สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การสกัดอินดิเคเตอร์จากสารธรรมชาติ

นางสาววรรณพร โฉมศิริ

นางสาวศยามล ฤทธิ์เดช

วพ.
ว253ก
2536

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน.เดือน.ปี.....

.b12527403

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชา เคมีอุตสาหกรรม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2536

EXTRACTION OF INDICATOR FROM NATURES

MISS WANNAPORN CHOMSIRI

MISS SAYAMOL RIDDET

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the

Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of industrial chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ludkrabang

หัวข้อโครงงานพิเศษ การสกัดอินดิเคเตอร์จากสารธรรมชาติ

โดย นางสาววรรณพร โฉมศิริ

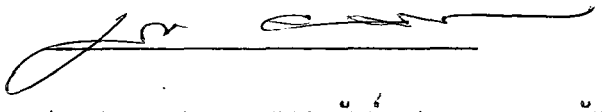
นางสาวศยามล ฤทธิ์เดช

ภาควิชา เคมีอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์คณิตา ตังคณานุรักษ์

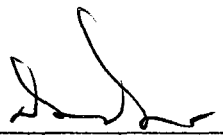
ดร.สุนิตย์ สุขสำราญ

ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต



(ผศ.นงนุช เภตรานุวัฒน์) รักษาการแทนหัวหน้าภาค

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ



ประธานกรรมการ

(ผศ.ดร.ศักดา ไตรศักดิ์)

กรรมการ

(อ.ปัทมา ลีน้ำวงศ์)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาไทย.....ก

บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาอังกฤษ.....ข

กิตติกรรมประกาศ.....ค

สารบัญตาราง.....ง

สารบัญรูป.....จ

สัญลักษณ์.....ฉ

บทที่ 1 บทนำ.....1

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....6

2.1 หลักการสกัดของแข็ง.....6

2.2 อินดิเคเตอร์สำหรับการไทเทรตกรดเบส.....8

2.3 การหาค่าคงที่การแตกตัวของสารที่เป็นอินดิเคเตอร์.....24

บทที่ 3 การวิจัยและการดำเนินการ.....28

สารเคมี.....28

อุปกรณ์.....29

การสกัดสีออกจากดอกไม้.....30

การทดสอบช่วงของการเปลี่ยนสี.....31

การหาค่า Ka ของสารละลายอินดิเคเตอร์จากธรรมชาติ.....33

การประยุกต์ใช้สารละลายอินดิเคเตอร์จากธรรมชาติ.....34

การหาหมู่ฟังก์ชันของสารละลายอินดิเคเตอร์ที่สกัด.....37

บทที่ 4 ผลการทดลอง.....38

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....64

ภาคผนวก.....70

บรรณานุกรม.....94

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การสกัดอินดิเคเตอร์จากสารธรรมชาติ	
นักศึกษา	นางสาววรรณพร	โฉมศิริ
	นางสาวศยามล	ฤทธิ์เดช
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์คณิตา	ตังคณานุรักษ์
	ดร.สุนิตย์	สุขสำราญ
ภาควิชา	เคมีอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2536	

บทคัดย่อ

อินดิเคเตอร์ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปในห้องปฏิบัติการจัดเป็นสารอินทรีย์ประเภทสีย้อมที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีทางเคมีซึ่งเป็นการสิ้นเปลือง แต่ในธรรมชาติมีสารอยู่เป็นจำนวนมากที่มีสมบัติเป็นอินดิเคเตอร์ได้คือมีสีต่าง ๆ กันที่ pH ต่างกันดังนั้นในโครงงานพิเศษนี้ได้นำดอกอัญชัน ดอกต้อยติ่ง ดอกชบาซ้อน ดอกพู่ระหง ดอกกุหลาบ ดอกเข็มแดง เปลือกลูกก้างปลาและเปลือกลูกเถาคัน ซึ่งเป็นพืชที่หาง่ายและสีค่อนข้างเข้ม มาสกัดสีออกมาด้วยเครื่องสกัดซอกเลตโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย แล้วนำไปทดสอบ สมบัติการเป็นอินดิเคเตอร์โดยการทดสอบหาช่วงการเปลี่ยนสีที่ pH ต่าง ๆ หาค่าคงที่การแตกตัวของอินดิเคเตอร์ (K_{HIn} หรือ K_a) ด้วยเทคนิคอัลตราไวโอเลตสเปกโทรสโกปี (UV Spectroscopy) พบว่า ในการหาช่วงของการเปลี่ยนสีอินดิเคเตอร์ที่สกัดได้ มีสมบัติการเปลี่ยนสีอยู่ในช่วงpH 1-14 และเลือกช่วง pH ที่อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสีได้ชัดเจนจากสมบัติข้อนี้เป็นแนวทางในการนำอินดิเคเตอร์ไปประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์ซึ่งพบว่าอินดิเคเตอร์ที่สกัดได้จากสารธรรมชาติ สามารถนำไปใช้ในการไทเทรตกรด - เบสแทนอินดิเคเตอร์สังเคราะห์ได้

นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของอินดิเคเตอร์ที่สกัดได้พบว่า ดอกต้อยติ่งสามารถแยกให้สารสีเหลืองได้ดีโดยใช้เปเปอร์โทมาโทกราฟี และเมื่อนำสารสีเหลืองนี้ไป

วิเคราะห์ต่อโดยใช้เทคนิคอัลตราไวโอเลตสเปกโทรสโกปี และอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี พบว่าสารสีเหลืองในตัวทำละลายที่เป็นน้ำจะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 266 และ 382 นาโนเมตร ให้อินฟราเรดสเปคตราในย่าน 3000-3600 cm^{-1} (การยืดของพันธะ O-H) และในตัวทำละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 277 และ 376.5 นาโนเมตร ให้อินฟราเรดสเปคตราในย่านเดียวกับสารสีเหลืองในตัวทำละลายที่เป็นน้ำ ซึ่งผลที่ได้นี้มีส่วนที่สอดคล้องกับสูตรโครงสร้างทางเคมีอินดิเคเตอร์สังเคราะห์ด้วย

Special Project Title	Extraction of indicator from natures
Name	Miss. Wannaporn Chomsiri
	Miss. Sayamol Riddet
Special Project Advisor	Mrs. Kanitta Tungkananurak
	Dr. Sunit Suksumran
Department	Industrial chemistry
Academic Year	1992

Abstract

Generally, all acid-base indicators are used in the laboratory which are organic dyes that synthesis by chemical technique. It is certainly the most expensive. However, many colored substances in the nature can exhibit many different colors at various pHs which are extracted to produce an indicator, that instead of synthetic, indicators. The aim of this present study many plant pigments such as Butterfly pea, *Ruellia Tuberosa* Linn., Fringed hibiscus, Shoes flower, Rose, *Ixora loddii* loud., *Barleria Siamensis* Craib and *Parthenocissus Vitacea* Aitch are brought to extract with ethanol by soxhlet extractor. The property testing of an extracted indicator by determination the color change interval of indicator and the dissociation constant of an indicator (K_{Hin} or K_a) value by UV-Spectroscopy technique was found that various extracted indicators have a color change interval pH 1-14. For these

properties, an extracted indicators have been applied to be suitable for use in an acid-base titration.

Determination functional group of extracted indicator showed that yellow-substance from *Ruellia Tuberosa* Linn. was seperated by paper chromatography technique. Analysis of yellow-substance was done by UV and IR Spectroscopy technique. Found that yellow-substance in H_2O solvent would be absorb photo at wavelength 266,382 nanometre and gave infrared spectra at 3000-3600 cm^{-1} (O-H stretch). For yellow-substance in NaOH solvent would be absorb photo at wavelength 271,376.5 nanometre and gave similarity infrared spectra with yellow-substance in H_2O solvent. Structural elucidation of an extracted indicators has has been related to the basis of their spectroscopic data.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่ายผู้จัดทำโครงงานพิเศษจึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ

ขอขอบพระคุณอาจารย์คณิตา ตังคณานุรักษ์ และ ดร.สุนิตย์ สุขสำราญ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานโครงงานพิเศษนี้มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษ ที่ช่วยตรวจสอบและแก้ไขโครงงานพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้องยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาเคมีทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาในระหว่างดำเนินงานโครงงานพิเศษ

นอกเหนือจากบุคคลที่ได้กล่าวไปแล้วยังมีบุคคลอีกหลายท่านที่ให้ความช่วยเหลือจนโครงงานพิเศษนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ทางผู้จัดทำใคร่ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

สารบัญตาราง

หน้า

ตัวอย่างอินดิเคเตอร์ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน 20

แสดงวิธีการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 1-14 32

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณของสารที่ได้จากการสกัด 38

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปลี่ยนสีของดอกอัญชันช่วง pH 1-14 39

ตารางที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนสีของดอกต้อยติ่งช่วง pH 1-14 40

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปลี่ยนสีของดอกพุระหงช่วง pH 1-14 41

ตารางที่ 4.5 แสดงการเปลี่ยนสีของดอกชบาซ้อนช่วง pH 1-14 42

ตารางที่ 4.6 แสดงการเปลี่ยนสีของดอกกุหลาบช่วง pH 1-14 43

ตารางที่ 4.7 แสดงการเปลี่ยนสีของดอกเข็มแดงช่วง pH 1-14 44

ตารางที่ 4.8 แสดงการเปลี่ยนสีของเปลือกลูกก้างปลา pH 1-14 45

ตารางที่ 4.9 แสดงการเปลี่ยนสีของเปลือกลูกเถาคัน pH 1-14 46

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของดอกอัญชันช่วง pH 1-14 47

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของดอกต้อยติ่งช่วง pH 1-14 48

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของดอกพุระหงช่วง pH 1-14 49

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของดอกชบาซ้อนช่วง pH 1-14 50

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของดอกกุหลาบช่วง pH 1-14 51

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของดอกเข็มแดงช่วง pH 1-14 52

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของเปลือกลูกก้างปลาช่วง pH 1-14 53

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของเปลือกลูกเถาคันช่วง pH 1-14 54

ตารางที่ 4.18 แสดงค่า pKa และ Ka ของอินดิเคเตอร์ที่สกัดจากธรรมชาติ 55

ตารางที่ 4.19 แสดงสีของอินดิเคเตอร์ที่สกัดได้จากสารธรรมชาติ 65

ตารางที่ 4.20 แสดงช่วง pH ที่อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสีได้ชัดเจน 66

สารบัญรูป

	หน้า
เครื่องสกัดซอกเลต	7
ต้อยติ่ง	71
เข็มแดง	72
เถาคัน	73
อัญชัน	74
พุระหง	75
ลูกก้างปลา	76
ชบาช้อน	77
กุหลาบ	78

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ชม.	=	ชั่วโมง
ซ.ม.	=	เซนติเมตร
ml	=	มิลลิลิตร
g	=	กรัม
°c	=	องศาเซลเซียส
cm^3	=	ลูกบาศก์เซนติเมตร
M	=	โมลาร์
l	=	ลิตร
nm	=	นาโนเมตร
A	=	ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance)
[I	=	ความเข้มข้น
N	=	นอร์มอล
#	=	$A_{\text{กรด}}$ ($A_{\text{ก}}$)
*	=	$A_{\text{เบส}}$ ($A_{\text{บ}}$)
ง	=	ค่าสัมประสิทธิ์ของความว่องไว

บทที่ 1

บทนำ

คำว่า "INDICATOR" มาจากคำว่า "INDICARE" ซึ่งเป็นภาษาละตินที่หมายถึง "to disclose" อินดิเคเตอร์ (indicator) คือสารที่ใช้แสดงจุดที่เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ (end point) โดยสังเกตได้จากการเปลี่ยนสี การเรืองแสง (fluorescence) และการตกตะกอน (precipitation)

ประวัติการนำอินดิเคเตอร์มาใช้ เริ่มขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ.1729 โดย C.J. GEOFFROY ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารโดยใช้โปตัสเซียมคาร์บอเนต(K_2CO_3)เป็นอินดิเคเตอร์ในการตรวจหาจุดที่เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ (end point) โดยสังเกตจากการเกิดฟองก๊าซ (gas) ต่อมาภายหลังนักวิทยาศาสตร์เริ่มให้ความสนใจและศึกษาเกี่ยวกับอินดิเคเตอร์เพิ่มมากขึ้น จนกระทั่งในปี ค.ศ.1957 ROBERT BOYLE เป็นคนแรกที่ได้ริเริ่มในการนำสารสกัดจากพืชมาใช้เป็นอินดิเคเตอร์ เขาพบว่าสารที่สกัด (extracts) ได้จากพืชสามารถเปลี่ยนสีได้เมื่อเติมกรดหรือเบสลงไป พืชชนิดหนึ่งที่ ROBERT BOYLE ได้นำมาสกัดใช้เป็นสีย้อม (dyestuff) คือ BRAZIL-WOOD ซึ่งเตรียมได้โดยการนำ BRAZIL-WOOD มาต้มในน้ำจนกระทั่งมีสี จากนั้นทำการทดลองโดยแบ่งเป็น 4 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1	ไม่เติมอะไรเลย	จะมีสีแดงสด
ส่วนที่ 2	เติมน้ำปูนใส (Lime-water)	จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง(Reddish-brown)
ส่วนที่ 3	เติมด่าง (caustic alkaline)	จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอมม่วง(Violet-brown)
ส่วนที่ 4	เติมสารส้ม (alum)	จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำ

นอกจากนี้ VALENTIN BOLTZ VON RUFACH ได้กล่าวถึงสารสีแดงที่สกัดได้จาก BRAZIL-WOOD จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง (Reddish-brown) ได้โดยการเติมชอล์ก (chalk)

ROBERT BOYLE ได้ทำการทดลองต่อและพบว่าสารที่สกัดจาก BRAZIL-WOOD ยังคงเป็นสีแดงเมื่อเติมด่าง และเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อเติมกรด

อีก 2-3 ปีต่อมา BITSKE! และ MORITZ ได้ทำการทดลองที่แสดงให้เห็นว่า สารที่สกัดจาก BRAZIL-WOOD มีช่วงการเปลี่ยนแปลงสีดังนี้

pH ต่ำกว่า 3	ไม่มีสี
pH ต่ำกว่า 6	มีสีเหลือง
pH สูงกว่า 8	มีสีม่วง
pH สูงกว่า 11	มีสีชมพู

ROBERT BOYLE ได้ทำการทดลองสกัดสารจากพืชอีกหลายชนิด อาทิเช่น

- LIGNUM NEPHRITICUM พบว่าสารที่สกัดได้จะมีสี cerulcous และเมื่อเติมน้ำส้ม (vinegar) ลงไปพบว่าสี ceruleous จะหายไปและจะมีสี ceruleous ดังเดิมเมื่อหยดน้ำมันของหินน้ำลาย (oil of tartar) ลงไป
- ดอกของหญ้า (weed) ซึ่งเรียกว่า BLUEBOTTLE และดอกข้าวโพด (corns) พบว่าสารที่สกัดได้จะมีสีแดงเมื่อเติมกรดและสีขาวเมื่อเติมด่าง
- ทดลองสกัดดอกไม้สีขาวและสีเหลือง พบว่าไม่มีการเปลี่ยนสีทั้งในกรดและในด่าง
- สารละลายแอลกอฮอล์ของบราซิล(tincture of brazil) พบว่าจะเป็นสีเหลืองเมื่อเติมกรดและเป็นสีแดงเมื่อเติมด่าง

นอกจากนี้ ROBERT BOYLE ได้ประสบความสำเร็จในการสกัดอินดิเคเตอร์ จากผลไม้พวก berries อีกด้วย

LAMPADIUS ได้ศึกษาถึงการวิเคราะห์ทางด้านเคมีของอินดิเคเตอร์จากพืชที่มีความว่องไวมากเช่น ลิตมัส (litmus) ขมิ้น (curcuma) FERNAMBUC กระหล่ำปลีสีน้ำตาล(Brown-cabbage) ALKANET RHUBARB ดอกไวโอเล็ต(violet) AQUILEGIA และกุหลาบแดง (red rose)

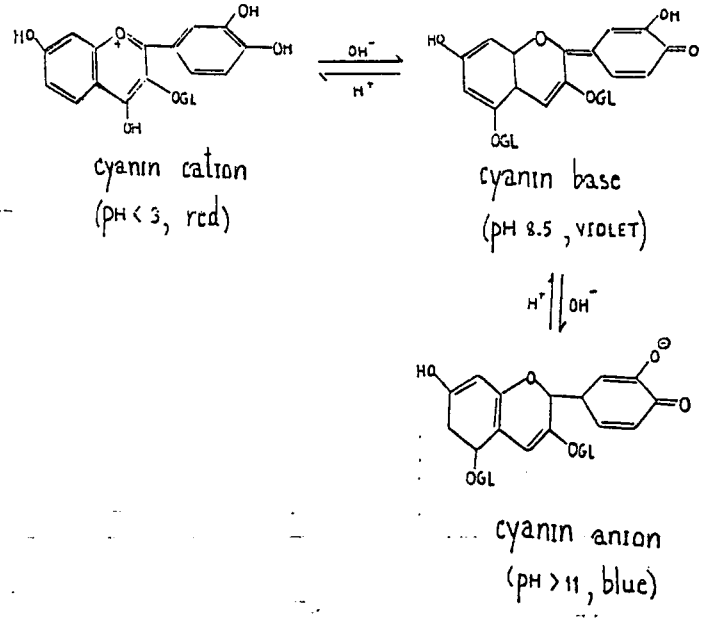
การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ต่าง ๆ มักจะไม่เหมือนกัน ในศตวรรษที่ 18 FONTANA ได้กล่าวถึง litmus และ violet ว่า ถ้าทำน้ำให้เป็นกรดด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จะไม่สามารถเปลี่ยนสีของสารละลายแอลกอฮอล์ของดอกไวโอเล็ต (tincture of violet) ให้เป็นสีแดงได้เพราะความเป็นกรดไม่เพียงพอ แต่สามารถทำให้ดอกTOURNESOR เป็นสีแดงได้เพราะ ความเป็นกรดเพียงพอ

สารสกัดจากพืช (Plant extracts) ที่เป็นที่รู้จักได้แก่

- น้ำสกัดของหัวกระหล่ำปลีแดง(red cabbage juice)จะมีการเปลี่ยนสีในช่วงpH 2.4-4.5 จากสีแดงเป็นสีเขียว
- SINALBIN เป็นกลูโคไซด์ (glucoside) ของ SINAPSIS ALBA ซึ่งเป็นมัสตาร์ดสีขาว (white musturd) จะมีการเปลี่ยนสีในช่วง pH 6.2-8.4 จากไม่มีสีเป็นสีเหลือง
- BRAZILIN ซึ่งได้จาก BRAZIL-WOOD หรือ PERNAMBUEO WOOD จะมีการเปลี่ยนสีในช่วง pH 5.8-7.7 จากสีเขียวอมเหลืองไปเป็นสีม่วงดำ ซึ่งสารสกัดนี้สามารถใช้แทนเมธิลเรดในการวิเคราะห์ปฏิกิริยากรดแก่กับด่างแก่
- CARMINIC ACID ได้จาก COCHINEAL(COCCUS CACTI L.)มีลักษณะเป็นผงมีสีน้ำตาลแดง ซึ่ง สามารถละลายได้ในน้ำ อัลกอฮอล์ (alcohol) กรดซัลฟุริกเข้มข้น และสารละลายด่าง (พวกไฮดรอกไซด์) ได้โดยจะมีการเปลี่ยนสีในช่วง pH 4.8-6.2 จากสีเหลืองไปเป็นสีม่วง

- TURMERIC หรือ ขมิ้น (curcuma) ได้จากราก (rhizome) ของ CURCUMA LONGGA ซึ่งมี ลักษณะเป็นผงสีเหลืองส้ม สามารถละลายได้ในอัลกอออล์และกรดอะซิติค (glacial - acetic acid) ซึ่งมีการเปลี่ยนสีในช่วง pH 7.8-9.2 จากสีเหลืองไปเป็นสีน้ำตาล

โดยปกติพืชส่วนมากจะมีสมบัติเป็นสีย้อมธรรมชาติได้ (natural dye) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกแอนโทไซยานิน (anthocyanin) สีที่เห็นจะเกิดจากการถ่ายเทโปรตอน (proton) หรืออิเล็คตรอน (electron) ทำให้สามารถแสดงคุณสมบัติเป็นอินดิเคเตอร์ได้ดังรูป



เนื่องจากสารที่สกัดได้จากพืชส่วนใหญ่ไม่ค่อยบริสุทธิ์ และไม่เสถียร ดังนั้น ในทางปฏิบัติจึงไม่นิยมใช้ ปัจจุบันจึงมีการใช้อินดิเคเตอร์สังเคราะห์ (synthetic dyes) มากกว่า

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการผลิตอินดิเคเตอร์จากสารในธรรมชาติทดแทนการสังเคราะห์ด้วยปฏิกิริยาเคมี
2. ศึกษาคุณสมบัติการเป็น pH-indicator ของสารธรรมชาติและแนวทางการใช้สารนี้ให้เป็นประโยชน์

แผนการวิจัย

1. สกัดสารที่มีสีจากสารธรรมชาติจำพวกดอกไม้ หรือเปลือกลูกไม้ได้ด้วยเครื่องสกัดซอกเลตโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย
2. ทดสอบดูการเปลี่ยนสีของสารที่สกัดได้ที่ pH ต่าง ๆ และเลือกหาช่วง pH ที่อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสีได้ชัดเจน
3. หาค่า pK_{HIn} หรือ pKa ของสารที่สกัดได้
4. ศึกษาแนวทางการนำสารที่สกัดได้ไปประยุกต์ใช้เป็นอินดิเคเตอร์
5. วิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของสารที่สกัดได้

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้มีแนวความคิดในการนำสารธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์
2. ได้นำความรู้และเทคนิคการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์
2. ได้เรียนรู้แนวทางในการนำอินดิเคเตอร์จากสารธรรมชาติมาใช้แทนอินดิเคเตอร์สังเคราะห์

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

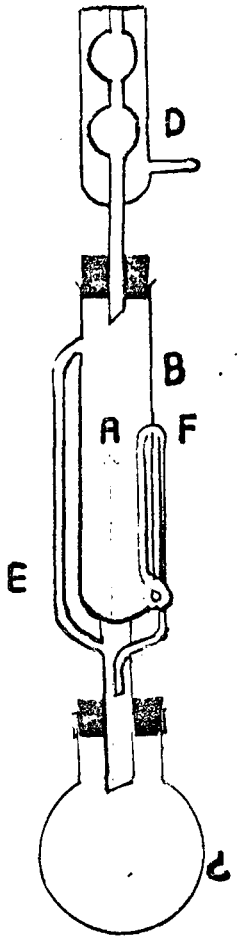
2.1 หลักการสกัดของแข็ง (Extraction of solid)

