

## เอกสารอ้างอิง

- จรัญ มากน้อย. 2549. อนุกรมวิธานและความสัมพันธ์ตามสายวิวัฒนาการของพืชสกุลขมิ้น-กระเจียวที่พบในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ดุสิตบัณฑิต มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์. หน้า 42-46.
- เต็ม สมิตินันท์. ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ.2544. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. บริษัทประชาชน จำกัด, กรุงเทพฯ.
- วิระชัย ณ นคร, บรรณาธิการ. 2546. หนังสือพรรณไม้สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ เล่ม 7. โอ.เอส. พรินติ้ง เฮาส์, กรุงเทพฯ.
- รุจิณา อรรถสิทธิ์ และคณะ. 2533. สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานสำหรับบุคลากรสาธารณสุข. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ.
- Aruoma, Ol, Lucia. S. Antioxidant methodology in vivo and in vitro concepts. London: AOCS Press; 1997.
- Boonmee, A., Srisomsap, C., Karnchanatat, A., and Sangvanich, P. 2011. An antioxidant protein in *Curcuma comosa* Roxb. Rhizomes. Food Chemistry. 124 : 476–480.
- Charoenwanthanga, P., Lawanpraserta, S., Phivthong-ngamb, L., 2011. Piyachaturawat, P., Sanvarindad, Y. and Porntadavitye, S. Effects of *Curcuma comosa* on the expression of atherosclerosis-related cytokine genes in rabbits fed a high-cholesterol diet. Journal of Ethnopharmacology. (in press).
- Chien, T.Y., Chen, L.G., Lee, C.J., Lee, F.Y., and Wang, C.C. 2008. Anti-inflammatory constituents of *Zingiber zerumbet*. Food Chemistry 110 : 584–589.
- Jantana, I., Raweha, S.M., Siratb, H.M., Jamilb, S., Yasina, Y.H.M., Jalila, J., Jamal, J.A. 2008. Inhibitory effect of compounds from Zingiberaceae species on human platelet aggregation. Phytomedicine 15 : 306–309.
- Kaewamatawong, R., Boonchoong, P., and Teerawatanasuk, N. 2009. Diarylheptanoids from *Curcuma comosa*. Phytochemistry Letters. 2 : 19–21.
- Maisuthisakul. P, Suttajit. M, Pongsawatmanit. R. Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. . Food Chemistry. 2005;100:1409-18.
- Piyachaturawat, P., Charoenpiboonsin, J. , Toskulkaio, C., and Suksamrarn, A. 1999. Reduction of plasma cholesterol by *Curcuma comosa* extract in hypercholesterolaemic hamsters. Journal of Ethnopharmacology 66 : 199–204.

- Roberta RE, Pellegrini N, Proteggemnte A, Pannala A, Yang M, Evans R. Antioxidant activity applying and improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*. 26(9-10), 1999.
- Stevenson, P. C., Veitch, N.C., and Simmonds, M. S.J. 2007. Polyoxygenated cyclohexane derivatives and other constituents from *Kaemferia rotunda* L. *Phytochemistry*. 68 : 1579–1586
- Sulaiman, M.R., Perimal, E.K., Akhtar, M.N., Mohamad, A.S., Khalid, M.H., Tasrip, N.A., Mokhtar, F., Zakaria, Z.A., Lajis, N.H. and Israf, D.A. 2010. Anti-inflammatory effect of zerumbone on acute and chronic inflammation models in mice. *Fitoterapia* : 855–858.
- Suksamrarn, A., Eiamong, S., Piyachaturawat, P., and Byrne, L.T. 1997. Activity from *Curcuma comosa*. *Phytochemistry*. 45 (1) : 103-105.
- Thampithak, A., Jaisin, Y., Meesarapee, B., Chongthammakun, S., Piyachaturawat, P., Govitrapongd, P., Supavilai, P., and Sanvarinda Y. 2009. Transcriptional regulation of iNOS and COX-2 by a novel compound from *Curcuma comosa* in lipopolysaccharide-induced microglial activation *Neuroscience Letters* 462 : 171–175
- Toshiya, M., Jitoe, A., Kato, S., and Nakatani, N. 1991. Acetylated flavonol glycosides from *Zingiber zerumbet*. *Phytochemistry*. 30 (7) : 2391-2392.
- Triboun, P. 2006. Biogeography and Biodiversity of the genus *Zingiber* in Thailand. A thesis for the degree of Doctor of Philosophy Khon Kaen University. p. 218-219.
- Weerachayaphorn, J. , Chuncharunee, A., Jariyawat, S., Lewchalermwong, B., Amonpatumrat, S., Suksamrarn, A., and Piyachaturawat, P. 2010. Protection of centrilobular necrosis by *Curcuma comosa* Roxb. in carbontetrachloride-induced mice liver injury. *Journal of Ethnopharmacology* 129 : 254–260.

## ภาคผนวก

### ภาคผนวก ก.



ก



ข

---

ภาพที่ ก-1 *Curcuma ecomata* (Kra-Jeiu-Su-Thep) (ก) เหง้าและดอก (ข) ทั้งต้น



ภาพที่ ก-2 *Curcuma comosa* (Wan-Chuk-Mod-Luk)

---



ก



ข

ภาพที่ ก-3 *Kaempferia rotunda* (Wan-Hao-Non) (ก) ทั้งต้น (ข) ดอก  
จากอุทยานแห่งชาติศรีบัวบาน



ก



ข

ภาพที่ ก-4 *Kaempferia rotunda* (Wan-Hao-Non) (ก) ทั้งต้น (ข) ใบและเหง้า  
จากองค์การสวนพฤกษศาสตร์ อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่

---



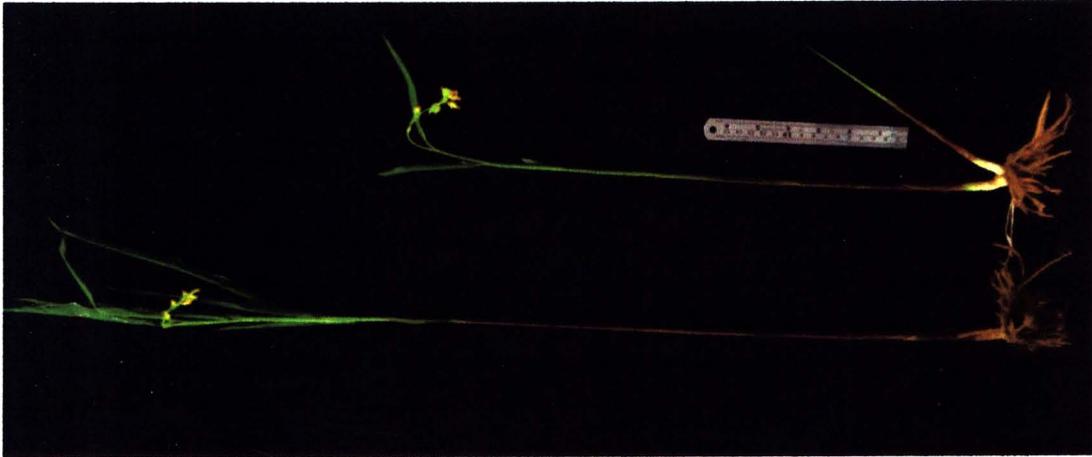
ก



ข

ภาพที่ ก-5 *Globba reflexa* (Kluay-Kreu-Kum) (ก) ดอก (ข) ทั้งต้น

---



ก



ข

ภาพที่ ก-6 *Globba purpurascens* (Kluay-Jan) (ก) ทั้งต้น (ข) ดอก

---



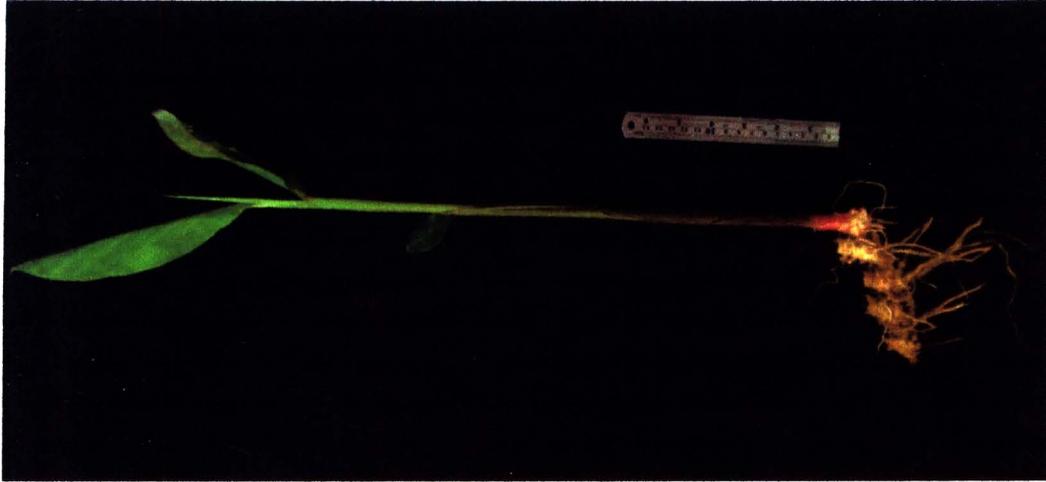
ก



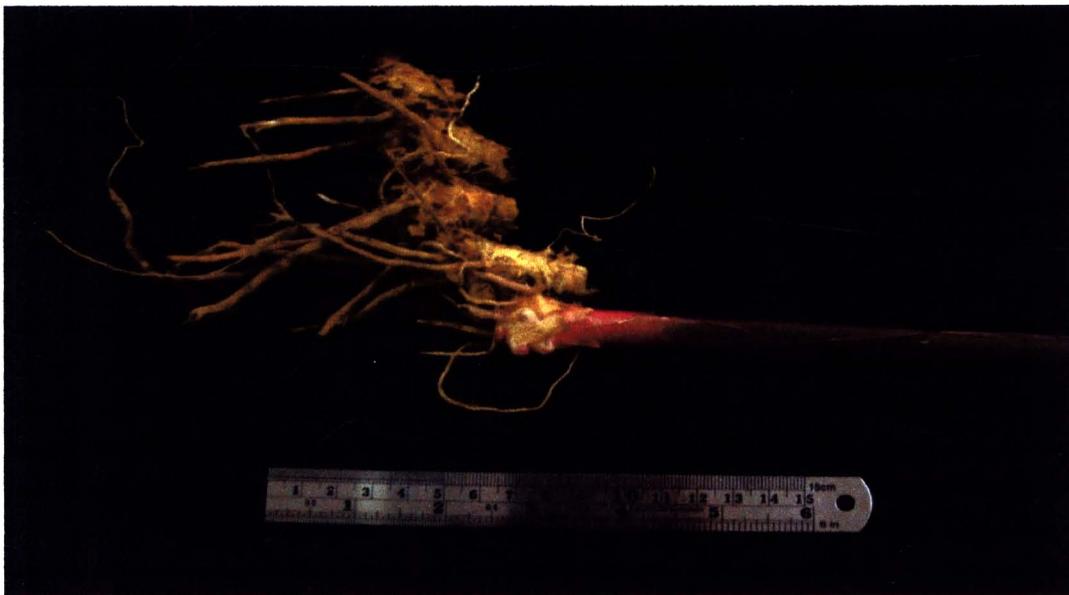
ข

ภาพที่ ก-7 *Globba nuda* K.Larsen (ก) ทั้งต้น (ข) ดอก

---



ก



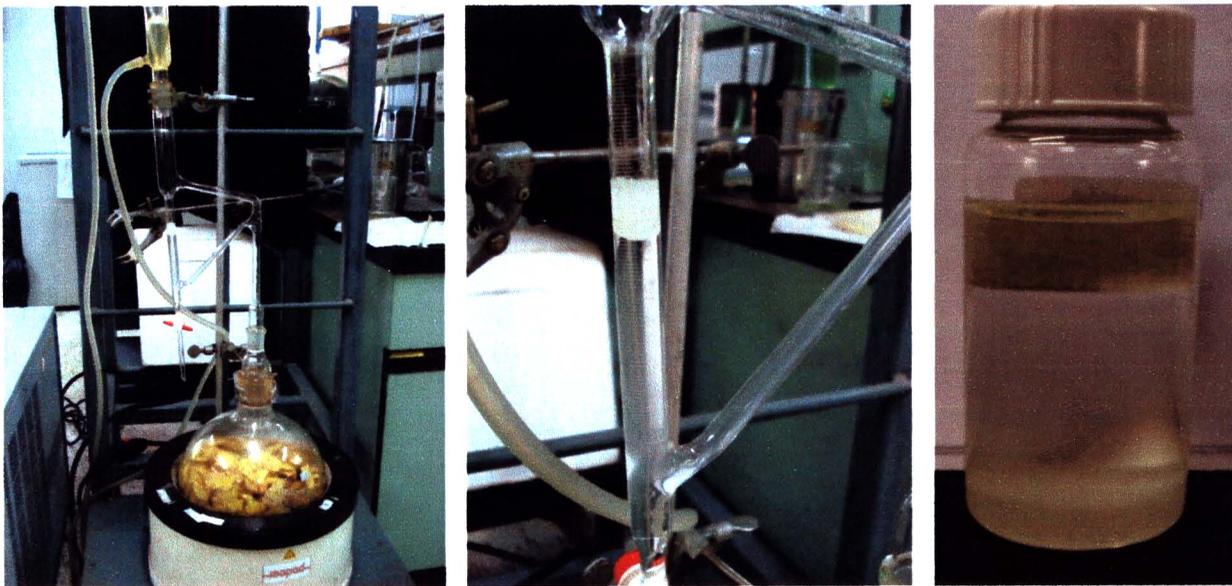
ข

ภาพที่ ก-8 *Zingiber zerumbet* L.(KaTeu) (ก) ทั้งต้น (ข) เหง้า

---



ภาพที่ ก-9 เหง้าของ *Z. zerumbet* ที่นำมากลั่นน้ำมันหอมระเหยเพื่อใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์



(ก)

(ข)

(ค)

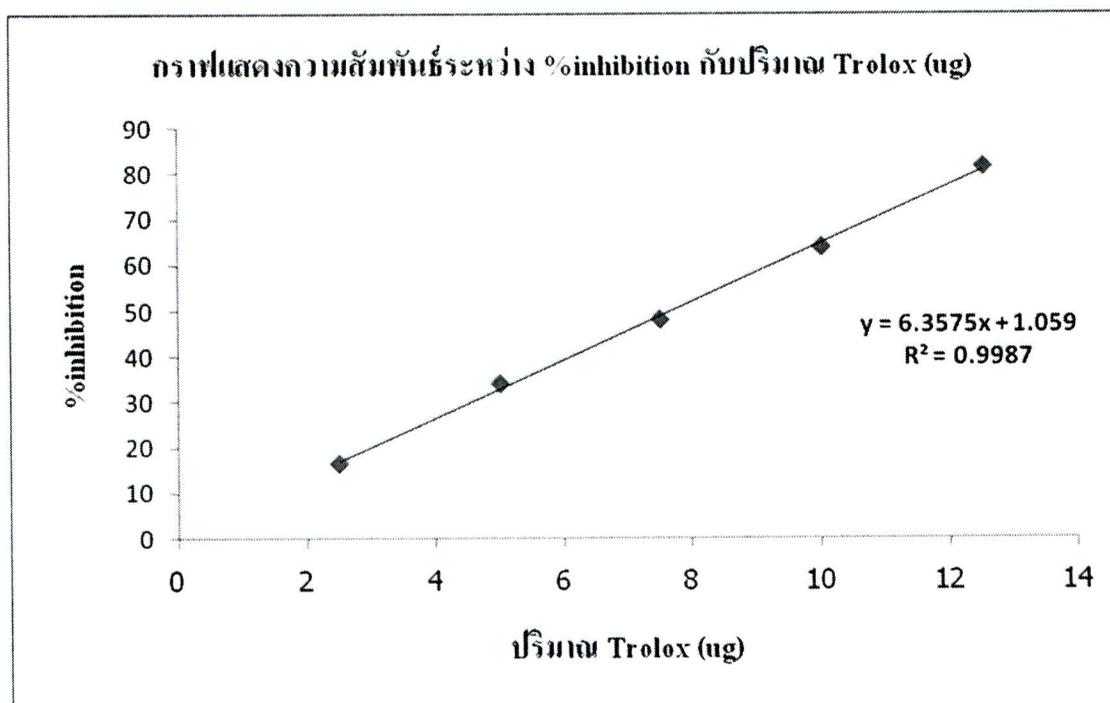
ภาพที่ ก-10 (ก) การกลั่นน้ำมันหอมระเหย (ข) ลักษณะน้ำมันหอมระเหยที่ได้  
(ค) ลักษณะทางกายภาพของน้ำมันกระเทียม

## ภาคผนวก ข.

ข-1. การเตรียม Standard curve ของ Trolox

ความเข้มข้นของ Trolox (mM)	ครั้งที่ 1- blank	ครั้งที่ 2- blank	ครั้งที่ 3- blank	AVG	%inhibition
0.5	0.687	0.688	0.687	0.687	16.63
1	0.543	0.544	0.543	0.543	34.10
1.5	0.429	0.428	0.427	0.428	48.06
2	0.298	0.299	0.298	0.298	63.83
2.5	0.155	0.154	0.154	0.154	81.31

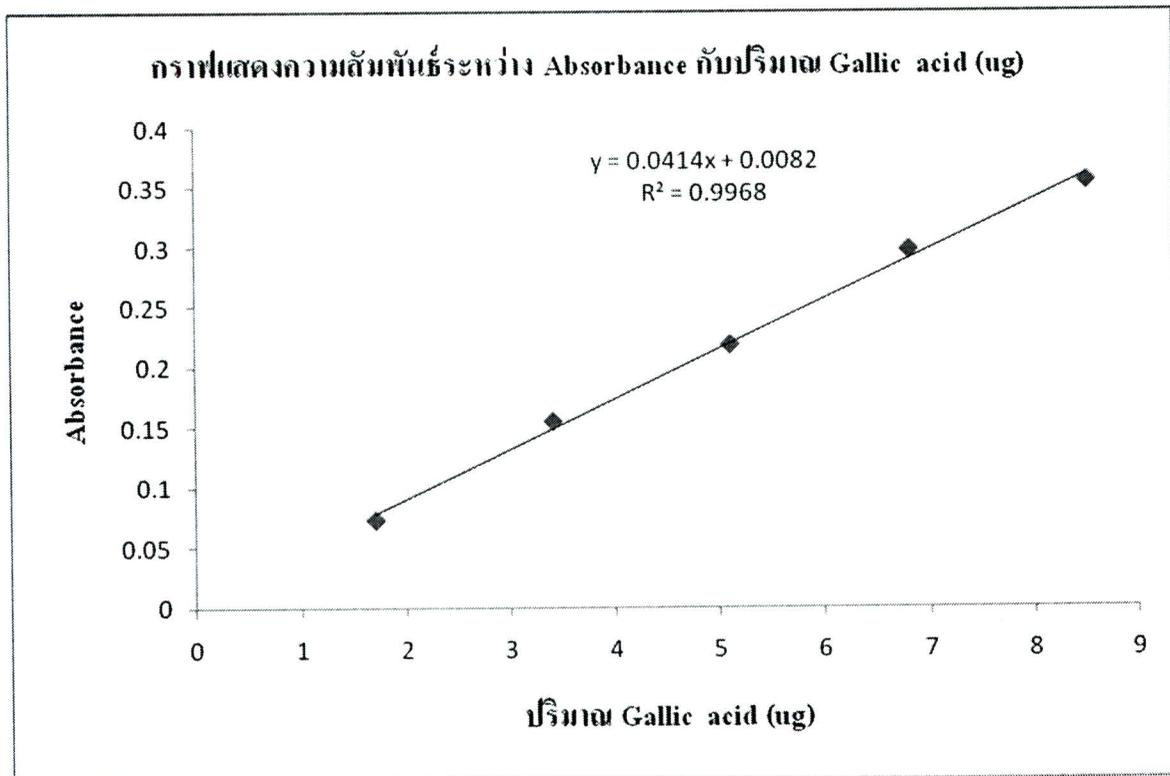
ปริมาณTrolox (ug)	%inhibition
2.5024	16.63
5.0048	34.10
7.5072	48.06
10.0096	63.83
12.512	81.31



## ภาคผนวก ข.

## ข-2. การเตรียม Standard curve ของ Gallic acid

Gallic acid (mM)	Gallic acid (ug)	ครั้งที่ 1- blank	ครั้งที่ 2- blank	ครั้งที่ 3- blank	Average	Avg-Abs (Folin)
0.5	1.7	0.097	0.096	0.096	0.097	0.073
1	3.4	0.179	0.179	0.179	0.179	0.155
1.5	5.1	0.241	0.242	0.242	0.242	0.218
2	6.8	0.321	0.321	0.320	0.321	0.297
2.5	8.5	0.377	0.378	0.380	0.378	0.354



## ภาคผนวก ค.

แสดงการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยให้อยู่ในรูปของไมโครเอนแคปซูล



เครื่อง spray drying



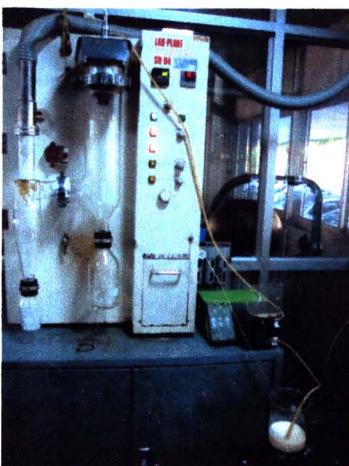
น้ำมันหอมระเหยกระเทียม



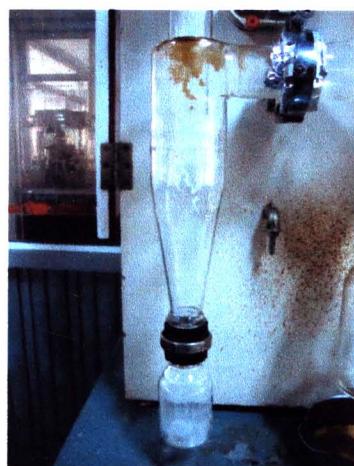
สารเคมีที่ใช้



สารห่อหุ้มและน้ำมันหอมระเหยที่จะนำไปทำ  
microencapsulation



การทำ microencapsulation



การเกิด microencapsulation



ผง microcapsules ที่ได้  
โดยวิธี spray drying

## ตอนที่ 2

การศึกษาองค์ประกอบสำคัญและการใช้ประโยชน์  
ทางด้านการแพทย์ของหนอนตายหยาก

ผศ.ดร. ชัยวัฒน์ จาติเสถียร  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

## บทที่ 1

### บทนำ

โรคที่เกิดจากจุลินทรีย์ก่อโรคเป็นปัญหามาตั้งแต่สมัยโบราณจนถึงปัจจุบัน มนุษย์รู้จักการใช้สมุนไพรและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติมาใช้ในการรักษาโรคมามากมายพันปี โดยเฉพาะการใช้ผลิตภัณฑ์จากพืชชั้นสูงในการรักษาโรคติดเชื้อ (infectious disease) ซึ่งมีจารึกและตำราหลายเล่มมาก่อนคริสตศักราช แต่หลังจากที่มีการค้นพบเพนนิซิลลินในต้นศตวรรษที่ 20 ความสำคัญของยาสมุนไพรในการรักษาโรคติดเชื้อจากจุลินทรีย์ลดลง (เอมอร์, 2534) แต่ในปัจจุบันกลับพบว่า ยาปฏิชีวนะมีผลข้างเคียงทำให้เกิดการแพ้ยา การดื้อยาของเชื้อก่อโรคและสารเคมีตกค้างซึ่งส่งผลต่อสุขภาพของผู้ป่วยที่รับประทานยาปฏิชีวนะ สมุนไพรจึงมีบทบาทมากขึ้นจนได้รับความนิยมถึงปัจจุบัน และมีการศึกษาหาตัวยาคือใหม่เพื่อพัฒนาเป็นยารักษาโรคจากจุลินทรีย์ก่อโรคหลายชนิด (เอมอร์, 2534) ดังนั้นการศึกษายาสมุนไพรที่มีประวัติการใช้ในการรักษาโรคติดเชื้อจากจุลินทรีย์อาจนำไปสู่การค้นพบตัวยาคือใหม่ที่นำมาใช้เป็นยารักษาโรคเหล่านี้ได้

สมุนไพรบางชนิดมีการใช้เป็นที่รู้จักกันดีและยังใช้กันอยู่ในวงการแพทย์แผนปัจจุบัน แม้ปัจจุบัน ยาเหล่านี้บางตัวอาจได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี เช่น แอสไพริน (aspirin) ไดออกซิน (dioxin) และ ยาเม็ดคุมกำเนิด (contraceptive pill) แต่ก็ยังคงจำเป็นต้องถือโครงสร้างต้นแบบจากสมุนไพรในการสังเคราะห์ ตัวยาคือบางตัวยังคงจำเป็นต้องสกัดจากสมุนไพรเพราะสารบางชนิดมีโครงสร้างที่ซับซ้อนยากต่อการสังเคราะห์ทางเคมี เช่น ควินิน (quinine) ซึ่งได้จากเปลือกต้นชิงโคนา สมุนไพรหลายชนิด ใช้เป็นยาแก้ไอหรือใช้ยับยั้ง ยาวินคริสตินและวินบลาสติน (vincristine and vinblastine) สกัดได้จากต้นแพงพวยฝรั่ง ซึ่งใช้เป็นยาด้านมะเร็งที่สำคัญ และยังคงใช้ในการแพทย์แผนปัจจุบัน (พรณิภา, 2534)

