเริ่มสอดใส่อวัยวะเพศครั้งแรกจนหลั่งน้ำเชื้อเพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อนำผงบดของเมล็ดหมามุ่ยมาทดลองในหนูแรทเพศเมีย กลับมีผลทำให้พฤติกรรมทางเพศมีแนวโน้มลดลง กล่าวคือ มีพฤติกรรมการจับคู่กับหนูตัวผู้ลดลง และปฏิเสธการรับการผสมพันธุ์จากหนูตัวผู้ แสดงให้เห็นว่าการรับประทานเมล็ดหมามุ่ยอาจให้ผลแตกต่างในระหว่างเพศชายและหญิง

การศึกษาทางคลินิก ในประเทศอินเดียกับอาสาสมัครเพศชายที่มีภาวะจำนวนสเปิร์มน้อย และสเปิร์มมีการเคลื่อนไหวผิดปกติ โดยให้อาสาสมัครดื่มนมที่ผสมกับผงบดเมล็ดหมามุ่ยขนาด 5 กรัม วันละครั้ง เป็นเวลา 3 เดือน พบว่า ค่าความเข้มข้นของสเปิร์ม และการเคลื่อนไหวของสเปิร์มเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และมีค่าเกือบเทียบเท่ากับอาสาสมัครที่มีสุขภาพดี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมล็ดหมามุ่ยมีประสิทธิภาพในการช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำเชื้อให้ดีขึ้น

การศึกษาทางพิษวิทยา ขนจากฝัก ทำให้เกิดอาการระคายเคืองอย่างแรง ทำให้คันเป็นผื่นแดง ปวดและบวม เมล็ดหมามุ่ยจะมีสาร L-DOPA อยู่ปริมาณสูง ซึ่งถูกนำมาผลิตเพื่อการค้าในการรักษาโรคพาร์กินสัน สาร L-DOPA นี้เป็นสารตั้งต้นของสารสื่อประสาท Dopamine ซึ่งมีผล

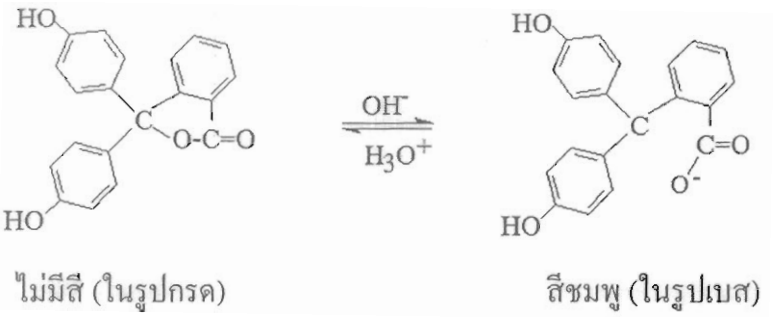
ต่อสมองส่วนต่าง ๆ ในหลายเส้นทาง โดยเฉพาะการควบคุมการเคลื่อนไหว และยังมีผลทำให้ความดันโลหิตต่ำลง การรับประทานในปริมาณที่มากอาจมีผลเสียต่อร่างกาย ดังนั้นจึงไม่ควรเก็บหมามุ่ยมารับประทานเอง จนกว่าจะได้รับการยืนยันถึงสายพันธุ์ที่ใช้ทดสอบ และมีการศึกษาถึงความเป็นพิษในคนที่แน่ชัด

ภาพที่ 2-4 ผลหมามุ่ย (สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 จังหวัดอุบลราชธานี, 2555)

2. อินดิเคเตอร์ (สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2549)

2.1 อินดิเคเตอร์กรด-เบส (Acid – base indicator)

อินดิเคเตอร์ คือ สารที่ใช้บอกความเป็นกรด-เบสของสารละลายได้อย่างหนึ่ง สารประกอบที่เปลี่ยนสีได้ที่ pH เฉพาะตัว จะถูกนำมาใช้เป็นอินดิเคเตอร์ได้ เช่น ฟีนอล์ฟทาลีน จะไม่มีสีเมื่ออยู่ในสารละลายกรด และจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู เมื่ออยู่ในสารละลายเบสที่มี pH 8.3 ดังภาพที่ 2-5



ไม่มีสี (ในรูปกรด) สีชมพู (ในรูปเบส)

ภาพที่ 2-5 ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงสีของฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ (สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2549)

อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบสเป็นสารอินทรีย์ อาจเป็นกรดหรือเบสอ่อนซึ่งสามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้ เมื่อ pH ของสารละลายเปลี่ยน

การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์

HIn เป็นสัญลักษณ์ของอินดิเคเตอร์ที่อยู่ในรูปกรด (Acid form)

In^- เป็นสัญลักษณ์ของอินดิเคเตอร์ที่อยู่ในรูปเบส (Basic form)

รูปกรดและรูปเบสมีภาวะสมดุล เขียนแสดงได้ด้วยสมการ ดังนี้

$$HIn\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons H_3O^+\ (aq) + In^-\ (aq) \qquad (1)$$

ไม่มีสี* (รูปกรด) สีชมพู* (รูปเบส)

(* = กรณีเป็นฟีนอล์ฟทาลีน)

$$K_{ind} = \frac{[H_3O^+][In^-]}{[HIn]} \qquad (2)$$

HIn และ In^- มีสีต่างกันและปริมาณต่างกันจึงทำให้สีของสารละลายเปลี่ยนแปลงได้ถ้าปริมาณ HIn มากก็จะมีสีของรูปกรด ถ้ามีปริมาณ In^- มากก็จะมีสีของรูปเบส การที่จะมีปริมาณ HIn หรือ In มากกว่าหรือน้อยกว่านั้นขึ้นอยู่กับปริมาณ H_3O^+ ในสารละลาย ถ้ามี H_3O^+ มากก็จะรวมกับ In^- ได้เป็น HIn ได้มาก แต่ถ้าอยู่ในสารละลายที่มี OH^- มาก OH^- จะทำปฏิกิริยากับ H_3O^+ ทำให้ H_3O^+ ลดลงซึ่งจะมีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าได้ In^- มากขึ้นซึ่งสามารถเขียนอธิบายด้วยสมการดังนี้