ถ้าตัวถูกละลายที่ต้องการสกัดอยู่ในสารตัวอย่างที่เป็นของแข็งก็สามารถทำการสกัดด้วยตัวทำละลายของเหลวได้ซึ่งเรียกวิธีการสกัดนี้ว่า Solid-liquid extraction การสกัดจะทำได้ดีหรือไม่ ขึ้นอยู่กับการละลายของตัวถูกละลายในตัวสกัดหรือตัวทำละลายของเหลวและเวลาที่ใช้ในการสกัด เวลาที่ใช้จะสั้นหรือนานขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวถูกละลายที่อยู่ในสารตัวอย่างของแข็ง ถ้าตัวถูกละลายเพียงดูดซับที่ผิวของของแข็งการสกัดก็จะใช้เวลาน้อย แต่ถ้าตัวถูกละลายอยู่ในโครงร่างของของแข็ง ก็ต้องใช้เวลามากกว่า

วิธีการสกัดของแข็งสามารถทำได้ 2 วิธีคือ

1. ถ้าตัวทำละลายอยู่ในสารตัวอย่างของแข็งเพียงแค่ดูดซับที่ผิวและการละลายของตัวถูกละลายในตัวสกัดมีค่าสูง การสกัดสามารถทำได้อย่างง่าย ๆ คือ นำสารตัวอย่างใส่ลงบีกเกอร์หรือขวดปากกว้าง แล้วเติมตัวสกัดหรือตัวทำละลายลงไป จากนั้นคนด้วยเครื่องคน ถ้าใช้ขวดปากกว้างที่มีฝาปิดสนิทได้ก็สามารถแยกตัวถูกละลายออกจากสารตัวอย่างของแข็งได้ เทคนิคนี้เหมาะสำหรับใช้ในการแยกสารประกอบประเภทเกลือของสารอินทรีย์

2. ถ้าตัวถูกละลายเป็นสารประกอบอินทรีย์หรือสารทางชีววิทยา ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีการละลายในตัวสกัดต่ำการสกัดต้องใช้เวลานานๆต้องใช้เทคนิคของการสกัดอย่างต่อเนื่อง เครื่องมือที่ใช้มีอยู่ 2 แบบคือ Continous-infusion extractor และ Discontinous-infusion extractor หรือเครื่องสกัดแบบซอกเลต (Soxhlet extractor) ดังรูป



รูปที่ 1 เครื่องสกัดซอกเลต (Soxhlet extractor)

เครื่องสกัดแบบนี้สามารถทำการสกัดได้โดยบรรจุของแข็งที่ต้องการสกัดลงใน Thimble A แล้วใส่ในหลอดแก้ว B ตัวสกัดคือตัวทำละลายอินทรีย์ที่ระเหยกลายเป็นไอ ได้บรรจุอยู่ในขวดก้นกลม C โดยการให้ความร้อนแก่ตัวสกัดในขวดก้นกลม ตัวสกัดจะระเหยกลายเป็นไอผ่านหลอดแก้ว E ไปยังตัวควบแน่น D เมื่อตัวสกัดถูกควบแน่นกลายเป็นของเหลวจะไหลตกลงมาบนของแข็งที่ต้องการสกัดใน Thimble A เมื่อตัวสกัดถูกสะสมในหลอดแก้ว B มากเพียงพอ มันจะเกิดกาลักน้ำดูดของเหลวให้ไหลกลับมายังขวด C ทางหลอดแก้ว F สารที่ถูกสกัดจะออกมากับตัวสกัดและสะสมในขวด C ด้วย ส่วนตัวสกัดก็จะถูกความร้อนทำให้กลายเป็นไอแล้วควบแน่นมาใช้ใหม่ได้อีกอย่างต่อเนื่อง การสกัดด้วยเครื่องมือซอกเลตสามารถติดตั้งให้ทำงานได้ตลอดเวลา เป็นเวลานาน ๆ โดยไม่ต้องเฝ้าดูทำให้ประหยัดเวลาสำหรับผู้วิเคราะห์ได้อย่างดีเพราะในขณะทำการสกัดสามารถใช้เวลาไปทำงานอื่นได้ การสกัดแบบนี้ บางครั้งต้องใช้เวลาหลายชั่วโมงหรือหลายวันก็ได้

2.2 การจำแนกอินดิเคเตอร์

เราสามารถจัดอินดิเคเตอร์อย่างง่าย ๆ ตามชนิดของปฏิกิริยาได้ 3 แบบคือ

1. อินดิเคเตอร์สำหรับปฏิกิริยากรด-เบส (ACID-BASE REACTION)
2. อินดิเคเตอร์สำหรับปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน (OXIDATION-REDUCTION REACTION)
3. อินดิเคเตอร์สำหรับปฏิกิริยาการตกตะกอน (PRECIPITATION) และการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน (COMPLEX FORMATION)

สำหรับโครงงานนี้จะเกี่ยวข้องกับอินดิเคเตอร์ที่ใช้ในปฏิกิริยากรด-เบสเท่านั้น

อินดิเคเตอร์สำหรับการไทเทรตกรดเบส (indicators for acid-base titration)

อินดิเคเตอร์สำหรับกรดและเบส คือสารประกอบอินทรีย์จำพวกสีย้อม(organic dyes) ซึ่งมีพฤติกรรมเป็นกรดอ่อน หรือ เบสอ่อน ในรูปกรดนั้นจะมีสีที่แตกต่างจากรูปของเบส ทั้งนี้เนื่องจากคู่กรด-เบสของอินดิเคเตอร์มีสีต่างกัน

อินดิเคเตอร์ที่แสดงพฤติกรรมเป็นกรดอ่อนในน้ำ ณ ภาวะสมดุล (equilibrium)สามารถเขียนได้ดังนี้

$$HIn + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + In^- \qquad \text{-----(1)}$$

(acid color) (base color)

เมื่อ HIn คือ อินดิเคเตอร์ที่อยู่ในรูปกรดอ่อน (acid form) จะให้สีที่เป็นสีของกรด

In^- คือ อินดิเคเตอร์ที่อยู่ในรูปเบสหรือคู่เบสของ HIn (conjugate base form) จะให้สีที่เป็นสีของเบส

ที่ภาวะสมดุล (equilibrium constant) สามารถเขียนได้ดังนี้

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

เมื่อ K_{HIn} คือ equilibrium constant ซึ่งเป็นค่าคงที่สมมติทางthermodynamic สีที่เห็นในสารละลาย (solution) จะเป็นตัวแสดงถึงอัตราส่วนของความเข้มข้นของทั้ง [HIn] และ $[In^-]$ ดังนี้

$$\frac{[In^-]}{[HIn]} = \frac{K_{HIn}}{[H_3O^+]} \qquad -----(3)$$

จากสมการ (3) พบว่า อัตราส่วนของ $[In^-]/[HIn]$ จะเป็นสัดส่วนผกผันกับความเข้มข้นของไฮโดรเนียมอิออน ($[H_3O^+]$) และเมื่อความเข้มข้นของไฮโดรเนียมอิออนเปลี่ยนแปลง สีของสารละลายก็จะเปลี่ยนไป แต่การเปลี่ยนสีของสารละลายที่เกิดขึ้นนั้นจะอยู่ในช่วงความเข้มข้นของไฮโดรเนียมอิออนที่จำกัด ในขณะที่ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมอิออนในสารละลายมีค่าเท่ากับค่าคงที่สมดุล (K_{HIn}) นั่นแสดงว่าความเข้มข้นของ acid form ของอินดิเคเตอร์ในรูปกรด ([HIn]) จะมีค่าเท่ากับความเข้มข้นของอินดิเคเตอร์ในรูปเบส ($[In^-]$) ดังนั้น สีของอินดิเคเตอร์ในสารละลายจะเป็นสีที่ผสมระหว่างสีของกรดและสีของเบสในปริมาณที่เท่ากัน เช่นถ้าสีของกรดคือสีแดง สีของเบสคือสีเหลือง เมื่อ[HIn] = $[In^-]$ แล้วสีของอินดิเคเตอร์ในสารละลายจะเป็นสีส้ม

โดยทั่วไปพบว่าถ้า $[In^-] > [HIn]$ ตั้งแต่ 10 เท่าขึ้นไปจะเห็นสีของสารละลายของอินดิเคเตอร์ในรูปของเบส

$$\frac{[In^-]}{[HIn]} \geq 10 \qquad -----(4)$$

จากสมการ (3) $\frac{[In^-]}{[HIn]} = \frac{K_{HIn}}{[H_3O^+]} \geq 10$

$[H_3O^+] \leq K_{HIn}/10$

$pH \geq pK_{HIn} + 1$ -----(5)*

จะเห็นเป็นสีของเบส

ในทำนองเดียวกัน ถ้า$[In^-] < [HIn]$ ตั้งแต่ 10 เท่าขึ้นไปจะเห็นสีของสารละลายของอินดิเคเตอร์ในรูปกรด

$\frac{[In^-]}{[HIn]} \leq \frac{1}{10}$ -----(6)

จากสมการที่ (3) $\frac{[In^-]}{[HIn]} = \frac{K_{HIn}}{[H_3O^+]} \leq \frac{1}{10}$

$[H_3O^+] \geq 10K_{HIn}$

$pH \leq pK_{HIn} - 1$ -----(7)*

จะเห็นเป็นสีของกรด

ดังนั้น อินดิเคเตอร์จะแสดงการเปลี่ยนแปลงสีได้ในช่วง pH ตั้งแต่ $pK_{Hin} - 1$ ถึง $pK_{Hin} + 1$ เรียกช่วง pH ของการเปลี่ยนสีได้นี้ว่า " Transition interval " หรือ color-change interval" ของอินดิเคเตอร์ หรือกล่าวได้ว่า Transition interval ของอินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบสจะอยู่ในช่วง $pK_{Hin} \pm 1$

สำหรับอินดิเคเตอร์ซึ่งมีพฤติกรรมเป็นเบสอ่อน (weak base) เมื่อละลายน้ำก็มีการพิจารณาได้เช่นเดียวกับอินดิเคเตอร์ที่อยู่ในกรดอ่อน ดังนี้

$$In + H_2O \rightleftharpoons HIn^+ + OH^-$$

(base color) (acid color)

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

แต่น้ำเป็นได้ทั้งกรดอ่อนและเบสอ่อน จึงสามารถเขียนสมการได้อีกแบบดังนี้

$$HIn^+ + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + In \qquad -----(8)$$

$$K_{Hin}^{+} = \frac{[H_3O^+][In]}{[HIn^+]} = \frac{Kw}{K_{In}} \qquad -----(9)$$

เมื่อ Kw = ค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ = $[H_3O^+][OH^-]$

เมื่อจัดรูปสมการที่ (9) ใหม่ สามารถแสดง อัตราส่วนของความเข้มข้นของอินดิเคเตอร์ในรูปเบสและรูปกรดได้ดังนี้

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

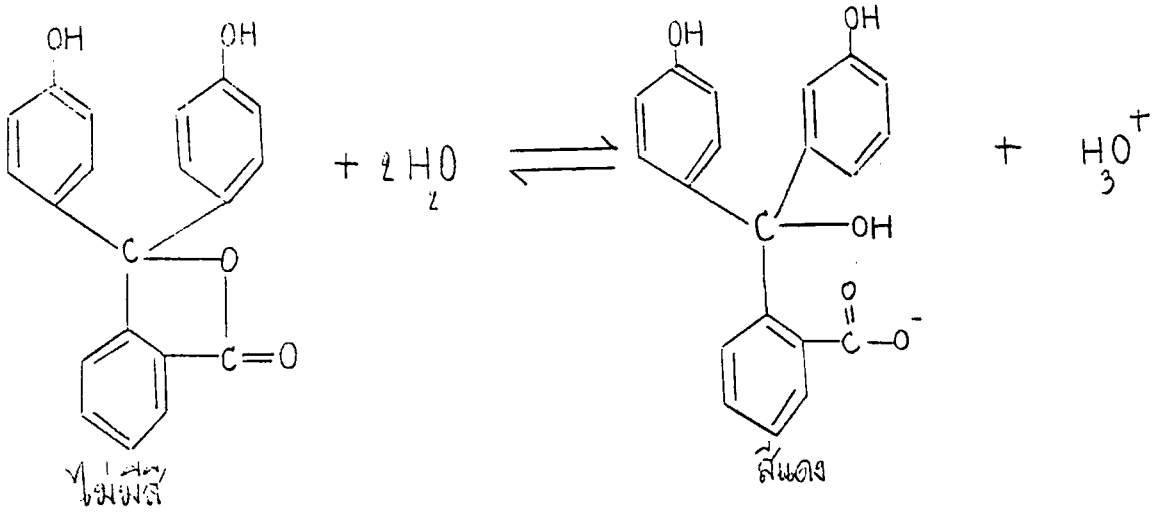
จะเห็นว่าไม่ว่าจะเป็นอินดิเคเตอร์ที่มีพฤติกรรมเป็นกรดอ่อนหรือเบสอ่อน การเปลี่ยนสีจะขึ้นอยู่กับ $[H_3O^+]$

Transition interval ของอินดิเคเตอร์สำหรับกรดและเบส จะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ จากการสังเกตพบว่า อินดิเคเตอร์ที่มีพฤติกรรมเป็นกรดอ่อนจะมีการเปลี่ยนแปลง Transition interval เพียงเล็กน้อยระหว่างช่วงอุณหภูมิห้องถึงอุณหภูมิ100 c

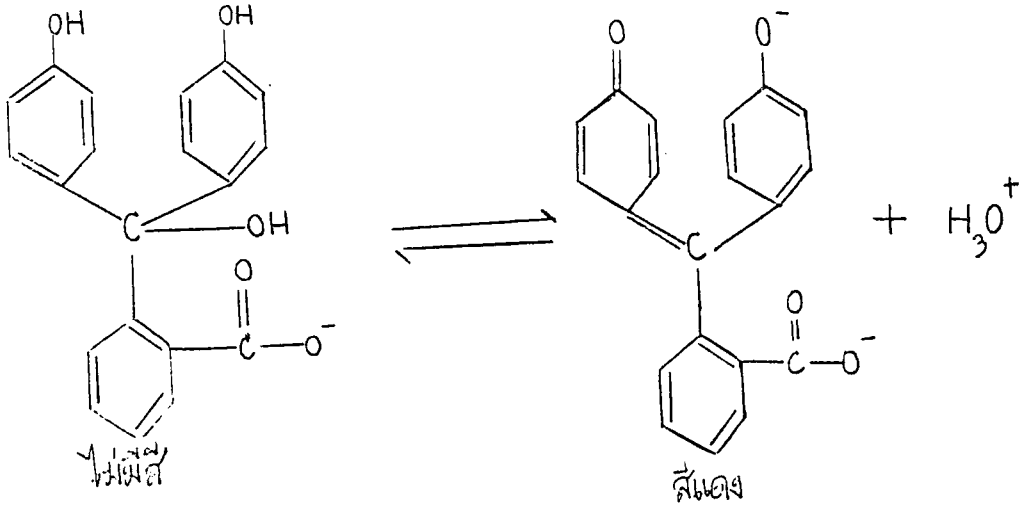
การแบ่งชนิดของอินดิเคเตอร์ที่นิยมใช้กันมากโดยอาศัยสมบัติของโครงสร้าง(structural properties) แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม

1. อินดิเคเตอร์ที่มีสีเดียว (one-color indicators) หรือกลุ่มอินดิเคเตอร์พทาลีน (phthalein indicators) คือในสารละลายที่เป็นกรด อินดิเคเตอร์กลุ่มนี้จะไม่มีสี และมีสีในสารละลายเบส แต่ถ้าเป็นเบสมาก ๆ สีจะค่อย ๆ จางลงอย่างช้า ๆอินดิเคเตอร์กลุ่มนี้จะละลายน้ำได้น้อยมากโดยปกติจะใช้อัลกอฮอล์เป็นตัวทำละลายเช่นp-nitrophenol phenolphthalein และ thymolphthalein สีที่เห็นจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอินดิเคเตอร์ในรูปเบส

การเปลี่ยนสีได้ของอินดิเคเตอร์กลุ่มนี้มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างดังนี้ เช่น phenolpthalein



thymolphthalein



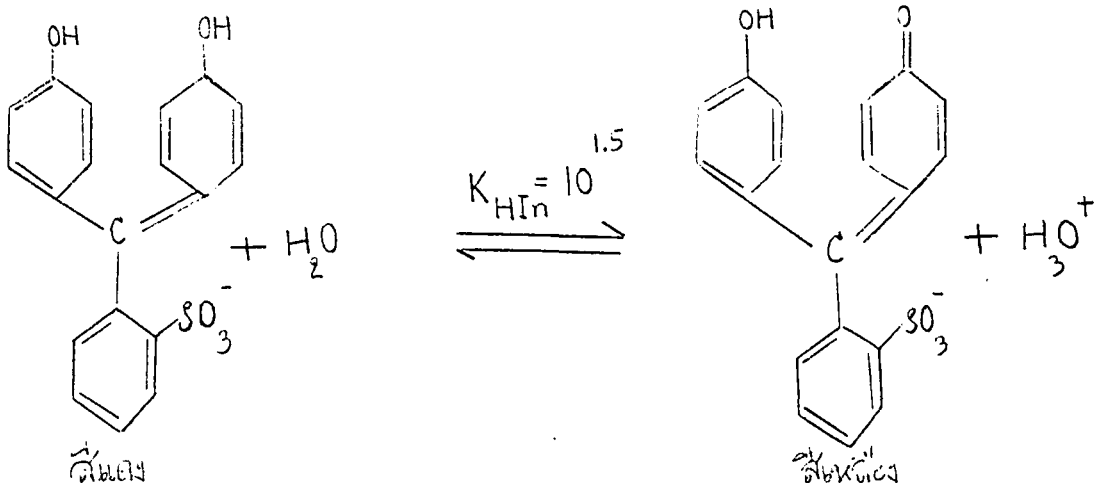
จะเห็นว่ามีปฏิกริยาเกิดขึ้นที่หมู่ฟังก์ชันในที่นี้คือ หมู่ไฮดรอกซิล (-OH)

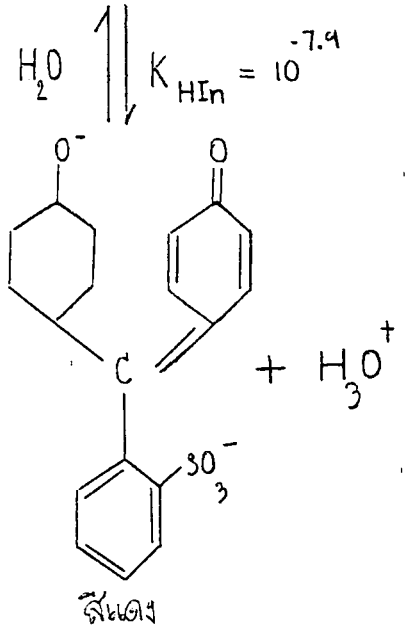
2. อินดิเคเตอร์ที่มีได้หลายสีในที่นี้จะพูดถึงเฉพาะอินดิเคเตอร์ที่มี 2 สี (two-color indicator) การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของอินดิเคเตอร์กลุ่มนี้เพียงเล็กน้อยจะมีอิทธิพลต่อ

ความเข้มของแสงที่ส่องผ่าน แต่การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของอินดิเคเตอร์จะไม่มีอิทธิพลกับสี เพราะสีขึ้นอยู่กับ [In]/[HIn] แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มดังนี้

2.1 กลุ่มอินดิเคเตอร์ซัลโฟนพทาลีน (Sulfonphthalein indicators)

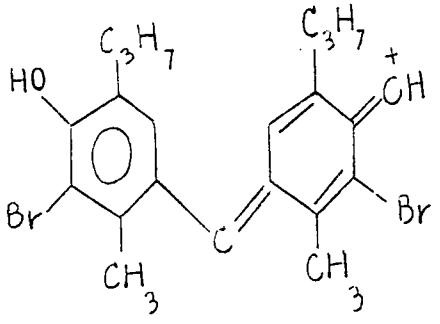
กลุ่มนี้จะมีการเปลี่ยนสีในช่วง pH ที่ค่อนข้างเป็นกลางและสีจะเสถียรมากในช่วง ของเบส สูตรโครงสร้างจะมีหมู่ซัลโฟนิก (SO_3^-) และหมู่ไฮดรอกซิล เช่น phenol red ละลายในสารละลาย NaOH เจือจาง มีการเปลี่ยนสีได้เนื่องจากมีปฏิกริยาเกิดขึ้นที่หมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล ดังนี้



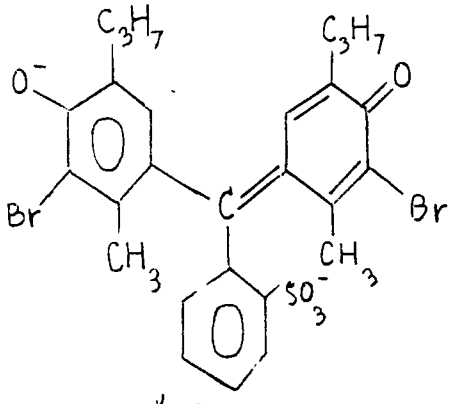


ฟีนอลเรดมีการเปลี่ยนสีได้ 2 ช่วง

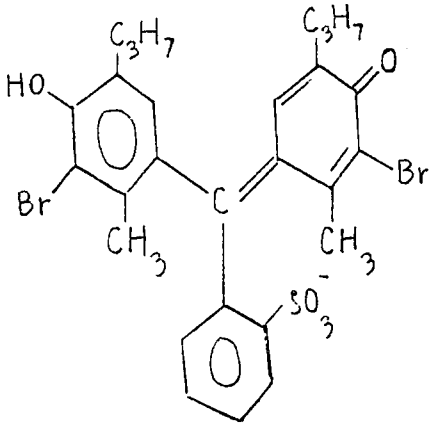
นอกจากนี้ยังมี บรอมอไทมอลบลู มีสีได้หลายสีขึ้นกับ pH สูตรโครงสร้างเป็นดังนี้



สีแดง (pH < 1)