แอลคาลอยด์เป็นสารเภสัชภัณฑ์ธรรมชาติกลุ่มใหญ่ที่สุดกลุ่มหนึ่งที่ได้นำมาใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์ ดังจะเห็นได้จากการที่แอลคาลอยด์มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาต่อระบบต่างๆ ของร่างกายแทบทุกระบบและส่วนมากมักมีฤทธิ์แรง (potent) จากการสำรวจในการใช้ยาพบว่า หนึ่งในสามของเภสัชภัณฑ์ธรรมชาติที่ใช้เป็นยาคือ แอลคาลอยด์ (วันดี, 2534) ซึ่งมีประโยชน์ในการรักษาโรคต่างๆ มากมาย เช่น ใช้เป็นยาระงับปวด ยาชาเฉพาะที่ ยาแก้ไอ ยาแก้หอบหืด ยารักษาแผลในกระเพาะและลำไส้ ยาลดความดัน ตลอดจนยาที่ควบคุมการเต้นของหัวใจ นอกจากนี้ประโยชน์ในการใช้รักษาโรคแล้วสารแอลคาลอยด์ จำนวนไม่น้อยที่มีความเป็นพิษต่อร่างกาย ทั้งนี้จะเห็นได้จากการใช้ยาพิษยาฆ่าแมลงและใช้ในการล่าสัตว์ ดังนั้นการใช้แอลคาลอยด์ควรระมัดระวังในเรื่องขนาดที่ใช้ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อร่างกายได้ (กฤษณา, 2529)

นอนตายหยาก เป็นสมุนไพรที่มีการศึกษาค้นคว้ามากมายในด้านต่างๆ เช่น การศึกษาการกำจัดศัตรูพืช จำพวก ดัวงหมัดผักต่างๆ (กวิหาญ, 2539) นอนแมลงวัน (เลาจนา และ ประคอง, 2520) และจุลินทรีย์ก่อโรคในพืช (ขจรศักดิ์, 2538) ที่เป็นปัญหาทางการเกษตรรวมถึงปศุสัตว์ นอกจากนี้การศึกษาศาสตร์จากรากนอนตายหยากมาใช้เป็นสารต้านจุลินทรีย์ เช่น เชื้อราโรคผิวหนัง (ขจรศักดิ์, 2538) เซลล์มะเร็งชนิดต่างๆ (Akanitapichat *et al.*, 2005) และการศึกษาการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียหลายชนิด (Lin *et al.*, 2006 และ Yang *et al.*, 2006) ดังนั้นการศึกษสมบัติด้านจุลินทรีย์ของสารประกอบในนอนตายหยากต่อจุลินทรีย์ก่อโรคจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ เพื่อนำข้อมูลของสารประกอบในนอนตายหยากมาพัฒนาเป็นสารต้านจุลินทรีย์ และสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเทอเรส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ย่อยสารสื่อประสาท (acetylcholine) ที่ทำให้มนุษย์มีความสามารถในการจดจำลดลง และก่อให้เกิดโรคอัลไซเมอร์ ทั้งนี้เพื่อมุ่งประโยชน์ในทางการแพทย์และเภสัชกรรมต่อไป

### วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาศารออกฤทธิ์และขนาดของสารออกฤทธิ์ด้านจุลินทรีย์ รวมทั้งสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเทอเรสของสารประกอบในรากนอนตายหยาก

## บทที่ 2

### ทบทวนวรรณกรรม

#### หนอนตายหยาก

Kingdom: Plantae

Order: Pandanales

Family: Stemonaceae

Genus: *Stemona*

#### *Stemona curtisii* (Hook.) f. (ปาจารย์, 2551)

ชื่อท้องถิ่น หนอนตายหยาก กะเพียด รากลิง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ลำต้นเหนือดินเลื้อยพัน สูงถึง 5 เมตร ลำต้นเกลี้ยง ลำต้นใต้ดินเป็นเหง้าสั้น รากสะสมอาหารรูปกระสวย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-1.5 เซนติเมตร ยาว 10-60 เซนติเมตร เกิดเป็นกระจุก ใบเดี่ยว การเรียงใบแบบตรงข้าม แผ่นใบรูปไข่หรือไข่กว้าง ขนาดกว้าง 4.5-12.5 เซนติเมตร ยาว 9-18 เซนติเมตร ฐานใบรูปหัวใจ ปลายใบยาวเรียวแหลม ขอบใบเรียบ เส้นใบเจริญออกจากฐานใบ 13-17 เส้น ก้านใบยาว 4-12 เซนติเมตร โคนก้านใบโป่งพอง ช่อดอกออกที่ซอกใบ ก้านช่อดอกยาว 1-11 เซนติเมตร ใบประดับเรียวแหลม ยาว 1-2 เซนติเมตร ดอกมีกลีบรวม 4 กลีบ เรียง 2 ชั้น กลีบรวมรูปใบหอกยาว ขนาดกว้าง 0.5-0.6 เซนติเมตร ยาว 2.0 - 2.7 เซนติเมตร ด้านนอกสีแดงเข้ม มีลายเส้นสีเขียวยาวตั้งแต่โคนกลีบรวมถึงปลาย 9 -15 เส้น ด้านในสีแดงเข้ม เกสรเพศผู้ 4 อัน สีแดงเข้ม บางครั้งพบปลายสีเหลือง ขนาดกว้างประมาณ 0.3 เซนติเมตร ยาว 1.8-2.5 เซนติเมตร ก้านอับเรณูมีฐานติดกัน อับเรณูยาว 1.2-1.5 เซนติเมตร สันแบ่งพู อับเรณูเรียบ สูง 0.1 เซนติเมตร ยาว 1.5-2.2 เซนติเมตร ไม่มีรยางค์ของพูอับเรณู รังไข่ ขนาดกว้าง 0.3 เซนติเมตร ยาว 0.4 เซนติเมตร ยอดเกสรเพศเมียไม่เด่นชัด และไม่มีก้านผลสีเขียว รูปไข่ยาว ปลายแหลม ขนาดกว้าง 1 เซนติเมตร ยาว 2.5 เซนติเมตร เมล็ดสีแดงเข้ม รูปทรงรี ปลายแหลม มีสันนูนตามความยาวของเมล็ด ฐานล้อมรอบด้วยปุยหุ้มเมล็ด จำนวน 5-11 เมล็ดต่อผล

สภาพทางนิเวศวิทยา พบทั่วไปในภาคใต้ กระจายพันธุ์ในพื้นที่เปิดโล่งของป่าดิบ ช้างลำธาร ป่าชายหาด ภูเขาหินปูน สวนยางพารา ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 200-600 เมตร

***Stemona aphylla* Craib (เต็ม, 2523)**

ชื่อท้องถิ่น หนอนตายหยาก

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ลำต้นเหนือดินไม่เลื้อย สูง 20-30 เซนติเมตร ลำต้นเกลี้ยง ลำต้นใต้ดินเป็นเหง้าสั้น รากสะสมอาหารรูปกระสวย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 10-20 เซนติเมตร เกิดเป็นกระจุก ใบเดี่ยว การเรียงใบแบบตรงข้าม แผ่นใบรูปไข่หรือไข่กว้าง ขนาดกว้าง 5-10 เซนติเมตร ยาว 10-15 เซนติเมตร ฐานใบรูปหัวใจ ปลายใบแหลม ก้านใบยาว 4-12 เซนติเมตร โคนก้านใบโป่งพอง ช่อดอกออกที่ซอกใบ ก้านช่อดอกยาว 5-10 เซนติเมตร ใบประดับเรียวยาวแหลม ยาว 1-2 เซนติเมตร ดอกมีกลีบรวม 4 กลีบ เรียง 2 ชั้น กลีบรวมรูปใบหอกยาว ขนาดกว้าง 0.5-0.6 เซนติเมตร ยาว 2.0-2.7 เซนติเมตร ด้านนอกสีแดงเข้ม มีลายเส้นสีเขียวยาวตั้งแต่โคนกลีบรวมถึงปลาย 9-15 เส้น ด้านในสีแดงเข้ม เกสรเพศผู้ 4 อัน สีแดงเข้ม บางครั้งพบปลายสีเหลือง ขนาดกว้างประมาณ 0.3 เซนติเมตร ยาว 1.8-2.5 เซนติเมตร ก้านอับเรณูมีฐานติดกัน อับเรณูยาว 1.2-1.5 เซนติเมตร สันแบ่งพูอับเรณูเรียบ สูง 0.1 เซนติเมตร ยาว 1.5-2.2 เซนติเมตร ไม่มีรยางค์ของพูอับเรณู รังไข่ ขนาดกว้าง 0.3 เซนติเมตร ยาว 0.4 เซนติเมตร ยอดเกสรเพศเมียไม่เด่นชัดและไม่มีก้าน ผลสีเขียว รูปไข่ยาว ปลายแหลม ขนาดกว้าง 1 เซนติเมตร ยาว 2.5 เซนติเมตร เมล็ด สีแดงเข้ม รูปทรงรี ปลายแหลม มีสันนูนตามความยาวของเมล็ด ฐานล้อมรอบด้วยปุยหุ้มเมล็ด จำนวน 5-10 เมล็ดต่อผล

สภาพทางนิเวศวิทยา พบทั่วไปในภาคเหนือ กระจายพันธุ์ในพื้นที่ ป่าเต็งรัง ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 500-800 เมตร

**สารประกอบในหนอนตายหยาก**

สารประกอบที่พบอยู่ในหนอนตายหยากพันธุ์ต่างๆ ได้แก่

***S. aphylla***

stemofoline, (2*S*)-hydroxystemofoline, (11*Z*)-1,2'-didehydrostemofoline, stemaphylline, stemaphylline-*N*-oxide และ stilbostemin R (Mungkornasawakul *et al.*, 2009)

***S. burkillii***

stemofoline, 2'-hydroxystemofoline, 11(*S*),12(*R*) – dihydrostemofoline, Stemoburkilline และ 11(*S*),12(*S*)-dihydrostemofoline (Mungkornasawakul *et al.*, 2004a), dehydro- $\alpha$  -tocopherol (Brem *et al.*, 2004)

***S. cf. pierrei***

stemanthrene A-C, stilbostemin B, D,E และ G, 4-methylpinosylvin, dihydronosylvin, pinosylvin, protostemonine และ stemonine (Kosteckia *et al.*, 2004)

***S. cochinchinensis***

cochinchistemonine (Lin *et al.*, 2007), stemokerrin (Shuying *et al.*, 2006)

***S. collinsae***

6-deoxyclitoriacetal (Khorphueng *et al.*, 2006) 16,17-didehydro-16(E)-stemofoline (Jiwajinda *et al.*, 2001) isostemoline, neotuberostemonine and bisdehydroneotuberostemine (Pham *et al.*, 2002) stemofurans A-K, dihydrostilben, stilbostemin A, C, E and F, pinosylvin 4'-methylpinosylvin, dihydrostilben, stilbostemin B, D and dihydrophenanthrene (Pacher *et al.*, 2002) dehydro- $\delta$ -tocopherol and dehydro- $\beta$ -tocopherol (Brem *et al.*, 2004)

***S. curtisii***

stemocurtisine and pyrido[1,2-a]azapine stemocurtisinol (Mungkornasawakul *et al.*, 2004b) dehydro- $\gamma$ -tocopherol, dehydro- $\alpha$ -tocopherol (Brem *et al.*, 2004)

***S. japonica***

stemonine, neostemonine, bisdehydroneostemonine, protostemonine, didehydrotostemonine, isoprotostemonine, stemospironine, stemonidine, stemonamine, isostemonamine, stemonamide, isostemonamide, maistemonine (protostemotinine), neostemodiol (stemodiol), semofoline (Pilli and Oliveira, 2000) dihydrostilbenes, stilbostemins P–R, dihydrophenanthrene, stemanthrene, bibenzyls, 3,5-dihydroxy-20-methoxy bibenzyl, 3,3'-dihydroxy-2,5'-dimethoxy, 3,5,2'-trihydroxy-4-methyl bibenzyl (Zhang *et al.*, 2008)

***S. mairei***

protostemonine, maistemonine (protostemotinine), oxymaistemonine (Pilli and Oliveira, 2000) maistemonine (Shuying *et al.*, 2006)

***S. parviflora***

parvistemoline, parvistemonine, didehydroparvistemonine, stemofoline, oxystemofoline, methoxystemofoline, parvistemoninine, parvistemoninol, parvistemoamide (Pilli and Oliveira, 2000) Parvistemins A-D (Yang *et al.*, 2007) parvineostemonine (Ke *et al.*, 2003) dihydrostilben, stilbostemin J–L, dihydrophenanthrene, stemanthrene, 3,5-dihydroxy-4-methylbibenzyl and 3,5-dihydroxy-2'-methoxy-4-methylbibenzyl (Yang *et al.*, 2006)

***S. sessilifolia***

tuberostemonine, tuberostemonine A, stemoninine, protostemotinine (maistemonine) (Pilli and Oliveira, 2000) sessilistemonamine D (Wang *et al.*, 2007) sessilifolimides E, F, G and H (Hitotsuyanagi *et al.*, 2007) sessilifoliamine A, sessilifoliamide J (Hitotsuyanagi *et al.*, 2008) protostemotinine (Cong

*et al.*, 1995) dihydrosilben, stilbostemin H และ I, stemanthrene E, dihydrophenathrene, stilbostemin B,D,G, stemanthrene A และ C, stilbenoids (Yang *et al.*, 2007) stemospiroline (Shuying *et al.*, 2006) stilbostemin M,-O, tocopherol, 6- methoxy-3,4-dehydro- $\delta$ -tocopherol, (3,5-dihydroxy-2'-methoxybibenzyl, 3,5-dihydroxy bibenzyl,  $\beta$ -tocopherol, และ  $\gamma$ -tocopherol (Zhang *et al.*, 2007) sessilifoliamide A-D, 2-oxostemine, stemoninoamide, tuberostemonone และ neotuberostemonol (Kakuta *et al.*, 2003)

### ***Stemona* sp.**

protostemonine, stemoninine (Pilli และ Oliveira, 2000) (2*R*)-hydroxystemofoline, (3*R*)-stemofolenol, (3*S*)-stemofolenol, 1,2'-didehydrostemofoline-*N*-oxide, methylstemofoline, stemofolinoside, (2*S*)-hydroxystemofoline, (11*Z*)-1,2'-didehydrostemofoline และ (11*E*)-1,2'-didehydrostemofoline (Sastraraji *et al.*, 2005)

### ***S. tuberosa***

stenine, tuberostemonine, tuberostemonol, didehydrotuberostemonine, bisdehydroneo tuberostemonine, neotuberostemonine, oxotuberostemonine, stemoamide, tuberostemoamide (stemoninoamide), tuberostemospiroline, stemotinine, isostemotinine, tuberostemonone, tuberostemoninol (Pilli และ Oliveira, 2000) tuberostemospiroline, 6  $\alpha$ -hydroxycroomine (Jiang *et al.*, 2006) ) stenine, tuberostemonine, oxotuberostemonine และ tuberostemonin L-G (Goldstein *et al.*, 1996) neotuberostemonol (Jiang *et al.*, 2002) tubercrooline, 10-hydrocroomine, dehydrocroomine, tuberostemoline, tridehydrotuberostemnine, 9  $\alpha$ -bisdehydrotuberostemonine (Lin *et al.*, 2008) 3,5-dihydroxy-4-methylbibenzyl, 3,5-dihydroxy-2'-methoxy-4-methylbibenzyl และ 3-hydroxy-2',5'-dimethoxy-2-methylbibenzyl (Zhao *et al.*, 1995) protostemonine (Shuying *et al.*, 2006) dihydrostilbenes, stilbostemins N-Y, phenanthraquinone, stemanthraquinone (Lin *et al.*, 2008)

### **สรรพคุณของหนอนตายหยาก**

บุญยัchneris (2494) รายงานว่า ยาขงสกัดหนอนตายหยากด้วยอีเทอร์ จะได้ปริมาณแอลคาลอยด์สูง มีฤทธิ์ฆ่าพยาธิไส้เดือนได้มากกว่ายาขงสกัดด้วยแอลกอฮอล์ และยาขงสกัดด้วยแอลกอฮอล์สามารถฆ่าหนอนได้ดีเมื่อหนอนกินเข้าไป เพราะยานี้ทำให้หนอนมีเมมาและเข้าไปมีผลต่อระบบประสาท แล้วทำให้หนอนตายในที่สุด

สุทธพันธ์ (2544) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้สมุนไพรหนอนตายหยากเพื่อควบคุมปริมาณการเกิดหนอนแมลงวันในมูลไก่ โดยใช้รากหนอนตายหยากอบแห้งบดละเอียดผสมเพิ่มใน

สูตรอาหารไก่ที่ระดับต่าง ๆ พบว่าจำนวน ขนาด และน้ำหนักของหนอนแมลงวันที่เพาะจากมูลไก่ ที่กินอาหารสูตรดังกล่าวนี้มีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด

เลาจนา และ ประคอง (2520) ได้ศึกษาฤทธิ์ของสารสกัด *Stemona curtisii* (Hook.f.) ต่อ หนอนแมลงวัน พบว่าสารสกัดมีผลทำให้ตัวหนอนตายหรือทำให้ตัวหนอนมีสีเขียวคล้ำจนถึง น้ำตาลดำ ตัวหนอนที่รอดตายจะเจริญเป็นดักแด้ได้ แต่ดักแด้จะมีลักษณะผิดปกติ คือ ผนังปล้อง ของดักแด้จะโป่งนูนออก ดักแด้มีขนาดเล็ก หงิกงอนผิดปกติรูปร่าง ดักแด้ดังกล่าวนี้จะไม่สามารถ เจริญเป็นตัวเต็มวัยได้

ประคอง (2520) รายงานว่า สารสกัดหนอนตายหยากจะไม่มีฤทธิ์แบบสัมผัสตาย (contact poisoning) ต่อยุงลายแต่มีผลต่อลูกน้ำยุงลาย โดยจะมีผลทำให้การปิดเปิดของปากท่อหายใจ (abdominal spiracles) และปลายสุดของท่อหายใจ (siphon) ไม่เป็นจังหวะ จึงทำให้ลูกน้ำยุงลาย หายใจไม่ได้และตายในที่สุด

กวินหาญ (2539) ได้ศึกษาผลของสารสกัดจากหนอนตายหยากต่อหนอนกระทู้หอม พบว่า สารสกัดจากรากหนอนตายหยากที่ระดับความเข้มข้น 4 % (w/v) มีประสิทธิภาพต่อการกำจัดหนอน กระทู้หอมในวัยที่ 2, 3 และ 4 ได้ดี

กระเกด (2540) ได้ศึกษาผลของ 6-deoxyclitriacetol ซึ่งเป็นสาร retinoids ที่สกัดได้จาก รากหนอนตายหยากต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบจากอวัยวะต่าง ๆ หนูทดลอง พบว่า 6-deoxyclitriacetol 0.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถลดการหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบของมดลูกหนู ขาวทั้งที่เกิดขึ้นเองหรือเกิดจากการกระตุ้นด้วย serotonin และ norepinephrine แบบความเข้มข้น สะสม และยังสามารถลดการหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือดแดงใหญ่ของหนูขาวจากการ กระตุ้นด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์แบบความเข้มข้นสะสม นอกจากนี้ยังสามารถมีผลต่อการ หดตัวของกล้ามเนื้อเรียบลำไส้เล็กส่วน ileum ของหนูตะเภา เมื่อมีการกระตุ้นด้วย acetylcholine จากผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า 6-deoxyclitriacetol มีฤทธิ์ยับยั้งการหดตัวของกล้ามเนื้อ เรียบจากอวัยวะต่างๆและกลไกของการยับยั้งการหดตัวนี้เป็นแบบไม่เฉพาะเจาะจง

วาสนา (2544) ทำการศึกษาสารสกัดจากหนอนตายหยากที่มีฤทธิ์ต่อการฆ่าแมลง พบว่า สารสกัดจากรากของหนอนตายหยากที่สกัดด้วยเฮกเซน ไคคลอโลมีเทน และ 70 % เมทานอล เมื่อนำมาทดสอบความเป็นพิษโดยวิธี feeding leaf disc กับหนอนกระทู้ฝักวัย 2 ใช้วิธี residual film กับ ดั้วงวงข้าวโพดตัวเต็มวัยอายุ 5 วัน และใช้วิธี ฉีดพ่นไอน้ำ กับลูกน้ำยุงลายวัย 3 พบว่า สารสกัด หยาดด้วยไคคลอโลมีเทนจากรากของหนอนตายหยากแสดงความเป็นพิษสูงต่อหนอนกระทู้ฝัก โดยมีอัตราการตายที่ระดับความเข้มข้น 40,000 ppm เป็น 44 % ส่วนสารสกัดหยาดด้วย 70 % เมทานอล แสดงความเป็นพิษสูงสุดที่ระดับความเข้มข้น 50,000 ppm กับดั้วงวงข้าวโพดโดยมี อัตราการตาย 48 %



สุรตน์วดี และคณะ (มปป.) ได้ศึกษาสาร dehydrostemofoline แอคคาไลอยด์ตัวใหม่ที่มีฤทธิ์ฆ่าแมลง ใน *Stemona collinsae* พบว่า สาร SC-1, SC-2 และ SC-3 สามารถฆ่าหนอนใยผักได้มากกว่า 50 %

นภัสวรรณ และจันทร์เพ็ญ (มปป.) ได้ศึกษาการออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์โรคพืช โดยใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรบนเขาน้ำช้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี ซึ่งได้คัดเลือกพืชสมุนไพรที่พบเป็นส่วนใหญ่บนเขาน้ำช้ำ ได้แก่ มะนาวผี กระเบา กลัก ผักหวานป่า และหนอนตายหยาก พืชสมุนไพรทั้ง 4 ชนิด จะถูกสกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน และเอทานอล ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบวิธีการสกัด 2 วิธี คือการสกัดร้อนและสกัดเย็น จากนั้นจึงนำสารสกัดที่ได้ไปทดสอบกับเชื้อโรคพืช 2 ชนิด คือ *Fusarium oxysporum* และ *Xanthomonas campestris* โดยวิธี disc diffusion ผลการทดลองพบว่า สารสกัดร้อนและสารสกัดเย็นด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด ของกระเบากลัก และผักหวานป่า สามารถออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อทั้งสองได้ผลดีขณะที่สารสกัดร้อนและสารสกัดเย็นด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดของมะนาวผี และหนอนตายหยาก สามารถออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเฉพาะของเชื้อ *Xanthomonas campestris* ได้ดี ส่วนเชื้อ *Fusarium oxysporum* สามารถถูกยับยั้งได้ด้วยสารสกัดร้อนและสารสกัดเย็นด้วยเอทานอลเท่านั้น

กฤตชญา (2547) ได้ศึกษาสมบัติและความคงฤทธิ์ของสารสกัดจากเมล็ดสารภีและรากหนอนตายหยากในการกำจัดแมลงศัตรูพืชตระกูลกะหล่ำ พบว่า สารสกัดจากสารภีทั้ง 2 สูตร สามารถฆ่าด้วงหมัดผักได้ 100 % ในชั่วโมงที่ 4 ส่วนสารสกัดหนอนตายหยากสามารถฆ่าเพลี้ยอ่อนได้ 100 % ในชั่วโมงที่ 2, 4, 6 และ 10

Brem et al. (2002) ได้ทำการศึกษาสารสกัดจาก *Stemona collinsae* และ *Stemona tuberosa* สามารถฆ่า *Spodoptera littoralis* โดยพบสาร dihydrostemofoline โดยมีค่า  $LC_{50}$  ที่ 1.01 และ Stemofoline ที่ 0.59 %

วุฒิภรณ์ (2539) ได้ศึกษาการสกัดหนอนตายหยากที่มีผลต่อแมลงศัตรูของผักคะน้า เปรียบเทียบกับยาฆ่าแมลง mevinphos และชุดควบคุมน้ำ พบว่าหนอนตายหยากที่สกัดด้วย 95 % ethanol ณ อุณหภูมิห้อง และหนอนตายหยากที่สกัดด้วยน้ำ ณ อุณหภูมิห้อง มีประสิทธิภาพในการกำจัดหนอน และด้วงผักดีที่สุด โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับยาฆ่าแมลง mevinphos แต่ให้ผลดีกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ครุณลักษณ์ (2544) ได้ศึกษาผลของสารสกัดจากหนอนตายหยาก (*Stemona tuberosa* Lour.) ต่อหนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.) และหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* F.) ในห้องปฏิบัติการ โดยการศึกษาผลของสารสกัดจากรากของหนอนตายหยากแต่ละสายพันธุ์ เพื่อเปรียบเทียบหาพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในกำจัดหนอน โดยวิธีสกัดด้วยน้ำ แช่ค้างคืน จากนั้นเปรียบเทียบกับยาฆ่าแมลง Karate และชุดควบคุม (น้ำ) จากการทดลองพบว่า *Stemona curtisii* มีประสิทธิภาพในการกำจัด

หนอนดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดพบว่า ด้วยความเข้มข้นที่เท่ากันหนอนตายหยากที่สกัดด้วย 95% ethanol ในรูปสารสกัดหยาบ มีประสิทธิภาพในการกำจัดหนอนได้ดีกว่าการสกัดด้วยน้ำแบบแช่ค้างคืนเมื่อทดสอบด้วยวิธี leaf dipping โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับยาฆ่าแมลง Karate