เมื่อเติมกรด (H_3O^+) ทำให้ปริมาณ $[H_3O^+]$ ทางขวาของสมการมีมากขึ้นปฏิกิริยาจะเกิดย้อนกลับ (←) ทำให้มี HIn มากขึ้นจึงเห็นเป็นสีของกรด HIn

เมื่อเติมเบส (OH^-) OH^- จะทำปฏิกิริยากับ H_3O^+ ทำให้ H_3O^+ น้อยลงปฏิกิริยาจะไปข้างหน้ามากขึ้น (→) ทำให้มี In^- มากขึ้นจึงเห็นเป็นสีเบสของ In^-

ถ้า [HIn] มากกว่า $[In^-]$ 10 เท่าขึ้นไป จะเห็นเป็นสีของรูปกรด (HIn)

ถ้า $[In^-]$ มากกว่า [HIn] 10 เท่าขึ้นไป จะเห็นเป็นสีของรูปเบส (In^-)

[HIn] จะมากหรือน้อยกว่า $[In^-]$ ขึ้นอยู่กับ pH ของสารละลาย (หรือปริมาณของ H_3O^+ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว)

ช่วง pH ที่อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสีจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งสารละลายจะมีสีผสมระหว่างรูปกรดและรูปเบส เรียกว่า ช่วง pH ของอินดิเคเตอร์ (pH range หรือ pH interval)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ช่วง pH ของอินดิเคเตอร์หาได้จากค่า K_{ind}ของอินดิเคเตอร์ดังนี้

$$HIn\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons H_3O^+\ (aq) + In^-\ (aq)$$

$$K_{ind} = \frac{[H_3O^+][In^-]}{[HIn]}$$

$$[H_3O^+] = K_{ind}\ \frac{[HIn]}{[In^-]}$$

$$-\log [H_3O^+] = -\log K_{ind} - \log \frac{[HIn]}{[In^-]}$$

$$pH = pK_{ind} - \log \frac{[HIn]}{[In^-]}$$

จะเริ่มเห็นสีของรูปกรดเมื่อ $\frac{[HIn]}{[In^-]} \geq 10$

$$pH = pK_{ind} - \log 10$$

$$pH = pK_{ind} - 1$$

จะเริ่มเห็นสีของรูปเบสเมื่อ $\frac{[HIn]}{[In^-]} \leq \frac{1}{10}$

$$pH = pK_{ind} - \log \frac{1}{10}$$

$$pH = pK_{ind} + 1$$

นั่นคือ ช่วง pH ของอินดิเคเตอร์ = $pK_{ind} \pm 1$

หมายความว่า สีของอินดิเคเตอร์จะเริ่มเปลี่ยนแปลงเมื่อ pH = $pK_{ind} \pm 1$ ซึ่งเป็นค่าโดยประมาณ แต่ถ้า [HIn] มากกว่าหรือน้อยกว่า [In^-] 10 เท่าขึ้นไปอาจถึง 100 เท่า ช่วง pH ของอินดิเคเตอร์ก็จะเปลี่ยนไป ช่วง pH ของอินดิเคเตอร์ที่ถูกต้องจริง ๆ ของแต่ละอินดิเคเตอร์หาได้จากการทดลอง

ตัวอย่างเช่น เมทิลเรด มีช่วง pH 4.4 - 6.2 หมายความว่า สารละลายที่หยดเมทิลเรดลงไปจะเปลี่ยนสีจากรูปกรด (แดง) ไปเป็นรูปเบส (เหลือง) ในช่วง pH ตั้งแต่ 4.4 - 6.2 นั่นคือ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

pH < 4.4 จะให้สีแดง (รูปกรด)

pH อยู่ระหว่าง 4.4 - 6.2 จะให้สีผสมระหว่างสีแดงกับเหลือง คือ สีส้ม

pH > 6.2 จะให้สีเหลือง (รูปเบส)

สีของอินดิเคเตอร์แต่ละชนิดจะเปลี่ยนในช่วง pH ที่ต่างกันซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์และช่วง pH (สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2549)

อินดิเคเตอร์	ช่วง pH ของการเปลี่ยนสี	การเปลี่ยนสี
Cresored	0.2 - 1.8	แดง - เหลือง
Thymol blue	1.2 - 2.8	แดง - เหลือง
Methyl yellow	2.4 - 4.0	แดง - เหลือง
Methyl orange	3.1 - 4.4	แดง - เหลือง
Bromophenol blue	3.0 - 4.6	เหลือง - น้ำเงิน
Bromocresol green	3.8 - 5.4	เหลือง - น้ำเงิน
Methyl red	4.4 - 6.2	ชมพู - เหลือง
Bromocresol purple	5.2 - 6.8	เหลือง - ม่วง
Azolitmin (litmus)	5.0 - 8.0	แดง - น้ำเงิน
Bromothymol blue	6.0 - 7.6	เหลือง - น้ำเงิน
Phenol red	6.8 - 8.4	เหลือง - แดง
Cresol red	7.2 - 8.8	เหลือง - แดง
Thymolblue	8.0 - 9.6	เหลือง - น้ำเงิน
Phenolphthalein	8.3 - 10.0	ไม่มีสี - ชมพู
Thymolphthalein	9.0 - 10.5	ไม่มีสี - น้ำเงิน
Alizarin yellow	10.1 - 12.0	เหลือง - แดง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