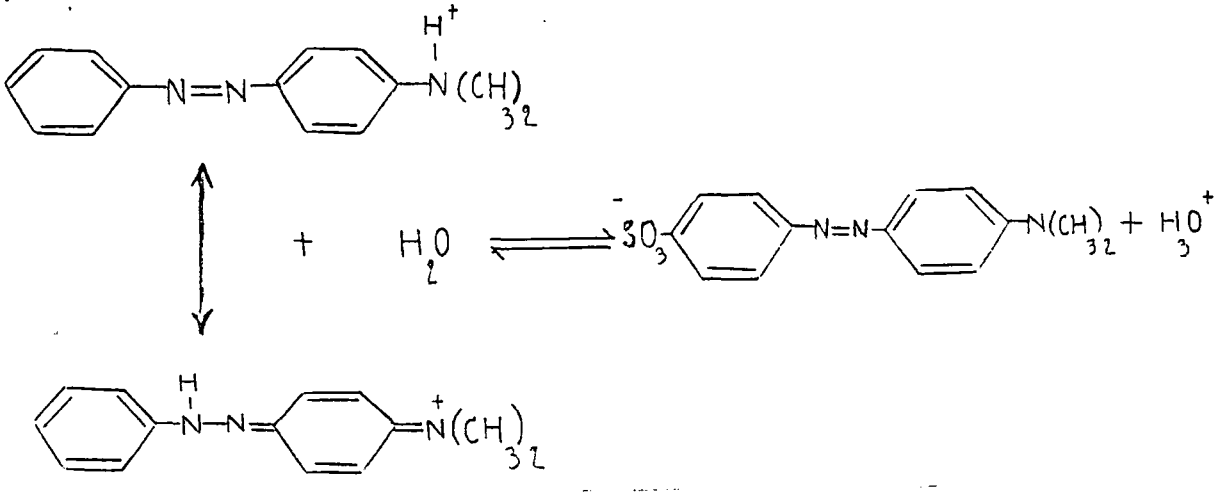


สีน้ำเงิน (pH > 8)



สีเหลือง (1 < pH < 6)

2.2 กลุ่มอินดิเคเตอร์อะโซ (Azo-indicator) อินดิเคเตอร์กลุ่มนี้ทั้งหมดเปลี่ยนสีจากแดงเป็นเหลืองเมื่อเพิ่มความเป็นเบส ช่วง pH ที่เปลี่ยนสีอยู่ในช่วงที่เป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง เช่น เมธิลออเรนจ์และเมธิลเรด การเปลี่ยนสีเกิดได้เนื่องจากปฏิกริยาที่เกิดขึ้นที่หมู่อะโซ ดังนี้ เช่น เมธิลออเรนจ์



เมธิลเรดคล้ายกับเมธิลออเรนจ์ต่างกันตรงกลุ่มของซัลโฟนิกของเมธิลเรดจะเป็นกรดคาร์บอกซิลิก

นอกจากนี้ความเข้มข้นของเกลือที่มีสมบัติเป็นกลาง (neutral salts) ก็มีผลต่อ transition interval ของอินดิเคเตอร์สำหรับกรดและเบสเหมือนกันโดยเฉพาะอินดิเคเตอร์พวก triphenylmethane และ nitrophenol type รวมทั้งอินดิเคเตอร์ชนิดอื่นๆด้วย เช่น Azolitmin(litmus) Alizarin Yellow R และ Congo Red ซึ่งเป็นพวกที่มีionic charges ในสารละลายสูง แต่ในทางตรงกันข้ามพวก azo dyes เช่น Methyl Red Methyl Orange และ Orange IV (Tropaeolin OO) จะมีการเปลี่ยนแปลงของ transition interval เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ neutral salt สำหรับอินดิเคเตอร์พวก phthalein และ sulfonphthalein dyes เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ neutral salt จะมีการเปลี่ยนแปลงของtransition interval ปานกลาง

neutral salt มีผลมาจากความว่องไวของอิออนในสารละลายที่ไม่เท่ากันในแต่ละความเข้มข้น ซึ่งค่าคงที่สมดุลทาง thermodynamic ที่อุณหภูมิคงที่เขียนได้ดังนี้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

$$Ka = \frac{A_{H_3O^+} A_{In^-}}{A_{HIn}} = \frac{A_{H_3O^+} [In^-] \gamma_{In^-}}{[HIn] \gamma_{HIn}}$$

$$\frac{[In^-]}{[HIn]} = \frac{Ka\ \gamma_{HIn}}{A_{H_3O^+} \gamma_{In^-}}$$

เมื่อ A = ความว่องไว (the acitivity)

γ = ค่าสัมประสิทธิ์ของความว่องไว (the activity coefficient) หรืออัตราส่วนของ activity ต่อความเข้มข้น

จากการสังเกตจะพบว่ายิ่งอินดิเคเตอร์มีประจุของไอออน (ionic charge)มากเท่าไหร่จะมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์ความว่องไวเมื่อความเข้มข้นของ neutral salt เพิ่มขึ้นมากเท่านั้น เนื่องจาก ionic charge ของอินดิเคเตอร์ที่อยู่ในรูปกรดและเบสนั้นจะแตกต่างกันซึ่งอัตราส่วนของ $\gamma_{HIn} / \gamma_{In^-}$ จะเปลี่ยนเมื่อมีการเปลี่ยนความเข้มข้นของ neutral salt ดังนั้นที่ pH ค่าหนึ่ง เมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของ neutral salt สีของอินดิเคเตอร์และอัตราส่วนของ [In]/[HIn] จะเปลี่ยนไป

นอกจากนี้ตัวทำละลายยังมีผลต่อค่า transition interval ของอินดิเคเตอร์ด้วย เพราะว่าค่าคงที่สมดุลในภาวะสมดุลนี้จะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของตัวทำละลายด้วยดังนี้

$$HIn + solvent \rightleftharpoons (solvent\ H)^+ + In^-$$

คุณสมบัติของกรดและเบสของตัวทำละลายจะมีอิทธิพลต่อ transition interval ของอินดิเคเตอร์ ตัวทำละลายจะมีผลต่อการเกิดของไอออนคู่ (ion pair) และความเฉพาะเจาะจงใน

การละลายซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ transition interval อย่างมาก

ในการใช้อินดิเคเตอร์นั้น อินดิเคเตอร์จะถูกเตรียมเป็น stock solution 0.05-0.1% โดยทั่วไปจะใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย แต่ถ้าอินดิเคเตอร์ละลายในน้ำได้ยากก็จะใช้สารผสมระหว่างน้ำและอัลกอฮอล์เป็นตัวทำละลาย อินดิเคเตอร์ที่ถูกเตรียมโดยใช้สารละลายผสมอัลกอฮอล์และน้ำเป็นตัวทำละลาย เช่น Methyl Yellow Neutral Red Phenolphthalein Themolphthalein และ Trinitrobenzene สำหรับอินดิเคเตอร์พวก Sulfonphthalein dyes และ Methyl Red จะใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย

Mixed Indicators เป็นอินดิเคเตอร์สำหรับกรดและเบสชนิดหนึ่ง โดยทั่วไปแล้วอินดิเคเตอร์ส่วนใหญ่จะมีการเปลี่ยนสีในช่วงกว้างกว่า pH 2 ค่า ในการที่จะวัดจุดยุติอย่างแม่นยำ อินดิเคเตอร์และ dyes นั้นจะต้องถูกเตรียมเพื่อให้มีการเปลี่ยนสีอยู่ในช่วงของ pH แคบ ๆ ค่า transition interval ของ pH 2 ช่วง โดยปกติจะลดลงที่ transition point. Mixed Indicator ที่นิยมใช้บ่อยและเป็นที่รู้จักกันดีชนิดแรกคือ Methyl orange-xylene cyanol solution ซึ่งมี Transition point ที่ pH = 3.2 ชนิดที่ 2 คือ Universal Indicator solution จะมีการเปลี่ยนสีอยู่ในช่วง pH ที่กว้างสามารถนำไปใช้ในการวัดค่า pH ของสารละลายที่มีค่าแตกต่างกันในช่วงกว้างได้อย่างรวดเร็ว แต่ Mixed Indicatorเหล่านี้มีข้อจำกัดคือ เมื่อ pH เปลี่ยนไป สีจะไม่เปลี่ยนอย่างเห็นได้ชัดเท่ากับสีของ single indicator ดังนั้น Mixed Indicator จึงไม่นิยมใช้ในการคำนวณค่า pH ที่ถูกต้อง แต่มีประโยชน์คือสามารถประมาณค่า pH ได้อย่างรวดเร็ว ในปัจจุบันความสำคัญของพวก Universal-Indicator solution จะลดน้อยลงเพราะมีการทำเป็นพวก Universal-Indicator paper ขึ้นมาซึ่งมีความสะดวกและสามารถประมาณค่า pH ได้ดีกว่า Mixed Indicator solution โดยทั่วไป Mixed Indicator solution จะมีความเสถียรน้อยกว่าพวก single-indicator solution และต้องเก็บไว้ในขวดสีชาเพื่อป้องกันการสลายตัวเนื่อง

จาก photochemical

อินดิเคเตอร์สำหรับกรดและเบสอีกชนิดหนึ่งคือ Fluoresence Indicators สารละลายของสารประกอบเมื่อถูก irradiated ด้วยแสงอุลตร้าไวโอเลตแล้วจะคายแสงที่มีความยาวคลื่นต่างๆกันออกมา เรียกว่า Fluoresence. Fluoresence acid-base indicator นี้จะมีการเปลี่ยน Fluoresence เมื่อ pH เปลี่ยนไป พฤติกรรมของ indicators ชนิดนี้จะคล้ายกับพวก colorimetric , one-color acid-base indicator.Fluoresence indicators นี้มีประโยชน์ในการวัดจุดยุติของการไทเทรตของสารละลาย แต่ไม่สามารถใช้ในการวัดค่า pH ได้อย่างถูกต้อง เพราะว่ามีปัจจัยอื่นๆนอกจาก pH ที่มีอิทธิพลต่อ Fluoresence เช่นความเข้มข้น อุณหภูมิ ปริมาณของ neutral salts และองค์ประกอบของ solvent เป็นต้น

ตัวอย่างของอินดิเคเตอร์ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน

Trade name	Chemical name	pK_{Hin}	Transition interval	Colour		Behavior
				Acid	Base	
methyl - violet	pentamethylbenzylpa-rarosanilin hydro-chloride		0.2-2.0	yellow	violet	base
metacresol-purple	m-cresolsulfonphtha-lein	1.5	1.2-2.8	red	yellow	acid
thymol blue	thylmolsulfonphtha-lein	1.7	1.2-2.8	red	yellow	acid
orange IV (Tropaeo-lin 00)	sodium *p*-diphenyl-aminoazobenzenesul-fonate		1.4-3.0	red	yellow	base
2,4 dini-trophenol		4.1	2.6-4.2	colour -less	yellow	acid
methyl - yellow	*p*-dimethylaminoazo-benzene	3.3	2.8-4.2	red	yellow	base

ตาราง(ต่อ)

Trade name	Chemical name	pK_{Hin}	Transition interval	Colour		Behavior
				Acid	Base	
bromophenol blue	tetrabromophenolsulfonapthalein	4.1	3.0-4.6	yellow	blue	acid
methyl - orange	sodium *p*-dimethylaminoazobenzenesulfonate	3.4	3.2-4.4	red	yellow	base
bromocresol green	tetrabromo-*m*-cresolsulfonphthalien	4.9	3.8-5.4	yellow	blue	acid
methyl red	dimethylaminoazobenzene-o-carboxylic-acid	5.0	4.2-6.2	red	yellow	base
chlorophenol red	dichlorophenolsulfonphthalein	6.2	5.0-6.8	yellow	red	acid
p-nitrophenol		6.9	5.0-7.0	colour-less	yellow	acid

ตาราง(ต่อ)

Trade name	Chemical name	pK_{Ind}	Transition interval	Colour		Behavior
				Acid	Base	
bromocresol -purple	dibromo-o-cresolsul-fonphthalein	6.4	5.2-6.8	yellow	purple	acid
bromothymol - blue	dibromothymolsulfon-phthalein	7.3	6.0-7.6	yellow	blue	acid
phenol red	phenolsulfonpthalien	8.0	6.6-8.2	yellow	red	acid
neutral red	dimethyldiaminophen-azine chloride		6.8-8.0	red	amber	base
cresol red	o-cresolsulfonphtha-lien	8.3	7.2-8.8	yellow	red	acid
metacresol-purple	*m*-cresolsulfonaptha-lien	8.3	7.0-9.0	yellow	purple	acid
thymol blue	thymolsulfonphtha-lein	9.2	8.0-9.6	yellow	blue	acid

ตาราง (ต่อ)

Trade name	Chemical name	pK_{Hin}	Transition interval	Colour		Behavior
				Acid	Base	
phenolphth-alien		9.7	8.2-10.0	colour-less	pink	acid
thymolphth-alien		9.9	9.4-10.6	colour-less	blue	acid
Alizarin - Yellow R	sodium *p*-nitrobenze-neazosalicylate	11.1	10.0-12.0	yellow	red	acid
Tropaeolin-O	sodium 2,4-dihydroxy-azobenzene-4-sulfo nate		11.2-12.8	yellow	orange	base
malachite - green	*p*,*p*′-benzylidenebis-(*N*,*N*-dimethylani-line)		11.4-13.0	green	colour-less	base
1,3,5-trini trobenzene			12.0-14.0	colour-less	orange	acid

2.3 การหาค่าคงที่สมดุลการแตกตัวของกรด (Ka)

อินดิเคเตอร์เป็นสารอินทรีย์ที่มีสมบัติเป็นกรดอ่อนหรือเบสอ่อน สารที่เป็นกรดอ่อนเมื่อแตกตัวให้ H^+ จะได้สารที่อยู่ในรูปเบสที่มีสีต่างจากเมื่อเป็นกรด ทำนองเดียวกันสารที่เป็นเบสเมื่อรับ H^+ จะได้สารที่อยู่ในรูปกรดที่มีสีต่างจากเมื่อเป็นเบส ดังสมการข้างล่างให้ HIn แทนอินดิเคเตอร์ที่อยู่ในรูปกรดและ In^- แทน อินดิเคเตอร์ที่อยู่ในรูปเบส

$$HIn \rightleftharpoons H^+ + In^-$$

acid form base form

ค่าคงที่สมดุลการแตกตัวของกรดนี้แทนด้วย

$$Ka = \frac{[H^+][In^-]}{[HIn]} \qquad -----(1)$$

$$\frac{[In^-]}{[HIn]} = \frac{Ka}{[H^+]} \qquad -----(2)$$

จากสมการที่ (2) จะเห็นว่าสารอินดิเคเตอร์จะอยู่ในรูป HIn หรือ In^- นั้นขึ้นกับค่าการแตกตัวของกรดHIn (Ka) และความเข้มข้นของ H^+ ถ้า Ka มีค่าค่อนข้างมากขณะที่ $[H^+]$ มีค่าน้อย สารละลายของสารตัวนี้จะอยู่ในรูป In^- มาก แต่ถ้า Ka มีค่าน้อยและ $[H^+]$ มีค่ามาก สารละลายของสารตัวนี้จะอยู่ในรูป HIn

สำหรับโครงงานนี้จะหาค่าคงที่การแตกตัว Ka โดยวิธีที่เรียกว่า French curve ซึ่งอาศัยคณิตศาสตร์มาช่วยในการคำนวณหาสูตรดังนี้

จากสมการที่ (1) เขียนสมการดุลมวลได้ดังนี้

$$C_{In} = [HIn] + [In^-]$$

เมื่อ C_{In} เป็นความเข้มข้นเริ่มต้นของอินดิเคเตอร์

$$[HIn] = C_{In} - [In^-] \qquad \text{-----(3)}$$

แทน [HIn] ในสมการ (1)

$$Ka = \frac{[H^+][In^-]}{C_{In}-[In^-]} \qquad \text{-----(4)}$$

จากกฎของเบียร์-แลมเบิรต์

$$A_{แสง} = \Sigma bC_{In}$$

$$C_{In} = \frac{A_{แสง}}{\Sigma b} \qquad \text{-----(5)}$$

ณ จุดที่ pH ของสารละลายอินดิเคเตอร์อยู่ในรูปเบสทั้งหมด จะได้

$$C_{In} = [In^-] \qquad \text{-----(6)}$$

ที่จุดใดๆ $A = \varepsilon b[In^-]$

$$[In^-] = A/\varepsilon b \qquad \text{-----(7)}$$

จากสมการ (3) $[HIn] = C_{In} - [In^-]$

แทนค่าสมการ (5) และ (7) ใน (3)

$$[HIn] = \frac{A_{เบส}}{\varepsilon b} - \frac{A}{\varepsilon b} \qquad \text{-----(8)}$$

แทนค่า (7) และ (8) ในสมการ (1)

$$K_a = [H^+]\left[\frac{\frac{A}{\varepsilon b}}{\frac{A_{เบส}}{\varepsilon b} - \frac{A}{\varepsilon b}}\right]$$

$$Ka = [H^+]\left[\frac{A}{A_{เบส} - A}\right]$$

$$\log Ka = \log [H^+] + \log\left[\frac{A}{A_{เบส} - A}\right]$$

$$pH = pKa + \log\left[\frac{A}{A_{เบส} - A}\right] \text{-----(9)}$$

พิจารณาสมการ (9) พบว่า ถ้าเขียนกราฟระหว่าง $\left[\frac{A}{A_{เบส} - A}\right]$ กับ pH จะได้กราฟเส้นตรง และจุดตัดแกนของ pH ก็คือค่า pKa นั่นเอง

สำหรับวิธีข้างต้นนี้จะต้องหา pH ของสารละลายอินดิเคเตอร์ที่อยู่ในรูปเบสทั้งหมดหรือรูปกรดทั้งหมดก่อน ซึ่งทำให้เสียเวลา และเราสามารถป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดจากการมีอินดิเคเตอร์รูปใดรูปหนึ่งปะปนอยู่ เช่น ณ pH ที่สารละลายเป็นเบส อาจจะมีอินดิเคเตอร์ในรูปกรดปะปนอยู่ก็ได้ ดังนั้น เพื่อความสะดวกและถูกต้องควรจะใช้ $\log\left[\frac{A - A_{กรด}}{A_{เบส} - A}\right]$ แทน $\log\left[\frac{A}{A_{เบส} - A}\right]$ และความยาวคลื่นที่ใช้ก็เป็นความยาวคลื่นที่อินดิเคเตอร์ในรูปกรดและเบสมีค่าดูดกลืนแสงต่างกันมากที่สุดด้วย

บทที่ 3

การวิจัยและการดำเนินการ

สารเคมีที่ใช้

- กรดไฮโดรคลอริก (HCl) 0.1 N
- โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) 0.15 M
- ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4) 0.15 M
- โพแทสเซียมฟอสเฟต (K_3PO_4) 0.15 M
- 10% โซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$)
- เอทานอล (C_2H_5OH)
- กรดอะซิติกเข้มข้น (conc. CH_3COOH)
- แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น (conc. NH_4OH)
- โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)
- โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$)
- สารละลายอินดิเคเตอร์บรอมอครีซอลกรีน (Bromocresol green)
- สารละลายอินดิเคเตอร์ฟีนอลฟทาลีน (Phenopthalein)
- สารละลายอินดิเคเตอร์เมธิลเรด (Methyl red)
- สารละลายอินดิเคเตอร์เมธิลออเรนจ์ (Methyl orange)
- สารละลายอินดิเคเตอร์ไทมอลบลู (Thylmol blue)

อุปกรณ์

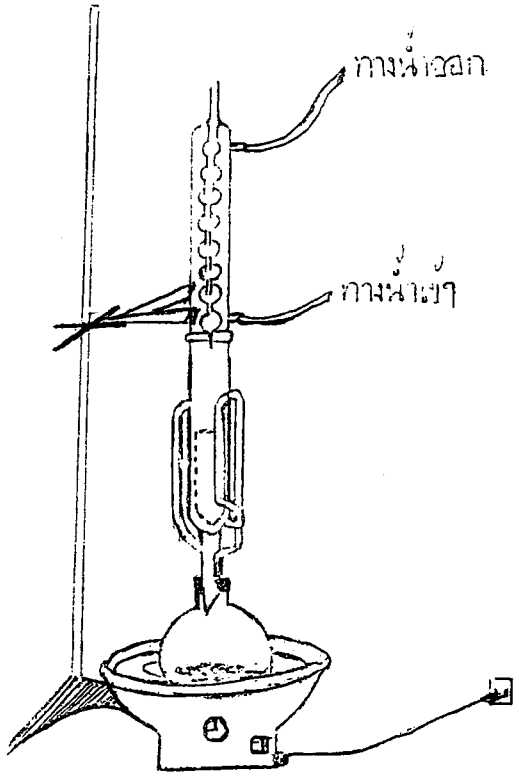
- ชุดเครื่องสกัดซอกเลต (Soxhlet extractor)
- เครื่อง Rotary evaporator (BUCHI RE-120)
- เครื่องพีเอช มิเตอร์ (654 pH meter)
- เครื่อง UV-spectrophotometer
- บิวเรตพร้อมขาตั้ง
- บีกเกอร์
- ขวดวัดปริมาตร
- ขวดสีชา
- เตาไฟฟ้า
- หลอดทดลอง
- กระบอกน้ำกลั่น
- สายยาง
- ปิเปตพร้อมจุกยางแดง
- เดซิเคเตอร์
- กระบอกตวง
- ขวดใส่สาร
- กรวย
- ช้อนตักสาร
- หลอดหยด
- ขวดรูปชมพู่

วิธีการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 การสกัดสารให้สีจากดอกไม้

* พืชที่นำมาสกัดเก็บจาก อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา

1. ล้างดอกอัญชันให้สะอาด แล้วทำให้แห้ง ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ นำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกผล
2. ตั้งเครื่องสกัดซอกเลต (Soxhlet extractor) ดังรูปที่ 1 โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย



รูปที่ 1 เครื่องสกัดซอกเลต (Soxhlet extractor)

3. นำดอกอัญชันที่ชั่งน้ำหนักแล้วมาบรรจุใส่ใน thimble แล้วนำไปใส่ในเครื่องสกัดซอกเลตทำการ สกัดที่อุณหภูมิ 80 °c จนกระทั่งสีของดอกอัญชันใน thimble หมด
4. จากนั้นนำดอกอัญชันที่ชั่งน้ำหนักเตรียมไว้มาใส่ใน thimble แทนดอกไม้ชุดเดิม ทำการสกัดซ้ำ
5. ระเหยเอทานอลออกด้วยเครื่อง Rotary evaporator ที่อุณหภูมิของ water bath 80-90 °c จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก แล้วเก็บไว้ในเดซิเคเตอร์