สุภาณี และคณะ (นปป.) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหนอนตายหยากต่อหนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.) หนอนกระทุ้งผัก (*Spodoptera litura* Hubner.) และด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus* F.) ในห้องปฏิบัติการพบว่า สารสกัดด้วย methanol มีประสิทธิภาพสูงในลักษณะสัมผัสตายโดยมีค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง เท่ากับ 535, 2,313 และ 2,108 ppm ตามลำดับ การศึกษาผลการยับยั้งการกินอาหาร ซึ่งทดสอบกับ หนอนใยผัก และหนอนกระทุ้งผัก พบว่า สารสกัดด้วย methanol มีประสิทธิภาพสูงเช่นกัน ค่า  $EC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง เท่ากับ 129.22 และ 701.11 ppm ตามลำดับ

ขจรศักดิ์ (2538) ได้ศึกษาสารสกัดจากสมุนไพรต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคพืช อันได้แก่ *Fusarium* sp., *Colletotrichum* sp., *Alternaria* sp., *Aspergillus niger* และเชื้อราสาเหตุโรคผิวหนัง อันได้แก่ *Epidermophyton floccosum*, *Microsporum gypseum*, *Trichophyton mentagrophytes* และ *T. rubrum* โดยนำผงสมุนไพรบดแห้งมาผสมในอาหาร potato dextrose agar ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน พบว่าหนอนตายหยากมีประสิทธิภาพต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคพืชและโรคผิวหนังรองลงมาจากการใช้สารสกัดจากกานพลูและว่านน้ำ

Akanitapichat *et al.* (2005) ทำการศึกษาสารสกัด *Stemona collinsae* ที่สกัดจาก dichloromethane -methanol (DCM-MeOH, 1:1), 95% ethanol และน้ำ พบว่า สารสกัด DCM-MeOH มีฤทธิ์ยับยั้งไวรัสเริม type 1 และ 2 ได้ร้อยละ 50 ส่วนสารสกัดจากเอทานอลและน้ำ ยับยั้งไวรัสเริม ความเข้มข้นสูงถึง 300 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรสารสกัดทั้งสามชนิดมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตต่อเซลล์มะเร็ง KB และ MCF-7

Lin *et al.* (2008) ซึ่งทำการศึกษาสาร stibostemin N-Y และ stemanthraquinone ที่สกัดจาก *Stemona tuberosa* สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *B. pumilus*, *C. neoformans* และ *K. pneumoniae* โดยมีค่า MIC ที่ความเข้มข้น 12.5-200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

Mungkornasawakul *et al.* (2009) ได้ทำการศึกษา stemofoline, (2'S)-hydroxystemofoline, (11Z)-1,2'-didehydrostemofoline, stemaphylline, stemaphylline-N-oxide และ stilbostemin R ที่สกัดจาก *S. aphylla* สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli*, *S. aureus*, *Ps. auruginosa* และ *C. albicans* โดยมีค่า MIC ในช่วง 62.5-125 µg/mL

Yang *et al.* (2006) ได้ศึกษาสาร stilbostemin J-L, stemanthrene F, 3,5-dihydroxy-4-methylbibenzyl และ 3,5-dihydroxy-2-methoxy-4-methylbibenzyl ที่สกัดจาก *Stemona japonica*

พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus*, *S. epidermidis*, *E. coli* และ *C. albicans* โดยมีค่า MIC ที่ความเข้มข้นที่ 12.5-50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

Zhang *et al.* (2008) ทำการศึกษาสาร stilbostemin P-R, semanthrene G, 3,5-dihydroxy-2'-methoxybibezylyl, 3,3'-dihydroxy-2,5'-dimethoxybibenzyl และ 3,5,2'-trihydroxy-4-methylbibenzyl ที่สกัดจาก *Stemona japonica* พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus*, *S. epidermidis*, *E. coli* และ *C. albicans* โดยมีค่า MIC ที่ความเข้มข้นที่ 12.5-50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

Zhang *et al.* (2007) ทำการศึกษาสาร bibenzyls, stilbostemin M ,Z, O, tocopherol, 6-methoxy-3,4-dehydro- $\delta$ -tocopherol, 3,5-dihydroxy-2'-methoxybibenzyl, 3,5-dihydroxy bibenzyl,  $\beta$  -tocopherol, และ  $\gamma$ -tocopherol ที่สกัดจาก *Stemona sessilifolia* พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus*, *S. epidermidis*, *E. coli* และ *C. albicans* โดยมีค่า MIC ที่ความเข้มข้นที่ 12.5-50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

#### แอลคาลอยด์ (Alkaloids) (กฤษณา, 2529)

แอลคาลอยด์ แปลว่า Alkali-like มีผู้ให้คำจำกัดความของแอลคาลอยด์ไว้หลายอย่างโดยเริ่มจากปี 1819 เกสซอร์ชื่อ Meissner เป็นผู้ตั้งชื่อแอลคาลอยด์ขึ้น โดยใช้เรียกกลุ่มสารมีฤทธิ์เป็นด่าง มีไนโตรเจนอยู่ในโมเลกุล และสามารถแยกได้จากพืช และในปี 1896 Mayer ได้ให้คำจำกัดความของแอลคาลอยด์ว่า เป็นสารที่พบในพืชมักมีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาที่เด่นชัดเป็นสารที่ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และมักมีออกซิเจนร่วมด้วยซึ่งปัจจุบันพบว่า แอลคาลอยด์เป็นกลุ่มสารที่พบมากในพืชชั้นสูง พบบ้างในพืชชั้นต่ำ ในสัตว์ และในจุลินทรีย์ เป็นกลุ่มสารที่นำมาใช้มากเพื่อเป็นยารักษาโรคและมีจำนวนไม่น้อยที่เป็นสารพิษ ปัจจุบันพบแอลคาลอยด์ต่างๆ มากกว่า 5,000 แอลคาลอยด์ส่วนใหญ่พบในพืชชั้นสูง โดยเฉพาะในพืชใบเลี้ยงคู่และพบในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเล็กน้อย

#### คุณสมบัติของแอลคาลอยด์ (วันดี, 2534)

ตามปกติในโมเลกุลของแอลคาลอยด์จะพบไนโตรเจนอยู่ 1 โมเลกุล แต่อาจจะพบมากกว่าหนึ่งกว่าก็ได้ คุณสมบัติของแอลคาลอยด์อาจจะรวบรวมได้ดังนี้

1. แอลคาลอยด์มักมีรสขม เช่น ควินิน (quinine) เป็นสารที่มีรสขมมากที่สุดชนิดหนึ่งที่พบในธรรมชาติ
2. แอลคาลอยด์ส่วนใหญ่จะเป็นผลึกไม่มีสี ยกเว้นชนิดที่มี conjugated double bond เช่น berberine ที่มีสีเหลือง นอกจากนี้แอลคาลอยด์บางตัวมีออกซิเจนอยู่ในโมเลกุล อาจจะพบเป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ เช่น nicotin, coniine เป็นต้น
3. แอลคาลอยด์สามารถรวมตัวกับทั้งกรดอินทรีย์ และกรดอนินทรีย์อยู่ในรูปกรดเกลือในธรรมชาติ มักพบอยู่ในรูปกรดเกลือของกรดอินทรีย์

4. แอลคาลอยด์ในรูปอิสระ (free base) จะไม่ละลายน้ำหรือละลายได้เพียงเล็กน้อย แต่สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น คลอโรฟอร์ม อีเทอร์ ส่วนเกลือของแอลคาลอยด์จะมีคุณสมบัติในการละลาย ตรงข้ามกับ free base คือสามารถละลายได้ดีภายในน้ำ แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ ยกเว้นเกลือของแอลคาลอยด์ที่เป็นด่างอ่อนบางชนิด ซึ่งจะสามารถละลายได้ในคลอโรฟอร์มแต่ไม่ละลายในอีเทอร์

5. แอลคาลอยด์ส่วนใหญ่จะสามารถทำปฏิกิริยากับสารที่มีโลหะหนัก เช่น พรอท ทอง แพลทตินัม และแคดเมียมเป็นต้น ได้เกลือซึ่งมักจะละลายน้ำ จึงสามารถใช้ยาที่มีโลหะหนักเหล่านี้ในการตรวจหาแอลคาลอยด์ได้

#### หน้าที่ของแอลคาลอยด์ (วันดี, 2534)

หน้าที่ของแอลคาลอยด์ในพืชยังไม่ทราบแน่ชัด มีผู้สันนิษฐานว่าแอลคาลอยด์อาจทำหน้าที่บางอย่างในพืชดังนี้

1. ช่วยป้องกันพืชจากสัตว์และแมลงต่างๆ ทั้งนี้เนื่องจากแอลคาลอยด์ส่วนใหญ่มีรสขม และมีพิษ
2. เป็นแหล่งไนโตรเจนในพืชเพื่อใช้สร้างโปรตีน
3. ช่วยควบคุมการเจริญเติบโตของพืช หรือการงอกของเมล็ดพืชบางชนิด
4. เป็นสารที่ได้จากการทำลายพืชซึ่งเกิดในกระบวนการเมตาบอลิซึมของพืช

#### ประเภทของแอลคาลอยด์ (วันดี, 2534)

การจัดแบ่งกลุ่มแอลคาลอยด์อาจจะทำได้ 4 วิธีคือ

1. แบ่งตาม taxonomic system เป็นการแบ่งกลุ่มของแอลคาลอยด์ตามกลุ่มของพืชที่มีแอลคาลอยด์ นั้นๆ เช่น cinchona alkaloids และ solanum alkaloids เป็นต้น
2. แบ่งตาม therapeutic system เป็นการแบ่งตามคุณสมบัติทางเภสัชวิทยา เช่น mydriatic alkaloids ได้แก่ atropine, hyoscine ส่วน miotic alkaloids ได้แก่ pilocarpine, physostigmine และ hypotensive alkaloids ได้แก่ reserpine และ proptoveratrine
3. แบ่งตาม biogenetic system เป็นการแบ่งตามชนิดของสารตั้งต้นของแอลคาลอยด์ สามารถแบ่งแอลคาลอยด์ได้เป็น 3 กลุ่ม
  - ก. Protoalkaloids เป็นแอลคาลอยด์ที่มีสารตั้งต้นมาจากกรดอะมิโนหรืออนุพันธ์ของกรดอะมิโน แต่แอลคาลอยด์เหล่านี้จะมีไนโตรเจนอยู่นอก ring เช่น colchicine
  - ข. Truealkaloids เป็นแอลคาลอยด์ที่มีชีวสังเคราะห์มาจากกรดอะมิโน หรืออนุพันธ์ของกรดอะมิโนและมีไนโตรเจนอยู่ใน heterocyclic ring ตัวอย่างเช่น morphine, caffeine

ค. Pseudo alkaloids เป็นสารที่มีชีวสังเคราะห์มาจากสารจำพวก terpene และ steroid ตัวอย่างเช่น  $\beta$ -skatanthine, aconitine และ solanidine

4. แบ่งตาม chemical system เป็นการแบ่งกลุ่มตามสูตรโครงสร้างทางเคมี วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด อาจแบ่งแอลคาลอยด์ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

ก. Non – heterocyclic alkaloid หรือ alkaloidal amine ได้แก่ แอลคาลอยด์ที่มีไนโตรเจนอยู่นอก ring เช่น ephedrine, mescaline และ colchicine เป็นต้น

ข. Heterocyclic alkaloid เป็นแอลคาลอยด์ที่มีไนโตรเจนอยู่ใน ring ซึ่งอาจแบ่งเป็นกลุ่มย่อยตามสูตรโครงสร้างพื้นฐานได้ดังนี้

1. กลุ่ม pyrrole และ pyrrolidine ตัวอย่างเช่น hygrine, cuscohygrine และ stachydrine
2. กลุ่ม pyridine และ piperidine เช่น nicotine, anabasine, coniine และ ricinine
3. กลุ่ม pyrrolizidine เช่น senecionine
4. กลุ่ม tropane เช่น hyoscyne, hyoscyamine, coaine และ dioscorine
5. กลุ่ม quinoline เช่น quinoline, quinine และ cinchonine
6. กลุ่ม isoquinoline เช่น papaverine, morphine, codeine และ berberine
7. กลุ่ม aporphine เช่น boldine
8. กลุ่ม nor-lupinane เช่น sparteine และ lupanine
9. กลุ่ม indole หรือ benzopyrrole เช่น reserpine, strychnine และ vinblastine
10. กลุ่ม imidazole หรือ glyoxaline เช่น pilocarpine และ ergothioneine
11. กลุ่ม purine เช่น caffeine, theobromine และ theophylline
12. กลุ่ม steroid เช่น solanidine และ conessine
13. กลุ่ม terpenoid เช่น actinidine และ aconitine

นอกจากนี้แอลคาลอยด์กลุ่มใหญ่ๆ ที่กล่าวมาแล้วยังมีแอลคาลอยด์ที่มีสูตรโครงสร้างตัดแปลงไปจากโครงสร้างหลักๆ ตามที่กล่าวมาแล้วอีกจำนวนมาก ถึงแม้ว่าการแบ่งหมวดหมู่แอลคาลอยด์ตามสูตรโครงสร้างทางเคมีจะนิยมใช้มากที่สุดก็ตาม แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการแบ่งด้วยเช่น ในการศึกษา chemotaxonomy การแบ่งกลุ่มแอลคาลอยด์ตาม taxonomic system น่าจะได้ประโยชน์มากกว่า เพราะอาจจะช่วยบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของสารกับกลไกการออกฤทธิ์

#### วิธีการเรียกชื่อแอลคาลอยด์ (วันดี, 2534)

การเรียกชื่อแอลคาลอยด์ที่นิยมกันมี 3 วิธี

1. เรียกตามชื่อพืชที่พบแอลคาลอยด์นั้นเป็นครั้งแรก เช่น cocaine ได้จากพืช *Erythroxylon coca*, atropine จาก *Atropa belladonna*

2. เรียกชื่อตามคุณสมบัติทางเภสัชวิทยา เช่น emetine มาจากภาษากรีกว่า emetikos แปลว่า ทำให้อาเจียน narcotine มาจากภาษากรีกว่า nakoo แปลว่า ทำให้ชา morphine มาจากภาษาเยอรมันว่า morphin ซึ่งเป็นชื่อของเทพเจ้าแห่งความฝัน

3. เรียกชื่อตามนักวิทยาศาสตร์ เช่น spgazzinine ได้จากนักพฤกษศาสตร์ที่ตั้งชื่อพืชพบแอลคาลอยด์ชนิดนี้ ได้แก่ *Aspidosperma Chakensis* Spgazzini

### ลักษณะสำคัญและสรรพคุณทางเภสัชกรรมของแอลคาลอยด์ (วันดี, 2534)

1. Non- heterocyclic alkaloids หรือ alkaloidal amines แอลคาลอยด์ในกลุ่มนี้มีไนโตรเจนอะตอมอยู่นอก ring ส่วนใหญ่เป็นอนุพันธ์ของ phenylethylamine ซึ่งมีชีวสังเคราะห์มาจากกรดอะมิโน phenylalanine หรือ tyrosine ตัวอย่างกลุ่มแอลคาลอยด์ในกลุ่มนี้ เช่น ephedrine, mescaline, colchicine และ hordenine นอกจากนี้ alkalioidal amines บางชนิดเป็นอนุพันธ์ของ tryptamine ซึ่งมีชีวสังเคราะห์มาจาก tryptophan ตัวอย่างเช่น แอลคาลอยด์ gramine ซึ่งได้จาก *Hordeum vulgare*, psilocybin จากเห็ดพิษ *Psilocybe semperviva* และแอลคาลอยด์ bufotenine และ serotonin ซึ่งพบได้ในพืชและสัตว์บางชนิด แอลคาลอยด์กลุ่มนี้ที่นำมาใช้เป็นยาที่สำคัญ ได้แก่

- Ephedrine ได้จากทั้งต้นของมั่วอึ้ง หรือมาฮวง (*Ephedra equisetina* Bunge.) และได้จากใบหญ้าขัดใบป้อม (*Sida cordifolia* L.) ที่สกัดจากธรรมชาติจะเป็นชนิด D(-) ephedrine ส่วนที่ได้จากการสังเคราะห์จะเป็นชนิด D(+) ephedrine แอลคาลอยด์ชนิดนี้มีฤทธิ์เป็น adrenergic drug (bronchodilator) มีฤทธิ์ขยายหลอดลม จึงใช้เป็นยารักษาโรคหอบหืด และยังมีผลทำให้ม่านตาขยายตัวด้วย

- Colchicine ได้จากส่วนเมล็ด และลำต้นใต้ดิน (corm) ของ *Colchicum autumnale* L. มีสภาพเป็นด่างอ่อนมาก แสดงฤทธิ์เป็นกลางต่อกระดาดาลิสมัส เป็นสารที่ทำให้อยู่ในรูปเกลือ ได้ยาก สามารถจะสกัดด้วยทั้งกรดและด่าง ที่จัดเป็นแอลคาลอยด์เนื่องจากสามารถเกิดตะกอนกับน้ำยาทดสอบแอลคาลอยด์ ชนิดต่างๆ ได้

- Mescaline เป็นแอลคาลอยด์ที่เป็นของเหลว อาจพบเป็นผลึกได้บ้าง โดยมีจุดหลอมเหลวต่ำที่ 35- 36 องศาเซลเซียส ได้จาก peyote ซึ่งเป็นส่วนยอดของต้นกระบองเพชร (*Lophophora williamsii* Coulter.) มีฤทธิ์ทำให้เกิดอาการเคลิ้มฝัน นำมาใช้เป็นยาบำบัดทางจิต เคยใช้ในพิธีทางศาสนาของชาวอินเดียนแดง

### 2. Heterocyclic alkaloids ได้แก่

- แอลคาลอยด์กลุ่ม pyrrole และ pyrroleidine ตัวอย่างแอลคาลอยด์ในกลุ่มนี้ได้แก่ hygrine และ cuscohygrine ซึ่งพบได้ในต้น *Duboisia*, stachydrine ได้จากต้น *Stachys tuberrifera* แอลคาลอยด์ในกลุ่มนี้ส่วนมากไม่ได้นำมาในประโยชน์ในการรักษาโรค

- แอลคาลอยด์กลุ่ม Pyridine และ piperidine แอลคาลอยด์ในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็นสารพิษ พบทั้งในพืช เช่น พริกไทย ยาสูบ หมากสง และในสัตว์ เช่น ชะมดเขียง

ก. แอลคาลอยด์ในกลุ่ม Pyridine ได้แก่

Nicotine เป็นแอลคาลอยด์ที่เป็นของเหลวที่ได้จากใบยาสูบ (*Nicotiana tabacum* L.) และใบ *Duboisia myoporoides* R.Br. เป็นพืชพื้นเมืองของออสเตรเลีย nicotine เป็นสารพิษ ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทอัตโนมัติที่ sympathetic และ parasympathetic ganglia ทำให้กล้ามเนื้อเกิดอัมพาตได้ มักใช้เป็นยาฆ่าแมลง

Ricinine เป็นแอลคาลอยด์ที่ได้จากเมล็ด และใบของกะหุ่ง (*Ricinus communis* L.) เป็นสารพิษที่ทำให้เกิดอาเจียน คลื่นไส้ ความดันโลหิตต่ำ มีพิษต่อตับและไต ทำให้หยุดหายใจและตายได้

Arecoline เป็นอนุพันธ์ของกรด nicotinic เป็นแอลคาลอยด์ที่เป็นของเหลวที่ได้จากเมล็ด สุกหมากสง (*Areca catechu* L.) ใช้เป็นยาฆ่าพยาธิตัวกลม และพยาธิตัวแบนในม้า และสุนัข แต่ไม่นิยมใช้ในคน

Muscopiperidine เป็นแอลคาลอยด์ที่ได้จากต่อมไคส์อวัยวะเพศชะมดเขียงตัวผู้ ใช้เป็น fixative ในอุตสาหกรรมน้ำหอม

ข. แอลคาลอยด์ในกลุ่ม piperidine ได้แก่

Piperine เป็นแอลคาลอยด์ที่พบในผลและเมล็ดพริกไทย (*Piper nigrum* L.) และคิปิลี (*Piper longum* L.) ออกฤทธิ์กระตุ้นต่อมรับรส ทำให้กรดที่กระเพาะถูกหลั่งมากขึ้น จึงนิยมใช้แต่งรสขม รสขม นอกจากนี้นี้ยังมีฤทธิ์ขับเหงื่อ ขับปัสสาวะ และมีฤทธิ์ฆ่าแมลง

Coniine เป็นแอลคาลอยด์ที่เป็นของเหลว ไม่มีสีเป็นอนุพันธ์ของ 2-propylpiperidine เมื่อถูกแสงสีจะดำขึ้น ได้จากผลดิบที่โตเต็มที่ของ *Conium maculatum* ซึ่งมีชื่อเรียกทั่วไปว่า poison hemlock ในสมัยก่อน แอลคาลอยด์นี้ใช้เป็นยาพิษ เคยใช้เป็นยาแก้ปวดเกร็ง (antispasmodic) ในปัจจุบันไม่ใช้แล้ว เพราะมีพิษสูง

Pelletierine เป็นแอลคาลอยด์เหลว ได้จากเปลือกรากของต้นทับทิม สมัยก่อนใช้เป็นยาถ่ายพยาธิในสุนัข ปัจจุบันไม่ใช้แล้วเพราะมีพิษสูง

Lobeline เป็นแอลคาลอยด์ที่ได้จากทั้งต้น และเมล็ดของพระจันทร์ครึ่งซีก เป็นอนุพันธ์ของ 2,6-dialkylpiperidine สมัยก่อนเคยใช้เป็นยาขับเสมหะ และยาช่วยกระตุ้นระบบหายใจ

- แอลคาลอยด์ในกลุ่ม pyrrolizidine

แอลคาลอยด์กลุ่มนี้ส่วนใหญ่ไม่มีประโยชน์ในทางยา

- แอลคาลอยด์ในกลุ่ม Tropane

Tropane เป็นอัลคาลอยด์ที่มีความสำคัญมากกลุ่มหนึ่ง แอลคาลอยด์ในกลุ่มนี้หลายชนิด ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์เป็นยารักษาโรค เช่น ยาขยายม่านตา ยาชาเฉพาะที่ ยารักษาแผลในกระเพาะและลำไส้ ส่วนใหญ่แอลคาลอยด์เหล่านี้จะได้จากพืชในวงศ์ Solanaceae และ Erythroxylaceae แอลคาลอยด์ที่สำคัญได้แก่

Atropine และ Hyoscyamine แอลคาลอยด์ทั้งสองชนิดมีสูตรโครงสร้างที่เหมือนกัน ต่างกันที่ความสามารถในการเบนแสง polar light, hyoscyamine เป็น l-isomer ส่วน atropine เป็น dl-isomer (racemic form) ในธรรมชาติพบ hyoscyamine เป็นส่วนใหญ่ ส่วน atropine มักเกิดขึ้นในระหว่างการสกัดแอลคาลอยด์จากพืช hyoscyamine มีชีวิตสังเคราะห์จาก atropine กับ tropic acid ส่วน atropine เกิดจาก atropine กับ atropic acid แอลคาลอยด์ทั้งสองชนิดนี้ มีฤทธิ์ขยายม่านตา

Hyoscine มีชื่อเรียกอีกอย่างว่า scopolamine เป็นเอสเทอร์ของ tropic acid กับ scopine ได้จากใบ *Duboisia* spp. โดยเฉพาะลูกผสมระหว่าง *Duboisia myoporoides* และ *D. leichhardtii* ซึ่งมีแอลคาลอยด์นี้สูง 1-2 % นอกจากนี้ยังพบได้ในใบตำบอง (*Datura metel*) ทั้งแอลคาลอยด์ hyoscine, hyoscyamine และ atropine จัดเป็น parasympatholytic agent ออกฤทธิ์ขยายม่านตา ลดการหลั่งของน้ำลาย และ secretion อื่นๆ ในระบบทางเดินอาหารและระบบหายใจ ลดการบีบตัวของกล้ามเนื้อเรียบ ดังนั้นจึงมีประโยชน์ในทางยาอย่างกว้างขวาง

Cocaine เป็นแอลคาลอยด์ที่ได้จากใบโคคา (*Erythroxylon coca*) ซึ่งเป็นต้นไม้พื้นเมืองของทวีปอเมริกาใต้ cocaine เป็นเอสเทอร์ของกรด benzoic กับ methyl ecgonine มีคุณสมบัติเป็น strong tertiary base เมื่อถูกย่อยจะได้กรด benzoic, ecgonine และ methanol กรด benzoic และ methanol จะรวมกันเป็น methyl benzoate ซึ่งมีกลิ่นเฉพาะตัวซึ่งใช้ตรวจสอบ cocaine ได้ cocaine เป็นยาชาเฉพาะที่ชนิดแรกที่ได้จากธรรมชาติ แต่เนื่องจากมีฤทธิ์ทำให้เกิดอาการประสาทหลอนและอาการเคลิ้มฝันด้วยใช้นานๆอาจเป็นสิ่งเสพติดได้ ปัจจุบันจึงใช้เป็นยาชาเฉพาะที่