อินดิเคเตอร์ชนิดหนึ่ง ๆ จะใช้หาค่า pH ของสารละลายได้อย่างคร่าว ๆ เท่านั้น เช่น เมื่อนำสารละลายมาเติมเมทิลออเรนจ์ลงไป (ช่วง pH ของเมทิลออเรนจ์เท่ากับ 3.0 - 4.4 และสีที่เปลี่ยนอยู่ในช่วงสีแดง ⟶ เหลือง) ถ้าสารละลายมีสีเหลืองหลังจากหยดเมทิลออเรนจ์ แสดงว่าสารละลายนี้มี pH ตั้งแต่ 4.4 ขึ้นไป ซึ่งอาจเป็นกรด กลางหรือเบสก็ได้ ดังนั้นการหาค่า pH ของสารละลาย หนึ่ง ๆ อาจจะต้องใช้อินดิเคเตอร์หลาย ๆ ตัวแล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ pH ของสารละลายร่วมกัน

2.2 อินดิเคเตอร์จากพืชธรรมชาติ (Natural indicator) (ชญานาถ ซ้อนพิมาย, 2550)

นอกจากอินดิเคเตอร์กรด-เบส ที่เป็นสารอินทรีย์ แล้ว ในธรรมชาติยังมีสารหลายชนิดที่มีสมบัติเหมาะสมที่จะใช้เป็นอินดิเคเตอร์ได้ กล่าวคือ มีสีต่างกันที่ pH ต่างกัน สารเหล่านี้พบในดอกไม้ ผลไม้ ผัก หรือรากไม้บางชนิด เช่น ในกะหล่ำปลีสีม่วง ซึ่งจากการทดลองสกัดสารจากกะหล่ำปลีสีม่วง ซึ่งเมื่อนำมาทดสอบในสารละลายที่เป็นกรดจะได้สีแดง แต่เมื่อเติมเบสลงไปจะมีสีหลายสี ได้แก่ เขียว น้ำเงิน เหลือง จนถึงสีน้ำเงินในที่สุด แสดงว่าอินดิเคเตอร์ที่สกัดได้จากกะหล่ำปลีสีม่วงจะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีน้ำเงินในสภาวะกรดไปเป็นสภาวะเบส ยังมีงานศึกษาเกี่ยวกับอินดิเคเตอร์จากดอกกุหลาบสีแดง โดยเมื่อนำมาละลายในแอลกอฮอล์และอีเทอร์ที่อัตราส่วน 1 ต่อ 1 จะให้สารละลายซึ่งเป็นอินดิเคเตอร์จากธรรมชาติ เมื่อนำสารละลายนี้มาหยดในสารละลายที่มี pH 1, 3, 7, 9 และ 11 ปริมาณเล็กน้อย พบว่าให้สารละลายสีแดง ส้ม น้ำตาล และเขียว ตามลำดับ โดยที่อินดิเคเตอร์นี้จะเปลี่ยนสีในช่วง pH 2 ช่วง คือ 5-7 (แดง-น้ำตาล) และ 8-10 (น้ำตาล-เขียว) นอกจากนี้ยังมีข้อมูลที่มีการศึกษาสารสกัดจากพืชธรรมชาติที่มีคุณสมบัติสามารถใช้เป็นอินดิเคเตอร์ทดสอบกรด-เบสได้ ดังข้อมูลในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 การเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์จากพืชธรรมชาติที่สกัดด้วยสารที่ใช้สกัดแตกต่างกัน (สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2549)

ชนิดพืช	สารที่ใช้สกัด	ช่วง pH ที่เปลี่ยนสี	สีที่เปลี่ยน
อัญชัน	น้ำ	1-3	แดง - ม่วง
ดาวเรือง	แอลกอฮอล์	2-3	ไม่มีสี - เหลืองอ่อน
	น้ำ	9-10	ไม่มีสี - เหลือง
		11-12	เหลือง - เหลืองน้ำตาล
แคแดง	น้ำ	4-5	บานเย็น - แดง
		6-7	แดง - เขียว

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ชนิดพืช	สารที่ใช้สกัด	ช่วง pH ที่เปลี่ยนสี	สีที่เปลี่ยน
หางนกยูง	น้ำ	3-4	ส้ม – เหลือง
		7-8	เหลือง - เขียว
		10-11	เขียว - เหลือง
	แอลกอฮอล์	2-3	ชมพู – ส้ม
		10-11	ส้ม – เหลือง
คริสต์มาส	แอลกอฮอล์+อีเทอร์	6-7	แดง – ชมพู
	น้ำ	5-6	ชมพู - เขียวอ่อน
		8-9	เขียว - เขียวน้ำตาล
เข็มแดง	น้ำ	6-7	แดง - เหลือง
		7-8	เหลือง - เขียว
	แอลกอฮอล์	5-6	ชมพู - เหลือง
		6-7	เหลือง - เขียว
บานไม่รู้โรย	น้ำ	8-9	แดง - ม่วง
		10-12	ม่วง - น้ำเงิน
	แอลกอฮอล์	10-11	ไม่มีสี - เหลือง
แวนด้า	แอลกอฮอล์	3-4	ชมพู - ม่วง
		9-10	ม่วง - เขียว
		12-13	เขียว - เหลือง
	น้ำ	6-7	แดง - เขียว
สารภี	แอลกอฮอล์	11-13	เขียว - เหลือง
	น้ำ	11-13	เขียวอ่อน - เหลือง
		11-12	เหลืองอ่อน - เหลืองเข้ม
ทองกวาว	น้ำ	11-12	เหลือง - น้ำตาลเหลือง
		12-13	น้ำตาลเหลือง-น้ำตาลแดง
	แอลกอฮอล์	11-12	เหลืองเขียว - แดง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การสกัดสารจากพืชจากธรรมชาติเพื่อใช้เป็นอินดิเคเตอร์

ในการสกัดสารจากพืชธรรมชาติเพื่อนำมาใช้เป็นเป็นอินดิเคเตอร์สำหรับการทดสอบกรด-เบสนั้น ประกอบด้วยสารที่เป็นองค์ประกอบหลักซึ่งได้แก่สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ และสารกลุ่มแอนโธไซยานินซึ่งมีงานวิจัยและเอกสารที่ได้ศึกษาวิธีการการสกัดได้แก่