* สำหรับ ดอกต้อยติ่ง ดอกพุระหง ดอกชบาซ้อน ดอกกุหลาบ ดอกเข็มแดง เปลือกลูกก้างปลาและเปลือกลูกเถาคัน ทำเช่นเดียวกับดอกอัญชัน

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองช่วงของการเปลี่ยนสี

1. เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 1-14 ดังตารางที่ 1 และวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้พีเอช มิเตอร์ (pH METER)
2. นำสารที่สกัดจากดอกอัญชันในขั้นตอนที่ 1 มาประมาณ 0.2 g ละลายในน้ำ 3 cm^3
3. นำบัฟเฟอร์ pH 1-14 มาใส่หลอดทดลองหลอดละ 5 cm^3 แล้วนำสารละลายที่เตรียมได้จากดอกอัญชันมาหยดใส่หลอดทดลองหลอดละ 3 หยด สังเกตการเปลี่ยนแปลงสีและบันทึกผล

* สำหรับสารละลายอินดิเคเตอร์ที่เตรียมจากดอกต้อยติ่ง ดอกพุระหง ดอกชบาซ้อน ดอกกุหลาบ ดอกเข็มแดง เปลือกลูกก้างปลา และเปลือกลูกเถาคัน ทำเช่นเดียวกับสารละลายอินดิเคเตอร์ที่เตรียมจากดอกอัญชัน

ตารางที่ 1 แสดงวิธีการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 1-14

TEST TUBE	(0.1N) HCl	(0.15M) KH_2PO_4	(0.15M) Na_2HPO_4	(0.15M) K_3PO_4	10% NaOH	pH
1	9.5	0.5	-	-	-	1.1
2	5	5	-	-	-	2.0
3	0.5	9.5	-	-	-	3.5
4	-	10	-	-	-	4.4
5	-	9.5	0.5	-	-	5.4
6	-	9.0	1.0	-	-	5.7
7	-	8.0	2.0	-	-	6.0
8	-	7.0	3.0	-	-	6.3
9	-	6.0	4.0	-	-	6.4
10	-	5.0	5.0	-	-	6.6
11	-	4.0	6.0	-	-	6.8
12	-	3.0	7.0	-	-	7.0
13	-	2.0	8.0	-	-	7.2
14	-	1.0	9.0	-	-	7.5
15	-	4.5	-	5.5	-	7.7
16	-	4.2	-	5.8	-	8.3
17	-	4.0	-	6.0	-	9.1
18	-	3.0	-	7.0	-	10.9
19	-	-	3.0	7.0	-	11.5
20	-	-	-	9.5	0.5	12.8
21	-	-	-	-	10	13.7

ขั้นตอนที่ 3 การหาค่า Ka ของสารละลายอินดิเคเตอร์จากธรรมชาติ

1. เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 1-14 ดังตารางที่ 1
2. ชั่งสารที่สกัดได้จากขั้นตอนที่ 1 ของดอกอัญชัน 0.01-0.16 g บันทึกน้ำหนักที่แน่นอนแล้วละลายในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ml โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย
3. ปิเปตสารละลายอินดิเคเตอร์ที่เตรียมได้จากสารข้อ 2 มา ครั้งละ 3 ml ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 ml 14 ขวด และเติมสารละลายบัฟเฟอร์ที่เตรียมไว้จากข้อ 1 ลงในแต่ละขวดจนถึงขีดวัดปริมาตร
4. นำสารละลายอินดิเคเตอร์ที่ pH ต่าง ๆ ไปวัดค่า absorbance ในช่วงความยาวคลื่น 200-800 nm
5. เลือกความยาวคลื่นที่สารละลายอินดิเคเตอร์ที่อยู่ในรูปกรด และเบสที่มีค่าดูดกลืนแสงต่างกันมากที่สุด
6. วัดการดูดกลืนแสงของสารละลายอินดิเคเตอร์ของดอกอัญชันที่ pH ต่าง ๆ กันที่ความยาวคลื่นที่เลือกไว้ในข้อ 5 จะได้ A หลายค่า
7. อ่านค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายอินดิเคเตอร์ที่อยู่ในรูปกรดและในรูปเบสที่ความยาวคลื่นที่เลือกไว้จะได้ $A_{กรด}$ หรือ A_{HIn} และ $A_{เบส}$ หรือ A_{In^-} ตามลำดับ
8. เขียนกราฟระหว่าง pH กับ LOG $[A-A_{HIn}]/[A_{In^-}-A]$ คำนวนหาค่าคงที่การแตกตัวของอินดิเคเตอร์ (K_a) จากกราฟ

* สำหรับกรณี สารที่ระเหยได้จากขั้นตอนที่ 2 ของดอกต้อยติ่ง ดอกพุระหง ดอกชบาซ้อน ดอกกุหลาบ ดอกเข็มแดง เปลือกลูกก้างปลา และเปลือกลูกเถาคัน ทำเช่นเดียวกับกรณีของดอกอัญชัน

ขั้นตอนที่ 4 การนำอินดิเคเตอร์ที่ได้จากสารธรรมชาติไปประยุกต์ใช้แทนอินดิเคเตอร์สังเคราะห์

1. ไทเทรตกรดแก่ด้วยเบสแก่

1.1 เตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้นประมาณ 0.1 M

- ปิเปตกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นมา 9 ml ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1 l ที่มีน้ำกลั่นอยู่ประมาณ 500 ml จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไปอีกจนพอดีขีดของปริมาตร แล้วเขย่าขวดให้สารละลายเข้ากัน

1.2 เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นประมาณ 0.1 M

- ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4.0125 g ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 l สารละลายที่เตรียมได้จะมีความเข้มข้นประมาณ 0.1 M

1.3 หาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมา 25 ml ใส่ลงในขวดรูปกรวยขนาด 250 ml หยดฟีนอลฟทาลีน 3-5 หยด ไทเทรตสารละลายด้วย NaOH ที่ทราบความเข้มข้นแล้วจนกระทั่งสารละลายเป็นสีชมพูอ่อน ทำการทดลองซ้ำ บันทึกผลการทดลอง คำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

* ทำการทดลองเช่นเดิมโดยใช้อินดิเคเตอร์ที่สกัดได้จาก ดอกต้อยติ่ง เปลือกลูกก้างปลา เปลือกลูกเถาคันแทนฟีนอลฟทาลีน

2. การไทเทรตหาปริมาณสารบอแรกซ์

2.1 ชั่งบอแรกซ์ ($Na_2B_4O_7.10H_2O$) มา 4.0954 g ละลายในน้ำ 500 cm^3 โดยใช้ขวดวัดปริมาตร จากนั้นปิเปตมา 25 mlหยดเมธิลเรด (METHYL RED) ลงไป 2หยด นำมาไทเทรตกับ 0.1 M ของกรดไฮโดรคลอริก (วิธีเตรียมดูจากข้อ 1.1) จนกระทั่งสารละลายเป็นสีชมพู ทำการทดลองซ้ำ บันทึกผลการทดลอง คำนวณหาปริมาณบอแรกซ์

* ทำการทดลองเช่นเดิม โดยใช้อินดิเคเตอร์ที่สกัดได้จากดอกอัญชัน และเปลือกลูกเถาคันแทนเมธิลเรด

3. ไทเทรตเบสอ่อนด้วยกรดแก่

3.1 เตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.2 M

- ปิเปตกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นมา 5 ml ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 ml เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดวัดปริมาตร คำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอน

3.2 เตรียมสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.3 M

- ปิเปตแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นมา 10 ml ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 ml เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดวัดปริมาตร คำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอน

3.3 ปิเปตสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (จากข้อ 3.2)มา 10 ml ใส่ขวดรูปกรวย หยดสารละลายอินดิเคเตอร์บรอมอครีซอลกรีน (Bromocresol green) 2 หยด ไทเทรตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (ที่เตรียมได้จากข้อ 3.1) จนกระทั่งเป็นสีเหลือง บันทึกปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ ทำการทดลองซ้ำ

* ทำการทดลองเช่นเดิมโดยใช้อินดิเคเตอร์ที่สกัดจากดอกกุหลาบ ดอกอัญชัน ดอกต้อยติ่ง แทนอินดิเคเตอร์บรอมอครีซอลกรีน

4. หาปริมาณของคาร์บอเนตและไฮโดรเจนคาร์บอเนตในสารละลายผสม

4.1 เตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 M

- ปิเปตกรดไฮโดรคลอริกมา 9 ml ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1 l เติมน้ำกลั่นจนพอดีขีดของปริมาตร เขย่าขวดให้สารละลายเข้ากัน

4.2 เตรียมสารละลายผสมของคาร์บอเนตและไฮโดรเจนคาร์บอเนต

- ชั่งโซเดียมคาร์บอเนตมา 2.0638 g และโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตมา 2.0526 g ละลายด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตร 500 ml

4.3 ปิเปตสารละลายผสม (จากข้อ 4.2) มา 25 ml ใส่ในขวดรูปกรวยขนาด 250 ml เติมสารละลายฟีนอลฟ์ทาลีน 2 หยด นำไปไทเทรตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (จากข้อ 4.1) จนได้สารละลายไม่มีสี บันทึกปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้

4.4 นำสารละลายจากข้อ 4.3 มาเติมเมธิลออเรนจ์ 3 หยด นำไปไทเทรตกับกรดไฮโดรคลอริกจนได้สารละลายสีส้ม บันทึกปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้

4.5 คำนวนหาน้ำหนักเป็นกรัมของคาร์บอเนตและไฮโดรเจนคาร์บอเนตในสารละลาย 11 เปรียบเทียบกับน้ำหนักจริง

* ทำการทดลองเช่นเดิม โดยใช้อินดิเคเตอร์ที่สกัดจากดอกต้อยติ่งแทนฟีนอลฟทาลีนและใช้อินดิเคเตอร์ที่สกัดจากดอกอัญชัน ดอกต้อยติ่ง เปลือกลูกเถาคันแทนเมธิลออเรนจ์

5. การไทเทรตหาปริมาณกรดอะซิติกในน้ำส้มสายชู

5.1 การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 M

- ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ประมาณ 20 g ละลายด้วยน้ำกลั่นใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 500 ml เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดวัดปริมาตร

5.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดอะซิติก

- ปิเปตกรดอะซิติกมา 1 ml ใส่ในขวดวัดปริมาตร 250 ml เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดวัดปริมาตร

5.3 หาความเข้มข้นที่แน่นอนของโซเดียมไฮดรอกไซด์ด้วยสารละลายมาตรฐานกรดอะซิติก

_ ปิเปตสารละลายกรดอะซิติกมา 25 ml ใส่ในขวดรูปกรวยขนาด 250 ml หยดอินดิเคเตอร์ฟีนอลฟทาลีนลงไป 2 หยด นำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากไม่มีสีไปเป็นสีชมพู บันทึกปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้

_ ทำการทดลองซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 1 โดยใช้อินดิเคเตอร์ไทมอลบลูและอินดิเคเตอร์ที่สกัดจากดอกอัญชัน ดอกต้อยติ่ง ดอกชบาช้อน ดอกพุระหง เปลือกลูกเถาคันและเปลือกลูกก้างปลา แทนอินดิเคเตอร์ฟีนอลฟทาลีน บันทึกผลของปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้

5.4 การไทเทรตหาปริมาณของกรดอะซิติกในน้ำส้มสายชู

- ปิเปตน้ำส้มสายชูมา 25 ml ใส่ในขวดรูปกรวยขนาด 250 ml หยดอินดิเคเตอร์ฟีนอลฟทาลีนลงไป 2 หยด นำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากไม่มีสีไปเป็นสีชมพู บันทึกปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้

_ คำนวนหาปริมาณของกรดอะซิติกในน้ำส้มสายชู

_ ทำการทดลองซ้ำ โดยใช้อินดิเคเตอร์ที่สกัดจากดอกชบาช้อน ดอกอัญชัน และดอกพุระหงแทนอินดิเคเตอร์ฟีนอลฟทาลีน

ขั้นตอนที่ 5 การหาหมู่ฟังก์ชันของสารละลายอินดิเคเตอร์ที่สกัดได้

เนื่องจากในการนำอินดิเคเตอร์จากสารธรรมชาติไปประยุกต์ใช้แทนอินดิเคเตอร์สังเคราะห์นั้น ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ จึงเป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการวิเคราะห์โครงสร้างของอินดิเคเตอร์จากสารธรรมชาติโดยอาศัยเทคนิค 4 วิธีดังนี้คือ

1. Paper-chromatography
2. UV Spectroscopy
3. IR Spectroscopy
4. NMR Spectroscopy

ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

- ทำการ ทดสอบทางโครมาโตรกราฟีกระดาษใน 0.1 M NaOH ของอินดิเคเตอร์ทั้ง 8 ชนิด พบว่า สารละลายอินดิเคเตอร์ที่สกัดจากดอกต้อยติ่งเท่านั้นให้การแยกที่ดี โดยพบว่ามีสารสีเหลืองที่ R_f = 0.676

- สกัดสารสีเหลืองออกจาก Paper-chromatography ด้วย

1. H_2O (5 min)
2. 0.1 M NaOH (3 min)

นำสารละลายที่สกัดได้นี้ไปวิเคราะห์ด้วย UV Spectroscopy หลังจากนั้นทำการระเหยให้แห้ง (โดยการเก็บไว้ในเดซิเคเตอร์) เมื่อสารแห้งแล้วจะได้ของแข็งสีเหลืองเมื่อใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย = 0.0194 g และเมื่อใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวทำละลาย = 0.0249 g แล้วนำไปวิเคราะห์ทางด้าน IR และ NMR Spectroscopy

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 การสกัดสีออกจากพืชและการระเหยสารที่สกัดได้

ตารางที่ 4.1 แสดงน้ำหนักของสารให้สีที่ได้จากการสกัด

ชนิดของพืชที่นำมาสกัด	น้ำหนักของดอกสด(g)	ปริมาณเอทานอลที่ใช้ (cm^3)	น้ำหนักของสารให้สี(g)	% conversion
ดอกอัญชันสีม่วง	800	1200	2.5063	0.3133
ดอกต้อยติ่งสีม่วง	600	600	1.4083	0.2347
ดอกพุ่ระหงสีแดง	1150	1300	2.3290	0.2025
ดอกชบาซ้อนสีแดง	700	1100	2.0518	0.2931
ดอกกุหลาบสีแดง	200	400	1.2952	0.6476
ดอกเข็มสีแดง	500	900	1.9347	0.3869
เปลือกลูกก้างปลา (สีดำอมม่วง)	310	660	2.5382	0.8187
เปลือกลูกเถาคัน (สีม่วง)	500	600	2.9703	0.5941

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบช่วงของการเปลี่ยนสี

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปลี่ยนสีของดอกอัญชันช่วง pH 1-14

pH	สีของดอกอัญชัน
สีปกติ	น้ำเงินอมม่วง
1.123	ชมพู
2.002	ชมพู
3.547	ม่วง
4.492	ม่วง
5.442	น้ำเงิน
5.746	น้ำเงิน
6.079	ฟ้า
6.306	ฟ้า
6.473	ฟ้า
6.668	ฟ้าเข้ม
6.818	ฟ้าเข้ม
7.023	ฟ้าอมเขียว
7.249	ฟ้าอมเขียว
7.579	ฟ้าอมเขียว
7.797	เขียว
8.370	เขียว
9.112	เขียวแก่
10.965	เขียวอมเหลือง
11.535	เขียวอมเหลือง
12.816	เขียวอมเหลือง
13.770	เหลือง

ตารางที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนสีของดอกต้อยติ่งช่วง pH 1-14

pH	สีของดอกต้อยติ่ง
สีปกติ	น้ำตาลอมเหลือง
1.123	ชมพู
2.002	ชมพู
3.547	ไม่มีสี
4.492	ไม่มีสี
5.442	ไม่มีสี
5.746	ไม่มีสี
6.079	ไม่มีสี
6.306	ไม่มีสี
6.473	ไม่มีสี
6.668	ไม่มีสี
6.818	ไม่มีสี
7.023	ไม่มีสี
7.249	เหลืองอมเขียว
7.579	เหลืองอมเขียว
7.797	เขียว
8.370	เขียวเข้ม
9.112	เขียวเข้ม
10.965	เหลือง
11.535	เหลืองอมน้ำตาล
12.816	เหลืองอมน้ำตาล
13.770	เหลือง

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปลี่ยนสีของดอกพุระหงช่วง pH 1-14

pH	สีของดอกพุระหง
สีปกติ	แดงอมม่วง
1.116	ชมพู
2.009	ชมพู
3.555	ชมพูอ่อน
4.489	ใสอมชมพู
5.429	ใสอมชมพู
5.734	ใสอมชมพู
6.075	ใสอมชมพู
6.304	ใสอมชมพู
6.488	ใส
6.662	ใส
6.828	ใส
7.021	ใสอมเขียว
7.243	ใสอมเขียว
7.586	ใสอมเขียว
7.831	ใสเขียว
8.141	ใสเขียว
9.069	ใสเขียว
10.851	ใสเขียวเข้มขึ้น
11.647	เขียวแก่
12.753	เขียวเข้ม
13.779	เหลืองเข้ม

ตารางที่ 4.5 แสดงการเปลี่ยนสีของดอกชบาซ้อนช่วง pH 1-14

pH	สีของดอกชบาซ้อน
สีปกติ	น้ำตาลอมแดง
1.123	ชมพู
2.002	ชมพู
3.542	ชมพูจาง
4.492	ชมพูจาง
5.442	ชมพูจาง
5.746	ชมพูจาง
6.079	ชมพูจาง
6.306	ชมพูจาง
6.473	ชมพูจาง
6.668	ชมพูจาง
6.818	ใสแกมเหลือง
7.028	ใสแกมเหลือง
7.249	ใสแกมเหลือง
7.579	ใสแกมเหลือง
7.797	เหลือง
8.370	เหลือง
9.112	เหลืองอมเขียว
10.965	เหลืองอมเขียว
11.535	เหลืองเข้ม
12.816	เหลืองอมน้ำตาล
13.770	เหลืองอมน้ำตาล

ตารางที่ 4.5 แสดงการเปลี่ยนสีของดอกกุหลาบช่วง pH 1-14

pH	สีของดอกกุหลาบ
สีปกติ	น้ำตาลแดง
1.116	ชมพูอมส้ม
2.009	ชมพูอมส้ม
3.555	ใสอมชมพู
4.489	ใสอมชมพู
5.429	ใสอมชมพู
5.734	ใสอมชมพู
6.075	ใสอมชมพู
6.304	ใสอมชมพู
6.488	ใสอมน้ำตาล
6.662	ใสอมน้ำตาล
6.828	ใสอมน้ำตาล
7.021	ใสอมน้ำตาล
7.243	ใสอมน้ำตาล
7.586	ใสอมน้ำตาล
7.831	เขียว
8.141	เขียว
9.069	เขียวแก่
10.851	เขียวอ่อนเข้ม
11.647	เหลืองอมเขียว
12.753	เหลืองเข้ม
13.779	เหลือง

ตารางที่ 4.7 แสดงการเปลี่ยนสีของดอกเข็มแดงช่วง pH 1-14

pH	สีของดอกเข็มแดง
สีปกติ	ส้มอมแดง
1.123	ชมพูใส
2.002	ชมพูจาง
3.547	ชมพูจาง
4.492	ชมพูจาง
5.442	ชมพูจาง
5.746	ชมพูจาง
6.079	ชมพูจาง
6.306	ชมพูจาง
6.473	ชมพูจาง
6.668	ชมพูจาง
6.818	ชมพูจาง
7.023	ชมพูจางอมเหลือง
7.249	ชมพูจางอมเหลือง
7.579	ชมพูจางอมเหลือง
7.797	ชมพูจางอมเหลือง
8.370	ชมพูจางอมเหลือง
9.112	ชมพูจางอมส้ม
10.965	ชมพูจางอมส้ม
11.535	เหลืองเข้มใส
12.816	เหลืองเข้มใส
13.770	เหลืองใส

ตารางที่ 4.8 แสดงการเปลี่ยนสีของเปลือกลูกก้างปลาช่วง pH 1-14

pH	สีของเปลือกลูกก้างปลา
สีปกติ	ม่วงเข้มอมแดง
1.116	ชมพูอมส้ม
2.009	ชมพูอมส้ม
3.555	ชมพูอมส้มอ่อน
4.489	ใสอมชมพู
5.429	ใสอมชมพู
5.734	ใสอมชมพู
6.075	ใสอมชมพู
6.304	ใสอมเหลือง
6.488	ใสอมเหลือง
6.662	ใสอมเหลือง
6.828	ใสอมเหลือง
7.021	ใสอมเหลือง
7.243	ใสอมเหลือง
7.586	เขียวแก่ใส
7.831	เขียวแก่ใส
8.141	เขียวแก่ใส
9.069	เขียวแก่อมน้ำตาล
10.851	เหลืองอมน้ำตาล
11.647	เหลืองอมน้ำตาล
12.753	เหลืองใส
13.779	เหลืองเข้มใส

ตารางที่ 4.9 แสดงการเปลี่ยนสีของเปลือกลูกเถาคันช่วง pH 1-14

pH	สีของเปลือกลูกเถาคัน
สีปกติ	ม่วงอมแดง
1.116	ชมพู
2.009	ชมพู
3.555	ชมพู
4.489	ชมพูอมม่วง
5.429	ม่วง
5.734	ม่วงอ่อนใส
6.075	ม่วง
6.304	ม่วง
6.488	น้ำเงิน
6.662	น้ำเงิน
6.828	น้ำเงิน
7.021	น้ำเงิน
7.243	น้ำเงิน
7.586	น้ำเงิน
7.831	น้ำเงิน
8.141	น้ำเงิน
9.069	น้ำเงินอมเหลือง
10.851	เหลืองแก่
11.647	เหลืองอ่อน
12.753	เหลืองอ่อน
13.779	เหลืองเข้ม