Dioscorine เป็นแอลคาลอยด์ที่ได้จากหัวกลอย (*Dioscoria hispida* Dennst.) เป็นสารพิษ เมื่อรับประทานจะทำให้เกิดอาการปวดแสบปวดร้อนในลำคอ อาเจียนอย่างรุนแรง ทำให้ร่างกายขาดน้ำ

#### - แอลคาลอยด์ในกลุ่ม Quinoline

แอลคาลอยด์ในกลุ่มนี้มีทั้งที่มีสูตรโครงสร้างง่าย ๆ ไปจนถึงชนิดที่มีโครงสร้างที่ซับซ้อนส่วนมากจะพบในพืชวงศ์ Rubiaceae และ Rutaceae ส่วนที่เป็น quinoline nucleus มีชีวิตสังเคราะห์มาจากกรดอะมิโน tryptophan แอลคาลอยด์หลายตัวในกลุ่มนี้ใช้เป็นยารักษาโรคมานานแล้ว เช่น ควินิน (quinine) ซึ่งได้จากเปลือกชิงโคนา ใช้เป็นยารักษาไข้มาลาเรีย quimidine ใช้เป็นยารักษาโรคหัวใจ และ แอลคาลอยด์บางชนิดมีฤทธิ์ต้านมะเร็ง

#### - แอลคาลอยด์ในกลุ่ม isoquinoline

Isoquinoline เป็นแอลคาลอยด์กลุ่มใหญ่เป็นจำนวนมาก แอลคาลอยด์หลายชนิดในกลุ่มนี้นำมาใช้เป็นยารักษาโรค เช่น morphine และ codeine จากฝิ่นใช้เป็นยาระงับปวด emertine จากราก Ipecac ใช้รักษาโรคบิด แอลคาลอยด์บางชนิดจาก curare ซึ่งมีฤทธิ์พ่นคลายกล้ามเนื้อลายใช้ในการผ่าตัด และมีแอลคาลอยด์อีกหลายชนิดที่มีรายงานว่าสามารถต้านมะเร็งได้ isoquinoline อาจแบ่งเป็นกลุ่มย่อยตามโครงสร้างได้หลายกลุ่ม เช่น กลุ่ม hydrophenanthrene มีโครงสร้างพื้นฐานเป็น reduced phenanthrene เช่น morphine และ codeine กลุ่ม benzyloisoquinoline เช่น papaverine กลุ่ม berberine เช่น berberi กลุ่ม phthalideisoquinoline เช่น narcotine และ hydrastine กลุ่ม emtane เช่น emetame แอลคาลอยด์ในกลุ่มที่สำคัญที่นำมาใช้ประโยชน์ทางยา คือ

Morphine และ codeine เป็นแอลคาลอยด์ที่สำคัญที่พบในยางที่กรีดจากผลของต้นฝิ่น โดยมีโครงสร้างเป็น hydrophenanthrene ทั้ง morphine และ codeine ใช้เป็นยาระงับปวดได้ผลดี แต่ข้อเสียคือทำให้เกิดการเสพติดได้ มักใช้ระงับปวดในการผ่าตัดต่างๆ โดย morphine จะออกฤทธิ์แรงกว่า codeine แต่ codeine จะทำให้เกิดการติดยากกว่า morphine ดังนั้นจึงมีการใช้ codeine เป็นยาแก้ปวดอย่างกว้างขวาง นอกจากนี้ codeine มีคุณสมบัติระงับอาการไอ โดยจะออกฤทธิ์กด cough center ในสมอง จึงนิยมใช้เป็นส่วนประกอบในยาแก้ไอ

Narcotine อาจเรียกว่า noscapine จัดอยู่ในกลุ่มย่อย phthalideisoquinoline ได้จากยางผลฝิ่น ในธรรมชาติพบในรูปอิสระ แอลคาลอยด์ชนิดนี้ไม่ทำให้เสพติด ใช้ประโยชน์เป็นยาแก้ไอ โดยออกฤทธิ์กด cough reflex โดยตรง

Papaverine เป็นแอลคาลอยด์ในกลุ่ม benzyloisoquinoline ได้จากยางผลฝิ่นมีฤทธิ์พ่นคลายกล้ามเนื้อเรียบใช้ป้องกัน cardiac arrhythmia และอาการอื่นๆ ที่มีอาการเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ

Emertine เป็นแอลคาลอยด์ที่ได้จากเปลือกกรากของ Ipecac (*Cephaelis ipecacuanha* และ *C. acuminata*) ใช้รักษาโรคบิดมีตัว (amoebic dysentery)

d-Tubocurarine เป็นแอลคาลอยด์ที่ได้จาก *Chondodendron tomentosum* โดยมีโครงสร้างเป็นพวก bisoquinoline เป็นสารพิษที่ใช้ในการทำยาพิษอาบลูกศร ซึ่งนิยมใช้ในพวกอินเดียนในอเมริกาใต้ มีพิษต่อกล้ามเนื้อลายเป็นแอลคาลอยด์ชนิดเดียวจาก curare ที่ใช้ในทางยาอยู่ในปัจจุบันใช้ในการผ่าตัดเพื่อช่วยให้กล้ามเนื้อคลายตัว และมีประโยชน์ในการป้องกัน และควบคุมการชักที่เกิดจากสาเหตุต่างๆ เช่น โรคนาบาดทะยัก ชักเพราะฤทธิ์ strychnine

#### - แอลคาลอยด์ในกลุ่ม Aporphine

มีแอลคาลอยด์ไม่น้อยกว่า 50 ชนิดที่มีโครงสร้างพื้นฐานเป็น aporphine แต่ส่วนใหญ่ไม่ได้นำมาใช้เป็นยา ตัวอย่างในแอลคาลอยด์ในกลุ่มนี้ได้แก่ boldine พบใน *Peumus boldus* และ corytuberine พบได้ในยางของผลฝิ่น

#### - แอลคาลอยด์ในกลุ่ม nor-lupinane

แอลคาลอยด์ในกลุ่มนี้มีโครงสร้างพื้นฐานเป็น quinolizidine ส่วนใหญ่เป็นสารพิษไม่ใช่ประโยชน์ทางยา ตัวอย่างแอลคาลอยด์ในกลุ่มนี้ได้แก่ sparteine และ lupanine

- แอลคาลอยด์ในกลุ่ม indole หรือ benzopyrrole

Indole เป็นแอลคาลอยด์ที่สำคัญมากกลุ่มหนึ่ง พบเป็นจำนวนมาก มีตั้งแต่แอลคาลอยด์ที่มีสูตรโครงสร้างง่ายๆ มักจะมีชีวสังเคราะห์มาจากรอคอะมิโน tryptophan หรือ tryptamine ตัวอย่าง แอลคาลอยด์ที่สำคัญๆ ในกลุ่มนี้ได้แก่

Rauwolfia alkaloids ซึ่งได้จากรากของต้นกระยอ้ม (*Rauwolfia serpentina*) แอลคาลอยด์ในรากกระยอ้มนี้ แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม

Quaternary anhydronium bases เป็นแอลคาลอยด์ที่มีฤทธิ์เป็นด่างแก่ เช่น serpentin, serpentinin และ alstonine

Tertiary indoline bases เป็นอนุพันธ์ของ indoline มีฤทธิ์เป็นด่างปานกลาง ได้แก่ ajmaline และ rauwolfinine

Weakly basic indole bases มีฤทธิ์เป็นด่างอ่อน เป็นแอลคาลอยด์ที่ให้ประโยชน์ในทางยาโดยออกฤทธิ์เป็นยาลดความดัน ได้แก่ reserpine และ rescinnamine นอกจากนี้ reserpine ใช้เป็นยาระงับประสาท

Ergot alkaloids ได้จากส่วน dried sclerotium หรือ resting body ของเชื้อรา ergot (*Claviceps purpurea*) ซึ่งเชื้อราชนิดนี้ขึ้นอยู่บนต้นข้าวไรย์ แอลคาลอยด์ใน ergot มีหลายชนิดที่สำคัญ ได้แก่ ergonovine (ergometrine), ergotamine และ ergotoxine แอลคาลอยด์ทั้งหมดมีฤทธิ์ทำให้มดลูกบีบตัวจึงช่วยเร่งการคลอดบุตร

Catharanthus alkaloids เป็นแอลคาลอยด์ที่ได้จากทั้งต้นของแพงพวยฝรั่ง (*Catharanthus roseus* N. Don.) แอลคาลอยด์ในกลุ่มนี้มีมากมาย ที่สำคัญและใช้เป็นยารักษาโรคมะเร็งอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ vinblastine และ vincristine โดย vinblastine จะให้ผลดีในการรักษาโรค Hodgkin's และ lymphomas ต่างๆ ส่วน vincristine ให้ผลดีมากในการรักษามะเร็งเม็ดเลือดขาว (leukemias) ในเด็ก นอกจากนี้ยังพบว่า แอลคาลอยด์ vinleurosine และ vinrosidine จากต้นแพงพวยฝรั่งสามารถลดการขยายตัวของเซลล์เนื้องอกได้เช่นกัน แต่ยังไม่ได้นำมาใช้เป็นยา

Physostigma alkaloid เป็นแอลคาลอยด์ที่ได้จากเมล็ดแก่ของ *Physostigma venenosum* แอลคาลอยด์ที่สำคัญได้แก่ Physostigmine เป็นแอลคาลอยด์ที่ไม่คงตัว เมื่อถูกอากาศจะ oxidize จะเป็นสารสีแดง เรียกว่า rubreserine จึงต้องเก็บแอลคาลอยด์นี้ไม่ให้ถูกอากาศและแสง Physostigmine ใช้ประโยชน์เป็น ophthalmic cholinergic ในการรักษาต้อหิน และยังแก้ฤทธิ์ของ atropine

Nux-vomica alkaloid เป็นแอลคาลอยด์ที่ได้จากเมล็ดสะลงใจ (*Strychnos nux-vomica*) *Strychnos* spp. ประกอบด้วยแอลคาลอยด์ที่สำคัญคือ strychnine และ brucine สำหรับ strychnine มีฤทธิ์กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้เกิดอาการชัก เป็นยาที่มีพิษอย่างแรง ปัจจุบันใช้เป็นยาเบื่อ

หนู (rodenticide) ส่วน brucine มีพิษน้อยกว่า strychnine ในด้านอุตสาหกรรมใช้เป็น alcohol denaturant

- แอลคาลอยด์ กลุ่ม imidazole

Imidazole เป็นแอลคาลอยด์กลุ่มเล็ก ๆ ที่มีการกระจายตัวแคบ ตัวอย่างของแอลคาลอยด์ในกลุ่มนี้ได้แก่ pilocarpine และ pilosine แอลคาลอยด์ในกลุ่มนี้ที่ใช้ประโยชน์เป็นยาได้แก่ pilocarpine และ pilocarpine เป็นแอลคาลอยด์ที่มีโครงสร้างเป็น lactone จึงไม่คงตัวในด่าง ในด่างแก่จะถูก sponify ได้เป็น pilocarpic acid ส่วนในด่างอ่อนจะถูก epimerise ได้เป็น isopilocarpine ดังนั้นสมุนไพรที่มี pilocarpine เป็นองค์ประกอบสำคัญ เมื่อเก็บไว้นาน 1 ปี จะมี activity ลดลงครึ่งเดียว หากเก็บไว้นานเกินกว่า 2 ปี จะไม่มี activity เลย ทั้งนี้เพราะ pilocarpine ถูกเปลี่ยนเป็น isopilocarpine ซึ่งไม่มีฤทธิ์ pilocarpine เป็น cholinergic drug มีฤทธิ์ตรงข้ามกับ atropine คือทำให้ม่านตาหรี่ เพิ่มการหลั่งของน้ำลาย และเหงื่อ ดังนั้น pilocarpine เป็นยารักษาโรคต่อหิน ยาแก้พิษ atropine และยาขับเหงื่อในบางกรณี

- แอลคาลอยด์ กลุ่ม purine

เป็นแอลคาลอยด์กลุ่มเล็ก ๆ แอลคาลอยด์ในกลุ่มนี้มีความสำคัญทางยา จะเป็นอนุพันธ์ของ 2,6- dioxypurine (xanthine) แอลคาลอยด์ที่สำคัญได้แก่ caffeine, theobromine, theophylline

Caffeine เป็นแอลคาลอยด์ที่ได้จากใบเลี้ยงของต้นอ่อนของต้นโคล่า (*Cola nitida*) เมล็ดสุกของต้นกาแฟ (*Coffea arabica* Linn.) และได้จากใบชา (*Camellia sinensis*) caffeine มีฤทธิ์กระตุ้นประสาทส่วนกลาง ทำให้ร่างกายตื่นตัว กล้ามเนื้อทำงานได้ดีขึ้น

Theobromine เป็นแอลคาลอยด์ที่ได้จากเมล็ดสุกของโกโก้ (*Theobroma cacao* Linn.) theobromine ไม่มีฤทธิ์กระตุ้นประสาทส่วนกลาง แต่มีฤทธิ์ขับปัสสาวะได้ดี และมีฤทธิ์กระตุ้นหัวใจ ขยายหลอดเลือด มักใช้เป็นยาขับปัสสาวะในคนไข้ที่หัวใจบวม

Theophylline เป็น isomer ของ theobromine ได้จากใบชา มีฤทธิ์ขับปัสสาวะดีกว่า caffeine และมีฤทธิ์คลายกล้ามเนื้อเรียบ ดีกว่า theobromine มีฤทธิ์กระตุ้นประสาทเล็กน้อย

- แอลคาลอยด์ในกลุ่ม Steroid

เป็นแอลคาลอยด์ที่เฉพาะส่วนของไนโตรเจนอะตอมเท่านั้นได้มาจากกรดอะมิโน แอลคาลอยด์ในกลุ่มนี้อาจจัดเป็น pseudoalkaloid โครงสร้างพื้นฐานแอลคาลอยด์จำพวกนี้ประกอบด้วย cyclopentanoperhydrophenanthrene ring แอลคาลอยด์ในกลุ่มนี้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม เช่น กลุ่ม C27 ได้แก่ solanum alkaloids เช่น solanidine เป็นแอลคาลอยด์ที่พบในต้นมันฝรั่ง (*Solanum tuberosum*) เป็นแอลคาลอยด์ที่มีพิษ มีฤทธิ์เป็นยาฆ่าแมลง และ veratrum alkaloids เช่น protoveratrine เป็นแอลคาลอยด์ที่ได้จากรากและเหง้าของ *Veratrum album* และ *Veratrum viride* (American hellebore) ใช้เป็นยาลดความดัน และกลุ่ม C21 ได้แก่ conessine ซึ่งพบในโมกหลวง (*Holarrhena antidysenterica*)

- แอลคาลอยด์ในกลุ่ม terpenoids

Terpenoids เป็นสารที่เกิดจากการจับกันของ isoprenoid (หรือ iso-pentane) unit ในลักษณะต่างๆ เช่น อาจจะจับกันเป็น ring form ทั้งนี้แล้วแต่ functional group และ degree of unsaturation สาร terpenoids อาจพบในลักษณะ monoterpenoids (C-10), sesquiterpenoids (C-15), diterpenoids (C-20) หรือ triterpenoids (C-30) แอลคาลอยด์ในกลุ่มนี้ ส่วนใหญ่จะพบเป็น diterpene alkaloid ซึ่งพบใน *Aconitum* และ *Delphinium* ตัวอย่างแอลคาลอยด์ในกลุ่มนี้ได้แก่ aconitine ซึ่งพบในเหง้าของ aconite หรือ monkshood (*Aconitum napellus* L.) เป็นแอลคาลอยด์ที่มีพิษสูง ออกฤทธิ์กระตุ้นประสาทส่วนปลาย และส่วนกลาง ทำให้เกิดอาการชาที่ปลายประสาทรับความรู้สึก และทำให้เกิดอัมพาตได้ ในทางการแพทย์ใช้ประโยชน์ในการรักษาปลายประสาทอักเสบ (neuralgia)

### ความคงตัวของแอลคาลอยด์ต่อความร้อน แสง และตัวทำละลายชนิดต่างๆ (กฤษณา, 2529)

แอลคาลอยด์อิสระไวต่อการสลายตัว โดยเฉพาะเมื่ออยู่ในสภาพยา เนื่องจากมีความเป็นด่างอยู่ ความร้อนที่สูงกว่า 70°C และแสงสว่างทำให้แอลคาลอยด์สลายตัวได้ง่าย ในระหว่างกระบวนการสกัด แยกและทำให้บริสุทธิ์ควรพยายามหลีกเลี่ยงสภาวะดังกล่าว ถ้าต้องการเก็บสารสกัดเอาไว้ควรทำให้อยู่ในรูปสารสกัดแห้ง คือระเหยตัวทำละลายออกจนหมด และเก็บในภาชนะกันแสง และที่อุณหภูมิต่ำๆ แอลคาลอยด์บางชนิดไม่คงตัวเมื่ออยู่ในสภาพน้ำยา ซึ่งอาจทำให้ไม่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ดังนั้นการเก็บรักษาแอลคาลอยด์ควรคำนึงถึงการคงตัวของแอลคาลอยด์

### การสกัด การแยกสารและการทำให้แอลคาลอยด์บริสุทธิ์ (กฤษณา, 2529)

แอลคาลอยด์จากแหล่งที่มาจากรวมชาติส่วนมากมักมีปริมาณน้อย เป้าหมายที่สำคัญในการแยกสารสกัดแอลคาลอยด์ ให้ได้แอลคาลอยด์ที่แท้จริงโดยปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการแยกสกัด และทำให้บริสุทธิ์ ดังนั้นในการแยกสกัดแอลคาลอยด์จะต้องเลือกวิธีที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณสูงสุด แอลคาลอยด์ที่มีอยู่ในพืชมักอยู่ในรูปของเกลือที่เกิดจากกรดอินทรีย์ที่มีอยู่ในพืช และกรดอินทรีย์กับสารผสมของสารประกอบที่ละลายน้ำ เช่น กัม (gums) โปรตีน เกลือ อนินทรีย์ แทนนิน ไขมัน และ เรซิน (resins) ดังนั้นการสกัดแอลคาลอยด์มักจะสกัดสารประกอบที่ไม่ใช่แอลคาลอยด์ (non-alkaloidal compounds) เหล่านี้ออกไป นอกจากนี้ยังพบว่าในพืชแต่ละชนิดมักจะมีแอลคาลอยด์มากกว่าหนึ่งชนิด ซึ่งมักจะมีโครงสร้างของโมเลกุลคล้ายกัน ดังนั้นจึงมีขั้นตอนในการสกัดแอลคาลอยด์หลายขั้นตอนเพื่อให้ได้แอลคาลอยด์บริสุทธิ์

วิธีการสกัดแอลคาลอยด์จากพืชโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ โดยการนำสมุนไพรที่ต้องการศึกษาแช่ทิ้งไว้ หลังจากนั้นนำสารละลายที่ได้มาระเหยตัวทำละลายออกให้หมดจนได้สารสกัดแบบหยาบ แล้วจึงแยกสารเอาสารที่ไม่ใช่แอลคาลอยด์ออกโดยการทำ acid-base partition เริ่มด้วยการ partition สารสกัดด้วยกรดเจือจางหลายๆ ครั้ง เพื่อเปลี่ยนแอลคาลอยด์อิสระให้อยู่ในรูปเกลือซึ่งละลายในชั้นน้ำ จากนั้นแยกชั้น acidic aqueous solution ออกมา แล้วทำให้เป็นด่างอ่อน ซึ่งเกลือ

ของอัลคาลอยด์จะถูกเปลี่ยนกลับมาเป็นอัลคาลอยด์อิสระ และ partition ด้วยตัวทำละลายหลายๆ ครั้ง จนได้อัลคาลอยด์อยู่ในชั้นตัวทำละลายอินทรีย์ ถ้าต้องการให้อัลคาลอยด์บริสุทธิ์แต่ละชนิดก็จะต้องนำไปแยกในขั้นตอนต่อไป

การแยกอัลคาลอยด์ออกจากสารประกอบที่ไม่ใช่อัลคาลอยด์โดยการใช้ silica gel หรือ aluminium oxide column วิธีการนี้คือ นำสารสกัดอัลคาลอยด์มาแยกด้วย column ดังกล่าว ซึ่งจะดูดซับสารประกอบที่ไม่ใช่อัลคาลอยด์เอาไว้ ในกรณีที่ต้องการกำจัดไขมัน และ เรซิน ที่ติดมาในสารสกัดอัลคาลอยด์ โดยให้ผ่านสารสกัดใน column ที่มี phosphoric acid-containing silica gel อัลคาลอยด์จะถูกจับใน column ในสภาพเกลือ ในขณะที่พวกสารประกอบอื่นๆ จะถูกชะออกไปจาก column หลังจากนั้นทำให้เป็นด่าง และชะอัลคาลอยด์ออกจาก column โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์

โครมาโตกราฟี (chromatography) เป็นวิธีการแยกสารที่ใช้ได้ผลดีกับอัลคาลอยด์ทุกประเภท และไม่จำกัดปริมาณ เริ่มแรกจะต้องหา chromatographic system ที่เหมาะสมสำหรับ อัลคาลอยด์ที่ต้องการ ซึ่งมักจะลองทำ TLC (thin layer chromatography) หรือ PC (paper chromatography) แล้วจึงต้องขยายเป็น preparative TLC หรือ column chromatography หลังจากแยกได้อัลคาลอยด์แต่ละชนิดโดยใช้วิธี chromatography แล้ว มักจะตามด้วยการตกผลึกเพื่อให้แน่ใจว่าได้สารอัลคาลอยด์บริสุทธิ์จริงๆ

Adsorbents ที่นิยมมากที่สุดในการ TLC analysis ของอัลคาลอยด์ ได้แก่ silica gel รองลงมาคือ aluminium oxide นอกจากนี้อาจใช้ kieselguhr, cellulose, magnesium oxide, calcium carbonate และ polyamide บางชนิด

Mobile phase หรือ solvent system ที่ใช้ในการแยกอัลคาลอยด์โดย chromatography สามารถเลือกได้มากมาย โดยส่วนใหญ่มักจะเป็นของผสมของตัวทำละลายที่ใช้บ่อยๆ นอกจากนี้ อาจเติมด่าง (ammonia, diethylamine และ tetraethylamine) เพื่อลดการเกิด tailing

การตรวจสอบอัลคาลอยด์บน chromatogram นิยมใช้น้ำยาฉีดพ่นดราเจนดอร์ฟ (Dragendroff's reagent) และ โปแตสเซียมไอโอไดพลาทิเนต (Potassium iodiplatinate)

## บทที่ 3

### อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

#### ก. วัสดุอุปกรณ์

1. ตู้ถ่ายเชื้อ
2. หลอดทดลอง (Test tube)
3. ปิเปต (Pipette)
4. หัวงักเชื้อ (Loop)
5. แท่งแก้วคนสาร
6. ช้อนตักสาร
7. ตะเกียงแอลกอฮอล์
8. หม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave ยี่ห้อ TOMY รุ่น SS-325)
9. เครื่องชั่งสาร 2 และ 3 ตำแหน่ง
10. ตะแกรงใส่หลอดทดลอง
11. จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
12. ขวดรูปชมพู่ (Flask)
13. ตู้บ่มเชื้อ
14. กรวยแก้ว (Funnel)
15. เครื่องอบแห้ง (Hot air oven ยี่ห้อ Binder และ Memmert)
16. เครื่องระเหยแห้งสูญญากาศแบบหมุน (Rotary evaporator ยี่ห้อ Buchi รุ่น R-200)
17. ไมโครปิเปต (Micropipette)
18. สำลี
19. กระดาษกรอง
20. กระจกสไลด์
21. กล้องจุลทรรศน์
22. เครื่องหันสมุนไพรม
23. Microplate
24. Column (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร)
25. ตู้ UV ขนาดความเข้มของแสง 254 นาโนเมตร
26. TLC aluminium sheets 20x20 เซนติเมตร Silica gel 60 F<sub>254</sub> ของ Merck

### ข. อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

1. 95 % เอทานอล
2. อาหารแข็ง Tryptic soy agar (TSA)
3. อาหารเหลว Tryptic soy broth (TSB)
4. NaCl
5. BaCl<sub>2</sub>
6. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
7. Dichoromethane
8. Gentamicin (Sigma)
9. Amphotericin B (Sigma)
10. Methanol
11. Silica gel
12. บิสมัทไนเตรต (Bismuth nitrate)
13. Nitric acid (HNO<sub>3</sub>)
14. Potassium iodide (KI)
15. Acetic acid
16. NH<sub>3</sub>
17. Acetylcholinesterase (Sigma)
18. Bovine serum albumin (Merck)
19. 1-Naphthyl acetate (Fluka)
20. Fast Blue B Salt (Fluka)
21. Tris(hydroxymethyl) aminomethane (Merck)
22. Galanthamine (Sigma)
23. Acetone

### ค. ตัวอย่างพืช

รากหอนอนตายหยาก (*Stemona curtisii* Hk. f) เก็บที่ อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ และ (*Stemona aphylla* Craib) จากอำเภอแจ่ม จังหวัดลำปาง ได้รับการพิสูจน์เอกลักษณ์และหลักฐานตัวอย่างพืชของหอนอนตายหยากพันธุ์ดังกล่าวโดย Mr. Jame F. Maxwell และถูกแสดงไว้ที่หอพรรณไม้ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

## ง. เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ทดสอบ

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองเป็นจุลินทรีย์ก่อโรคซึ่งได้รับความอนุเคราะห์มาจากภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