สารสกัดจากดอกไม้สด ได้แก่ ดอกโพทะเล, ดอกยี่โถ, ดอกแววตาและดอกทานตะวัน มาล้างให้สะอาดด้วยน้ำกลั่นหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วบดให้ละเอียด ชั่ง 1 กรัมของน้ำหนักดอกสด แช่ทิ้งไว้ในเอธานอลเข้มข้นร้อยละ 90 โดยปริมาตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นกรองสารสกัดและเก็บสารสกัดในภาชนะให้มิดชิดและห่างจากแสงแดด (Patil et al., 2009)

การใช้สารสกัดจากใบกระโดนสดมาล้างให้สะอาดผึ่งให้แห้งหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วชั่งน้ำหนักจำนวน 10 กรัม แช่ในเมธานอลปริมาตร 50 มิลลิลิตร นาน 30 นาที จากนั้นกรองเอาสารสกัดเก็บในภาชนะที่มิดชิดห่างจากแสงแดด (Wadkar, Magdum, & Kondawar, 2008)

วิธีการสกัดสารจากผลก้างปลาเครือโดยใช้ผลที่ปราศจากเมล็ดหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ชั่งน้ำหนัก 50 กรัม แช่ในสารผสมระหว่างเอธานอลต่อกรดไฮโดรคลอริกเจือจางอัตราส่วน 9 ต่อ 1 นาน 30 นาที จากนั้นกรองเอาสารสกัดไว้ใช้เป็นอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบส (Patil & Jadhav, 2012)

การใช้สารสกัดจากผลหม่อนโดยนำผลหม่อนมาล้างให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วบดให้แหลก ชั่งน้ำหนัก 100 กรัม สกัดด้วยสารผสมระหว่างกรดไฮโดรคลอริกเจือจางต่อเมธานอล อัตราส่วน 1 ต่อ 9 นาน 45 นาที จากนั้นกรองสารสกัดและเก็บสารสกัดในภาชนะให้มิดชิดและห่างจากแสงแดด (Pathade, Patil, Kondawar, Naikwade, & Magdum, 2009)

การใช้สารสกัดจากดอกงิ้วจากธรรมชาติ เป็นอินดิเคเตอร์โดยดอกงิ้วสดมาผึ่งให้แห้งจากนั่นทำการป่นเป็นผง สกัดด้วยสารผสมระหว่างเมธานอลกับกรดไฮโดรคลอริก จากนั้นกรองสารสกัดและเก็บสารสกัดในภาชนะให้มิดชิดและห่างจากแสงแดด (Patrakar, Deshpande, Walsangikar, Niranjane, & Gadgul, 2010)

การสกัดสารจากสมุนไพรแห้งส่วนดอกและเกสรของต้นคำฝอย ส่วนใบและต้นของกัญชาเทศหรือเอื้ยะบ่อเช่า ส่วนแก่นของฝาง ส่วนเหง้าของโกฐหัวบัว และส่วนรากของว่านสาก นำมาบดให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบดชนิดใบมีดและชั่งหาน้ำหนักแห้งสกัดโดยวิธีการหมักด้วยเอธานอลเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตรเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการแยกส่วนสารสกัดเอธานอลออกจากสมุนไพรและทำการสกัดโดยการหมักซ้ำอีก 2 ครั้ง สารสกัดเอธานอลที่ได้จากการหมักทั้ง 3 ครั้งนำมาทำให้แห้งด้วยเครื่องทำให้แห้งแบบหมุน (Rotary evaporator) ทำการชั่งน้ำหนักสารสกัดแห้งที่ได้ เพื่อนำไปหาร้อยละของผลผลิต (ใจนุช กาญจนภู และคณะ 2011)

การสกัดสมุนไพรด้วยเมธานอลเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร นำสมุนไพรแห้งที่บดเป็นผงได้แก่ บอระเพ็ด ขลู่ มะปราง มะกรูด พริกไทยดำ เหงือกปลาหมอ ฟ้าทะลายโจร แก่นฝางขมิ้นชัน และมังคุด ชนิดละ 25 กรัมกับเมธานอลเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร ปริมาตร 85 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 72 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำสารละลายที่กรองได้ไประเหยเอาตัวทำละลายออกที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ละลายสารสกัดที่ได้ด้วย Dimethyl sulfoxide (DMSO) จากนั้นกรองด้วย Millipore filter ขนาด 0.2 ไมโครเมตร เก็บสารไว้ให้มิดชิด (พจมาน ผู้มีสัตย์, ชุลีพร ออมสิน, ทัศนีย์ ศรีวิเชียร, ประภาพร ยวงสาย และรุ่งตะวัน ส่องแสง, 2551)