ขั้นตอนที่ 3 การหาค่า Ka ของสารละลายอินดิเคเตอร์จากสารธรรมชาติ

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของดอกอัญชันช่วง pH 1-14

สารละลายอินดิเคเตอร์จากดอกอัญชัน									
ค่า pH	ค่าความยาวคลื่นที่เลือกวัด (nm)								
	280			420			630		
	A	$X=\frac{A-A_n}{A_u-A}$	logX	A	$X=\frac{A-A_n}{A_u-A}$	logX	A	$X=\frac{A-A_n}{A_u-A}$	logX
1.712	1.33	2.14	0.33	0.09#	-	-	0.03#	-	-
2.004	1.05	0.007	-2.12	0.09	-	-	0.04	0.17	-0.77
3.528	1.06#	-	-	0.10	0.02	-1.65	0.09	1.19	0.07
4.384	1.12	0.19	-0.73	0.10	0.02	-1.72	0.10	1.62	0.21
5.344	1.06	-	-	0.11	0.04	-1.41	0.10	1.88	0.27
6.110	1.13	0.20	-0.70	0.10	0.02	-1.80	0.13	4.90	0.67
7.310	1.17	2.69	-0.43	0.14	9.18	-0.75	0.14	38.37	1.58
8.247	1.23	0.72	-0.14	0.21	0.60	-0.22	0.12	4.13	0.62
9.826	1.33	2.70	0.32	0.38	8.47	0.93	0.15*	-	-
10.567	1.27	1.12	0.05	0.43	-	-	0.13	6.37	0.81
11.018	1.22	0.71	-0.15	0.42*	-	-	0.12	2.93	0.47
11.689	1.23	0.74	-0.13	0.38	7.71	0.89	0.10	1.51	0.18
13.778	1.46*	-	-	0.29	31.33	1.50	0.03	-	-

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของดอกต้อยติ่งช่วง pH 1-14

สารละลายอินดิเคเตอร์จากดอกต้อยติ่ง						
ค่า pH	ค่าความยาวคลื่นที่เลือกวัด (nm)					
	255			400		
	A	$X=\frac{A-A_n}{A_u-A}$	log X	A	$X=\frac{A-A_n}{A_u-A}$	log X
1.172	1.303 #	-	-	0.057 #	-	-
2.004	1.297	-	-	0.058	0.004	-2.346
3.528	1.329	0.058	-1.240	0.052	0.006	-3.192
4.384	1.308	0.011	-1.976	0.053	0.001	-2.891
5.344	1.368	0.157	-0.803	0.056	0.003	-2.492
6.110	1.362	0.141	-0.851	0.079	0.018	-1.739
7.310	1.304	0.002	-2.679	0.306	0.196	-0.708
8.247	1.508	0.752	-0.124	1.091	2.009	0.303
9.826	1.661	2.985	0.475	1.816	-	-
10.567	1.582	1.403	0.147	1.609 *	-	-
11.018	1.537	0.959	-0.018	1.345	4.898	0.690
11.689	1.578	1.355	0.132	1.127	2.234	0.349
13.778	1.781 *	-	-	0.976	1.439	0.158

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของดอกพุระหงช่วง pH 1-14

สารละลายอินดิเคเตอร์จากดอกพุระหง						
ค่า pH	ค่าความยาวคลื่นที่เลือกวัด (nm)					
	252			400		
	A	$X=\frac{A-A_n}{A_u-A}$	log X	A	$X=\frac{A-A_n}{A_u-A}$	log X
1.600	0.501 #	-	-	0.077	0.028	-1.554
2.499	0.534	0.069	-1.160	0.076	0.025	-1.601
3.891	0.549	0.104	-0.983	0.070	0.008	-2.085
4.375	0.535	0.071	-1.146	0.066	-	-
5.178	0.535	0.071	-1.146	0.067 #	-	-
5.626	0.545	0.094	-1.025	0.074	0.019	-1.712
6.082	0.545	0.094	-1.025	0.083	0.045	-1.342
6.919	0.543	0.090	-1.047	0.123	0.179	-0.746
7.092	0.570	0.156	-0.806	0.141	0.252	-0.599
7.703	0.540	0.083	-1.082	0.179	2.286	-0.359
7.983	0.584	0.195	-0.711	0.213	0.658	-0.182
10.178	0.868	2.564	0.409	0.422	27.290	1.436
10.889	0.897	3.475	0.541	0.429	60.395	1.781
11.624	0.944	6.607	0.820	0.402	10.162	1.007
12.190	0.956	8.279	0.918	0.396	8.433	0.926
13.282	1.011 *	-	-	0.435 *	-	-

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของดอกชบาซ้อนช่วง pH 1-14

สารละลายอินดิเคเตอร์จากดอกชบาซ้อน						
ค่า pH	ค่าความยาวคลื่นที่เลือกวัด (nm)					
	254			400		
	A	$X=\frac{A-A_n}{A_u-A}$	log X	A	$X=\frac{A-A_n}{A_u-A}$	log X
1.600	0.002	0.069	-1.164	0.118	0.025	-1.596
2.499	-0.041#	-	-	0.106	0.002	-2.720
3.891	-0.006	0.055	-1.259	0.105 #	-	-
4.375	-0.005	0.057	-1.246	0.102	-	-
5.178	-0.039	0.002	-2.524	0.102	-	-
5.626	-0.042	-	-	0.107	0.003	-2.418
6.082	-0.020	0.032	-1.490	0.122	0.033	-1.476
6.919	-0.014	0.042	-1.377	0.181	0.169	-0.772
7.092	-0.020	0.032	-1.490	0.198	0.215	-0.668
7.703	-0.009	0.050	-1.300	0.276	0.482	-0.317
7.983	-0.006	0.055	-1.259	0.309	0.634	-0.198
10.178	0.416	2.148	0.332	0.623	64.714	1.811
10.889	0.500	4.198	0.623	0.631 *	-	-
11.624	0.451	2.767	0.442	0.519	3.963	0.598
12.190	0.495	3.999	0.602	0.512	3.420	0.534
13.282	0.629*	-	-	0.591	12.612	1.085

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของดอกกุหลาบช่วง pH 1-14

สารละลายอินดิเคเตอร์จากดอกกุหลาบ						
ค่า pH	ค่าความยาวคลื่นที่เลือกวัด (nm)					
	245			320		
	A	$X=\frac{A-A_n}{A_u-A}$	log X	A	$X=\frac{A-A_n}{A_u-A}$	log X
1.172	1.397	-	-	0.266 #	-	-
2.004	1.209 #	-	-	0.253	-	-
3.528	1.227	0.167	-0.778	0.280	0.027	-1.564
4.384	1.247	0.453	-0.344	0.301	0.071	-1.148
5.344	1.695	-	-	0.430	0.452	-0.345
6.110	1.279	1.274	0.105	0.386	0.295	-0.530
7.310	1.663	-	-	0.714	5.675	0.754
8.247	1.334 *	-	-	0.716	5.848	0.767
9.826	1.261	0.713	-0.147	0.793 *	-	-
10.567	1.162	-	-	0.683	3.793	0.579
11.018	1.082	-	-	0.666	2.965	0.472
11.689	1.118	-	-	0.664	3.083	0.489
13.778	1.051	-	-	0.612	1.910	0.281

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของดอกเข็มแดงช่วง pH 1-14

สารละลายอินดิเคเตอร์จากดอกเข็มแดง						
ค่า pH	ค่าความยาวคลื่นที่เลือกวัด (nm)					
	315			375		
	A	$X=\frac{A-A_n}{A_u-A}$	log X	A	$X=\frac{A-A_n}{A_u-A}$	log X
1.600	0.478	0.007	-2.134	0.125 #	-	-
2.499	0.474 #	-	-	0.125	-	-
3.391	0.489	0.028	-1.551	0.130	0.009	-2.029
4.375	0.475	0.001	-2.738	0.125	-	-
5.178	0.477	0.005	-2.259	0.129	0.007	-2.126
5.626	0.466	-	-	0.129	0.007	-2.126
6.082	0.501	0.052	-1.285	0.142	0.033	-1.487
6.919	0.494	0.038	-1.422	0.157	0.063	-1.200
7.092	0.501	0.052	-1.285	0.170	0.091	-1.041
7.703	0.486	0.022	-1.650	0.228	0.236	-0.627
7.983	0.495	0.040	-1.400	0.276	0.389	-0.410
10.178	0.628	0.391	-0.408	0.579	5.346	0.728
10.889	0.718	0.804	-0.095	0.559	4.130	0.616
11.624	0.801	1.479	0.170	0.553	3.855	0.586
12.190	0.801	1.479	0.170	0.543	3.451	0.538
13.282	1.022 *	-	-	0.664 *	-	-

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของเปลือกลูกก้างปลาช่วง pH 1-14

สารละลายอินดิเคเตอร์จากเปลือกลูกก้างปลา						
ค่า pH	ค่าความยาวคลื่นที่เลือกวัด (nm)					
	320			429		
	A	$X=\frac{A-A_n}{A_u-A}$	log X	A	$X=\frac{A-A_n}{A_u-A}$	log X
1.172	0.551 #	-	-	0.195	0.003	-2.507
2.004	0.552	0.001	-2.873	0.133	-	-
3.528	0.631	0.120	-0.921	0.151	0.022	-1.653
4.384	0.633	0.123	-0.909	0.161	0.056	-1.254
5.344	0.570	0.026	-1.583	0.144 #	-	-
6.110	0.685	0.219	-0.660	0.163	0.063	-1.203
7.310	0.707	0.264	-0.578	0.216	0.258	-0.589
8.247	1.161	4.457	0.649	0.271	0.652	-0.186
9.826	1.300	-	-	0.366	2.218	0.346
10.567	1.170	4.831	0.684	0.410	4.753	0.677
11.018	1.114	3.062	0.486	0.406	4.365	0.640
11.689	1.013	1.622	0.210	0.422	6.324	0.801
13.778	1.298 *	-	-	0.466 *	-	-

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของเปลือกลูกเถาคันช่วง pH 1-14

สารละลายอินดิเคเตอร์จากเปลือกลูกเถาคัน						
ค่า pH	ค่าความยาวคลื่นที่เลือกวัด (nm)					
	258			380		
	A	$X=\frac{A-A_n}{A_u-A}$	log X	A	$X=\frac{A-A_n}{A_u-A}$	log X
1.172	0.335 #	-	-	0.245 ÷	-	-
2.004	0.330	-	-	0.255	0.027	-1.571
3.528	0.367	0.081	-1.089	0.254	0.024	-1.157
4.384	0.873	0.098	-1.008	0.260	0.041	-1.389
5.344	0.851	0.039	-1.408	0.255	0.027	-1.571
6.110	0.858	0.057	-1.242	0.260	0.041	-1.389
7.310	0.900	0.181	-0.743	0.296	0.154	-0.812
8.247	0.940	0.328	-0.484	0.343	0.345	-0.462
9.826	1.049	1.014	0.006	0.433	0.968	-0.014
10.567	1.178	4.178	0.621	0.601	13.677	1.136
11.018	1.297	-	-	0.712	-	-
11.689	1.228	12.274	1.089	0.627 *	-	-
11.987	1.260 *	-	-	0.601	13.677	1.136
13.778	1.231	10.162	1.007	0.455	1.222	0.087

ตารางที่ 4.18 แสดงค่า pKa และ Ka ของอินดิเคเตอร์ที่สกัดจากสารธรรมชาติ

ชนิดของพืช	ความยาวคลื่น(nm)	pKa	Ka	pKa $\pm$ 1
ดอกอัญชัน	280	8.70	1.995×10^{-9}	7.70 - 9.70
	420	9.45	3.548×10^{-10}	8.45 - 10.45
	630	4.20	6.309×10^{-5}	3.20 - 5.20
ดอกต้อยติ่ง	255	8.50	3.162×10^{-9}	7.50 - 9.50
	400	7.95	1.122×10^{-8}	6.95 - 8.95
ดอกพู่ระหง	252	9.30	1.585×10^{-10}	8.30 - 10.30
	400	8.20	6.310×10^{-9}	7.20 - 9.20
ดอกชบาซ้อน	254	9.70	1.995×10^{-10}	8.70 - 10.70
	400	7.95	1.122×10^{-8}	8.95 - 9.95
ดอกกุหลาบ	245	5.85	1.413×10^{-6}	4.85 - 6.85
	320	6.80	1.585×10^{-7}	5.80 - 7.80
ดอกเข็มแดง	325	11.25	5.623×10^{-12}	10.25 - 12.25
	375	8.90	1.259×10^{-9}	7.90 - 9.90
เปลือกลูกก้างปลา	320	10.30	5.012×10^{-11}	9.30 - 11.30
	429	8.90	1.259×10^{-9}	7.90 - 9.90
เปลือกลูกเถาคัน	258	10.10	7.943×10^{-11}	9.10 - 11.10
	380	9.20	6.310×10^{-10}	8.20 - 10.20

ขั้นตอนที่ 4 การนำอินดิเคเตอร์จากสารธรรมชาติมาประยุกต์ใช้

4.1 ไทเทรตกรดแก่ด้วยเบสแก่

อินดิเคเตอร์ที่ได้จาก	สีที่เห็นก่อนจุดยุติ	สีที่เห็น ณ จุดยุติ	ปริมาณ NaOHที่ใช้ไทเทรต (cm^3)				ความเข้มข้นกรดไฮโดรคลอริกที่คำนวณได้ (M)
			1	2	3	เฉลี่ย	
0.5%ฟีนอลฟทาลีน	ไม่มีสี	ชมพู	28	28	28	28	0.1123
ดอกต้อยติ่ง	ชมพู	เหลือง	27.9	27.9	28	27.9	0.1119
เปลือกลูกก้างปลา	แดงสด	น้ำตาล	28	28	28	28	0.1123
เปลือกลูกเถาคัน	แดง	ไม่มีสี	28	28	28	28	0.1123

ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่เตรียมได้จริง = 0.1073 M

4.2 ไทเทรตหาปริมาณสารบอแรกซ์

อินดิเคเตอร์ที่ได้จาก	สีที่เห็นก่อนจุดยุติ	สีที่เห็น ณ จุดยุติ	ปริมาณ HCl ที่ใช้ไทเทรต (cm^3)				ปริมาณสารบอแรกซ์ที่คำนวณได้จากการทดลอง(g)
			1	2	3	เฉลี่ย	
เมธิลเรด	เหลือง	สีชมพู	10.3	10.3	10.3	10.3	4.2313
ดอกอัญชัน	เขียว	ม่วง	10.3	10.3	10.3	10.3	4.2313
เปลือกลูกเถาคัน	น้ำตาลเทา	ส้ม	10.2	10.3	10.3	10.3	4.2313

ปริมาณสารบอแรกซ์ที่ชั่ง = 4.0954 g

4.3 ไทเทรตเบสอ่อนด้วยกรดแก่

อินดิเคเตอร์ที่ได้จาก	สีที่เห็นก่อนจุดยุติ	สีที่เห็น ณ จุดยุติ	ปริมาณ HCl ที่ใช้ไทเทรต (cm^3)				ความเข้มข้นของ NH_4OH ที่คำนวณได้จากการทดลอง(M)
			1	2	3	เฉลี่ย	
บรอมโมครีซอลกรีน	น้ำเงิน	เหลือง	13.9	13.9	13.9	13.9	0.3330
ดอกกุหลาบ	เหลือง	ส้มเข้ม	14.1	14.0	14.0	14.0	0.3362
ดอกอัญชัน	เขียว	ชมพูอมม่วง	14.1	14.1	14.1	14.1	0.3378
ดอกต้อยติ่ง	เขียว	ส้ม	13.8	13.8	13.8	13.8	0.3307

ความเข้มข้นของแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมได้จริง = 0.2910 M

4.4 หาปริมาณของคาร์บอเนตและไฮโดรเจนคาร์บอเนตในสารละลายผสม

การทดลองครั้งที่	อินดิเคเตอร์ที่ใช้ไทเทรตครั้งที่	สีที่เห็น ณ จุดยุติ	สีที่เห็น ณ จุดยุติ	ปริมาณ HCl ที่ใช้ไทเทรต (cm^3)				ปริมาณที่คำนวนได้ของ (g)	
				1	2	3	เฉลี่ย	CO_3^{2-}	HCO_3^-
1	1.ฟีนอลฟทาลีน	ชมพู	ไม่มีสี	10.3	10.3	10.3	10.3	2.354	1.720
	2.เมธิลออเรนจ์	เหลือง	ส้ม	19.8	19.8	19.8	19.8		
2	1.ฟีนอลฟทาลีน	ชมพู	ไม่มีสี	10.4	10.4	10.4	10.4	2.375	1.720
	2.ดอกต้อยติ่ง	เขียว	ส้มอ่อน	19.9	19.9	19.8	19.9		
3	1.ฟีนอลฟทาลีน	ชมพู	ไม่มีสี	10.3	10.3	10.3	10.3	2.354	1.720
	2.เปลือกลูกเถาคัน	เขียวแก่	ชมพู	19.8	19.8	19.8	19.8		
4	1.ฟีนอลฟทาลีน	ชมพู	ไม่มีสี	10.4	10.4	10.4	10.4	2.376	1.702
	2.ดอกอัญชัน	เขียว	ชมพู	19.8	19.7	19.8	19.8		
5	1.ดอกต้อยติ่ง	เขียว	เหลือง	10.3	10.3	10.3	10.3	2.354	1.792
	2.ดอกอัญชัน	เขียว	ส้ม	20.2	20.2	20.1	20.2		

ปริมาณของ Na_2CO_3 = 2.0638 g

ปริมาณของ $NaHCO_3$ = 2.0526 g

4.5 การไทเทรตหาปริมาณกรดอะซิติกในน้ำส้มสายชู

- ขั้นตอนหาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

อินดิเคเตอร์ที่ได้จาก	สีที่เห็นก่อนจุดยุติ	สีที่เห็น ณ จุดยุติ	ปริมาณ NaOHที่ใช้ไทเทรต (cm^3)				ความเข้มข้นของ NaOH ที่คำนวณได้จากการทดลอง(M)
			1	2	3	เฉลี่ย	
ไทมอลบลู	เหลือง	น้ำเงิน	1.5	1.5	1.5	1.5	1.1633
พีนอลฟ์ทาลีน	ไม่มีสี	ชมพู	1.5	1.5	1.5	1.5	1.1633
ดอกอัญชัน	ม่วง	เขียว	1.6	1.5	1.6	1.56	1.1186
ดอกต้อยติ่ง	ชมพูอ่อน	เหลืองแก่	1.6	1.6	1.6	1.6	1.0906
ดอกชบาซ้อน	ชมพู	เขียว	1.5	1.5	1.5	1.5	1.1633
ดอกพู่ระหง	ชมพู	เขียว	1.5	1.5	1.4	1.46	1.1952
เปลือกลูกก้างปลา	ชมพู	เขียวแก่	1.5	1.5	1.5	1.5	1.1633
เปลือกลูกเสาคัน	ชมพู	เขียวแก่	1.6	1.6	1.6	1.6	1.0906

ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมได้จริง = 1.0053 M

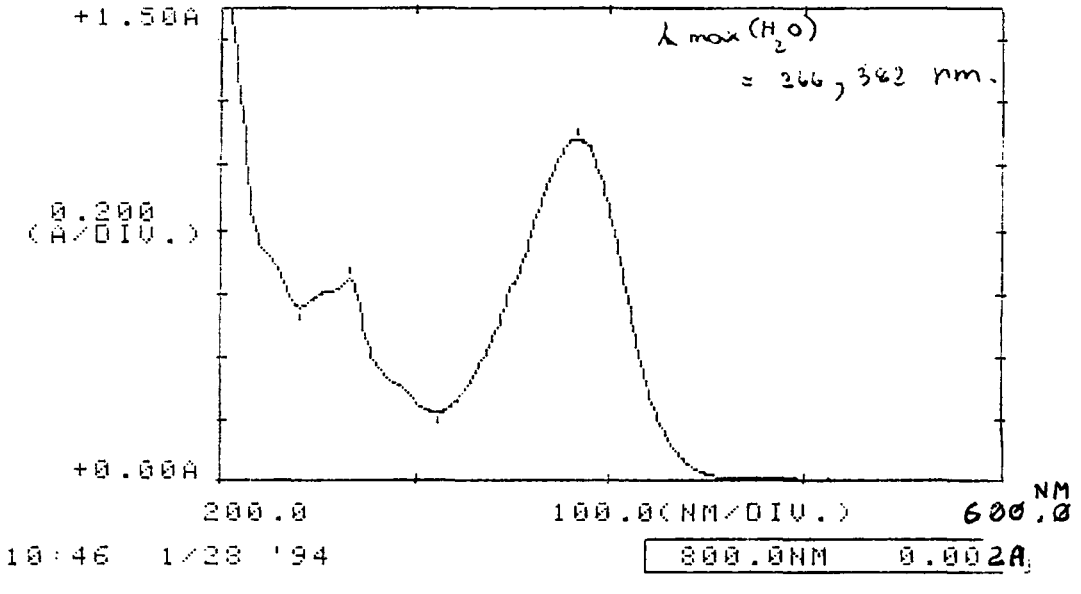
- ขั้นตอนหาปริมาณกรดอะซิติกในน้ำส้มสายชู

อินดิเคเตอร์ที่ได้จาก	สีที่เห็นก่อนจุดยุติ	สีที่เห็น ณ จุดยุติ	ปริมาณ NaOHที่ใช้ไทเทรต (cm^3)				ความเข้มข้นของ CH_3COOH ที่คำนวณได้จากการทดลอง(M)
			1	2	3	เฉลี่ย	
ฟีนอลฟ์ทาลีน	ไม่มีสี	ชมพู	21.3	21.3	21.3	21.3	5.1378
ไทมอลบลู	เหลือง	น้ำเงิน	21.3	21.3	21.3	21.3	5.1378
ดอกชบาซ้อน	ชมพู	เขียว	21.2	21.2	21.3	21.3	5.1222
ดอกอัญชัน	ชมพู	เขียว	21.2	21.2	21.1	21.2	5.1053
เปลือกลูกก้างปลา	ชมพู	เขียว	21.4	21.4	21.4	21.4	5.1536

เปอร์เซนต์ของกรดอะซิติกในน้ำส้มสายชูกลั่น (ลลร.) = 5

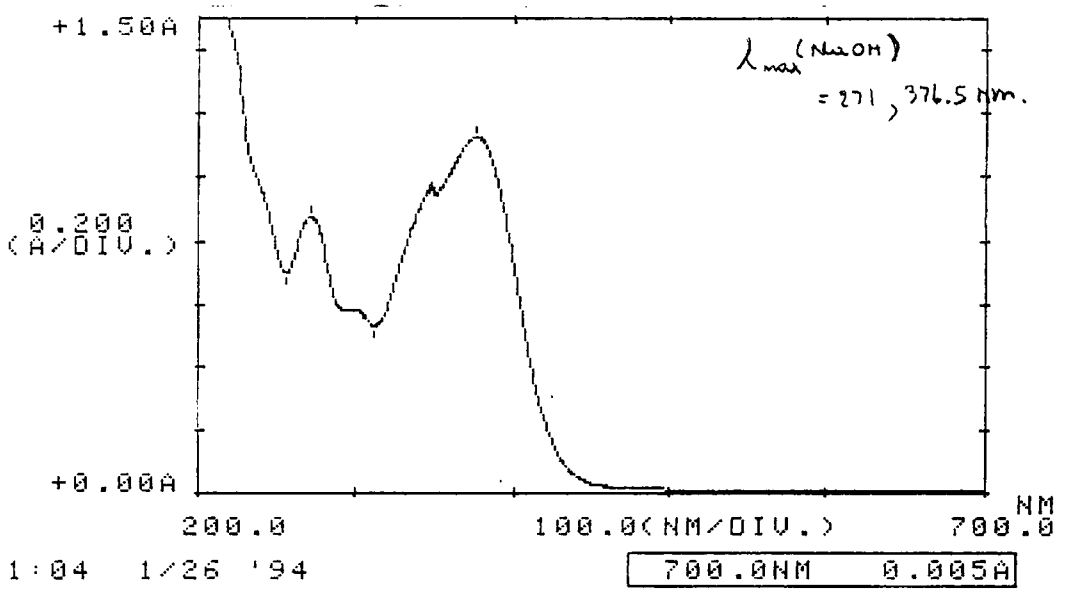
ขั้นตอนที่ 5 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันสารที่สกัดได้