1. *Escherichia coli*
2. *Klebsiella pneumoniae*
3. *Staphylococcus aureus*
4. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA)
5. *Streptococcus pyogenes*
6. *Candida albicans*
7. *Cryptococcus neoformans*

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. ขั้นตอนการเตรียมสารสกัดหยาบและการแยกสารจากรากหนอนตายหยาก

- เก็บรากหนอนตายหยากแล้วนำมาล้างให้สะอาด จากนั้นจึงหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ผึ่งลมให้แห้ง แล้วนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน หรือจนกว่าพืชจะแห้งสนิท

- นำพืชมาสกัดด้วย ethanol 95% เป็นเวลา 3 วัน แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง และกรองอีกครั้งด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ โดยใช้กระดาษกรอง whatman เบอร์ 1

- นำกากพืชที่เหลือมาสกัดซ้ำอีก 2 ครั้ง ด้วยวิธีเดิม

- นำสารสกัดที่ได้มาทำการระเหยเอาตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator จนได้สารสกัดหยาบ (crude extract)

- นำสารสกัดหยาบที่ได้มาสกัดต่อโดยใช้วิธี partition ด้วย dichloromethane เพื่อให้ได้ส่วนสกัดหยาบไดคลอโรมีเทน

- จากนั้นส่วนสกัดหยาบไดคลอโรมีเทนจะถูกนำมาแยกสาร เพื่อหาสารองค์ประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพนั้นๆ โดยใช้เทคนิคทางโครมาโตกราฟี เช่น column chromatography และ preparative chromatography เป็นต้น

- สารองค์ประกอบที่แยกได้จะถูกนำมาศึกษาหาโครงสร้างหลักทางเคมี โดยใช้วิธีทางสเปกโตรสโกปี ได้แก่ Nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR) และ Mass spectroscopy โดย School of Chemistry, University of Wollongong, Australia

## 2. การตรวจสอบ paper disc method (Bauer *et al.*, 1996)

- ใช้ห้วงถ่ายเชื้อจาก stock culture ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptic soy broth (TSB) 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 18-24 ชั่วโมง
- ปรับความขุ่นของเชื้อให้เท่ากับ Mc Farland No. 0.5 ด้วยน้ำเกลือ 0.85 เปอร์เซ็นต์ที่ปราศจากเชื้อเพื่อเป็นปริมาณเชื้อเริ่มต้น
- เกลี่ยเชื้อทดสอบให้ทั่วผิวหน้าจานอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA ด้วยไม้พ่นสำลีที่ปราศจากเชื้อ ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที
- ใช้ปากคีบที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วคีบ sterile disc มาวางบนกระจกที่ปราศจากเชื้อ แล้วหยดสารทดสอบจำนวน 5 ไมโครลิตร ลงบน disc ทิ้งไว้ 3 นาที
- ย้าย disc มาวางลงบนจานอาหารที่เกลี่ยเชื้อเตรียมไว้ แล้วนำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 18-48 ชั่วโมง
- ทำการทดสอบแต่ละเชื้อทดสอบ 3 ซ้ำ
- บันทึกผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อทดสอบ โดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของวงใสรอบแผ่น disc

## 3. การตรวจสอบความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบหนอนตายหยากต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Minimum inhibitory concentration, MIC) (Richard *et al.*, 2003)

นำสารทดสอบที่แยกได้จากหนอนตายหยาก *S.curtisii* และ *S.aphylla* มาทำการทดสอบโดยการเจือจางสารทดสอบแบบลำดับส่วนในอาหารเหลวให้มีความเข้มข้นในแต่ละหลุมถัดไปลดหลั่นลงอย่างละ 2 เท่า (Two fold dilution) แล้วนำเชื้อที่ต้องการทดสอบเติมลงไป ในจำนวนจำกัดโดยมีวิธีปฏิบัติดังนี้

- ถ่ายเชื้อทดสอบจาก stock culture ลงอาหารเหลว TSB ปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่ม ที่ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 18-48 ชั่วโมง
- นำเชื้อที่เจริญในอาหารเหลวมาปรับปริมาณเชื้อโดยเปรียบเทียบความขุ่นให้เท่ากัน ค่า Mc Farland No. 0.5 ด้วยน้ำเกลือ 0.85 เปอร์เซ็นต์ ที่ปราศจากเชื้อ เพื่อเป็นปริมาณเชื้อเริ่มต้น
- นำเชื้อทดสอบมาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของสารทดสอบที่เจือจางลดหลั่นเป็น 2 เท่า (Serial two fold dilution) ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้
  - นำ microplate ที่ปราศจากเชื้อขนาด 96 หลุม เขียนหมายเลขตั้งแต่ 1-12
  - ใช้ไมโครปิเปตดูดอาหารเหลว TSA ปริมาตร 0.05 มิลลิลิตรใส่ในหลุม microplate หลุมที่ 2 ถึงหลุมที่ 10
  - ใช้ไมโครปิเปตดูด สารประกอบของหนอนตายหยากจาก stock solution ปริมาตร 0.05 มิลลิลิตรลงในหลุมที่ 1 และหลุมที่ 2

- ผสมสารทดสอบของหนองตายหยากในหลุมที่ 2 ให้เข้ากันกับอาหารเหลวจากนั้นดูด สารผสมจากหลุมที่ 2 ปริมาตร 0.05 มิลลิลิตร ถ่ายลงในหลุมที่ 3
- ทำเช่นเดียวกันแล้วถ่ายไปยังหลุมที่ 4 ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนถึงหลุมที่ 10 ใช้ไมโครปิเปต ดูดสารผสมในหลุมที่ 9 จำนวน 0.05 มิลลิลิตรทิ้งไป
- ใช้ไมโครปิเปตดูด suspension ของเชื้อจุลินทรีย์ ที่เตรียมไว้แล้ว 0.05 มิลลิลิตร ใส่นลงในหลุมที่ 10 หลุม ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปบ่มเชื้อใน incubator ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 18-48 ชั่วโมง
- ตรวจสอบผลโดยดูจากหลุมที่มีความเข้มข้นสารทดสอบต่ำสุดที่ไม่พบการเจริญของเชื้อเป็นค่า MIC ของสารทดสอบของหนองตายหยากต่อเชื้อทดสอบดังกล่าว การหาประสิทธิภาพ ของสารทดสอบหนองตายหยากทำได้โดยนำค่า MIC ที่ได้เทียบกับค่า MIC ของสารปฏิชีวนะ gentamicin สำหรับเชื้อแบคทีเรีย และ amphotercin B สำหรับฟังไจ โดยดำเนินการตามขั้นตอนในแบบเดียวกันแต่เปลี่ยนจากสารประกอบของหนองตายหยากเป็นยาปฏิชีวนะแทน

#### 4. การตรวจสอบความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

(Minimum bactericidal concentration, MBC) (Hynes,1961)

การตรวจหาค่า MBC ของสารประกอบหนองตายหยากต่อจุลินทรีย์ทดสอบ ดำเนินการต่อเนื่องจากการหา ค่า MIC ข้างต้นดังนี้

- ใช้ loop มาตรฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถบรรจุของเหลวได้ 0.01 มิลลิลิตร จากหลุมเชื้อที่ไม่พบการเจริญในการตรวจหาค่า MIC มาเพาะเลี้ยงเชื้อบนอาหารแข็ง TSA ด้วยวิธี Cross streak นำไปบ่ม ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 18-48 ชั่วโมง

- ตรวจสอบผลดูจากหลุมเชื้อที่มีความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำลายเชื้อได้ 99.99 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่พบโคโลนีของเชื้อเจริญบนจานอาหารถือเป็นค่า MBC ของเชื้อทดสอบดังกล่าว ประสิทธิภาพของสารประกอบหนองตายหยากทำได้โดยการเปรียบเทียบค่า MBC ที่ได้เทียบกับค่า MBC ของสารปฏิชีวนะ gentamicin สำหรับเชื้อแบคทีเรีย และ MFC ของ amphotercin B สำหรับ ฟังไจ โดยดำเนินการตามขั้นตอน ในแบบเดียวกันแต่ใช้สารปฏิชีวนะทั้งสองแทนสารทดสอบหนองตายหยาก

#### 5. การตรวจสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase (Marton *et al.*, 2002)

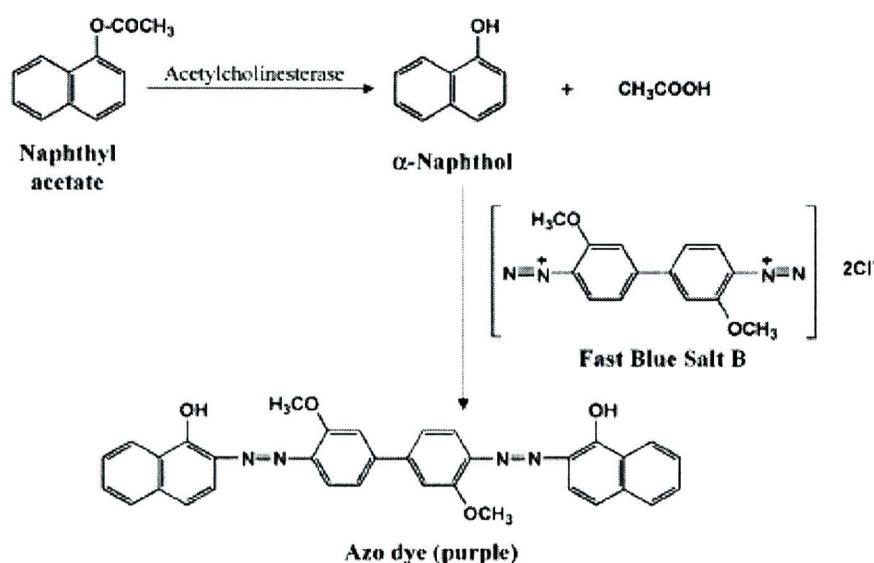
- การตรวจสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ acetylcholinesterase ใช้วิธี TLC bioautographic method โดยเตรียมเอนไซม์ acetylcholinesterase ใน 0.05 M Tris-hydrochloric acid buffer ที่มีค่า pH เท่ากับ 7.8 แล้วเติม bovine serum albumin ลงไปในสารละลายเพื่อทำให้เอนไซม์มีความคงตัวระหว่างการใช้งาน เก็บสารละลายของเอนไซม์ไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

- ชะแผ่น TLC ด้วย acetone และทำให้แห้งก่อนนำมาใช้งาน นำสารประกอบจากราก หนอนตายหยากที่แยกได้มา spot ลงบนแผ่น TLC ความเข้มข้นต่างๆ กัน แล้วเทียบกับสาร มาตรฐานคือ galanthamine

- ทำแผ่น TLC ให้แห้ง แล้วพ่นด้วยสารละลายของเอนไซม์ให้ทั่วแผ่น ปล่อยให้แห้ง จากนั้นจึงนำไป incubate ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ในสถานะที่มีความชื้นสูง

- เมื่อครบเวลาที่กำหนด ให้พ่นแผ่น TLC ด้วยส่วนผสมของสารละลาย 1-naphthyl acetate (25 มิลลิกรัมในเอทานอล 10 มิลลิลิตร) และสารละลาย Fast Blue B salt (100 มิลลิกรัมในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร) ทั้งนี้สารละลายทั้งสองจะต้องเตรียมขึ้นใหม่ๆ และนำมาผสมกันในอัตราส่วนที่ กำหนดก่อนนำมาใช้ทันที

- สารที่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase จะปรากฏเป็นจุดสีม่วงบนพื้นสีม่วงของ แผ่น TLC ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2 ปฏิกิริยาการเกิดสีม่วงบนแผ่น TLC ของ acetylcholinesterase กับ 1-naphthyl acetate

## บทที่ 4 ผลการวิจัย

### 1. ขั้นตอนการเตรียมสารสกัดหยาบและการแยกสารจากรากหนอนตายหยาก

จากการสกัดหนอนตายหยากด้วยตัวทำละลาย 95 % เอทานอล พบว่า สารสกัด *Stemona aphylla* ได้สารสกัดหยาบ 7.92 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับน้ำหนักแห้ง ส่วน *Stemona curtisii* ได้สารสกัดหยาบ 10.40 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 16) จะเห็นได้ว่าสารสกัดหยาบ มีน้ำหนักแห้งอยู่ในช่วง 7- 10 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 16 ผลการสกัดหนอนตายหยากแบบหยาบ

พืช	น้ำหนักพืชสด	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักสารสกัดหยาบ (g)	เปอร์เซ็นต์เทียบกับน้ำหนักแห้ง (%)
สมุนไพร	(kg)	(kg)		
<i>S. aphylla</i>	6.80	0.985	78.00	7.92
<i>S. curtisii</i>	17.50	2.500	259.89	10.40

ในการแยกสารประกอบและบ่งบอกชนิดของสารจากรากหนอนตายหยาก ทั้ง 2 สปีชีส์ ด้วยเทคนิค column chromatography, nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR) และ mass spectroscopy (MS) (ซึ่งแสดงแผนภูมิขั้นตอนในการแยกสารจากการสกัดสารและการใช้ประโยชน์ทางเภสัชกรรมจากหนอนตายหยาก โครงการอพสท. โดยอารยา จาติเสถียร, 2553) พบว่าสารสกัดหยาบ *S. aphylla* เป็นสารประกอบไม่ใช่อัลคาลอยด์ ปริมาณที่พบเรียงจากมากไปน้อยดังนี้ พบสารประกอบ stigmasterol มากที่สุด 0.5 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ dehydro- $\delta$ -tocopherol 0.35 เปอร์เซ็นต์ stemofuran J 0.31 เปอร์เซ็นต์ และ new compound (stemofuran L) 0.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสารสกัดหยาบ *S. curtisii* พบสารประกอบไม่ใช่อัลคาลอยด์อย่าง สารประกอบ stemofuran S ด้วยปริมาณมากที่สุด 1.08 เปอร์เซ็นต์ รองลงเป็นกลุ่มสารประกอบอัลคาลอยด์ ประกอบด้วย oxystemokerrin-N-oxide 0.68 เปอร์เซ็นต์ oxystemokerrin 0.32 เปอร์เซ็นต์ และ oxyprotostemonine 0.22 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 สารประกอบที่พบในหนอนตายหยาก

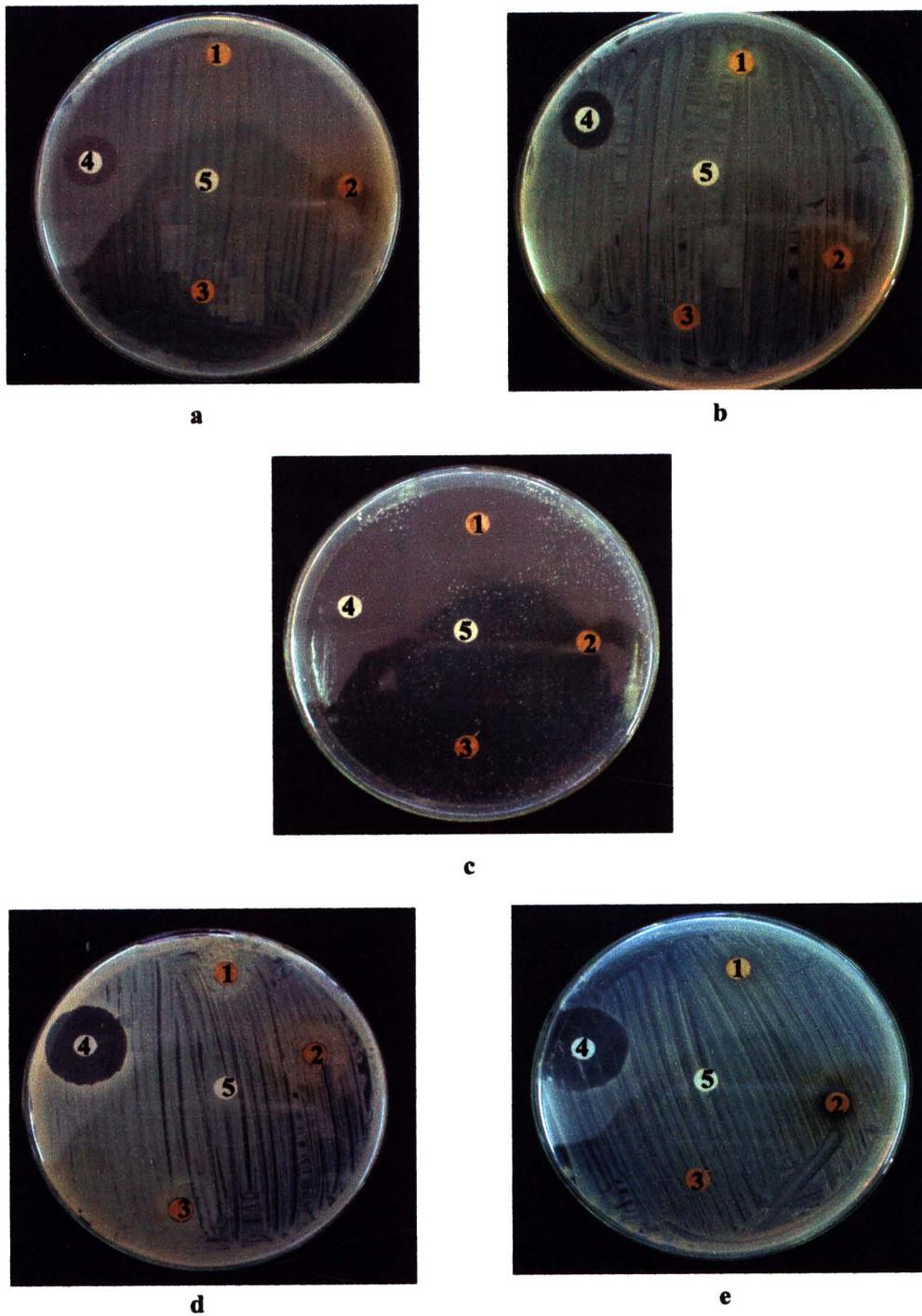
พืชสมุนไพร	สารประกอบแอลคาลอยด์ (alkaloid)	สารประกอบที่ไม่ใช่ แอลคาลอยด์ (non alkaloid)	ปริมาณสาร ในพืช (%)
<i>Stemona aphylla</i>		stigmasterol	0.50
		dehydro- $\delta$ -tocopherol	0.35
		stemofuran J	0.31
		New compound (stemofuran L)	0.04
<i>Stemona curtisii</i>		New compound (stemofuran S)	1.08
		oxystemokerrin-N-oxide	0.68
		oxystemokerrin	0.32
		oxyprotostemonine	0.22

## 2. การตรวจสอบ paper disc method

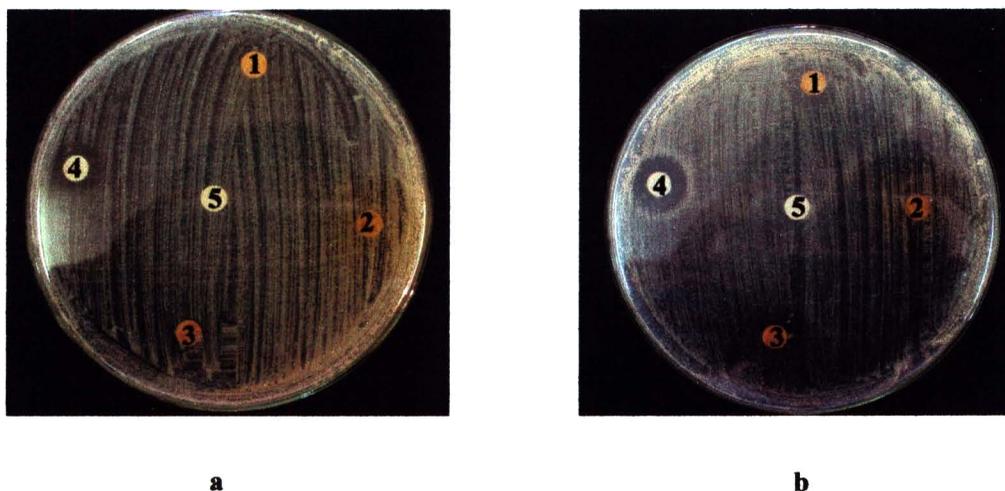
ในการทดสอบสมบัติการต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดหยากจากรากหนอนตายหยาก ตามวิธี paper disc พบว่า สารสกัดหยากจาก *Stemona aphylla* และ *Stemona curtisii* ที่มีปริมาณ 500 มิลลิกรัม ต่อ มิลลิลิตร ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA), *Streptococcus pyogenes*, *Candida albicans* และ *Cryptococcus neoformans* (ตาราง 3 ภาพ 2) ในขณะที่สารปฏิชีวนะ gentamicin ขนาด 0.09 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* โดยมีขนาดวงใส 17 มิลลิเมตร *K. pneumoniae* ที่ 20 มิลลิเมตร *S. aureus* 25 มิลลิเมตร *Str. pyogenes* 15 มิลลิเมตร และ amphotericin B ขนาด 0.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรสามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* 15 มิลลิเมตร และ *Cr. neoformans* ที่ 18 มิลลิเมตร (ตาราง 3 ภาพ 3) ส่วน Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) ต้องใช้ gentamicin ที่ความเข้มข้นสูงถึง 6.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยมีขนาดวงใส 25 มิลลิเมตร (ตารางที่ 18 ภาพที่ 3)

ตารางที่ 18 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไอโซของสารสกัดจากหนอนตายหยาก

สารทดสอบ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไอโซ (มิลลิเมตร)						
	<i>E. coli</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>Str. pyogenes</i>	<i>S. aureus</i>	MRSA	<i>C. albicans</i>	<i>Cr. neoformans</i>
<i>Stemona aphylla</i> extract	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stemona curtisii</i> extract	0	0	0	0	0	0	0
Gentamicin	17	20	15	25	25	0	0
Amphotericin B	0	0	0	0	0	15	18
Ethanol +H <sub>2</sub> O (control)	0	0	0	0	0	0	0



ภาพที่ 3 การยับยั้งของสารสกัดหนอนตายหยาก *Stemona aphylla* (1), *Stemona curtisii* (2) ,  
*Stemona sp.*(3), Gentamicin (4), ethanol (5) ต่อ แบคทีเรีย *E. coli* (a), *K. pneumoniae*  
 (b), *Str. pyogenes* (c), *S. aureus* (d) และ MRSA (e)



ภาพที่ 4 การยับยั้งของสารสกัดหนอนตายหยาก *Stemona aphylla* (1), *Stemona curtisii* (2), *Stemona* sp.(3), Amphotericin B (4), ethanol (5) ต่อ *C. albicans* (a) และ *Cr. neoformans* (b)

### 3. การตรวจสอบความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบหนอนตายหยากต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Minimum inhibitory concentration, MIC)

ในการทดสอบสารประกอบในหนอนตายหยากที่ออกฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทดสอบ พบว่า สารประกอบจาก *Stemona aphylla* ได้แก่ สาร stemofuran J มีแนวโน้มยับยั้งเชื้อ *Cr. neoformans* ได้ดีที่สุด โดยมีค่า MIC เท่ากับ 7.8125 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งใกล้เคียงกับ amphotericin B ซึ่งเป็นสารปฏิชีวนะมีค่า MIC เท่ากับ 3.906 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นอกจากนี้ stemofuran J ยังสามารถยับยั้งเชื้อ Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) ได้ดีกว่าสารปฏิชีวนะ โดยมีค่า MIC เท่ากับ 15.625 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ขณะที่ gentamicin มีค่า MIC เท่ากับ 45 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนสารอื่นๆ ได้แก่ stigmasterol, dehydro- $\delta$ -tocopherol, stemofuran L สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบได้ โดยมีค่า MIC ที่ 31.25-125 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 19) ส่วนสารประกอบจาก *Stemona curtisii* ได้แก่ สาร oxystemokerrin-N-oxide, oxystemokerrin, oxyprotostemonine และ stemofuran S สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบได้ โดยมีค่า MIC ที่ 15.625-125 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 20)

อย่างไรก็ตามสารประกอบหนอนตายหยากทั้งสองสปีชีส์ยังมีประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทดสอบได้น้อยกว่าสารปฏิชีวนะ gentamicin และ amphotericin B

ตารางที่ 19 ความเข้มข้นต่ำสุดของสารประกอบจาก *Stemona aphylla* ที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทดสอบ

สารประกอบจาก <i>S. aphylla</i>	Minimum inhibitory concentrations (MIC) µg/ml							
	<i>E. coli</i>	<i>K.pneumoniae</i>	<i>S. aureus</i>	MRSA	<i>Str. pyogenes</i>	<i>C. albican</i>	<i>Cr. neoformans</i>	
stigmaterol	125	62.5	62.5	62.5	62.5	31.25	31.25	
dehydro- $\delta$ -tocopherol	125	62.5	62.5	62.5	62.5	31.25	31.25	
stemofuran J	62.5	62.5	62.5	15.625	62.5	31.25	7.8125	
stemofuran L (new compound)	125	62.5	62.5	62.5	62.5	31.25	31.25	
gentamicin	11.25	11.25	22.5	45	5.625	-	-	
amphotericin B	-	-	-	-	-	15.625	3.906	