วิธีสกัดสมุนไพรเพื่อใช้ในงานเครื่องสำอาง โดยใช้สารสกัดดอกอัญชันมีวิธีการสกัดดอกอัญชันแห้ง 1 ส่วนน้ำ 8 ส่วนและโพรพิลีนไกคอล 8 ส่วน นำทั้งหมดผสมกันแล้วนำมาต้มให้เดือดประมาณ 20 นาทีแล้วปล่อยไว้ให้เย็นแล้วกรองด้วยผ้ากรองละเอียดแล้วตั้งทิ้งไว้จนตกตะกอนแล้วจึงนำส่วนใสมาใช้งาน ในกรณีเตรียมสารสกัดดอกอัญชันจากดอกสด โดยการนำเอาดอกอัญชันสด มาล้างทำความสะอาด ชั่งดอกอัญชันสด 1 กิโลกรัม ใส่ลงในเครื่องปั่นจากนั้นเติมโพรพิลีนไกลคอล 2 กิโลกรัม (ประมาณ 2 ลิตร) ลงไป ทำการปั่นให้ละเอียด เทของผสมหลังการปั่นละเอียดออกมา จากนั้นเติมน้ำ 1 กิโลกรัม (ประมาณ 1 ลิตร) ลงในของผสมดังกล่าว แล้วปิดฝาภาชนะให้สนิทตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3 เดือน จากนั้นจึงกรองเอาส่วนน้ำใสๆ มาใช้งาน (หมู่บ้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขนิดา ญาณถวิล และอนุลักษณ์ ไชยบุตร (2552) ทำการสกัดดอกไม้ ผัก และผลไม้บางชนิดด้วยน้ำและเอธานอลที่เข้มข้นร้อยละ 90 พบว่า ดอกอัญชัน ดอกกุหลาบ ดอกเฟื่องฟ้า ดอกพุทธรักษา และกะหล่ำปลีม่วง มีสมบัติเป็นอินดิเคเตอร์สามารถเปลี่ยนสีอย่างชัดเจนในแต่ละช่วง pH และได้ทำการศึกษาเฉพาะสารละลายสกัดด้วยน้ำของดอกอัญชันและกะหล่ำปลีม่วง ซึ่งพบว่ามีศักยภาพเป็นอินดิเคเตอร์สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณในการไทเทรตกรดแก่-เบสแก่ การไทเทรตกรดแก่-เบสอ่อน และการไทเทรตเบสแก่-กรดอ่อน แต่ไม่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรดอ่อน-เบสอ่อน ในการศึกษาการเก็บอินดิเคเตอร์ดอกอัญชันแห้ง, กะหล่ำปลีม่วงแห้งและสารสกัดน้ำอัญชันเก็บที่อุณหภูมิห้องและไม่ถูกแสง เป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่ามีความคงตัวของสีดีและยังคงใช้เป็นอินดิเคเตอร์สำหรับการไทเทรตกรด-เบสได้ดี ดังนั้นอินดิเคเตอร์จากดอกอัญชันและกะหล่ำปลีสีม่วงจึงมีศักยภาพสูงสำหรับการไทเทรตกรด-เบส สามารถใช้แทนอินดิเคเตอร์สังเคราะห์ได้ นอกจากนี้ยังมีความปลอดภัยสูงกว่า ราคาถูก และเป็นการลดการใช้สารเคมีอีกด้วย

Wadkar et al. (2008) ศึกษาสารสกัดจากใบกระโดนเพื่อใช้สำหรับเป็นอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบส โดยการนำใบกระโดนสดมาล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาดและผึ่งให้แห้งจากนั้นหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ชั่งใบกระโดนที่หั่นมา 10 กรัม แช่ในเมธานอลปริมาตร 50 มิลลิลิตรนาน 30 นาที แล้วกรองจะได้สารสกัดจากใบกระโดน มีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาลแดง ช่วง pH 6.0 – 8.0 จากนั้นทดสอบความเป็นอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบส โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร, สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร, สารละลายกรดแอซิติกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร และสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร สำหรับ กรดแก่, เบสแก่, กรดอ่อน และเบสอ่อนตามลำดับ แล้วทำการไทเทรตกรดแก่-เบสแก่, ไทเทรตกรดแก่ -เบสอ่อน, ไทเทรตกรดอ่อน-เบสแก่ และไทเทรตกรดอ่อน-เบสอ่อน ด้วยอินดิเคเตอร์จากสารสกัดใบกระโดนเปรียบเทียบกับอินเดเตอร์มาตรฐานคือฟีนอล์ฟทาลีน ได้ผลการทดลองสกัดทุกชนิดสารสามารถเป็นอินดิเคเตอร์สำหรับใช้ในการไทเทรตกรด-เบสได้ไม่แตกต่างอินดิเคเตอร์มาตรฐาน กับยกเว้นการไทเทรตกรดอ่อน-เบสอ่อน

Patil et al. (2009) ได้ศึกษาการใช้สารสกัดจากดอกไม้สำหรับเป็นอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบส ดอกไม้ที่ศึกษาได้แก่ ดอกโพทะเล, ดอกยี่โถ, ดอกแววตา และดอกทานตะวัน นำดอกไม้สดมาล้างให้สะอาดแล้วหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ชั่งน้ำหนักดอกไม้สดที่หั่นแล้ว 1 กรัม แช่ในเอธานอลที่เข้มข้นร้อยละ 90 นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นกรองเอาสารสกัดที่ได้เก็บในภาชนะที่มิดชิด ทำการศึกษาการเปลี่ยนสีด้วยสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ช่วง pH 5.8-8.0 นำสารสกัดมาทำการตรวจสอบเอกลักษณ์ของสารประกอบสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ด้วยการทดสอบการเปลี่ยนสีในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์, กรดซัลฟิวริกเข้มข้นและทดสอบการเกิดสีในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นที่มีโลหะแมกนีเซียมอยู่ด้วย และนำสารสกัดมาหาค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ได้ผลการทดลองคือดอกโพทะเลมีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีชมพูเป็นสีเหลืองช่วง pH 7.4-7.8 ความยาวคลื่นสูงสุดที่ดูดกลืนในช่วงยูวีและวิสิเบิล คือ 275 และ 521 นาโนเมตร ตามลำดับและมีสารกลุ่ม Leucoanthocyanins เป็นองค์ประกอบ ดอกยี่โถมีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีชมพูเป็นใสไม่มีสีช่วง pH 7.0 - 8.6 และเปลี่ยนแปลงสีจากเหลืองใสเป็นสีเขียว ช่วง pH 8.8 - 9.0 ความยาวคลื่นสูงสุดที่ดูดกลืนในช่วงยูวีและวิสิเบิล คือ 329 และ 521 นาโนเมตรตามลำดับ และมีสารกลุ่ม Flavones เป็นองค์ประกอบ ดอกแววตามีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีชมพูเป็นสีเขียวที่ pH 10 โดยสารสกัดที่ได้มีการแบ่งชั้นเป็นสองส่วน คือ สารสกัดส่วนบนความยาวคลื่นสูงสุดที่ดูดกลืนในช่วงยูวีและวิสิเบิล คือ 287 และ 513 นาโนเมตร ตามลำดับ และมีสารกลุ่ม Anthocynins เป็นองค์ประกอบ ส่วนสารสกัดส่วนล่าง มีความยาวคลื่นสูงสุดที่ดูดกลืนในช่วงยูวีและวิสิเบิล คือ 260 และ 518 นาโนเมตร ตามลำดับ และมีสารกลุ่ม Flavones เป็นองค์ประกอบ ดอกทานตะวัน มีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีฟ้า