- เทคนิคอัลตราไวโอเลตสเปกโทรสโกปี



รูปแสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารสีเหลืองจากดอกต้อยติ่งในตัวทำละลาย H_2O

โดยอาศัยเทคนิค UV Spectroscopy



รูปแสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารสีเหลืองจากดอกต้อยติ่งในตัวทำละลาย NaOH

โดยอาศัยเทคนิค UV Spectroscopy

- เทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

อินฟราเรดสเปคตรา (infrared spectra) ของสารสีเหลืองจากดอกต้อยติ่งที่ใช้น้ำและโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวทำละลาย มีการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดในย่าน 3000-3600 cm^{-1} (การยืดของพันธะ O-H)

- เทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี

ยังไม่สามารถหาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สารสีเหลืองจากดอกต้อยติ่งด้วยเทคนิคนี้ได้ เนื่องจากสารที่สกัดได้มีปริมาณน้อยมาก

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

โครงงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 5 ส่วนหลักดังนี้

1. ศึกษาวิธีการสกัดสารที่มีสีจากธรรมชาติจำพวกดอกไม้หรือเปลือกลูกไม้
2. ศึกษาวิธีการตรวจสอบหาช่วงการเปลี่ยนสีที่ pH ต่าง ๆ ของสารที่สกัด
3. ศึกษาวิธีการหาค่า Ka ของสารที่สกัดได้
4. ศึกษาแนวทางการนำอินดิเคเตอร์ที่สกัดได้จากสารธรรมชาติไปประยุกต์ใช้
5. การวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของสารละลายอินดิเคเตอร์

1. ศึกษาวิธีการสกัดสารให้สีจากสารธรรมชาติ

เนื่องจากสารที่นำมาสกัดเป็นสารอินทรีย์ จึงเลือกใช้วิธีการสกัดอย่างต่อเนื่องโดยใช้เครื่องสกัดซอกเลต (Soxhlet extractor) ซึ่งวิธีการสกัดนี้จะใช้ตัวทำละลายในปริมาณที่น้อย โดยตัวทำละลายที่เลือกใช้คือเอทานอล เนื่องจากเอทานอลมีคุณสมบัติที่ดีคือ เป็นสารบริสุทธิ์ที่เสถียร ไม่เป็นพิษ ไม่กัดกร่อนอุปกรณ์ที่ใช้สกัด ราคาถูก และที่สำคัญคือ เอทานอลมีจุดเดือดที่ไม่สูงมากนัก(ประมาณ 70°c) ดังนั้นจึงง่ายในการระเหยกลับมาใช้ใหม่

สำหรับในการเก็บรักษาอินดิเคเตอร์ที่สกัดได้นั้นควรเก็บในรูปของของแข็ง โดยนำสารละลายอินดิเคเตอร์เข้มข้นที่สกัดได้ไประเหยให้แห้งและเก็บไว้ในขวดสีชา เพื่อป้องกันการสลายตัวเนื่องจากแสง และควรเก็บไว้ในเดซิเคเตอร์เพื่อป้องกันความชื้น

อินดิเคเตอร์ที่สกัดได้มีลักษณะเป็นของแข็งและสีแตกต่างกันดังแสดงในตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 4.19 แสดงสีของอินดิเคเตอร์ที่สกัดได้จากสารธรรมชาติ

อินดิเคเตอร์ที่สกัดได้จาก	สี
ดอกอัญชัน	สีม่วงอมดำ
ดอกต้อยติ่ง	สีม่วงอมน้ำตาล
ดอกเข็มแดง	สีส้มอมแดง
ดอกพู่ระหง	สีแดง
ดอกชบาซ้อน	สีแดง
ดอกกุหลาบ	สีส้มอมแดง
เปลือกลูกก้างปลา	สีม่วงอมน้ำเงิน
เปลือกลูกเถาคัน	สีม่วงอมแดง

สำหรับการศึกษาในขั้นนี้พบว่าปริมาณของอินดิเคเตอร์ที่สกัดได้ถ้าคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักของสารธรรมชาติที่ใช้ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก ดังนั้นในขั้นตอนนี้ควรจะมีการศึกษาหาวิธีสกัดอินดิเคเตอร์ ที่ได้ศึกษาแล้วว่าใช้แทนอินดิเคเตอร์สังเคราะห์ได้ให้ได้ผลที่ดีกว่านี้

2. ศึกษาวิธีการหาช่วงของการเปลี่ยนสีที่ pH ต่าง ๆ ของสารที่สกัด

จากการทดสอบหาช่วงของการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ที่ pH 1-14 จากนั้นจะเลือกช่วง pH ที่อินดิเคเตอร์สามารถเปลี่ยนสีได้ชัดเจนดังแสดงในตาราง 4.20 เพื่อ

ตารางที่ 4.20 แสดงช่วง pH ที่อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสีได้ชัดเจน

สารธรรมชาติ	ช่วง pH ของการเปลี่ยนสี (transition interval)	สีที่เปลี่ยน color change with increasing pH
1. ดอกอัญชัน	2.00 - 5.44	ชมพู - น้ำเงิน
	6.82 - 7.80	ฟ้า - เขียว
	9.11 -13.77	เขียว - เหลือง
2. ดอกต้อยติ่ง	2.00 - 3.55	ชมพู - ไม่มีสี
	7.32 - 7.80	ไม่มีสี - เขียว
	9.11 -10.97	เขียว - เหลือง
3. ดอกพุระหง	2.01 - 6.49	ชมพู - ใสไม่มีสี
	11.65 -13.78	เขียว - เหลือง
4. ดอกชบาซ้อน	6.67 - 7.80	ชมพู - เหลือง
5. ดอกกุหลาบ	6.30 - 7.83	ชมพู - เขียว
	9.07 -12.75	เขียว - เหลือง
6. ดอกเข็มแดง	6.82 -11.54	ชมพู - เหลือง
7. เปลือกลูกก้างปลา	6.08 - 6.30	ชมพู - เหลือง
	8.14 -12.75	เขียว - เหลือง
8. เปลือกลูกเถาคัน	3.56 - 5.43	ชมพู - ม่วง
	8.14 -10.85	น้ำเงิน - เหลือง

สำหรับในขั้นตอนนี้ปัญหาที่พบคือ จะสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายอินดิเคเตอร์ที่ pH บางค่าได้ยาก เนื่องจากสีที่ได้มีความใกล้เคียงกันและบางครั้งสีเกิดจากสีผสม เช่น สีฟ้าอมเขียว จึงยากแก่การที่จะระบุชัดว่าเป็นสีใด แต่ในการศึกษาขั้นนี้ก็จะเลือกเฉพาะช่วง pH ที่มีการเปลี่ยนสีที่ชัดเจนเท่านั้น

3. ศึกษาวิธีการหาค่า Ka ของสารที่สกัดได้

ในการศึกษาวิธีการหาค่า Ka นี้ใช้เทคนิคอัลตราไวโอเลตสเปกโทรสโกรปี โดยมีหลักการย่อๆดังนี้คือเลือกความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงในช่วงกรดและเบสที่แตกต่างกันมากที่สุด เมื่อได้ความยาวคลื่นที่ต้องการแล้วนำไปทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ pH ต่างๆกัน นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาค่า $\log A-A_{กรด}/A_{เบส}-A$ แล้วนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟกับค่า pH จุดตัดแกนคือค่า pKa ซึ่งสามารถนำมาหาค่า Ka ได้

จากขั้นตอนนี้จะพบว่าอินดิเคเตอร์ที่สกัดได้แต่ละชนิดอาจจะมีค่า Ka ได้หลายค่า ทั้งนี้เนื่องจากมีช่วงของการเปลี่ยนสีหลายช่วงและหาช่วง pH การเปลี่ยนสีจากค่า pKa $\pm$ 1 ได้ ซึ่งค่าที่ได้นี้ส่วนใหญ่จะสอดคล้องกับผลที่ได้ในขั้นตอนที่ 2

4. ศึกษาแนวทางการนำอินดิเคเตอร์ที่สกัดได้จากสารธรรมชาติไปประยุกต์ใช้

ในการไทเทรตกรด-เบสโดยการนำอินดิเคเตอร์ที่สกัดได้ไปประยุกต์ใช้จะพบว่าอินดิเคเตอร์ที่สกัดได้จาก

ดอกต้อยติ่ง เปลือกลูกก้างปลาและเปลือกลูกเถาคันใช้แทนอินดิเคเตอร์ฟีนอลฟทาลีน

ดอกกุหลาบ ดอกอัญชันและดอกต้อยติ่งใช้แทนอินดิเคเตอร์บรอมอครีซอลกรีน

ส่วนการหาปริมาณของคาร์บอเนตและไฮโดรเจนคาร์บอเนตในสารละลายผสมพบว่า

ดอกต้อยติ่งใช้แทนอินดิเคเตอร์ฟีนอลฟทาลีน และดอกอัญชัน เปลือกลูกเถาคันและดอกต้อยติ่งใช้แทนอินดิเคเตอร์เมธิลออเรนจ์ได้

การหาปริมาณของบอแรกซ์นบว่าใช้ดอกอัญชันและเปลือกลูกเถาคันแทนเมธิลเรด

การหากรดอะซิติกในน้ำส้มสายชู เนื่องจากมักมีการปนปลอมสินค้าในท้องตลาด ซึ่งน้ำส้มสายชูปลอมมีความเป็นกรด-เบสต่างไปจากน้ำส้มสายชูจริงซึ่งมี pH ประมาณ 3 จึงสามารถใช้ pH-indicator ทดสอบได้ พบว่าใช้ดอกชบาซ้อน ดอกอัญชันและเปลือกลูกก้าง-ปลาแทนอินดิเคเตอร์ไทมอลบลูและฟีนอลฟทาลีนได้

การหาจุดยุติโดยการเปลี่ยนแปลงสี ควรเตรียมสารละลายแบลงค์เป็นตัวเปรียบเทียบเพื่อช่วยในการสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงสีได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และช่วยลดความผิดพลาดของการทดลองจากสาเหตุอื่นได้

5. การวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของสารละลายอินดิเคเตอร์ที่สกัด

ในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของดอกต้อยติ่ง ซึ่งสามารถแยกสารสีเหลืองได้ดีในตัวทำละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์โดยวิธีเปเปอร์โครมาโทกราฟี (กรณีของสารละลายอินดิเคเตอร์ที่สกัดจาก ดอกอัญชัน ดอกพุระหง ดอกชบาซ้อน ดอกกุหลาบ ดอกเข็มแดง เปลือกลูกก้างปลา และเปลือกลูกเถาคัน ยังไม่สามารถหาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการแยกได้)

สกัดสารละลายสีเหลืองที่ได้นี้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

ส่วนที่หนึ่ง นำไปแช่ในตัวทำละลายน้ำ

ส่วนที่สอง นำไปแช่ในตัวทำละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

จากนั้นนำสารละลายสีเหลืองที่ได้ ไปวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคอัลตราไวโอเลตสเปกโทรสโกปีพบว่าสารละลายสีเหลืองในตัวทำละลายน้ำจะให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 266 และ 382 นาโนเมตรและในตัวทำละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 271 และ 376.5 นาโนเมตรซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีเหลืองในตัวทำละลายทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน

จากนั้นนำสารละลายสีเหลืองไประเหยแห้งโดยเก็บไว้ในเดซิเคเตอร์แล้วแบ่งสารออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 นำไปวิเคราะห์โดยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกรปี

โดยเตรียมสารในรูปของ KBr disc พบว่าสารสีเหลืองที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายจะให้อินฟราเรดสเปกตราในย่านเดียวกับสารสีเหลืองที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวทำละลาย คือที่ 3000-3600 cm^{-1} (การยืดของพันธะO-H)

ส่วนที่ 2 นำไปวิเคราะห์โดยเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี

เนื่องจากสารที่ได้มีปริมาณน้อย ดังนั้นจึงยังไม่สามารถหาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สารสีเหลืองจากดอกต้อยติ่งได้

สูตรโครงสร้างทางเคมีของอินดิเคเตอร์สังเคราะห์ส่วนใหญ่จะมีหมู่ฟังก์ชันเป็นหมู่ไฮดรอกซิลดังแสดงในตัวอย่างสูตรโครงสร้างของอินดิเคเตอร์สังเคราะห์บางตัวในหน้า 13-15 ดังนั้นการศึกษาในขั้นนี้ก็ให้ผลที่มีส่วนสอดคล้องกับอินดิเคเตอร์สังเคราะห์

ภาคผนวก

PLANT MATERIAL

ต้อยติ่ง

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Ruellia Tuberose Linn.*

วงศ์ : ACANTHACEAE

ลักษณะ : พืชล้มลุกขนาดสูง 2 ฟุต ลำต้นมีขนอ่อน ใบเดี่ยวออกเป็นคู่ตรงก้นข้าม โคนใบแหลมปลายใบมน ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่นเล็กน้อย ดอกสีม่วงออกตามง่ามใบ โคนกลีบดอกเป็นกลีบสั้น ๆ ตรงปลายแยกเป็น 5 แฉก ผลเป็นฝัก เมื่อถูกความชื้นจะแตกออกเป็น 2 ซีก ภายในมีเมล็ด 8 เมล็ด

แหล่งที่พบ : ขึ้นอยู่ริมข้างทาง บริเวณที่รกร้างทั่วไป

สรรพคุณ : ราก ผสมยาแก้พิษปัสสาวะพิการ

เข็มแดง

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Ixora Lobbii* Loud.

วงศ์ : RUBIACEAE

ลักษณะ : ไม้พุ่มเตี้ย ใบเดียวหนาและผิวเป็นมัน ปลายใบแหลม ดอกออกเป็นช่อ สีแดงเข้ม ขนาดใหญ่กว่าเข็มขาว แต่ไม่มีกลิ่นหอม

แหล่งที่พบ : พบขึ้นอยู่ตามป่าเบญจพรรณ เป็นไม้ประดับตามสวนสาธารณะบริเวณวัดหรือบ้าน

สรรพคุณ : รากบรรเทาอาการบวม รักษาตา ขับเสมหะ

เถาคัน

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Parthenocissus Vitacea Aitch*

วงศ์ : VITIDACEAE

ลักษณะ : ไม้เถาเลื้อยพันต้นไม้อื่น ใบย่อย 3 ใบ มีขอบใบหยักเป็นฟันเลื่อย ดอกออกเป็นช่อ ผลดิบสีเขียวและจะเปลี่ยนเป็นสีดำเมื่อสุก ภายในมีน้ำซึ่งทำให้คัน เมื่อสัมผัสกับผิวหนัง เถาคันมีอยู่ 2 ชนิด คือเถาคันแดงและเถาคันขาว ชนิดสีแดงนิยมนำมาปรุงยามากกว่าชนิดสีขาว

แหล่งที่พบ : พบขึ้นอยู่ตามป่าเบญจพรรณและที่รกร้าง

สรรพคุณ : เถา ปรุงเป็นยาต้มรักษาโรคกษัย คลายเส้น ช่วยขับลม ขับเสมหะ ฟอกเลือด รักษาอาการฟกช้ำภายใน

ใบ นำไปใช้อังไฟพอกฝีหนอง

อัญชัน (BUTTERFLY PEA)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : Clitoria Ternatea Linn.

วงศ์ : PAPILIONACEAE

ลักษณะ : ไม้เถาเลื้อยคลุมพื้นขึ้น ลำต้นมีขนนุ่ม ใบเป็นช่อยาว 6-12 ซ.ม. มีใบย่อยรูปไข่ 5-7 ใบ ดอกเดี่ยวมีทั้งชนิดดอกราและดอกซ้อน และมีหลายสี ได้แก่ ม่วง ฟ้า ขาว ดอกออกเดี่ยว ๆ รูปทรงคล้ายผ่าหอยเชลล์ยาว 2.5-3.5 ซ.ม. กลีบคลุมรูปกลม ปลายเว้าเป็นแอ่ง ตรงกลางมีสีเหลืองขาวออกดอกเกือบตลอดปี

แหล่งที่พบ : ถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ พบขึ้นอยู่ทั่วไปตามที่รกร้าง นิยมนำมาปลูกตามรั้วและซุ้ม

สรรพคุณ : เมล็ด ใช้เป็นยาระบาย

ราก มีรสขมช่วยขับปัสสาวะ เป็นยาระบายส่วนใหญ่มักใช้ชนิดดอกสีขาว

ผู่ระหง (FRINGED HIBISCUS)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Hibiscus Schizopetalus* Hook.F.

วงศ์ : MALVACEAE

ลักษณะ : ไม้พุ่ม เปลือกของต้นและใบมียางเหนียว ใบเดี่ยวแตก ดอกเรียงสลับกัน ขอบใบจักคล้ายฟันเลื่อย ดอกเดี่ยวออกตามปลายกิ่ง กลีบดอก 5 กลีบ มีปลายกลีบแยก เมื่อดอกบานเต็มที่ปลายกลีบจะงองุ้มเข้าหาก้านดอก

แหล่งที่พบ : พันธุ์ไม้เขตร้อนของทวีปเอเชียและแอฟริกา ปลูกเป็นไม้ประดับตามรั้วบ้านทั่วไป

สรรพคุณ : ใบและราก รักษาอาการไข้ในเด็ก เจ็บคอ แก้ไอ

ลูกก้างปลา

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Dariera Siamensis Craib*

วงศ์ : ACANTHACEAE

ลักษณะ : ไม้พุ่มขนาดสูงราว 2-3 เมตร ใบประกอบออกเรียงสลับกัน ดอกออกเป็นช่อเล็ก ผลขนาดเท่าพริกไทยสีแดง เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีดำ

แหล่งที่พบ : ถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ในอินเดีย อินโดนีเซีย มาเลเซียและไทย พบขึ้นอยู่ตามที่รกร้าง ที่ลุ่มทั่วไป

สรรพคุณ : ใบ ปรุงเป็นยาเขียว รักษาไข้แก้ร้อนใน

ราก รักษาไข้จับสั่น ไข้กลับ แก้อาการเชื่องซึม พิษไข้ต่าง ๆ

ชบา (SHOE FLOWER)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Hibiscus rosa-sinesis* Linn.

วงศ์ : MALVACEAE

ลักษณะ : ไม้พุ่มขนาดสูงราว 2-3 เมตร เปลือกค่อนข้างเหนียว ใบเดี่ยว ขอบใบจักเป็นฟันเลื่อย ดอกเดี่ยวมีกลีบดอก 5 กลีบ มีทั้งชนิดกลีบดอกราและกลีบดอกซ้อน และมีสีแตกต่างกันมากมาย เช่น ขาว ชมพู เหลือง แดง ชนิดที่นิยมนำมาปรุงยาเป็นชนิดดอกสีแดง

แหล่งที่พบ : ถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ในประเทศจีน อินเดีย และฮาวาย ปัจจุบันปลูกกันทั่วไปในเขตร้อน

สรรพคุณ : ราก มีสารเป็นเมือกทาผิวหนังทำให้ชุ่มชื้น นอกแก้พิษผีและการอักเสบและใช้เป็นยาระบายหล่อลื่นลำไส้ ทำยาชงดื่มแก้ไข้ ต้มเป็นยาขับระดู ดอก ชาวจีนใช้ย้อมผมและคิ้วผสมน้ำมันโอลีฟ ทาศีรษะบำรุงผม ใช้รับประทานเป็นอาหาร

กุหลาบ

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Rosa Chinensis Jaeq, R.rubiginosa, R.odorata etc.*

วงศ์ : ROSACEAE

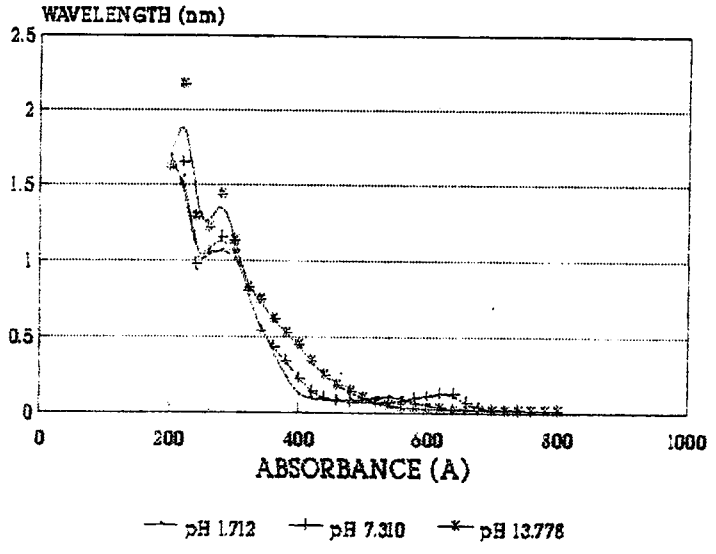
ชื่อสามัญ : Rose

ลักษณะทั่วไป : ต้น กุหลาบนั้นมีอยู่มากมายหลายชนิดและหลายพันธุ์ มีทั้งไม้พุ่มและพันธุ์เตี้ยและพันธุ์ต้นสูง ลำต้นและกิ่งก้านของกุหลาบส่วนมากจะมีหนามแหลมและมีสีเขียว