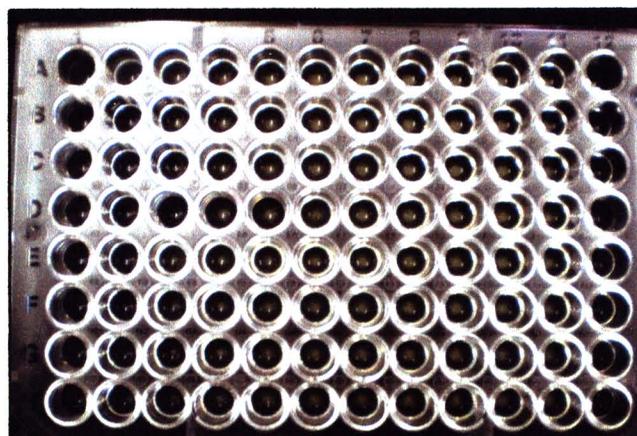
ตารางที่ 20 ความเข้มข้นต่ำสุดของสารประกอบจาก *Stemona curtisii* ที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทดสอบ

สารประกอบจาก <i>S. curtisii</i>	Minimum inhibitory concentrations (MIC) µg/ml							
	<i>E. coli</i>	<i>K.pneumoniae</i>	<i>S. aureus</i>	MRSA	<i>Str. pyogenes</i>	<i>C. albican</i>	<i>Cr. neoformans</i>	
oxystemokerrin-N-oxide	62.5	62.5	62.5	62.5	-	31.125	15.625	
oxystemokerrin	62.5	125	125	62.5	-	31.125	15.625	
oxyprotostemonine	62.5	62.5	125	62.5	-	31.125	15.625	
stemofuran S (new compound)	62.5	62.5	62.5	62.5	-	15.625	15.625	
gentamicin	11.25	11.25	22.5	45	5.625	-	-	
amphotericin B	-	-	-	-	-	15.625	3.906	

#### 4. การตรวจสอบความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

(Minimum bactericidal concentration, MBC และ Minimum fungicidal concentration, MFC)

ในการทดสอบประสิทธิภาพในการทำลายโดยการตรวจหาความเข้มข้นสารต่ำสุดที่สามารถฆ่าจุลินทรีย์ทดสอบได้ พบว่า สารประกอบจาก *Stemona aphylla* สามารถทำลายจุลินทรีย์ทดสอบได้ในช่วง 31.25-500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ได้แก่ stigmasterol, stemofuran J และ stemofuran L (new compound) สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบได้ โดยมีค่า MBC ที่ 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และ dehydro- $\delta$ -tocopherol สามารถฆ่าเชื้อ Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) ได้ต่ำกว่าสารอื่น โดยมีค่า MBC ที่ 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 21) ส่วนสารประกอบที่ได้จาก *Stemona curtisii* สามารถทำลายจุลินทรีย์ทดสอบได้ในช่วง 31.25-150 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่า สาร oxystemokerrin-N-oxide, oxystemokerrin, oxyprotostemonine และ stemofuran S สามารถฆ่าเชื้อ *Cr. neoformans* ได้ดีที่สุดโดยมีค่า MFC ที่ 31.25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร กับเชื้อ *C. albicans* ในช่วง 31.25-125 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และสามารถฆ่าเชื้อ *E. coli*, *K. pneumoniae*, *S. aureus* และ MRSA โดยมีค่า MBC ที่ 250, 250, 62.5-125 และ 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ แต่ไม่มีประสิทธิภาพฆ่าเชื้อ *Str. pyogenes* ได้ (ตารางที่ 22) อย่างไรก็ตามสารประกอบของหนอนตายหยากทั้ง 2 สปีชีส์ ยังมีฤทธิ์ทำลายที่ต่ำหากเปรียบเทียบกับสารปฏิชีวนะ gentamicin และ amphotericin B



ภาพที่ 5 การหาค่า MIC ของสารประกอบในหนอนตายหยากต่อการเจริญของจุลินทรีย์

**ตารางที่ 21** ความเข้มข้นต่ำสุดของสารประกอบจาก *Stemona aphylla* ที่ทำลายการเจริญของจุลินทรีย์ทดสอบ

สารประกอบ <i>Stemona aphylla</i>	Minimum bactericidal concentration (MBC) (µg/ml)					Minimum fungicidal concentration (MFC) (µg/ml)		
	<i>E. coli</i>	<i>K.pneumoniae</i>	<i>S. aureus</i>	MRSA	<i>Str. pyogenes</i>	<i>C. albicans</i>	<i>Cr. neoformans</i>	
stigmasterol	250	250	125	125	125	62.5	31.25	31.25
dehydro- $\delta$ -tocopherol	250	250	250	500	62.5	62.5	31.25	31.25
stemo furan J	250	250	250	125	62.5	31.25	31.25	31.25
stemo furan L (new compound)	250	250	125	125	62.5	31.25	31.25	31.25
gentamicin	45	22.5	22.5	>90	22.5	-	-	-
amphotericin B	-	-	-	-	-	15.625	3.906	3.906

**ตารางที่ 22** ความเข้มข้นต่ำสุดของสารประกอบจาก *Stemona curtisii* ที่ทำลายการเจริญของจุลินทรีย์ทดสอบ

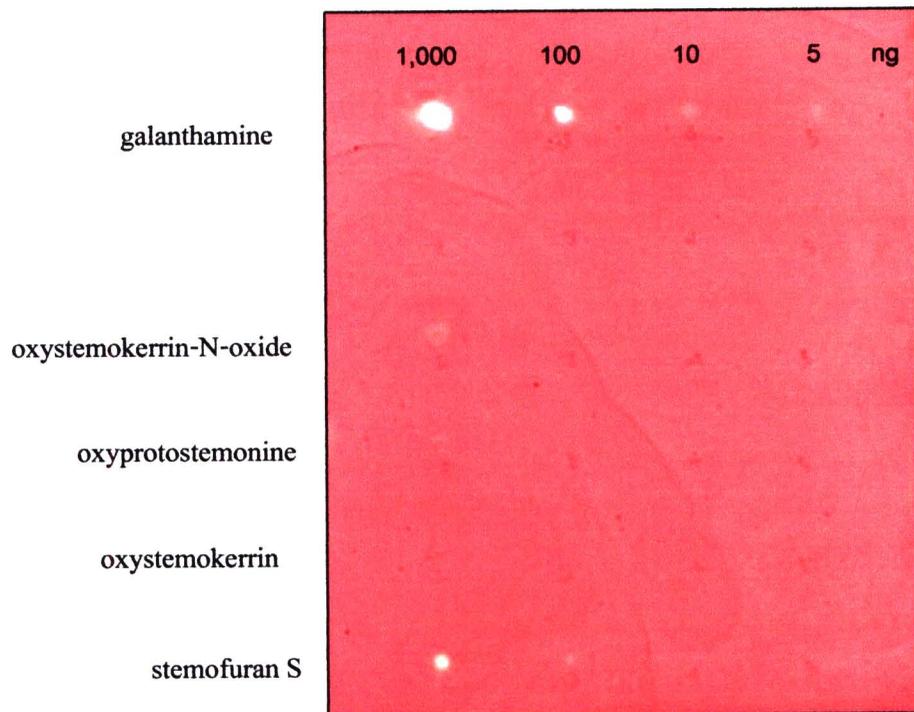
สารประกอบ <i>Stemona curtisii</i>	Minimum bactericidal concentration (MBC) (µg/ml)					Minimum fungicidal concentration (MFC) (µg/ml)		
	<i>E. coli</i>	<i>K.pneumoniae</i>	<i>S. aureus</i>	MRSA	<i>Str. pyogenes</i>	<i>C. albicans</i>	<i>Cr. neoformans</i>	
oxystemokerrin-N-oxide	250	250	62.5	250	-	125	31.25	31.25
oxystemokerrin	250	250	125	250	-	125	31.25	31.25
oxyprotostemone	250	250	125	250	-	125	31.25	31.25
stemo furan S (new compound)	250	250	62.5	250	-	31.25	31.25	31.25
gentamicin	45	22.5	22.5	>90	22.5	-	-	-
amphotericin B	-	-	-	-	-	15.625	3.906	3.906

### 5. การตรวจสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase

สำหรับการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase ด้วยวิธี bioautography บนแผ่น TLC พบว่า สาร stemofuran S (new compound) และ oxystemokerrin-N-oxide มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase ได้ดีที่สุดเมื่อมีปริมาณสารต่ำสุด 100 ng ขณะที่ oxystemokerrin และ oxyprotostemonine สามารถการยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase ได้ที่ปริมาณสารต่ำสุด 1,000 ng ส่วนสาร stigmasterol, stemofuran J, stemofuran L (new compound) และ dehydro- $\delta$ -tocopherol ไม่แสดงฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase (ตารางที่ 23)

ตารางที่ 23 ปริมาณต่ำสุดของสารประกอบหนอนตายหยาบในการยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase

สารประกอบ	Minimum acetylcholinesterase amount	
	ng	nmol
stemofuran S	100	0.370
oxystemokerrin-N-oxide	100	0.237
oxystemokerrin	1,000	2.469
oxyprotostemonine	1,000	2.320
galanthamine	5	0.017
stigmasterol	> 1,000	-
stemofuran J	> 1,000	-
stemofuran L	> 1,000	-
dehydro- $\delta$ -tocopherol	> 1,000	-



ภาพที่ 6 ผลการตรวจสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase ของสารประกอบจาก  
หนอนตายหยากเทียบกับสารมาตรฐาน galanthamine



## บทที่ 5

### สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการสกัดสารจากรากหนอนตายหยาก (*Stemona curtisii*) พบว่าได้สารสกัดหยาบ (crude extract) สีน้ำตาลเข้ม ลักษณะเหนียวหนืด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับน้ำหนักแห้งได้เท่ากับ 10.40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการสกัดสารจากรากหนอนตายหยาก (*Stemona aphylla*) พบว่าได้สารสกัดหยาบ (crude extract) มีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสองชั้น ชั้นบนสีน้ำตาลอ่อน ชั้นล่างสีน้ำตาลเข้ม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับน้ำหนักแห้งได้เท่ากับ 7.92 เปอร์เซ็นต์

ในการศึกษาสมบัติต้านจุลินทรีย์เบื้องต้นของสารสกัดหยาบจากหนอนตายหยาก 2 สปีชีส์ *Stemona curtisii* และ *Stemona aphylla* ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ทดสอบอย่าง *E. coli*, *K. pneumoniae*, *S. aureus*, MRSA, *Str. pyogenes*, *C. albicans* และ *Cr. neoformans* เมื่อใช้ปริมาณสารเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร อาจเนื่องมาจากสารที่ออกฤทธิ์การยับยั้งจุลินทรีย์มีปริมาณต่ำ จึงทำให้สารสกัดหยาบไม่สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบได้

สารประกอบจาก *S. aphylla* ประกอบด้วย stigmasterol (0.5%), dehydro- $\delta$ -tocopherol (0.35%), stemofuran J (0.31%) และ stemofuran L (new compound) (0.04%) ขณะที่สารประกอบจาก *S. curtisii* ประกอบด้วย stemofuran S (new compound) (1.08%), oxystemokerrin-N-oxide (0.68%), oxystemokerrin, (0.32%) และ oxyprotostemonine (0.22%)

สารประกอบจาก *Stemona aphylla* ได้แก่ สาร stemofuran J สามารถยับยั้งเชื้อ *Cr. neoformans* ได้ดีที่สุด โดยมีค่า MIC เท่ากับ 7.8125 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นอกจากนี้ stemofuran J ยังสามารถยับยั้งเชื้อ Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) ได้ดีกว่าสารปฏิชีวนะ โดยมีค่า MIC เท่ากับ 15.625 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ขณะที่ gentamicin มีค่า MIC เท่ากับ 45 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนสารอื่นๆ ได้แก่ stigmasterol, dehydro- $\delta$ -tocopherol, stemofuran L สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบได้ โดยมีค่า MIC อยู่ในช่วง 31.25-125 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สารที่ออกฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ที่ได้จาก *Stemona curtisii* ได้แก่ สาร oxystemokerrin-N-oxide, oxystemokerrin, oxyprotostemonine และ stemofuran S สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบได้ โดยมีค่า MIC อยู่ในช่วง 15.625-125 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

สารออกฤทธิ์ของสารประกอบในหนอนตายหยากยังสามารถทำลายจุลินทรีย์ได้เมื่อใช้สารในปริมาณต่ำสุดตามค่า MBC และ MFC สารประกอบจาก *Stemona aphylla* ได้แก่ stigmasterol, stemofuran J และ stemofuran L (new compound) สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบได้ที่

ความเข้มข้น 31.25-250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ขณะที่ dehydro- $\delta$ -tocopherol สามารถฆ่าเชื้อ Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) ได้ โดยมีค่า MBC ที่ 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนสารประกอบที่ได้จาก *Stemona curtisii* พบว่า สาร oxystemokerrin-N-oxide, oxystemokerrin, oxyprotostemonine และ stemofuran S สามารถฆ่าเชื้อ *Cr. neoformans* ได้ดีที่สุดใน โดยมีค่า MFC ที่ 31.25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และสามารถฆ่าเชื้อ *E. coli*, *K. pneumoniae*, *S. aureus* และ MRSA โดยมีค่า MBC ที่ 250, 250, 62.5-125 และ 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ แต่ไม่มีประสิทธิภาพฆ่าเชื้อ *Str. pyogenes* ใดๆก็ตามสารออกฤทธิ์ของสารประกอบในหนอนตายหยาก ทั้ง 2 สปีชีส์ ยังมีฤทธิ์ทำลายจุลินทรีย์ทดสอบที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับสารปฏิชีวนะ gentamicin และ amphotericin B

จากการศึกษาการหาโครงสร้างของประกอบของหนอนตายหยากโดยใช้เทคนิค nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR) และ mass spectroscopy (MS) ของสารประกอบ *S. curtisii* พบสารประกอบ stemofuran S มากที่สุด 1.08 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ oxystemokerrin-N-oxide 0.68 เปอร์เซ็นต์ oxystemokerrin 0.32 เปอร์เซ็นต์ และ oxyprotostemonine 0.22 เปอร์เซ็นต์ ส่วน *S. aphylla* พบสารประกอบ stigmasterol มากที่สุด 0.5 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ dehydro- $\delta$ -tocopherol 0.35 เปอร์เซ็นต์ stemofuran J 0.31 เปอร์เซ็นต์ และ new compound (stemofuran L) 0.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปริมาณของสารสกัดหยากที่ได้ จากการศึกษาของ กัญญาณัฐและคณะ (มปป.) รายงานว่า พบสาร stigmasterol จากเหง้า พุทธรักษา (*Canna indica* L.) ซึ่งได้ทำการศึกษาสาร stigmasterol ซึ่งสามารถยับยั้งเซลล์มะเร็ง P 388 โดยมีค่า ED<sub>50</sub> 55.50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร Brem *et al.* (2004) ทำการศึกษา antioxidant ของสาร dehydrotocopherols ที่ได้จาก *S. tuberosa*, *S. curtisii*, *S. collinsae*, *S. burkillii*, *S. cochinchinensis* และ *S. cf. pierreir* พบว่า สาร dehydro- $\delta$ -tocopherol ที่ได้จาก *S. tuberosa* มีค่า EC<sub>50</sub> 10 ppm นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่คล้ายคลึงกับ Zhang *et al.* (2007) ทำการศึกษาสาร 6'-methoxy-3,4-dehydro- $\delta$ -tocopherol, 3,5-dimethoxybibenzyl  $\beta$ -tocopherol และ  $\gamma$ -tocopherol ที่สกัดจาก *Stemona sessilifolia* พบว่า สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus*, *S. epidermidis*, *E. coli* และ *C. albicans* โดยมีค่า MIC ที่ความเข้มข้นที่ 12.5- >50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนสาร stemofuran J มีรายงานการศึกษาของ Pacher *et al.* (2002) ได้ทำการศึกษการยับยั้งเชื้อราของสาร Stilbenoids จาก *S. collinsae* พบว่า สาร stemofurans A-K สามารถยับยั้งเชื้อ *Cladosporium herbarum*, *Alternaria citri*, *Fusarium avenaceum*, *Pyricularia grisea*, และ *Botrytis cinerea* โดยมีค่า MIC 25- >200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นอกจากนี้ยังมีงานวิจัย การศึกษาสารประกอบกลุ่มอื่นที่พบในรากหนอนตายหยากสายพันธุ์ต่างๆ ซึ่งประสิทธิภาพของสารดังกล่าวมีกิจกรรมต้านจุลินทรีย์ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Lin *et al.* (2008) ซึ่งทำการศึกษาสาร stibosemin N-Y และ stemanthraquinone ที่สกัดจาก *Stemona tuberosa* สามารถยับยั้งการเจริญ

ของเชื้อ *B. pumilus*, *Cr. neoformans* และ *K. pneumoniae* โดยมีค่า MIC ที่ 12.5-200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

สำหรับการตรวจสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ acetylcholinesterase พบว่าสาร stemofuran S (new compound) และ oxystemokerrin-N-oxide สามารถยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase ได้ดีที่ระดับปริมาณสารต่ำสุด 100 ng โดยพบว่า stemofuran S มีประสิทธิภาพค่อนข้างชัดเจนในการยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase ดังนั้นการศึกษาวิจัยเพื่อค้นหาสารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้ง acetylcholinesterase เพื่อที่จะนำไปสู่การพัฒนาเป็นตัวยาชนิดใหม่สำหรับการรักษาโรคอัลไซเมอร์จึงมีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่ง โดยทั่วไปแล้วการค้นหาสารชนิดใหม่เพื่อนำมาพัฒนาเป็นยานั้นจะมุ่งไปที่แหล่งสำคัญ 2 แหล่งคือ ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (natural products) และ ยาสังเคราะห์ (synthetic drugs) โดยเฉพาะการค้นหาสารจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ รวมทั้งสารที่แยกได้จากสิ่งมีชีวิตต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น พืช สัตว์หรือจุลินทรีย์ เพื่อประโยชน์สำหรับผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหรือผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพต่อไป

## เอกสารอ้างอิง

- กัญญาณัฐ กกแก้ว วินัย สุขราช สุนันท์ ชัยนะกุล จินดา เต็มบรรจง และ พรทิพา พิชา. (มปป.) องค์ประกอบทางเคมี และความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งของสารสกัดจากเหง้าพุทธรักษา (*Canna indica* Linn.) [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา [http://www.scisoc.or.th/stt/30/sec\\_c/paper/stt30\\_C0041.pdf](http://www.scisoc.or.th/stt/30/sec_c/paper/stt30_C0041.pdf).
- กวิณาญ พลหาญ. 2539. ผลของสารสกัดจากพืชต่อหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua* Hubner). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- การะเกด สายบรรดาศักดิ์. 2540.ฤทธิ์ของ 6- deoxyclitoriacetal จากรากหนอนตายหยากต่อกลิ้มเนื้อเรียบ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กฤตชญา อีสกุล. 2547. สมบัติและความคงฤทธิ์ของสารสกัดจากเมล็ดสารภี *Mammea siamensis* (Miq) T. And. และรากหนอนตายหยาก *Stemona cutisii* (Hk.f.) ในการกำจัดแมลงศัตรูพืชตระกูลกระหล่ำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- กฤษณา ภูตะคาม 2529. เกษษกัณฑ์ธรรมชาติ เล่ม 2. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ขจรศักดิ์ ตระกูลพั้ว. 2538. ผลของสารสกัดจากพืชสมุนไพร 8 ชนิดต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคพืชและโรคผิวหนังที่กำหนด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ดร.ณัฐกษณ์ จันทยศ. 2544. ผลของสารสกัดจากหนอนตายหยาก (*Stemona tuberosa* Lour.) ต่อหนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.) และหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* F.) ในห้องปฏิบัติการ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เต็ม สมิตินันท์. 2523. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย (ชื่อพฤกษศาสตร์-ชื่อท้องถิ่น). กรุงเทพมหานคร.
- นภัสวรรณ หัตถกิจพานิชกุล และจันทร์เพ็ญ ตั้งจิตรเจริญกุล. (มปป.) การศึกษาเบื้องต้นของสารสกัดพืชในวิทยาเขตศรีราชาเพื่อยับยั้งเชื้อโรคพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี.
- นฤมล ทองไว. 2549. การทดสอบความไวของจุลชีพต่อยาปฏิชีวนะ และการเตรียมสารเคมี และ Buffers. เทคนิคปฏิบัติการจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม หน่วยพิมพ์เอกสารคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- บุญชนิษฐ์ โอทกานนท์. 2494. การศึกษาทางเภสัชวิทยาของหนอนตายหยาก. วิทยานิพนธ์  
มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ปาจารย์ อินทะชูป. 2551. พืชสกุลหนอนตายหยาก (*Stemona* spp.) บางชนิดในประเทศไทย.  
วารสารข่าว ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 22:  
20-23.
- ประคอง พันธุ์อุไร. 2520. การศึกษาชีววิเคราะห์ของรากหนอนตายหยาก. วารสารกรมวิทยาศาสตร์  
การแพทย์. 19 (3): 145-154.
- พรนิกา ชุมศรี. 2534. ยาและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เล่ม 2 (สมุนไพรในยาและอาหารเสริม  
สุขภาพ 403-418). ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- เลางนา ธีรภัทรสกุล และประคอง พันธุ์อุไร. 2520. การศึกษาพิษของหนอนตายหยากที่มีกับหนอน  
แมลงวันบ้าน. วารสารของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 19: 217-227.
- วาสนา ไชยคำ. 2544. ฤทธิ์ฆ่าแมลงของสารสกัดจากหนอนตายหยาก (*Stemona* sp.) และ  
เถาวัลย์เปรียง (*Derris scandens* Benth.). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต  
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วันดี กฤษณพันธ์. 2534. ยาและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เล่ม 2 (พฤกษเคมีเบื้องต้น 25-86). ภาควิชาเภสัช  
วินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- วุฒิกรณ์ รอดความทุกข์. 2539. ผลของสารสกัดจากหนอนตายหยากและสารสกัดต่อแมลงศัตรูของคะน้า.  
วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สุธาพันธ์ โพธิ์กำเนิด. 2544. การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้สมุนไพรหนอนตายหยากผสมอาหาร  
ไก่เพื่อควบคุมปริมาณหนอนแมลงวันบ้านในมูลไก่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สุรัตน์วดี จิระจินดา สาจาเมะ โอฮิกากิ และ โคอิชิ โคะชิมิสี. (มปป.) dehydrostemofoline แอล  
คาลอยด์ตัวใหม่ที่มีฤทธิ์ฆ่าแมลงใน *Stemona collinsae* (การแยก การหาสูตรโครงสร้าง  
และการทดสอบฤทธิ์). หน่วยวิจัยภาวะแวดล้อม ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืช  
ทดลอง สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และภาควิชาวิทยาศาสตร์และ  
เทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกียวโต.
- สุภาณี พิมพ์สมาน รัตนารณ์ พรหมศรีทรา และ สัจวาฬ สมบูรณ์. (มปป.). สารสกัดจาก  
หนอนตายหยาก (*Stemona* spp.) เพื่อการควบคุมแมลงศัตรูพืช สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการ  
ผลิตทางการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร.
- เอมอร โสณะพันธุ์. 2534. ยาและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เล่ม 2 (เครื่องสำอางธรรมชาติ 290-318).  
ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- Adams, M., Pacher, T., Greger, H. and Bauer, R. 2005. Inhibition of Leukotriene biosynthesis by

- stilbenoids from *Stemona* species . J. Nat. Prod. 6: 83-85.
- Akanitapichat, P., Tongngok, P., Wangmaneerat, A. and Sripanidkulchai, B. 2005. Antiviral and anticancer activities of *Stemona collinsae*. J. Pharm. Sci. 29: 125-136.
- Baird, M. C., Pyne, S. G., Ung, A. T., Lie, W., Sastraruji, T., Jatisatienr, A., Jatisatienr, C., Dheeranupattana, S., Lowlam, J. and Boonchalermkit, S. 2009. Semisynthesis and biological activity of stemofoline alkaloids J. Nat. Prod. 72: 679–684.
- Bauer, A. W., Kirby, W. M. M., Sherris, I. C., and Turck, M. 1996. Antibiotic susceptibility testing by a standtandardized single disk method . Amer. J. Clin. Path. 45: 493-496.
- Brem, B., Seger, C., Pacher, T., Hartl, M., Hadacek, F., Hofer, O., Vajrodaya, S. and Greger, H. 2004. Antioxidant dehydrotocopherols as a new chemical character of *Stemona* species. Phytochemistry. 65: 2719-2729.
- Brem, B., Seger, C., Pacher, T., Hofer, O., Vajrodaya, S. and Greger, H. 2002. Feeding deterrence and contact toxicity of *Stemona* alkaloids: a source of potent natural insecticides. J. Agric. Food Chem. 50: 6383-6388.
- Cong, X.D., Zhao, H., Guillaume, D., Xu, G., Lu, Y. and Zheng, Q. 1995. Crystal structure and NMR analysis of the alkaloid protostemotinine. Phytochemistry. 40: 615-617.
- Goldstein, D. M., and Wipf, P. 1996. Studies toward the synthesis of *Stemona* alkaloids: a short synthesis of the tricyclic core of tuberostemonines. Tetrahedron Letters. 37: 739-742.
- Hitotsuyanagi, Y., Takeda, E., Fukaya, H. and Takeya, K. 2008. Sessilifoliamine A and sessilifoliamide J: new alkaloids from *Stemona sessilifolia*. Tetrahedron Letters. 49: 7376–7379.
- Hitotsuyanagi, Y., Hikita, M., Oda, T., Kakuta, D., Fukaya, H. and Takeya, K. 2007. Structures of four new alkaloids from *Stemona sessilifolia*. Tetrahedron Letters. 63: 1008–1013.
- Hynes, M. 1961. Medicine Bacteriology. Grune and Stratton Inc., New York. 128-131.
- Jiang, R. W., Hon, P. M., Xu, Y. T., Chan, Y. M., Xu, H. X., Shaw, P. C. and But, P. P.H. 2006. Isolation and chemotaxonomic significance of tuberostemospironine-type alkaloids from *Stemona tuberosa*. Phytochemistry. 67: 52-57.
- Jiang, R. W., Hon, P. M., But, P. P. H., Chung, H. S., Lin, G., Yed, W. C. and Maka, T. C. W. 2002. Isolation and stereochemistry of two new alkaloids from *Stemona tuberosa*. Tetrahedron Letters. 58: 6705-6712.
- Jiwajinda, S., Hirai, N., Watanabe, K., Santisopasri, V., Chuengsamarnyart, N., Koshimizu, K. and Ohigashi, H. 2001. Occurrence of the insecticidal 16,17- didehydro-16(E)-