เป็นสีเหลืองช่วง pH 6.6-7.0 ความยาวคลื่นสูงสุดที่ดูดกลืนในช่วงวิสิเบิลคือ 524.6 นาโนเมตรและมีสารกลุ่ม Isoflavones เป็นองค์ประกอบโดยสารสกัดทุกชนิดสารสามารถเป็นอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบสได้ยกเว้นการไทเทรตกรดอ่อน-เบสอ่อน

Pathade et al. (2009) ได้ใช้สารสกัดจากผลหม่อนสำหรับเป็นอินดิเคเตอร์ตรวจสอบกรด-เบส โดยนำผลหม่อน 100 กรัม มาสกัดด้วยสารผสมระหว่างเมธานอลต่อกรดไฮโดรคลอริกอัตราส่วน 9 ต่อ 1 นาน 45 นาที ทำการไทเทรตเปรียบเทียบกับอินดิเคเตอร์มาตรฐาน คือเมทิลเรดและฟีนอล์ฟทาลีน ใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร, สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร, สารละลายกรดแอซิติกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตรและสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตรเป็นสารสำหรับทำการไทเทรตกรดแก่ -เบสแก่, การไทเทรตกรดอ่อน-เบสแก่, การไทเทรตกรดแก่-เบสอ่อน และการไทเทรตกรดอ่อน-เบสอ่อน โดยสารละลายเปลี่ยนสีช่วง pH 5.5 – 8.5 จากสีน้ำเงินเป็นสีชมพู ทำการทดลองซ้ำที่ความเข้มข้นของสาร เป็น 0.5 และ 1 โมลต่อลิตร ได้ผลการทดลองสารสกัดจากผลหม่อนสามารถเป็นอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบสได้ไม่แตกต่างอินดิเคเตอร์มาตรฐาน สามารถเอาสารสกัดจากผลหม่อนไปเป็นอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบสได้เป็นอย่างดี

Patrakar et al. (2010) ได้ใช้สารสกัดจากดอกงิ้วเป็นอินดิเคเตอร์ธรรมชาติในการไทเทรตกรด-เบส โดยการนำดอกงิ้วมาล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาดจากนั้นหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ และผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องแล้วบดให้เป็นผงด้วยเครื่องบด ทำการสกัดโดยการในสารผสมระหว่างเมธานอลกับกรดไฮโดรคลอริกแล้วกรองจะได้สารสกัดจากดอกงิ้ว ซึ่งสารสกัดมีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีเขียวเป็นไม่มีสี ช่วง pH 9.41-4.16 จากนั้นทดสอบความเป็นอินดิเคเตอร์ในการกรด-เบสโดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร, สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร, สารละลายกรดออกซาลิกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตรและสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ใช้สำหรับทำการไทเทรตกรดแก่-เบสแก่, การไทเทรตกรดแก่-เบสอ่อน, การไทเทรตกรดอ่อน-เบสแก่ และการไทเทรตกรดอ่อน-เบสอ่อน ใช้อินดิเคเตอร์จากสารสกัดดอกงิ้วเปรียบเทียบกับอินดิเคเตอร์มาตรฐานคือเมทิลเรด, ฟีนอล์ฟทาลีน และอินเคเตอร์ผสมระหว่างเมทิลออร์เรนกับโบโมครีซอลกรีน ทำการทดลองซ้ำที่ความเข้มข้นของสารเป็น 0.5 และ 1.0 โมลต่อลิตร ซึ่งสกัดสารจากดอกงิ้วสามารถเป็นอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบสได้ไม่แตกต่างอินดิเคเตอร์มาตรฐาน

Patrakar, Gond, and Jadge (2010) ได้ใช้สารสกัดจากดอกศรีตรัง เป็นอินดิเคเตอร์ธรรมชาติในการไทเทรตกรด-เบส โดยนำดอกศรีตรังสดมาล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาดจากนั้นหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ และผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องแล้วนำไปบดให้เป็นผง ทำการสกัดสารโดยการนำผงของ

ดอกศรีตรังแช่ในสารผสมระหว่างเมธานอลกับกรดไฮโดรคลอริก แล้วกรองจะได้สารสกัดจากดอกศรีตรัง ซึ่งสารสกัดมีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีเขียวเป็นไม่มีสี ช่วง pH 9.10 – 4.12 จากนั้นทดสอบความเป็นอินดิเคเตอร์ในกรด-เบส โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร, สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร, สารละลายกรดออกซาลิกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตรและสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร สำหรับการไทเทรตกรดแก่-เบสแก่, การไทเทรตกรดแก่-เบสอ่อน, การไทเทรตกรดอ่อน-เบสแก่ และการไทเทรตกรดอ่อน-เบสอ่อน โดยศึกษาการใช้อินดิเคเตอร์จากสารสกัดดอกศรีตรังเปรียบเทียบกับอินเคเตอร์มาตรฐานเมทิลเรด, ฟีนอล์ฟทาลีนและอินเคเตอร์ผสมระหว่างเมทิลออร์เรนกับโบรโมครีซอลกรีน ทำการทดลองซ้ำที่ความเข้มข้นของสารเป็น 0.5 และ1.0 โมลต่อลิตร ได้ผลการทดลองสกัดสารจากดอกศรีตรังสามารถเป็นอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบสได้ดี