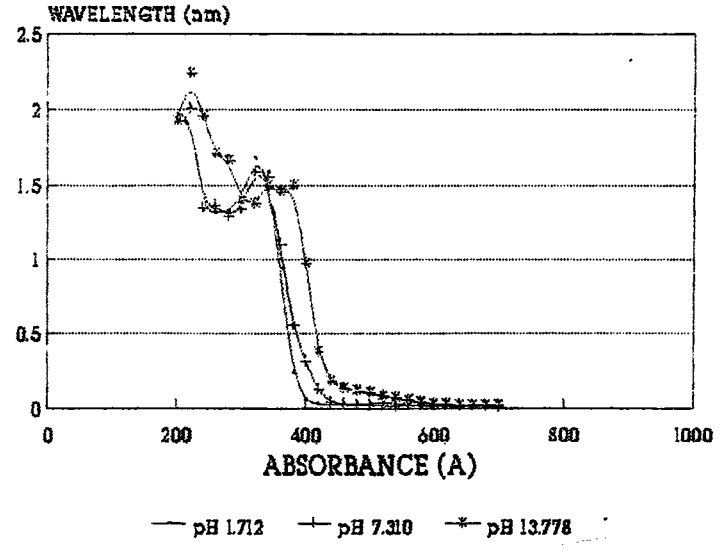
ใบ เป็นใบร่วมแตกตามกิ่ง เฉียง ๆ ก้านใบจะมีหูใบด้วย ใบมีสีเขียวปลายแหลม โคนใบจะมน ขนาดของใบจะขึ้นอยู่กับพันธุ์ของต้น

ดอก ดอกของต้นกุหลาบนั้นมีหลายสี สีแดง สีเหลือง สีขาว สีชมพู ฯลฯ ดอกของกุหลาบจะมีกลีบ 5 กลีบขึ้นไป ขอบกลีบดอกจะเรียบมีเกสรตัวผู้ตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน

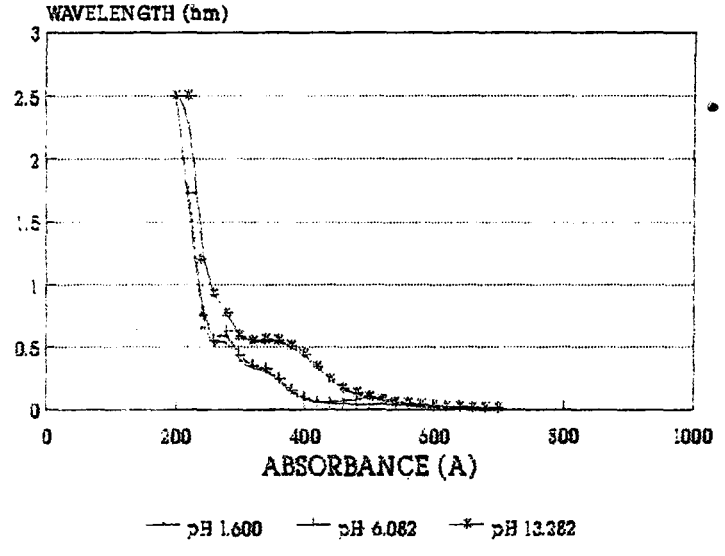
การขยายพันธุ์ : เป็นพันธุ์ไม้ที่ขยายพันธุ์ได้หลายวิธีคือ การตอนกิ่ง ทาบกิ่ง ติดตา ปักชำ ควรใส่ปุ๋ยในดินเล็กน้อย เป็นไม้ที่ต้องดูแลถ้าต้องการชมดอกของต้น



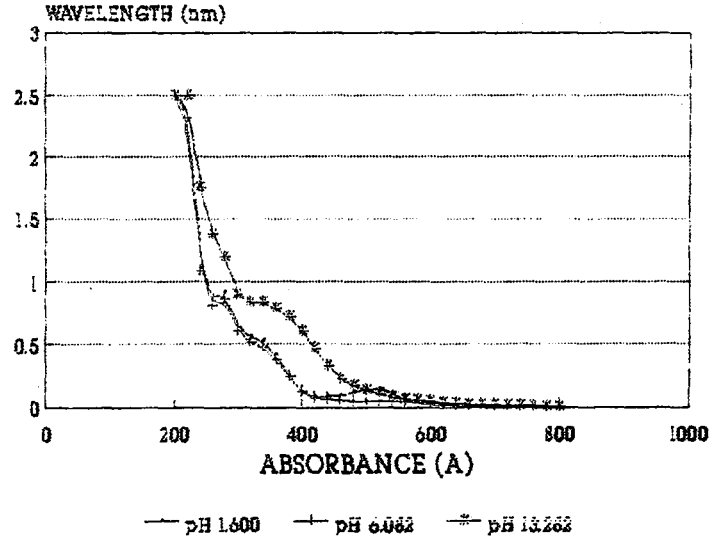
กราฟแสดงการเลือกความยาวคลื่นของดอกอัญชัน



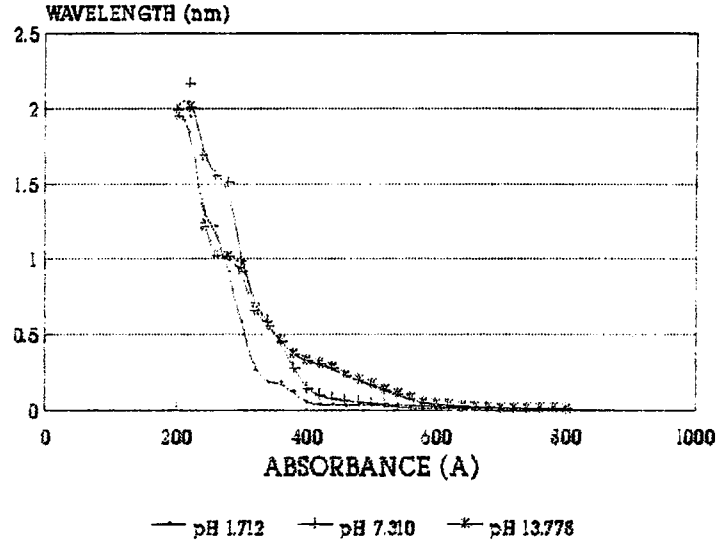
กราฟแสดงการเลือกความยาวคลื่นของดอกต้อยติ่ง



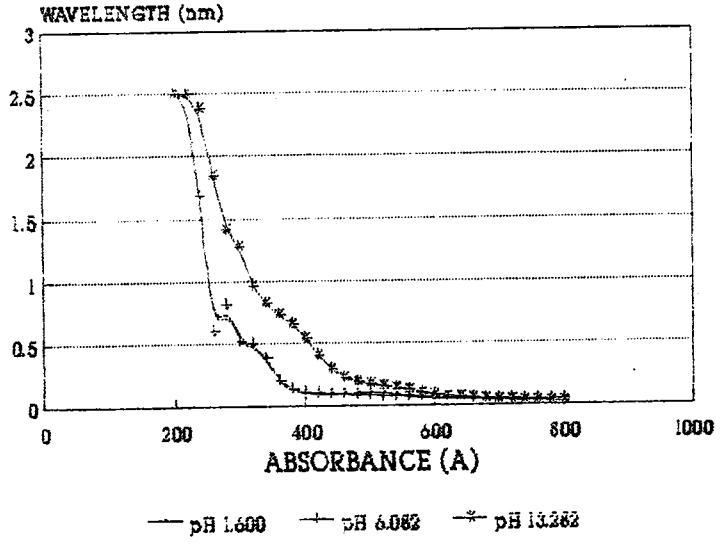
กราฟแสดงการเลือกความยาวคลื่นของดอกพุรยะหง



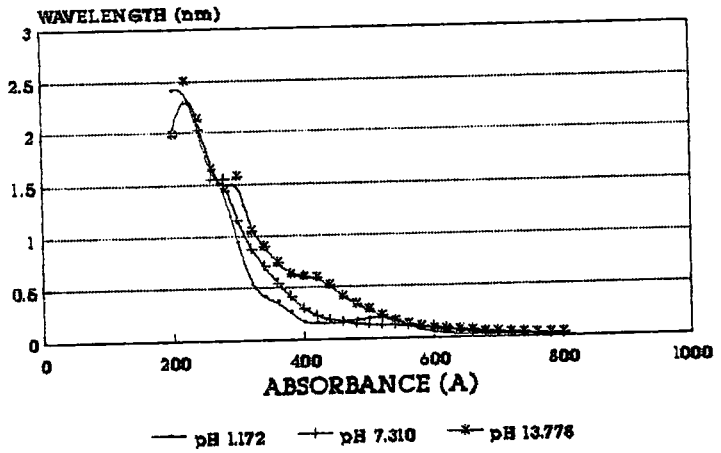
กราฟแสดงการเลือกความยาวคลื่นของดอกชบาซ้อน



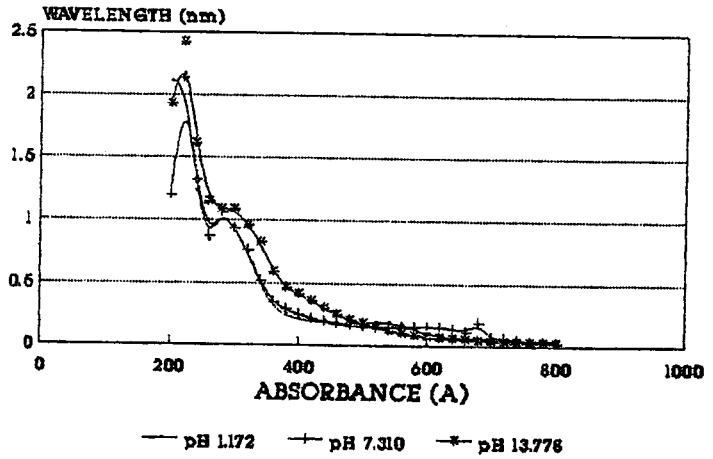
กราฟแสดงการเลือกความยาวคลื่นของดอกกุหลาบ



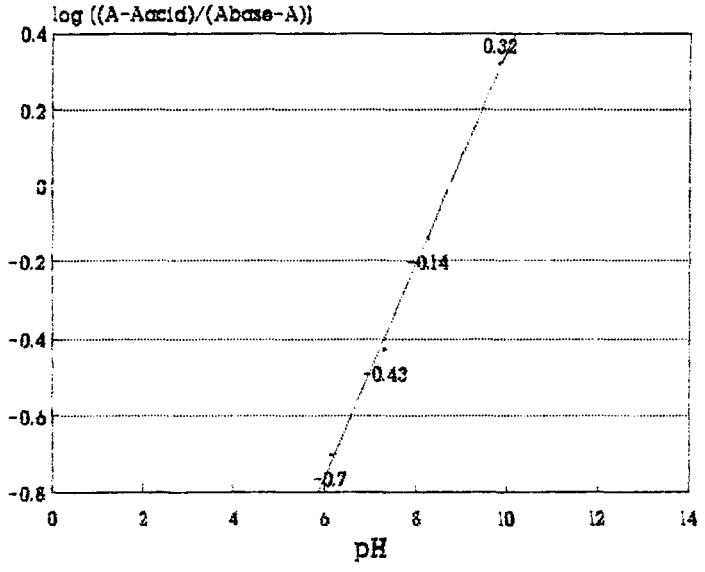
กราฟแสดงการเลือกความยาวคลื่นของดอกเข็มแดง



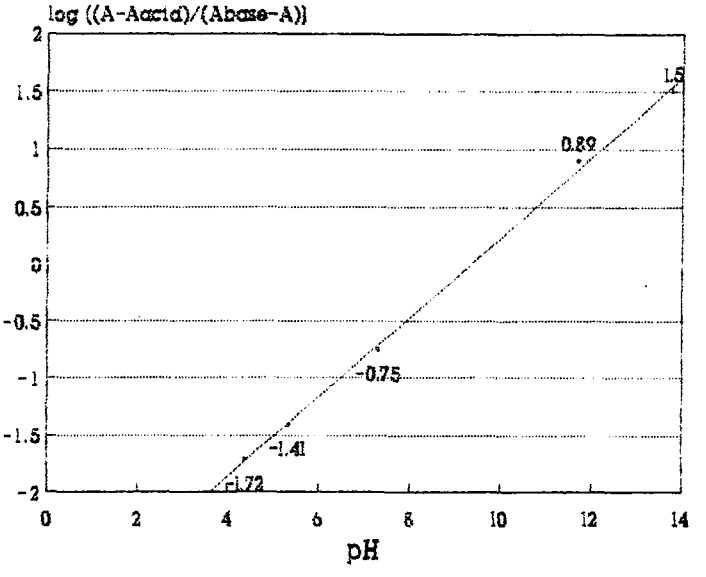
กราฟแสดงการเลือกความยาวคลื่นของเปลือกลูกก้างปลา



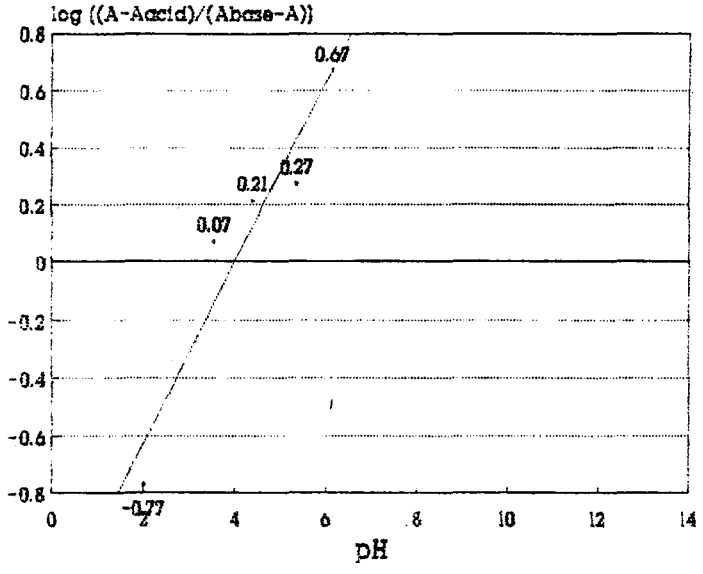
กราฟแสดงการเลือกความยาวคลื่นของเปลือกลูกเถาคัน



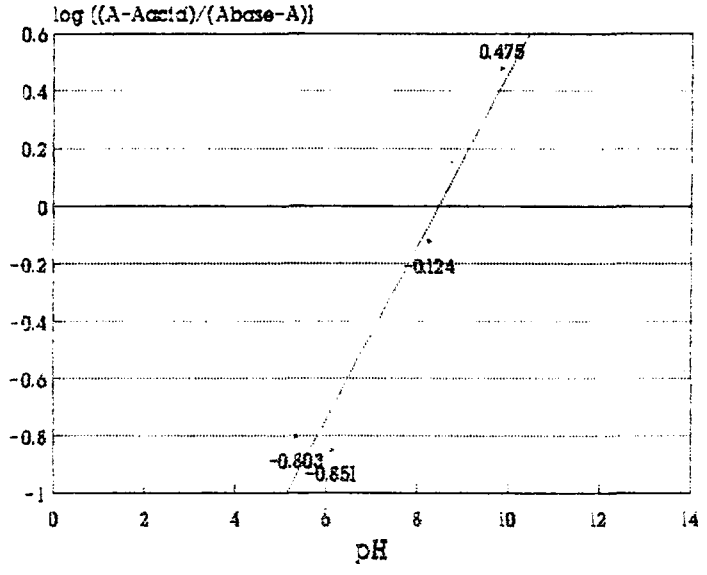
กราฟแสดงการหาค่า pKa ของดอกอัญชันที่ความยาวคลื่น 280 nm



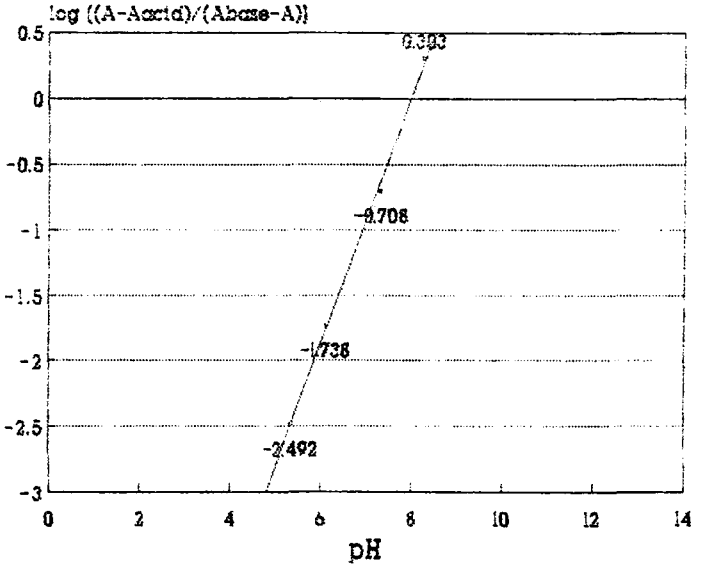
กราฟแสดงการหาค่า pKa ของดอกอัญชันที่ความยาวคลื่น 420 nm



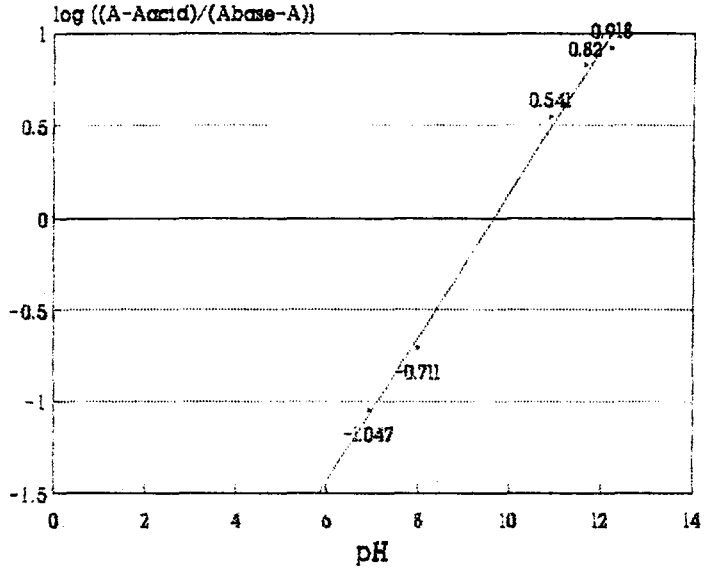
กราฟแสดงการหาค่า pKa ของดอกอัญชันที่ความยาวคลื่น 630 nm



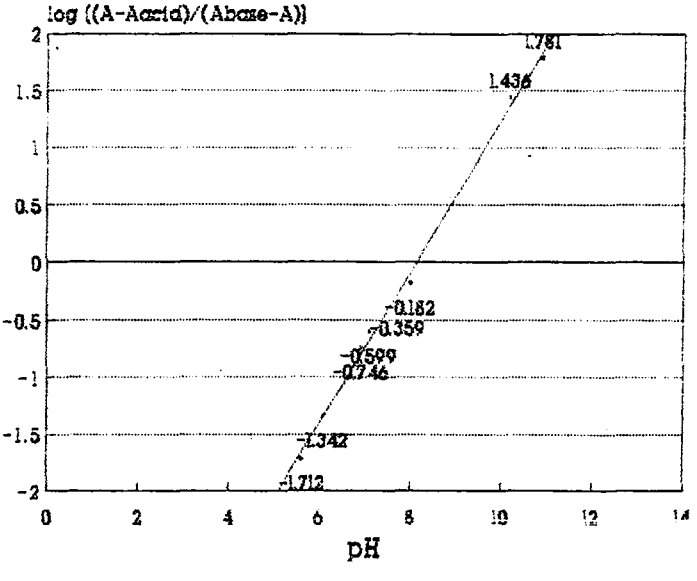
กราฟแสดงการหาค่า pKa ของดอกต้อยติ่งที่ความยาวคลื่น 255 nm



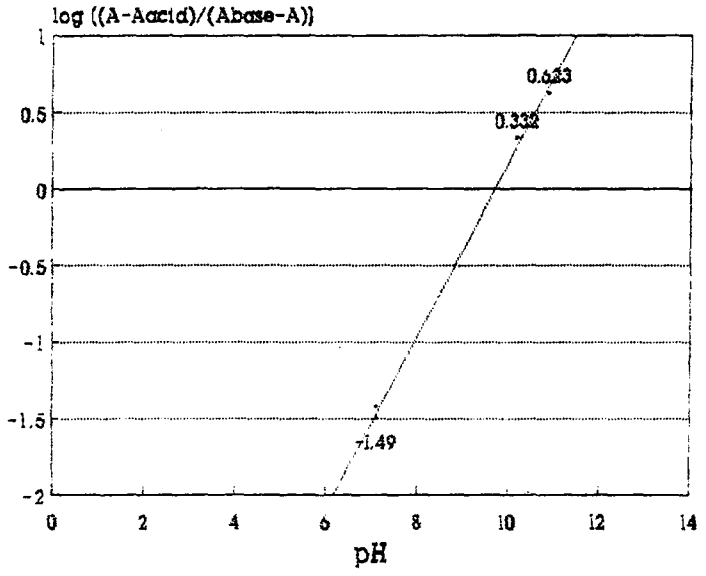
กราฟแสดงการหาค่า pKa ของดอกต้อยติ่งที่ความยาวคลื่น 400 nm



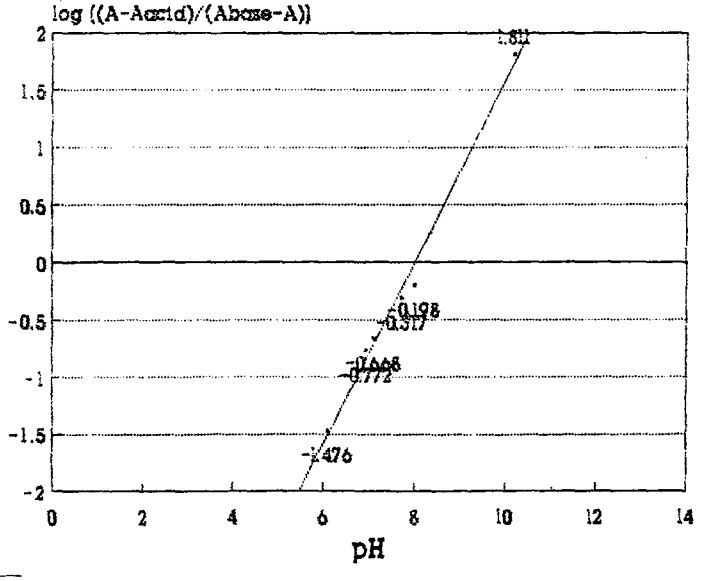
กราฟแสดงการหาค่า pKa ของดอกพุระหงที่ความยาวคลื่น 252 nm