- stemofoline in *Stemona collinsae*. *Phytochemistry*. 56: 693-695.
- Kaltenegger, E., Brem, B., Mereiter, K., Kalchhauser, H., Kählig, H., Hofer, O., Vajrodaya, S. and Greger, H. 2003. Insecticidal pyrido[1,2-a]azepine alkaloids and related derivatives from *Stemona* species. *Phytochemistry*. 63: 803-816.
- Kakuta, D., Hitotsuyanagi, Y., Matsuura, N., Fukaya, H. and Takeya, K. 2003. Structures of new alkaloids sessilifoliamides A–D from *Stemona sessilifolia*. *Tetrahedron Letters*. 59: 7779-7786.
- Ke, C. Q., He, Z. S., Yang, Y. P. and Ye, Y. 2003. A novel alkaloid from *Stemona parviflora*. *Chinese Chemical Letters*. 14: 173 - 175.
- Kosteckia, K., Engelmeiera, D., Pachera, T., Hoferb, O., Vajrodayac, S. and Greger, H. 2004. Dihydrophenanthrenes and other antifungal stilbenoids from *Stemona* cf. *Pierrei*. *Phytochemistry*. 65: 99-106.
- Lin, L.G., Yang, Z. X., Tang, C.P., Ke, C.Q., Zhang, J.B. and Ye, Y. 2008. Antibacterial stilbenoids from the root of *stemona tuberosa*. *Phytochemistry*. 69: 457-463.
- Lin, L. G., Tang, C. P., Dien, P. H., Xua R. S. and Yea, Y. 2007. Cochinchistemonine, a novel skeleton alkaloid from *Stemona cochinchinensis*. *Tetrahedron Letters*. 48: 1559-1561.
- Lin, L. G., Leung, H. P. H., Zhu, J. Y., Tang, C. P., Ke, C. Q., Rudd, J. A., Lin, G. and Ye, Y. 2008. Croomine -and tuberostemonine-type alkaloids from roots of *Stemona tuberosa* and their antitussive activity. *Tetrahedron*. 64: 10155–10161.
- Lin, L. G., Zhong, Q. X., Cheng, T. Y., Tang, C. P., Ke, C. Q., Lin, G. and Ye, Y. 2006. Stemoninines from the roots of *Stemona tuberosa*. *J. Nat. Prod.* 69: 1051-1054.
- Marton, A., Kissling, J. and Hostettmann, K. 2002. A Rapid TLC Bioautographic Method for the Detection of Acetylcholinesterase and Butyrylcholinesterase Inhibitors in Plants. *Phytochemical Analysis* 13: 51-54.
- Mungkornasawakul, P., Pyne, S.G., Jatisatienr, A., Lie, W., Ung, A.T., Issakul, K., Sawatwanich, A., Supyn, D. and Jatisatien, C. 2004a. Phytochemical studies on *Stemona burkillii* Prain. Two new dihydrostemfoline alkaloids. *J. Nat. Prod.* 67:1740-1743.
- Mungkornasawakul, P., Pyne, S. G., Jatisatienr, A., Supyen, D., Jatisatienr, C., Lie, W., Ung, A.T., Skelton, B. W. and White, A. H. 2004b. Phytochemical and larvicidal studies on *Stemona curtisii*: Structure of a new pyrido[1,2-a]azepine *Stemona* alkaloid. *J. Nat. Prod.* 2004. 67: 675-677.
- Mungkornasawakul, P., Pyne, S.G., Jatisatienr, A., Supyen, D., Lie, W., Ung, A.T., Skelton, W. and White, H. 2003. Stemocurtisine the first pyrido[1,2-a]azepine *Stemona* alkaloid. *J.*

- Nat. Prod. 66:980-982.
- Mungkornasawakul, P., Chaiyong, S., Sastraruji, T., Jatisatienr, A., Jatisatienr, C., Pyne, S. G., Ung, A.T., Korth, J. and Lie, W. 2009. Alkaloids from the roots of *Stemona aphylla*. J. Nat. Prod. 72: 848–851.
- Pacher, T., Seger, C., Engelmeier, D., Vajrodaya, S., Hofer, O. and Greger., H. 2002. Antifungal Stilbenoids from *Stemona collinsae*. J. Nat. Prod. 65: 820-827
- Pham, H. D., Yu, B.W., Chau, V. M., Ye, Y. and Qin, G.W. 2002. Alkaloids from *Stemona collinsae*. Journal of Asian Natural Products Research. 4: 81-85.
- Pilli, R. A. and Oliveira, M. C. F.d. 2000. Recent progress in the chemistry of the *Stemona* alkaloids. J. Nat. Prod. 17: 117–127.
- Pyne, S. G., Ung, A. T., Jatisatienr, A. and Mungkornasawakul, P. 2007. The pyrido[1,2-a]azepine *Stemona* alkaloids. Mj. Int. J. Sci. Tech.1: 157-165.
- Richard, D. L., Frank, J. S., Mary, E. H., Miwako, K., Gerald, B. H. and Catherine, C. N. 2003. Use of a modified microplate bioassay method to investigate antibacterial activity in the Peruvian medicinal plant *Peperomia galioides*. Journal of Ethnopharmacology. 94: 279-281.
- Sastraruji, T., Jatisatienr, A., Pyne, S. G., Ung, A.T., Lie, W. and Williams, M.C. 2005. Phytochemical studies on *Stemona* Plants: Isolation of stemofoline alkaloids. J. Nat. Prod. 68: 1763-1767.
- Shuying, P., Jianhua, S. and Yang, Y. 2006. Mass spectrometric behavior of four typical *Stemona* alkaloids. J. Anal. Chem. 34: 497-502.
- Wang, P., Qin, H. L., Li, Z. H., Liu, A. L. and Du, G. H. 2007. A new alkaloid from *Stemona sessilifolia*. Journal Chinese Chemical Letters. 18: 152-154.
- Yang, X., Gulder, T. A. M., Reichert, M., Tang, C., Ke, C., Yea, Y. and Bringmann, G. 2007. Parvistemins A–D, a new type of dimeric phenylethyl benzoquinones from *Stemona parviflora* Wright. Tetrahedron. 63: 4688-4694.
- Yang, X.Z., Tang, C.P. and Ye, Y. 2006. Stilbenoids from *Stemona japonica*. Journal of Asian Natural Products Research. 8: 47-53.
- Yang, X.Z., Tang, C.P., Ke, C.Q. and Ye, Y. 2007. Stilbenoids from *Stemona sessilifolia*. Journal of Asian Natural Products Research. 9:261-266.
- Zhang, T., Zhang, Y. Z. and Tao, J. S. 2007. Antibacterial constituents from *Stemona sessilifolia*. Journal of Asian Natural Products Research. 9 (5), 479-485.

- Zhang, Y. Z., Xua, G. B. and Zhang, T. 2008. Antifungal stilbenoids from *Stemona japonica*.  
Journal of Asian Natural Products Research. 10(7), 634-639.
- Zhao, W., Qin, G., Ye, Y., Xu, R. and Le, X. 1995. Bibenzyls from *Stemona tuberosa*.  
Phytochemistry. 38: 7376-7379.

### ตอนที่ 3

โครงการส่วนการสกัดและการตรวจเอกลักษณ์ทางพฤกษเคมี และ  
สมบัติทางเคมีกายภาพของสารสกัดไผ่

อ.ดร.ศิริวุฒิ สุขขี

คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รศ.ดร.นิติต กิตติพงษ์พัฒนา

รศ.ดร.อรอนงค์ กิตติพงษ์พัฒนา

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

## บทที่ 1

### บทนำ

ไผ่เป็นพืชที่มีการใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย และในปัจจุบันมีข้อมูลการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่รายงานถึงองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพอยู่บ้าง ในขณะที่ไผ่ในประเทศไทยมีหลากหลายพันธุ์ และยังขาดข้อมูลอีกหลายด้านที่ยังไม่ได้รับการพิสูจน์ หรือถูกมองข้ามไปหาพืชค้นพบใหม่ชนิดอื่นแทน การศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นการวิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบถึงองค์ประกอบทางเคมีของไผ่แต่ละชนิดที่พบในพื้นที่ ณ ศูนย์การศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ทรัพย์สิน จังหัดลำพูน และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ทางชีวภาพ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประกอบการนำไปใช้ประโยชน์ หรือการศึกษาต่อยอดต่อไป

#### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไผ่ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพดี
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ของสารสกัดจากไผ่ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพดี
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสำคัญบางตัวกับฤทธิ์ทางชีวภาพ
4. เพื่อศึกษาองค์ประกอบของสารสกัดจากไผ่ในเชิงปริมาณ
5. เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของสารสกัด

## บทที่ 2

### ทบทวนวรรณกรรม

ไม้ไผ่เป็นพืชกอ ส่วนมากมีลำต้นกลวง เป็นปล้อง ผิวแข็ง ตามปกติพบขึ้นประปรายตามป่าเบญจพรรณ ป่าดิบ และป่าดิบเขาทั่วไปในประเทศ ไม้ไผ่แพร่ขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วโดยเฉพาะเมื่อมีไฟป่า ไม้ไผ่เป็นไม้เขตร้อน มีจำนวนทั้งสิ้น 47 สกุล 1,250 ชนิด โดยในประเทศไทยเท่าที่มีรายงานพบ 12 สกุล 41 ชนิด แต่คาดว่าน่าจะจะมีจำนวนมากกว่านี้หากมีการสำรวจอย่างจริงจัง นักพฤกษศาสตร์ส่วนใหญ่จัดให้ไผ่อยู่ในวงศ์ Gramineae เช่นเดียวกับหญ้าและข้าว แต่ก็มีผู้ที่เห็นว่าไผ่มีลักษณะเด่นเฉพาะที่สามารถจัดอยู่ในวงศ์หนึ่งต่างหากคือ Bambusaceae ได้เช่นกัน สกุลของไผ่ที่สำรวจพบในประเทศไทย ได้แก่ Melocanna (1 ชนิด) Cephalostachyum (2 ชนิด) Schizostachyum (3 ชนิด) Dinochloa (1 ชนิด) Teinostachyum (1 ชนิด) Dendrocalamus (10 ชนิด) Melocalamus (1 ชนิด) Gigantochloa (9 ชนิด) Thyrsostachys (2 ชนิด) Bambusa (10 ชนิด) Pseudosasa (1 ชนิด) Arundinaria (2 ชนิด) ในขณะที่อีกหลายสกุล เช่น *Phyllostachys*, *Klemachloa*, *Neohouzeaua* มีรายงานการพบในประเทศไทยเช่นกัน

องค์ประกอบทางเคมีในไผ่ จากการทบทวนวรรณกรรม พบรายงานการศึกษาสารสกัดเมทานอลของลำต้นไผ่ยักษ์ (*Dendrocalamus giganteus*) พบสารอัลเคนสายยาว กรดไขมันอิ่มตัว  $\beta$ -sitosterol, stigmasterol, p-hydroxy-benzaldehyde และ triclin ในขณะที่ยังสกัดจาก thorny bamboo (*Bambusa stenostachya*) พบสารในกลุ่มเดียวกัน และ trans-p-hydroxycinnamic acid, 1,8-dihydroxy-3-methoxy-6-methylanthraquinone และ allantoin (Chen et al., 1987) ไผ่ชนิด *Bambusa nutans* ในเนปาล มีสารกลุ่มฟีนอลิกที่มีปริมาณแตกต่างกันตามสายพันธุ์ไผ่ (Adhikari, Shrestha & Manandhar, 2006) ในขณะที่สารสกัดจากเปลือกไผ่ *Bambusa tuldoides* Munro มีปริมาณไตรเทอร์ปีนสูง (Zhang et al., 2006)

ฤทธิ์ทางชีวภาพและการใช้ประโยชน์ของสารสกัดไผ่ มีรายงานฤทธิ์ของสารสกัดจากเปลือกไผ่ *Phyllostachys pubescens* ในการยับยั้งเอนไซม์ไฮยาไลโรนินเนสและฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย *Helicobacter pylori* ทำให้มีฤทธิ์รักษาโรคกระเพาะและแก๊ส (Miyazaki et al., 2008) สารสกัดน้ำของใบไผ่มีฤทธิ์ยับยั้งการสร้างเมลานินของผิวหนัง และใช้เป็นสารช่วยให้ผิวขาว (Kwon, 2006) สารสกัดจากไผ่ *B. tuldoides* มีฤทธิ์ต้านอาการอ่อนล้าของกล้ามเนื้อ (Zhang et al., 2006) ช่วยลดระดับไขมันในเลือด และควบคุมความดันโลหิต จากการทดสอบในหนูทดลอง (Jiao et al., 2007) มีการใช้สารสกัดจาก *B. vulgaris* เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์สำหรับเส้นผมเพื่อช่วยบำรุงเส้นผมให้นุ่มสลวย (Hermes et al., 2006) การใช้ผสมกับสารสกัดจากพืชอื่นในการเตรียมเป็น facial mask เพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นและบำรุงผิว (Li, 2000) นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้สารสกัดน้ำหรือ

แอลกอฮอล์เป็นส่วนผสมในสารกันเสียสำหรับอาหารซึ่งมีฤทธิ์จับไนโตรเจนและยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Baek et al., 2004)

### บทที่ 3

## อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

### วัสดุ อุปกรณ์

#### วัสดุ

1. ไม้
2. 95% เอทานอล
3. เมทานอล commercial grade และ AR grade
4. ตัวทำละลายอื่นๆ สำหรับเตรียม DVS ของ TLC  
(chloroform, ethylacetate, toluene, formic acid, glacial acetic acid)
5. เครื่องแก้ว (บีกเกอร์ กระจกตวง ขวดรูปชมพู่ ฯลฯ ขนาดต่างๆ)
6. กระดาษกรอง Whatman no.1
7. กรวยกรอง
8. ขวดระเหย
9. ขวดเก็บตัวอย่าง
10. แผ่น TLC aluminum sheet
11. micropipette
12. น้ำยาทดสอบต่างๆ สำหรับ TLC เช่น Dragendorff's reagent
13. แผ่น aluminum foil
14. Parafilm
15. หน้ากาก และถุงมือ

#### อุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน
2. เครื่องลดขนาดสมุนไพร
3. ถังแช่สมุนไพร
4. ชุคกลั่นตัวทำละลาย
5. เครื่องระเหยแห้งภายใต้สุญญากาศ (rotary evaporator)
6. TLC tank
7. ตู้ UV
8. ขวดสเปรย์
9. กรวยแยก (separatory funnel)

## วิธีการทดลอง

### การเตรียมสมุนไพร

1. นำตัวอย่างพืชสดมาล้างน้ำหนัก และนำไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิประมาณ 45-50°C เป็นเวลา 3-5 วัน หรือจนแห้ง
2. นำตัวอย่างที่อบแห้งแล้วมาลดขนาดในเครื่องลดขนาดแบบหมุน เก็บในถุงพลาสติก ชั่งน้ำหนักแห้ง คำนวณร้อยละของน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสด

### การสกัด

1. นำผงสมุนไพรไฟที่ทำการลดขนาดแล้ว มาทำการสกัดโดยวิธีการหมักหรือแช่อยู่ (maceration) โดยใช้ 95% เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ในอัตราส่วนผง 200 กรัมต่อตัวทำละลาย 1 ลิตร จำนวน 3 ครั้ง โดยทำการแช่ครั้งละ 12-24 ชั่วโมง กรองสารสกัดที่ได้แต่ละครั้งผ่านกระดาษกรอง นำมารวมกันแล้วนำไประเหยแห้งภายใต้สุญญากาศด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลายภายใต้สุญญากาศ (rotary evaporator)
2. ชั่งน้ำหนักสารสกัดหยาบ (crude extract) ที่ได้ คำนวณ % yield
3. แบ่งสารสกัดบรรจุขวดตัวอย่าง โดยนำส่งสารสกัดจำนวน 10 กรัม ต่อตัวอย่าง เพื่อทำการทดสอบฤทธิ์
4. นำสารสกัดที่เหลือไปทำการศึกษาทางพิษวิทยา
5. ชั่งน้ำหนักส่วนสกัดแยก F1-F4 ที่ได้ คำนวณ % yield แล้วส่งทดสอบฤทธิ์ซ้ำอีกครั้ง

### การแยกและตรวจสอบองค์ประกอบสารสกัดด้วยเทคนิค Thin-Layer Chromatography

1. เตรียมสารสกัดหยาบความเข้มข้น 100 mg/ml จำนวน 10 ml โดยชั่งสารสกัด 100 mg (บันทึกน้ำหนักแน่นอน) ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มล. เติมเมทานอลลงไปละลายและปรับปริมาตร
2. เขย่าสารละลายที่ได้แล้วเทลงในขวดขนาด 3 ml เขียนฉลาก และปิดฝา
3. เตรียมแผ่น TLC Aluminum sheet ที่เคลือบด้วย silica gel GF<sub>254</sub>
4. Spot สารสกัดที่เตรียมได้ลงบนแผ่น ให้มีระยะห่างจากขอบล่างประมาณ 1.5 cm โดยให้มีระยะห่างระหว่างจุดต่างๆ กัน และในปริมาณที่เท่ากัน
5. นำแผ่นที่เตรียมได้ในข้อ 4 ไปแช่ใน TLC tank ที่บรรจุ DVS ชนิดต่างๆ จำนวน 4 ระบบ  
คือ

- A. Chloroform : methanol 95:5
- B. Toluene : ethyl acetate 93:7
- C. Toluene : ethyl acetate 50:50
- D. Ethyl acetate : formic acid : glacial acetic acid : water

ร่อนกระทั่งแนวตัวทำละลาย DVS ขึ้นห่างจากขอบบนประมาณ 1.5 cm ใช้ดินสอดขีดแนวขอบบนที่ DVS เคลื่อนที่ไปถึง แล้วนำแผ่น TLC ออกมาปล่อยให้แห้ง

6. นำแผ่น TLC ที่แห้งแล้วไปตรวจสอบโดย
  - a. สังเกตจุดองค์ประกอบที่มองเห็นด้วยตาเปล่า
  - b. สังเกตการเรืองแสงภายใต้ UV ที่ 254 และ 365 nm

#### การศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของสารสกัด

ลักษณะทางเคมีกายภาพที่ต้องการศึกษา ได้แก่

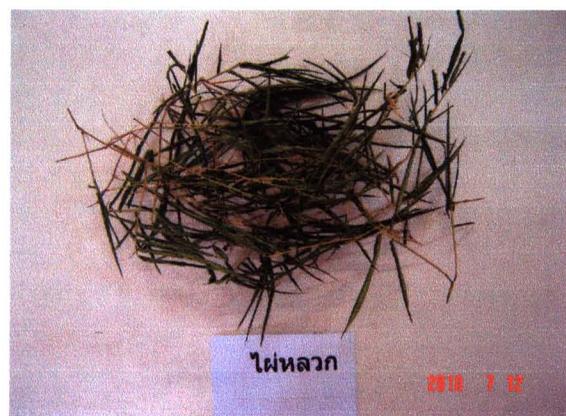
- การศึกษาลักษณะภายนอกของสารสกัดหยาบด้วยตาเปล่า ได้แก่ ลักษณะทั่วไป สี และความหนืด
- พีเอช
  - ละลายสารสกัดในน้ำให้ได้ความเข้มข้น 1%w/w
  - วัดค่าพีเอชของสารละลายโดยใช้เครื่องวัดพีเอช
  - ทำซ้ำอีก 2 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย
- กลิ่น
- การละลายในตัวทำละลายต่างๆ
  - ตัวทำละลายที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่
  - สอบเทียบ (calibration) จำนวนหยดของตัวทำละลายที่มีปริมาตร 2 มล.
  - ชั่งสารสกัดให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 0.5 กรัมในหลอดทดลอง
  - ค่อยๆ เติมตัวทำละลายลงในสารสกัดในหลอดทดลอง
  - ปั่นผสมของผสมด้วยเครื่อง Vortex Mixer สังเกตส่วนผสมที่ได้ ถ้าหากสารสกัดยังละลายไม่หมดให้เติมตัวทำละลายลงไปอีกทีละน้อย ผสมจนสารสกัดละลายจนหมด
  - บันทึกปริมาตรของตัวทำละลายที่ใช้ในการละลายสารสกัด
  - ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

บทที่ 4  
ผลการวิจัย

พันธุ์ไม้ที่ใช้ในการศึกษา

จำนวนทั้งสิ้น 11 สายพันธุ์ ดังแสดงในรูป





ภาพที่ 7 พันธุ์ไผ่ที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 11 สายพันธุ์

#### การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา รับประทานในรูปของใบและก้านสด ในการเตรียมตัวอย่างจะนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 45-50 C นาน 3-5 วัน หรือจนกว่าจะแห้ง จากนั้นนำไปลดขนาดด้วยเครื่องลด

ขนาดสมุนไพรมีขนาดเหมาะสมสำหรับการสกัด (ภาพที่ 8) น้ำหนักของตัวอย่างเมื่ออบแห้งและลดขนาดแล้ว เทียบกับวัตถุดิบสดเริ่มต้น แสดงเปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 24 ในภาพรวมแล้ว น้ำหนักของตัวอย่างเมื่อทำให้แห้งแล้วจะลดลงประมาณ 50-60%



ภาพที่ 8 ตัวอย่างผงไผ่แห้งที่เหมาะสมสำหรับการสกัด

ตารางที่ 24 ร้อยละของน้ำหนักตัวอย่างเมื่อทำให้แห้ง เทียบกับน้ำหนักสด

พันธุ์ไผ่	น้ำหนักสด (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ร้อยละของน้ำหนักแห้งเทียบกับน้ำหนักสด (%)
ไผ่หวาน	1200	532.5	44.38
ไผ่ชาง	1500	773.5	51.57
ไผ่ข้าวหลาม	1600	678.8	42.43
ไผ่ตงเล็ก	700	356.2	50.89
ไผ่ตงใหญ่	500	229.6	45.92
ไผ่เหลือง	1700	680.4	40.02
ไผ่ไร่ร่อ	900	391.0	43.44
ไผ่ใจด	900	420.2	46.69
ไผ่บง	1100	543.8	49.44
ไผ่หลวง	900	403.7	44.86
ไผ่บงคาย	700	366.6	52.37

### การเตรียมสารสกัดไม้

การแช่ผงสมุนไพรในตัวทำละลายเอทานอลในภาชนะที่เหมาะสมเป็นระยะเวลา 12-24 ชั่วโมง เมื่อนำมากรองผ่านกระดาษกรอง จะให้สารละลายที่มีสีเขียวเข้มถึงค่อนข้างใส ตามจำนวนครั้งของการสกัด เมื่อนำไประเหยตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องระเหยภายใต้สุญญากาศ จะได้สารสกัดหยาบเข้มข้นที่มีเขียวเข้มถึงน้ำตาล ลักษณะข้นหนืด คล้ายคาราเมล (ภาพที่ 9) สารสกัดที่ได้จากตัวอย่างไม้ทั้ง 11 สายพันธุ์มีลักษณะคล้ายคลึงกัน และมีกลิ่นเฉพาะตัว



ภาพที่ 9 การสกัดและระเหยแห้งสารสกัดไม้

ผลปริมาณร้อยละของผลผลิตสารสกัดตัวอย่างไม้ (ตารางที่ 25) แสดงให้เห็นว่าปริมาณสารสกัดที่ได้จากไม้แต่ละสายพันธุ์มีความแปรปรวน ระหว่าง 3-14% แสดงให้เห็นถึงปริมาณองค์ประกอบที่มี

อยู่ในไฟแต่ละชนิดอาจไม่เท่ากันหรือไม่เหมือนกัน ไฟโจคให้ปริมาณสารสกัดมากที่สุด ในขณะที่ไฟซางให้ร้อยละของสารสกัดน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับน้ำหนักวัตถุดิบแห้ง

ตารางที่ 25 ร้อยละผลผลิตของสารสกัดของสารสกัดไฟที่ได้จากการสกัดวัตถุดิบสายพันธุ์ต่างๆ

พันธุ์ไฟ	น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)	น้ำหนักสารสกัด (กรัม)	ร้อยละของผลผลิต (% yield)
ไฟหวาน	474	47	10.03
ไฟซาง	763	28	3.67
ไฟข้าวหลาม	669	38	5.76
ไฟตงเล็ก	329	14	4.26
ไฟตงใหญ่	214	13	6.07
ไฟเหลือง	675	47	6.96
ไฟไร่รอ	1559	81	5.20
ไฟโจค	392	55	14.03
ไฟบง	488	56	11.48
ไฟหลวง	394	30	7.50
ไฟบงคาย	359	19	5.39