Sudarshan, Bothara, Sangeeta, Rodhan, and Naveen (2010) ศึกษาคุณสมบัติทางยาบางประการของอินดิเคเตอร์สำหรับตรวจสอบความเป็นกรด-เบสของอินดิเคเตอร์ธรรมชาติจากดอกไม้ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ดอกยี่โถ (*Nerium oleander* L.), ดอกทองอุไร (*Tecoma stans* Juss.), ดอกรัก (*Calotropis gigantean* R.Br.). ดอกพฤกษ์ (*Albizia lebbeck* Benth.) และ ดอกคูน (*Cassia fistula* Linn.) โดยการนำดอกไม้ทุกชนิดชนิด มาหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ทำการสกัดโดยการแช่ในเอธานอลที่เข้มข้นร้อยละ 90 โดยาโรมาตรจำนวน 25 มิลลิลิตร นาน 2 ชั่วโมง แล้วกรองจะได้สารสกัดจากดอกไม้ทั้ง 5 ชนิด เก็บสารสกัดในภาชนะที่มิดชิดห่างไกลจากแสง จากนั้นทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของสารสกัด ได้แก่ สารประกอบโพลิฟีนอลิก โดยวิธีการเกิดสีในสารละลายเฟอริกคลอไรด์และสารละลายเลดอะซิเตด สารกลุ่มฟาโวลนอยด์ โดยใช้วิธี Shinoda Test และสารแอนโธไซยานิน ทดสอบการเกิดสีในกรดซัลฟิวริกเข้มข้น สารละลายเบส และการเกิดสีกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นที่มีโลหะแมกนีเซียมอยู่ด้วย ผลการทดสอบสามารถตรวจพบและพิสูจน์ได้ว่าสารสกัดจากดอกไม้ทั้ง 5 ชนิด พบสารประกอบโพลิฟีนอลิก สารกลุ่มฟาโวลนอยด์และสารแอนโธไซยานินเป็นองค์ประกอบ และยังได้ศึกษาค่าการดูดกลืนแสงยูวี ของสารสกัดโดยมีค่าความยาวคลื่นสูงสุดที่สารสามารถดูดกลืนได้ที่ 324, 320, 304, 305 และ 304 นาโนเมตรของสารสกัดจากดอกยี่โถ, ดอกทองอุไร, ดอกรัก, ดอกพฤกษ์ และดอกคูนตามลำดับ แล้วทำการไทเทรตกรด-เบส เปรียบเทียบกับอินดิเคเตอร์มาตรฐาน ได้แก่ เมทิลเรด, ฟีนอล์ฟทาลีนและอินดิเคเตอร์ผสมกับอินเคเตอร์จากดอกไม้ทั้ง 5 ชนิดที่สกัดได้ โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร, สารละลายเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1โมลต่อลิตร, สารละลายกรดแอซิติกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตรและสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1โมลต่อลิตร สำหรับใช้เป็นสารทำการไทเทรตกรดแก่-เบสแก่, การไทเทรตกรดอ่อน-เบสแก่, การไทเทรตกรดแก่-เบสอ่อน

และการไทเทรตกรดอ่อน-เบสอ่อน โดยสารละลายมีเปลี่ยนแปลงสีของสารสกัดจากดอกยี่โถ ช่วงค่า pH 13.12 - 2.00 จากสีเหลืองเป็นไม่มีสี สารสกัดจากดอกทองอุไรเปลี่ยนแปลงสีช่วง pH 12.92 - 1.18 จากสีเหลืองเป็นไม่มีสี สำหรับการไทเทรตกรดแก่ - เบสแก่ และไทเทรตกรดแก่-เบสอ่อนและช่วง pH 12.85 – 5.02 จากสีชมพูเป็นไม่มีสี สำหรับการไทเทรตกรดอ่อน-เบสแก่ และไทเทรตกรดอ่อน-เบสอ่อน สารสกัดจากดอกรักเปลี่ยนแปลงสีช่วง pH 12.80 - 8.77 จากสีเหลืองเป็นไม่มีสี สำหรับการไทเทรตกรดแก่-เบสแก่ และไทเทรตกรดแก่-เบสอ่อน และช่วง pH 12.85 - 9.20 จากสีเขียวเป็นไม่มีสี สำหรับการไทเทรตกรดอ่อน-เบสแก่ และไทเทรตกรดอ่อน-เบสอ่อน สารสกัดจากดอกพฤกษ์เปลี่ยนแปลงสีช่วง pH 12.81-2.61 จากสีส้มเป็นไม่มีสีสำหรับการไทเทรตกรดแก่-เบสแก่ ไทเทรตกรดอ่อน-เบสแก่ และไทเทรตกรดอ่อน-เบสอ่อนและช่วง pH 11.11 - 1.58 จากสีเหลืองเป็นไม่มีสี สารสกัดจากดอกคูนเปลี่ยนแปลงสีช่วง pH 12.76 -1.97 จากสีเหลืองใสเป็นไม่มีสี ทำการทดลองซ้ำที่ความเข้มข้นของสารเป็น 0.5 และ 1.0 โมลต่อลิตร ได้ผลการทดลองสารสกัดจากดอกไม้ทั้ง 5 ชนิด สามารถเป็นอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบสได้ไม่แตกต่างจากอินดิเคเตอร์มาตรฐาน

Agrawal et al. (2011) ทำการแยกความเป็นกรด-เบสโดยใช้สารสกัดจากเมล็ดของทับทิม ซึ่งทำการสกัดโดยใช้เมล็ดของผลทับทิม 100 กรัม แช่ในสารผสมระหว่างเมธานอลกับกรดไฮโดรคลอริก อัตราส่วน 9 ต่อ 1 นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นกรองสารสกัดที่ได้เก็บในภาชนะที่มิดชิด จากนั้นทำสารสกัดมาทำการไทเทรตเปรียบเทียบกับอินดิเคเตอร์มาตรฐานเมทิลเรด, ฟีนอล์ฟทาลีนและฟีนอลเรด โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตรสารละลายเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1โมลต่อลิตร สารละลายกรดแอซิติกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตรและสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร เป็นสารสำหรับทำการไทเทรตกรดแก่-เบสแก่, ไทเทรตกรดอ่อน-เบสแก่, การไทเทรตกรดแก่-เบสอ่อน และไทเทรตกรดอ่อน-เบสอ่อน โดยสารละลายเปลี่ยนสีจากสีชมพูเป็นไม่มีสี ทำการทดลองซ้ำที่ความเข้มข้นของสาร เป็น 0.5 และ 1 โมลต่อลิตร โดยสกัดสารจากเมล็ดผลทับทิมสามารถเป็นอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด - เบสได้ไม่แตกต่างจากอินดิเคเตอร์มาตรฐาน