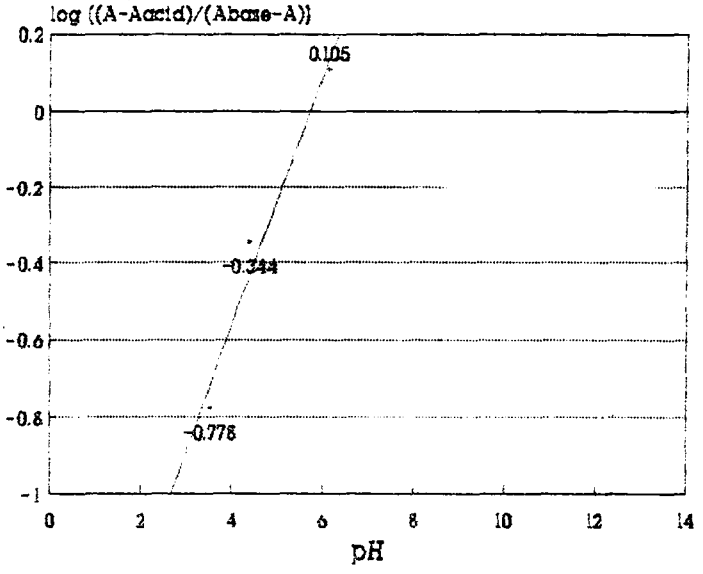
กราฟแสดงการหาค่า pKa ของดอกพุระหงที่ความยาวคลื่น 400 nm



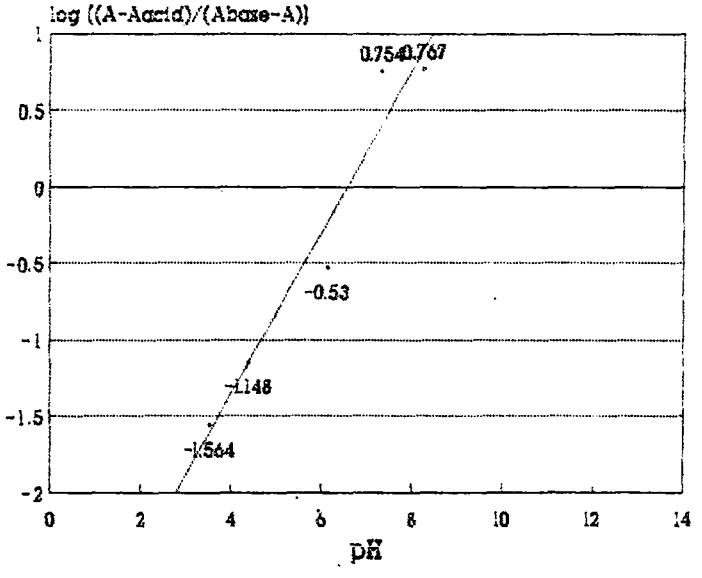
กราฟแสดงการหาค่า pKa ของดอกชบาช้อนที่ความยาวคลื่น 254 nm



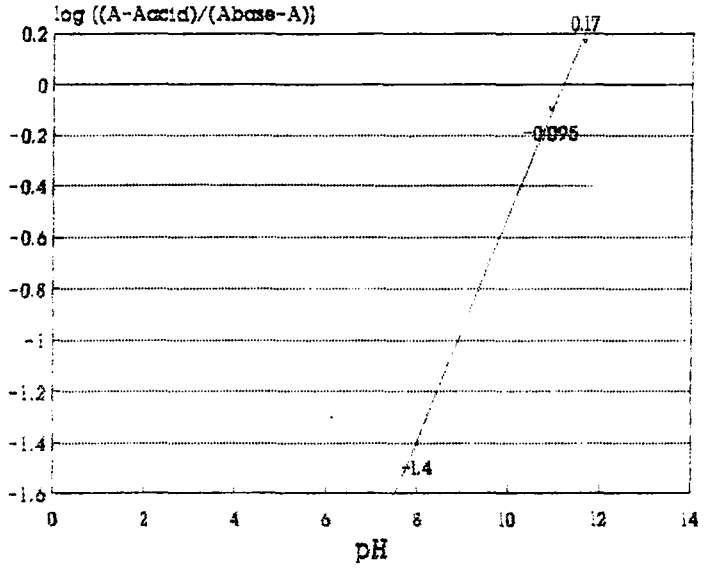
กราฟแสดงการหาค่า pKa ของดอกชบาช้อนที่ความยาวคลื่น 400 nm



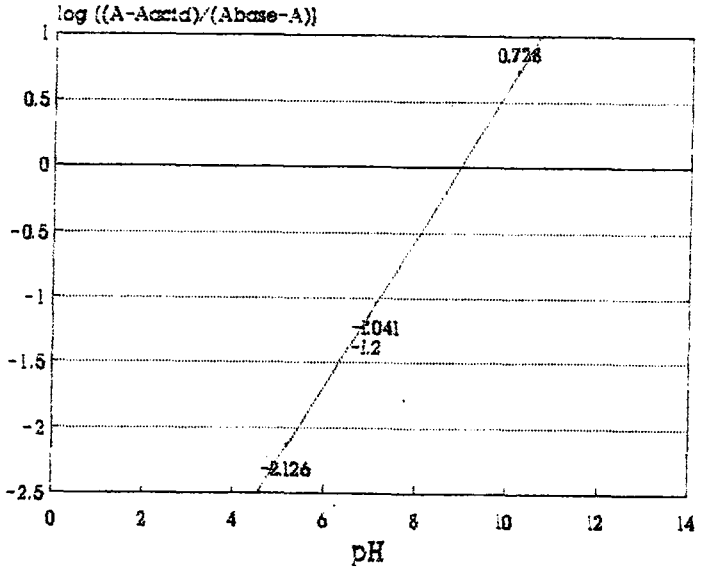
กราฟแสดงการหาค่า pKa ของดอกกุหลาบที่ความยาวคลื่น 245 nm



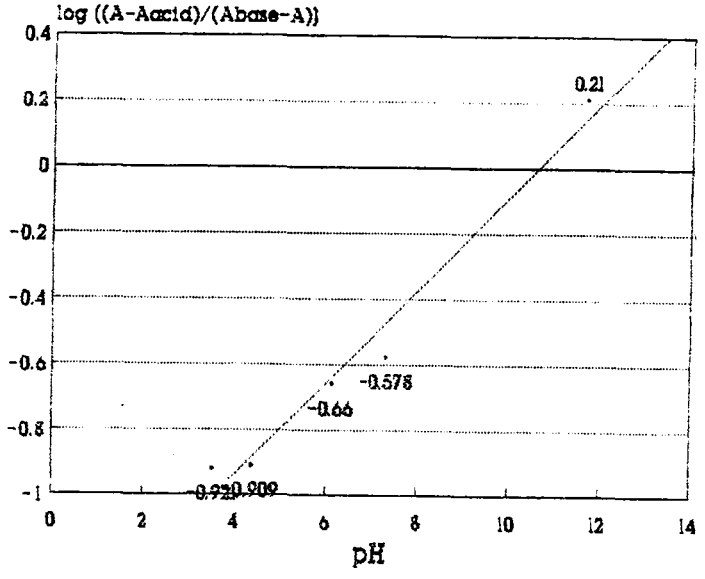
กราฟแสดงการหาค่า pKa ของดอกกุหลาบที่ความยาวคลื่น 320 nm



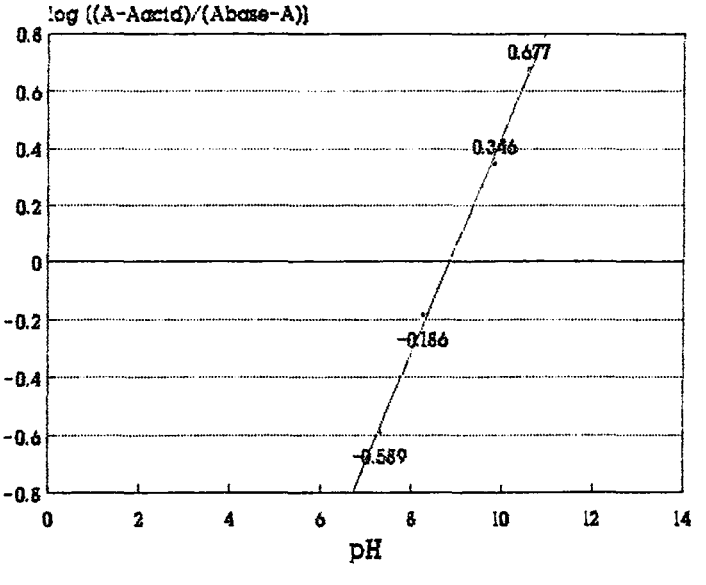
กราฟแสดงการหาค่า pKa ของดอกเข็มแดงที่ความยาวคลื่น 315 nm



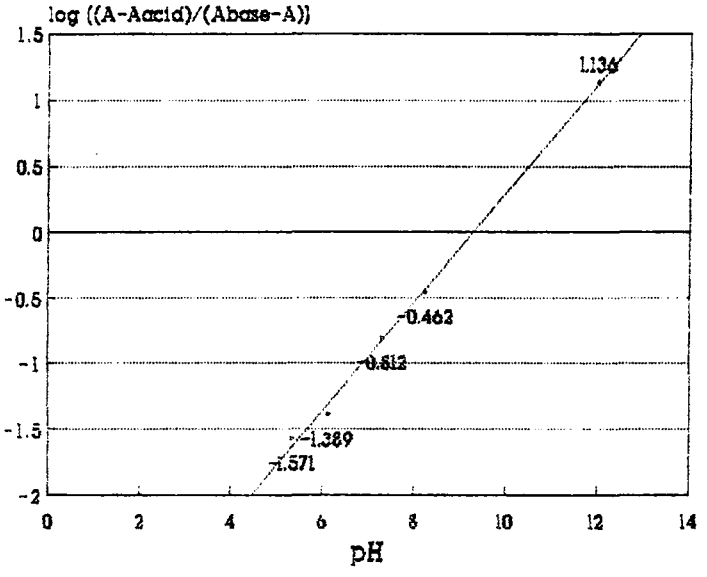
กราฟแสดงการหาค่า pKa ของดอกเข็มแดงที่ความยาวคลื่น 375 nm



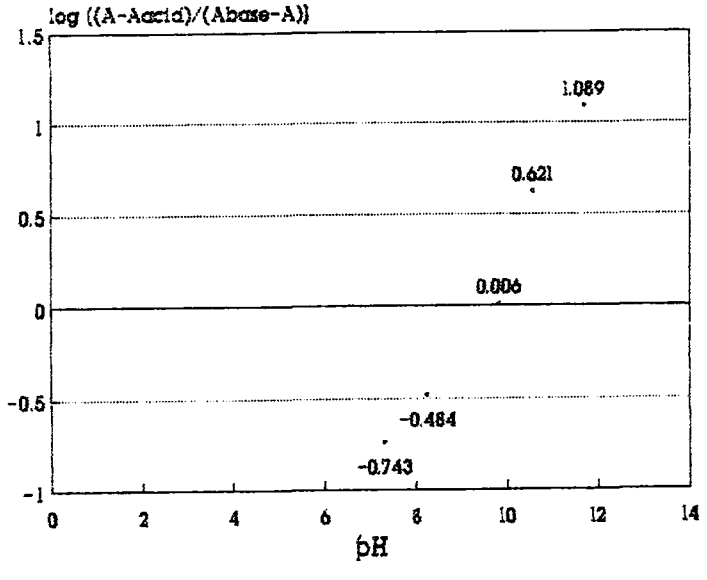
กราฟแสดงการหาค่า pKa ของเปลือกลูกก้างปลาที่ความยาวคลื่น 320 nm



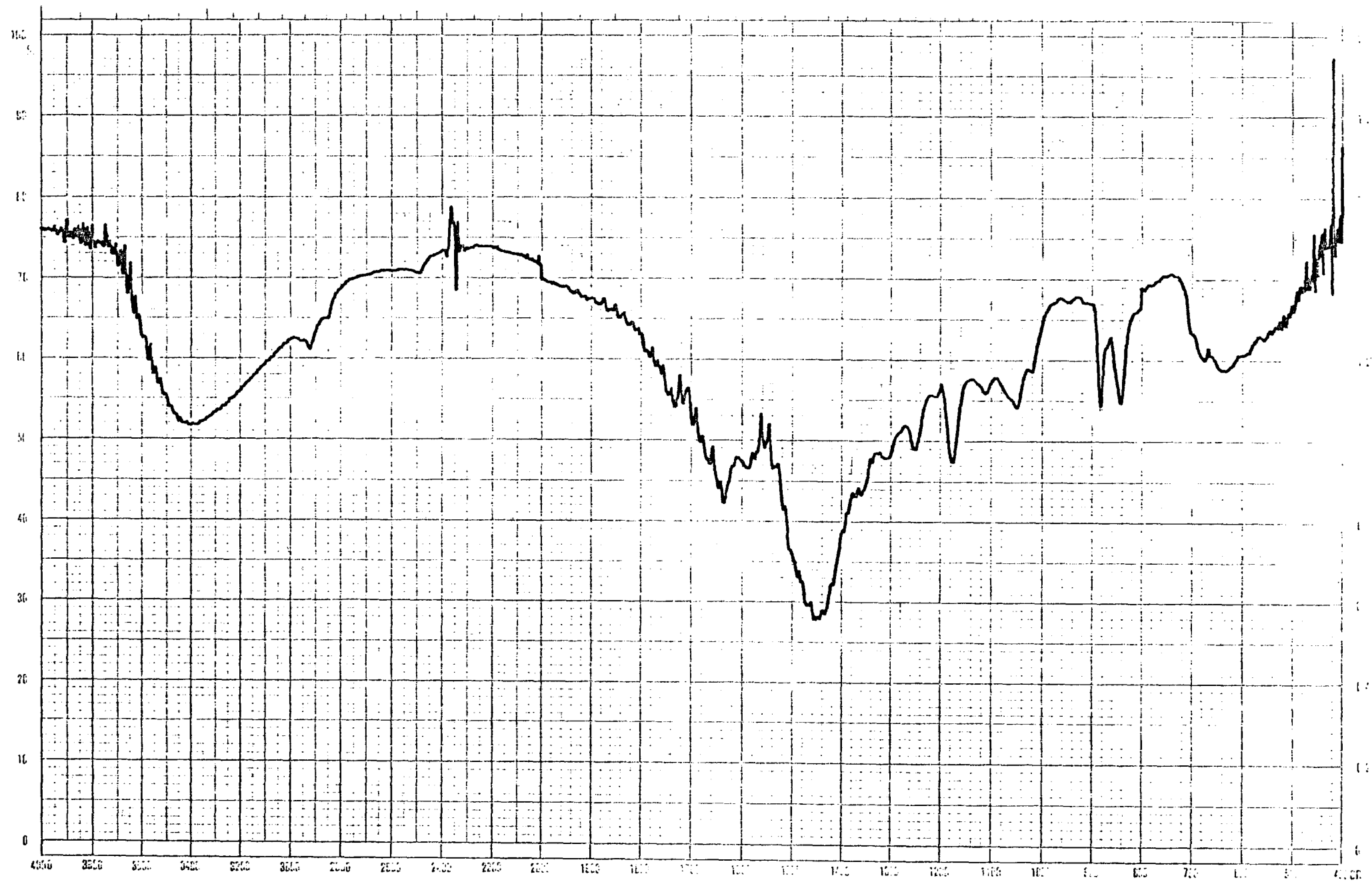
กราฟแสดงการหาค่า pKa ของเปลือกลูกก้างปลาที่ความยาวคลื่น 429 nm



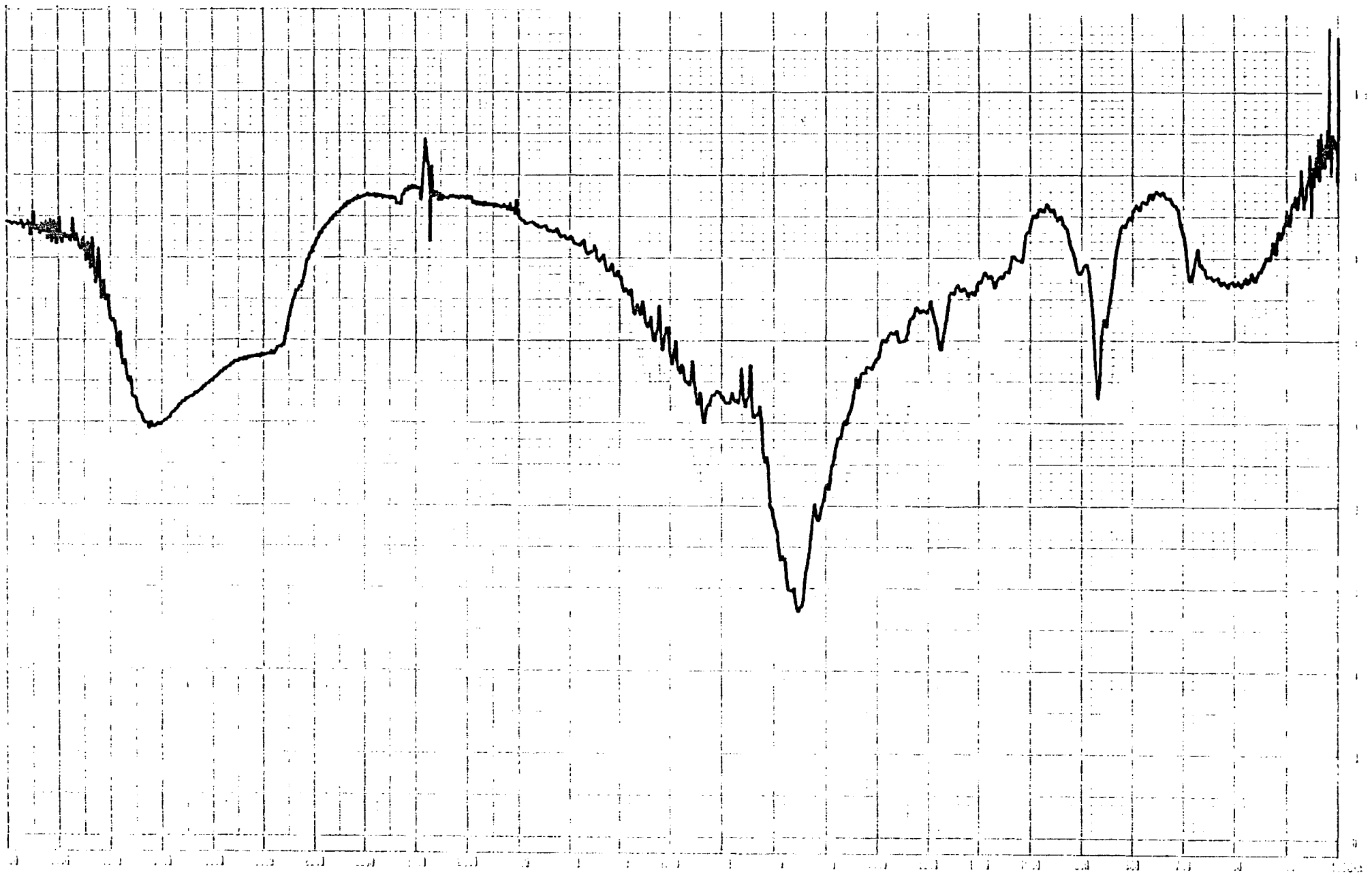
กราฟแสดงการหาค่า pKa ของเปลือกลูกเถาคันที่ความยาวคลื่น 320 nm



กราฟแสดงการหาค่า pKa ของเปลือกลูกเถาคันที่ความยาวคลื่น 429 nm



DATE 8 ก.พ 37	MODE XT	SCAN SPEED 2	SAMPLE สารสีเหลืองของดอกดาวเรือง	SAMPLING-METHOD KBr disc	CONCENTRATION	REMARKS	JASCO JAPAN SPECTROSCOPIC CO.,LTD. 日本分光工業株式会社
OPERATOR	SPAN —	SLIT M		CELL-LENGTH	SOLVENT H_2O		
	EXPANDED						



DATE	T/SZ	%T	SCAN SPEED	SAMPLE	SAMPLE PREPARATION METHOD	CONCENTRATION	NOTICE
ธ.ค.W.37	SPAN	—	2	สารสีเหลืองของดอกต้อยติ่ง	KBr disc		
SPECTRUM	DEXPANDED		SLIT M		CELL-LENGTH	SOLVENT NaOH	

JASCO
JAPAN SPECTROSCOPIC CO.,LTD.
日本分光工業株式会社

บรรณานุกรม

1. ดร.วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม, "พจนานุกรมไม้ดอกไม้ประดับในเมืองไทยเล่ม 1", พิมพ์ครั้งที่ 1 หน้า 79-80, 133-134, สำนักพิมพ์โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์, ปีที่พิมพ์ 2530.

2. ดร.วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม, "พจนานุกรมไม้ดอกไม้ประดับในเมืองไทยเล่ม 2", พิมพ์ครั้งที่ 1 หน้า 603-604, สำนักพิมพ์ โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์, ปีที่พิมพ์ 2530.

3. ผศ.สมสุข มัจฉาชีพ,"พืชสมุนไพร", พิมพ์ครั้งที่ 1, หน้า 45, 79, 89, 153, 235, สำนักพิมพ์แพร่วิทยา, ปีที่พิมพ์ 2534.

4. ผศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล, อ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัยและอ.คณิตา ตั้งคณานุรักษ์, "เอกสารประกอบการเรียนวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2", ภาควิชาเคมี สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, หน้า (6-1)-(6-9).

5. รศ.ชุติมา ศรีวิบูลย์, "เคมีวิเคราะห์ 1", พิมพ์ครั้งที่ 8, หน้า 347-357, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, ปีที่พิมพ์ 2530.

6. สุภชัย ใช้เทียมวงศ์, "ปฏิบัติการเคมีปริมาณวิเคราะห์", พิมพ์ครั้งที่ 2, หน้า 124-127, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ปีที่พิมพ์ 2531.

7. Cristian, G.D., "Analytical chemistry", 4 th ed., John Wiley & Sons, New York, 1986.

8. EDMUND BISHOP, "Indicators edited by Bishop", 1 st ed., Germany, 1972.

9. Irving, H. "Analyst", 80. 83 (1955)

10. Tem Smitinand, "Thai Plant Names (Botanical Names-Vernacular Names)", pp. 43-50.

11. Ullmann's, "Encyclopedia of Industrial Chemistry", Volume B3,

Unit Operation 2, pp. 5-7.

12. KIRK-OTHMER, "Encyclopedia of Chemical Technology", pp. 548-555, 2 nd ed., John Wiley & Sons, New York.

13. Weast, I.CRC., "Handbook of Chemistry and Physics", 54 th edition, CRC Press (1973-1974).