Sudarshan, Bothara, Sangeeta, Patel, and Ughreja (2011) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางยาบางประการของสารอินดิเคเตอร์ ธรรมชาติจากดอกไม้สำหรับตรวจสอบกรด-เบส ซึ่งดอกไม้ที่ศึกษาได้แก่ ดอกหางนกยูงฝรั่งและดอกหางนกยูงไทย โดยการนำดอกหางนกยูงทั้ง 2 ชนิด หั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ทำการสกัดโดยการแช่ในเอธานอลที่เข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตร ปริมาตร 25 มิลลิลิตร นาน 2 ชั่วโมง แล้วกรองจะได้สารสกัดจากดอกหางนกยูงทั้ง 2 ชนิด จากนั้นทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของสารสกัด ได้ทำการทดสอบสารประกอบโพลิฟีนอลิก โดยวิธีการเกิดสีใน

สารละลายเฟอริกคลอไรด์และสารละลายเลดอะซิเตดและทดสอบสารแอนโธไซยานิน โดยศึกษาการเกิดสีในกรดซัลฟิวริกเข้มข้น สารละลายเบส และทดสอบสารกลุ่มฟาโวลนอยด์ โดยการเกิดสีกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นที่มีโลหะแมกนีเซียมอยู่ด้วย สำหรับผลการทดสอบสามารถตรวจพบและพิสูจน์ได้ว่าสารสกัดทั้งสองชนิดพบสารสารประกอบโพลิฟีนอลิก สารกลุ่มฟาโวลนอยด์และสารแอนโธไซยานิน เป็นองค์ประกอบ และยังได้ศึกษาค่าการดูดกลืนแสงช่วงยูวีและวิสิเบิลของสารสกัด โดยมีค่าความยาวคลื่นสูงสุดที่สารสามารถดูดกลืนได้ที่ 319 และ 275 นาโนเมตร ของสารสกัดจากดอกหางนกยูงฝรั่งและดอกหางนกยูงไทย ตามลำดับ จากนั้นศึกษาการแยกองค์ประกอบสารสีในสารสกัดด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟีเพื่อยืนยันเอกลักษณ์ของสารสกัด แล้วทำการไทเทรตเปรียบเทียบกับอินดิเคเตอร์มาตรฐานกับอินเคเตอร์ที่สกัดได้โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร, สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร, สารละลายกรดแอซิติกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร และสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร เป็นสารสำหรับทำการไทเทรตกรดแก่-เบสแก่, การไทเทรตกรดอ่อน-เบสแก่, การไทเทรตกรดแก่-เบสอ่อน และการไทเทรตกรดอ่อน-เบสอ่อน โดยมีการเปลี่ยนแปลงสีของสารสกัดจากดอกหางนกยูงฝรั่งช่วง pH 13.03 - 0.70 จากสีเขียวเป็นไม่มีสีสำหรับการไทเทรตกรดแก่-เบสแก่ และการไทเทรตกรดอ่อน-เบสแก่ และจากสีเขียวเป็นสีชมพูสำหรับการไทเทรตกรดแก่-เบสอ่อน และไทเทรตกรดอ่อน-เบสอ่อนและสารสกัดจากดอกหางนกยูงไทยมีการเปลี่ยนแปลงสีช่วง pH 12.68 - 1.04 จากสีเหลืองเป็นไม่มีสี ทำการทดลองซ้ำที่ความเข้มข้นของสารเป็น 0.5 และ 1.0 โมลต่อลิตรได้ผลการทดลองสารสกัดจากดอกหางนกยูงฝรั่งและดอกหางนกยูงไทยสามารถใช้เป็นสารอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบสได้ไม่แตกต่างสารอินดิเคเตอร์มาตรฐาน

Patil et al. (2012) ได้ใช้สารสกัดจากผลก้างปลาเครือเป็นอินดิเคเตอร์ทางธรรมชาติในการไทเทรตกรด-เบสโดยก้างปลาเครือเป็นพืชผลัดใบขนาดใหญ่จากอินเดีย เยื่อของผลจะมีสีเหลืองอมเขียวแต่เมื่ออยู่ในสภาพที่เป็นกรดจะมีสีชมพู ซึ่งทำการสกัดโดยใช้ผลที่ปราศจากเมล็ด 50 กรัม แช่ในสารผสมระหว่างเอธานอลต่อกรดไฮโดรคลอริก อัตราส่วน 9 ต่อ 1 นาน 30 นาที จากนั้นกรองสารสกัดที่ได้ ไทเทรตเปรียบเทียบกับอินดิเคเตอร์มาตรฐาน เมทิลเรด, ฟีนอล์ฟทาลีนและอินเคเตอร์ผสมระหว่างเมทิลออร์เรนกับโบโมครีซอลกรีน ใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร, สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร, สารละลายกรดแอซิติก เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร และสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร เป็นสำหรับเป็นสารในการทำการไทเทรตกรด-เบส โดยสารละลายเปลี่ยนสีจากสีแดงเป็นไม่มีสี สำหรับการไทเทรตกรดแก่ -เบสแก่ และการไทเทรตกรดอ่อน-เบสแก่ และสารละลาย

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

เปลี่ยนสีจากสีม่วงแดงเป็นม่วงดำ สำหรับไทเทรตกรดแก่ -เบสอ่อน และการไทเทรตกรดอ่อน-เบสอ่อน ทำการทดลองซ้ำที่ความเข้มข้นของสารเป็น 0.5 และ 1.0 โมลต่อลิตร ได้ผลการทดลองสกัดสารจากผลก้างปลาเครือสามารถเป็นอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบสได้ไม่แตกต่างอินดิเคเตอร์มาตรฐาน

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

340273