### การศึกษาองค์ประกอบด้วยวิธี Thin-Layer Chromatography

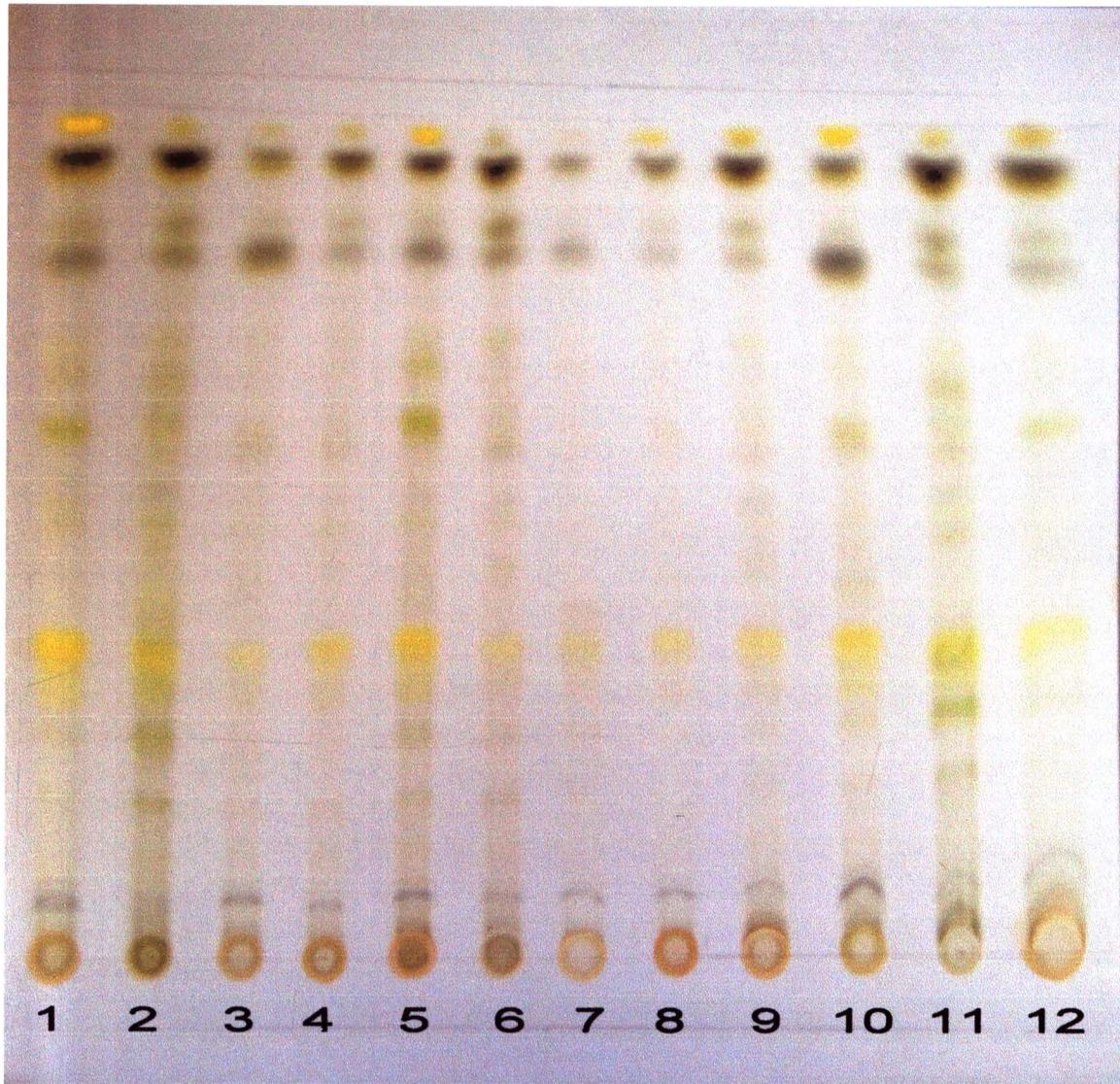
ระบบตัวทำละลายที่ใช้ในการชะแผ่น โครมาโทกราฟี (Developing Solvent System; DVS) ที่ใช้ในการศึกษานี้มี 4 ระบบ คือ

1. Chloroform : methanol 95:5
2. Toluene : ethyl acetate 93:7
3. Toluene : ethyl acetate 50:50
4. Ethyl acetate : formic acid : glacial acetic acid : water

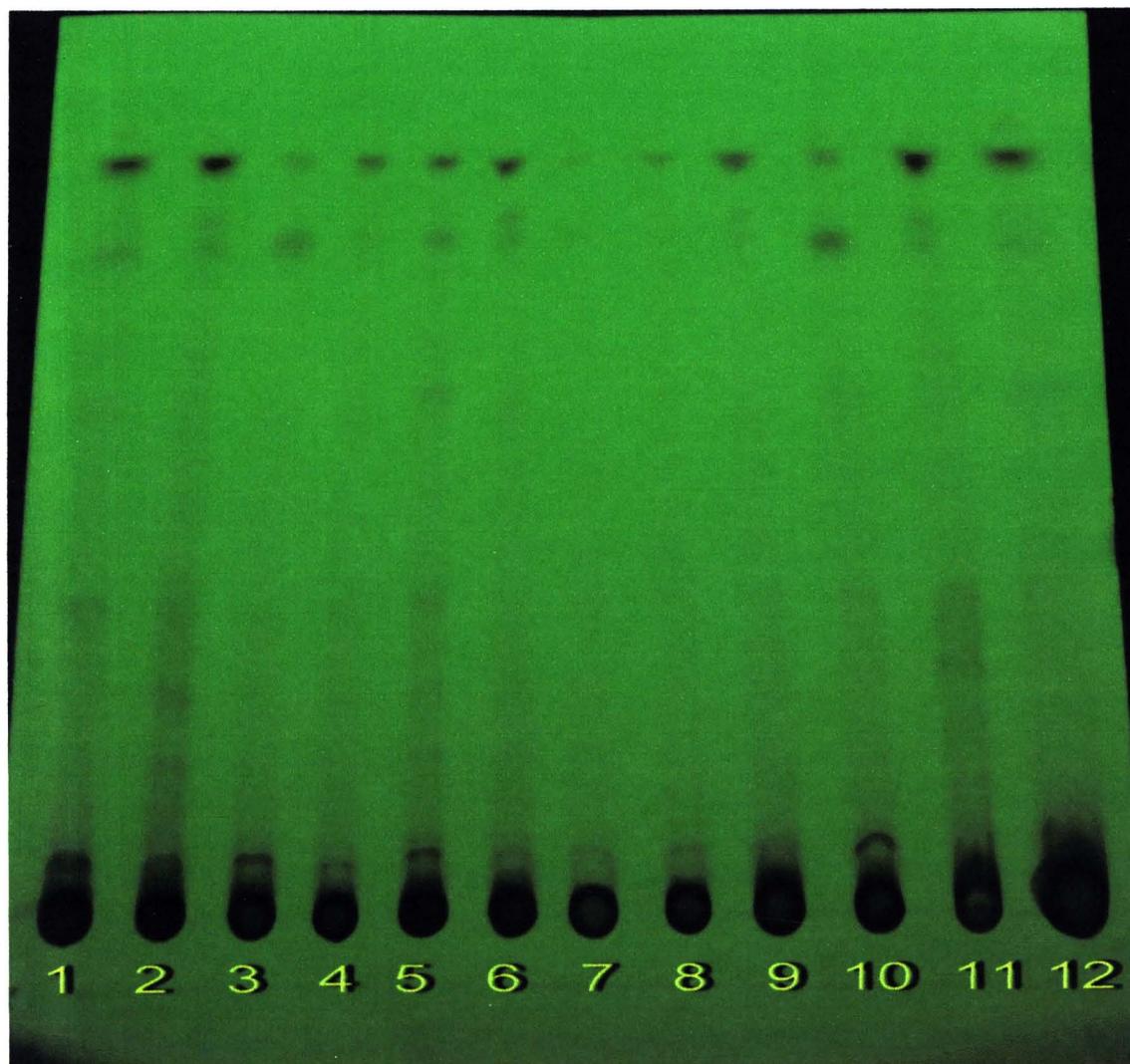
ทำการแยกสารสกัดของตัวอย่างไฟ บนแผ่นโครมาโทกราฟีผิวบางที่เคลือบด้วย silica gel

F254 บนแผ่นอะลูมิเนียม โดยวางตำแหน่งของตัวอย่างในแต่ละช่อง

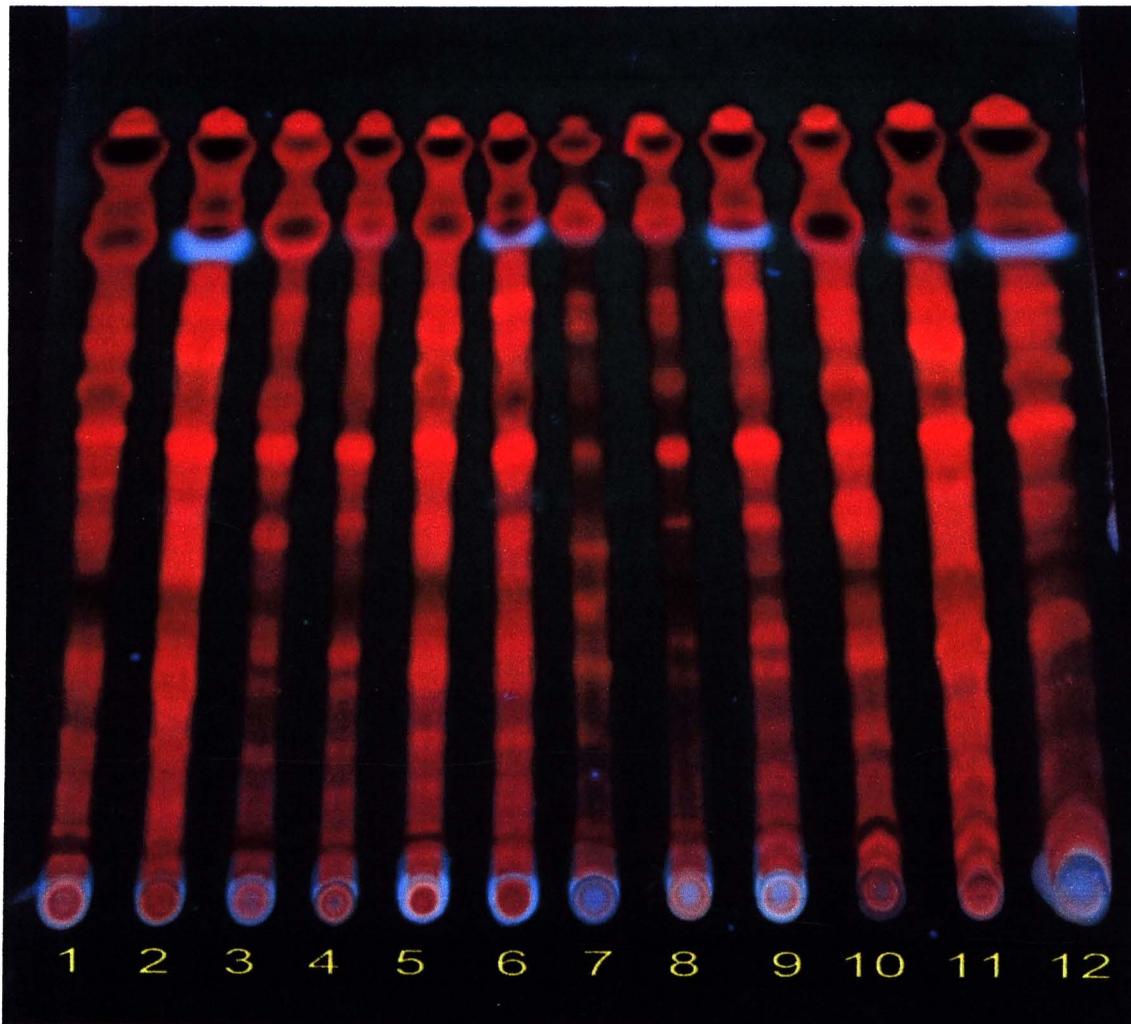
เมื่อนำไปส่องภายใต้แสงปกติ (white light) และแสงอุลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 254 (UV 254) และ 365 (UV 365) นาโนเมตร ได้ผลการทดลอง ดังแสดงในรูป



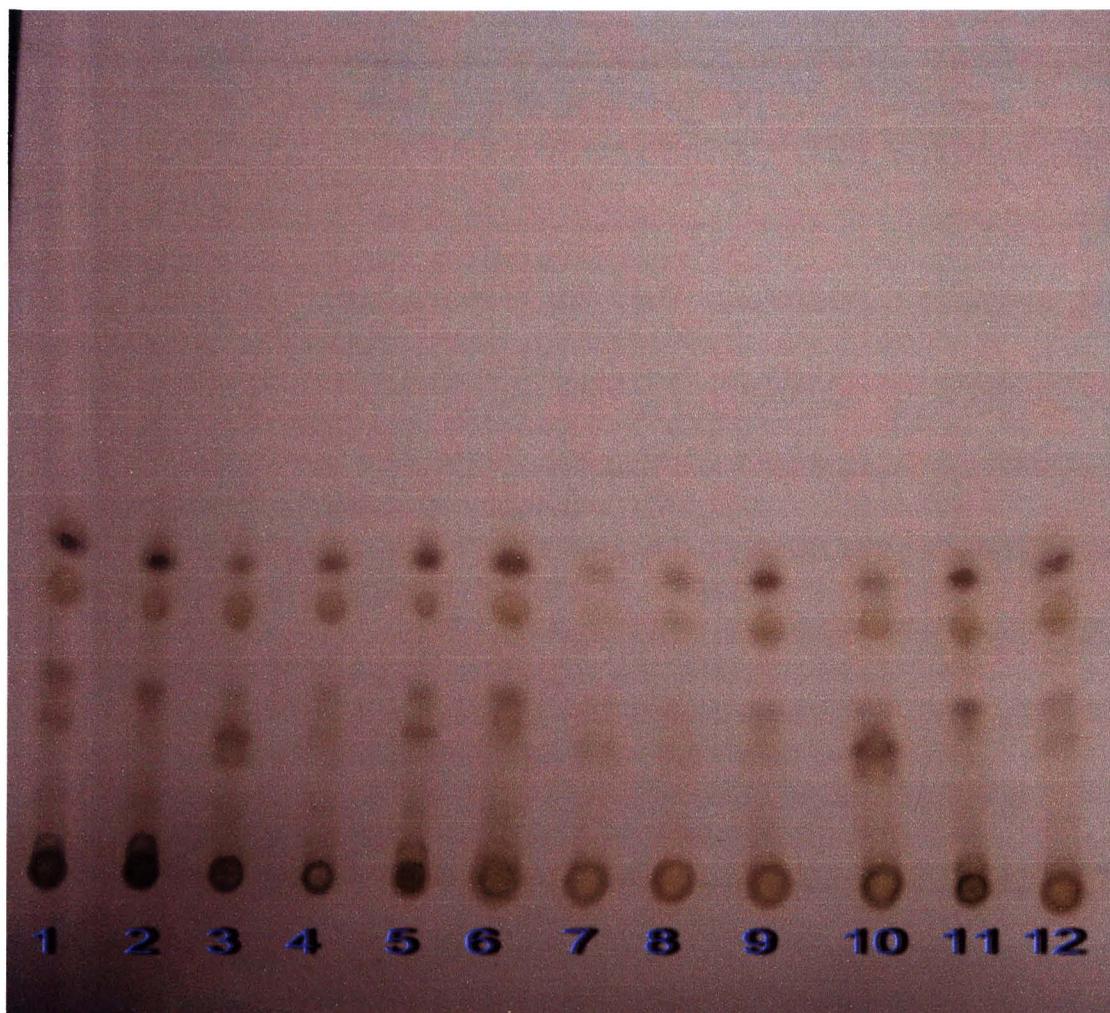
ภาพที่ 10 TLC chromatograms ของสารสกัดไผ่สายพันธุ์ต่างๆ ในระบบ DVS ที่ 1 (chloroform: methanol 95:5). ภาพถ่ายภายใต้แสงปกติ. Lane 1: ไผ่หวาน; Lane 2 ไผ่ชาง; Lane 3 ไผ่ตงเล็ก; Lane 4 ไผ่ตงใหญ่; Lane 5 ไผ่เหลือง; Lane 6 ไผ่บง; Lane 7 ไผ่โจด; Lane 8 ไผ่ข้าวหลาม; Lane 9 ไผ่ไร่ล่อ; Lane 10 ไผ่หลวง; Lane 11 ไผ่บงคาย; Lane 12: ไผ่บง



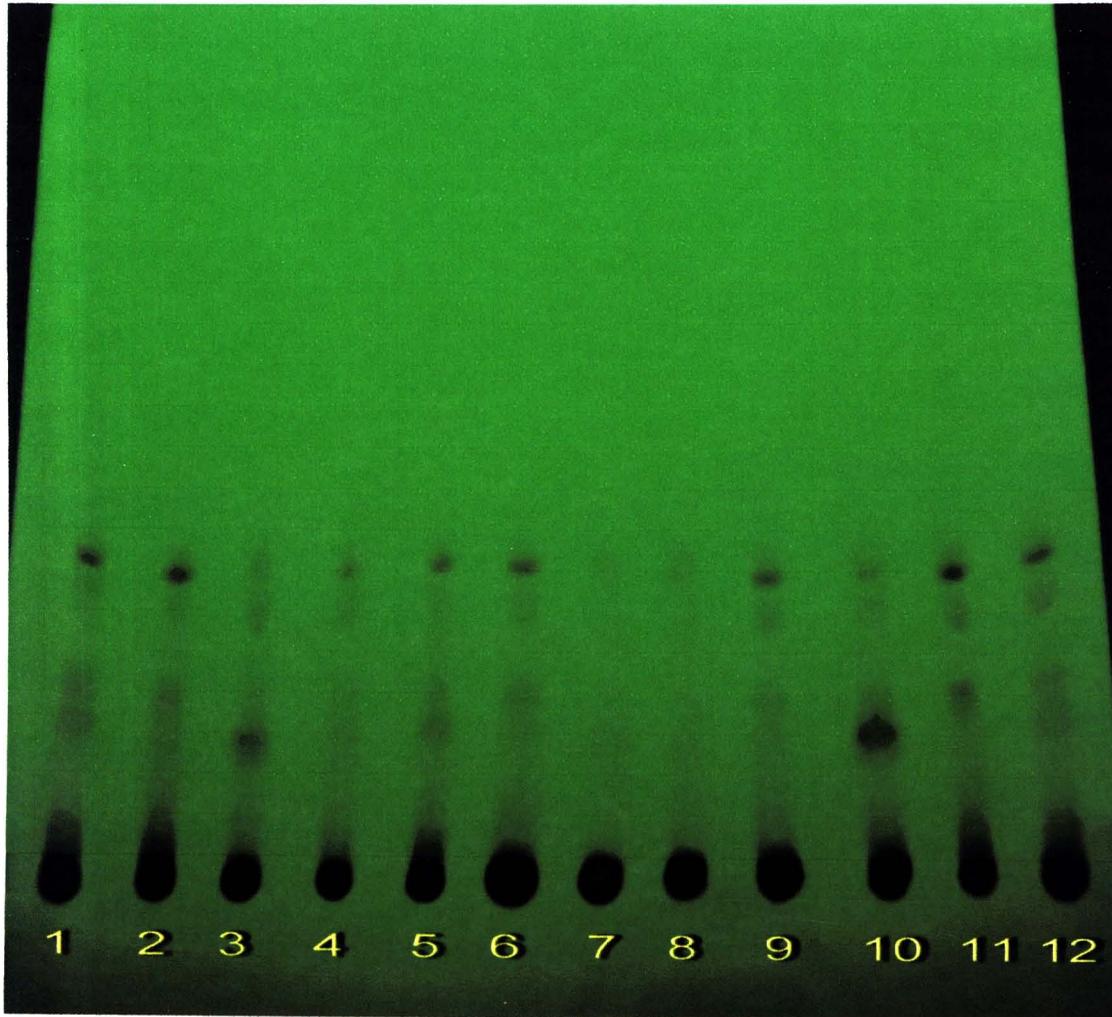
ภาพที่ 11 TLC chromatograms ของสารสกัดใยสายพันธุ์ต่างๆ ในระบบ DVS ที่ 1 (chloroform: methanol 95:5). ภาพถ่ายภายใต้ UV 254 nm. Lane 1: ใยหวาน; Lane 2 ใยซาบ; Lane 3 ใยตงเล็ก; Lane 4 ใยตงใหญ่; Lane 5 ใยเหลือง; Lane 6 ใยบง; Lane 7 ใยโจด; Lane 8 ใยข้าวหลาม; Lane 9 ใยไร้ล่อ; Lane 10 ใยหลวก; Lane 11 ใยบงคาย; Lane 12: ใยบง



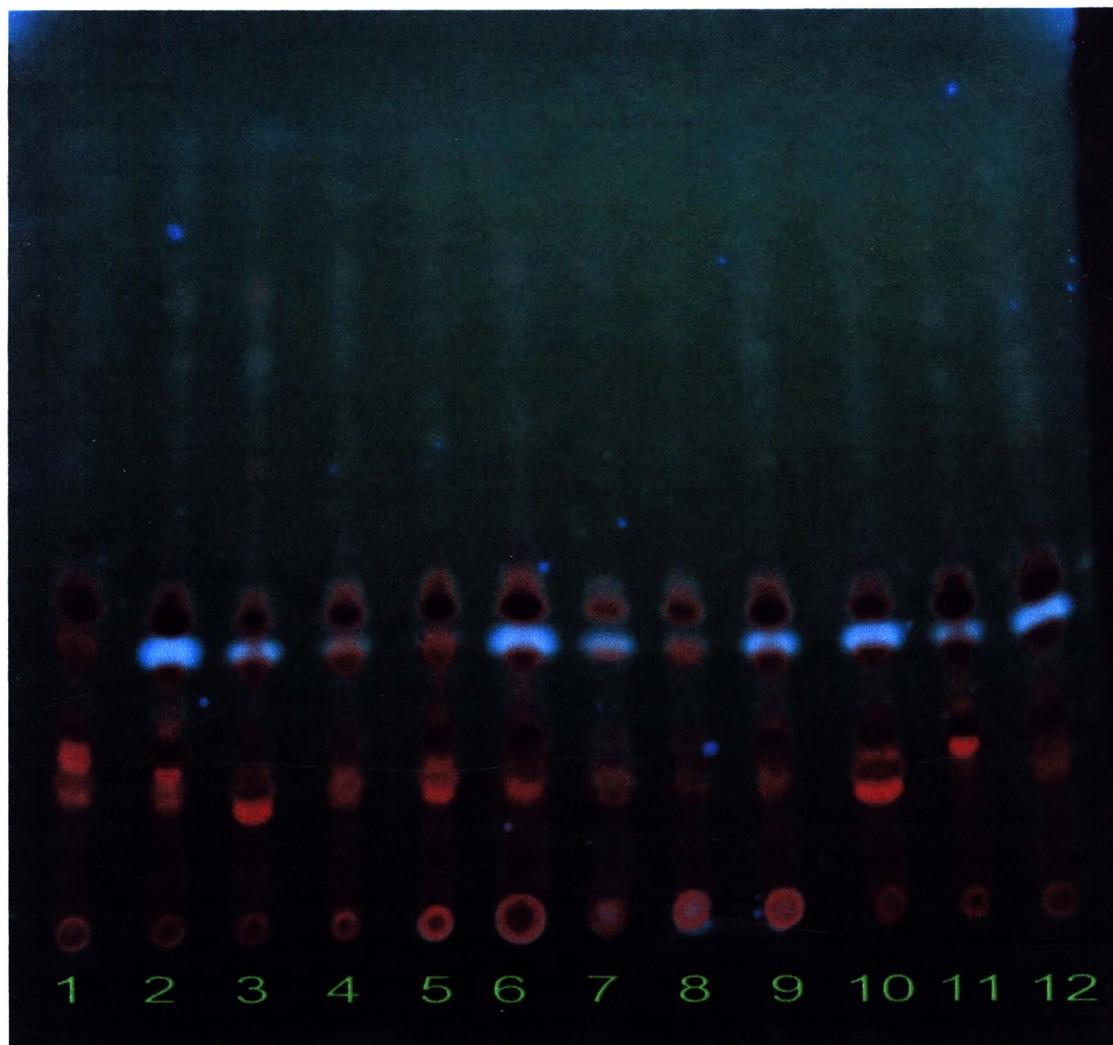
ภาพที่ 12 TLC chromatograms ของสารสกัดไผ่สายพันธุ์ต่างๆ ในระบบ DVS ที่ 1 (chloroform: methanol 95:5). ภาพถ่ายภายใต้ UV 365 nm. Lane 1: ไผ่หวาน; Lane 2 ไผ่ซาง; Lane 3 ไผ่ตงเล็ก; Lane 4 ไผ่ตงใหญ่; Lane 5 ไผ่เหลือง; Lane 6 ไผ่บง; Lane 7 ไผ่โจด; Lane 8 ไผ่ข้าวหลาม; Lane 9 ไผ่ไร่ล่อ; Lane 10 ไผ่หลวง; Lane 11 ไผ่บงคายน; Lane 12: ไผ่บง



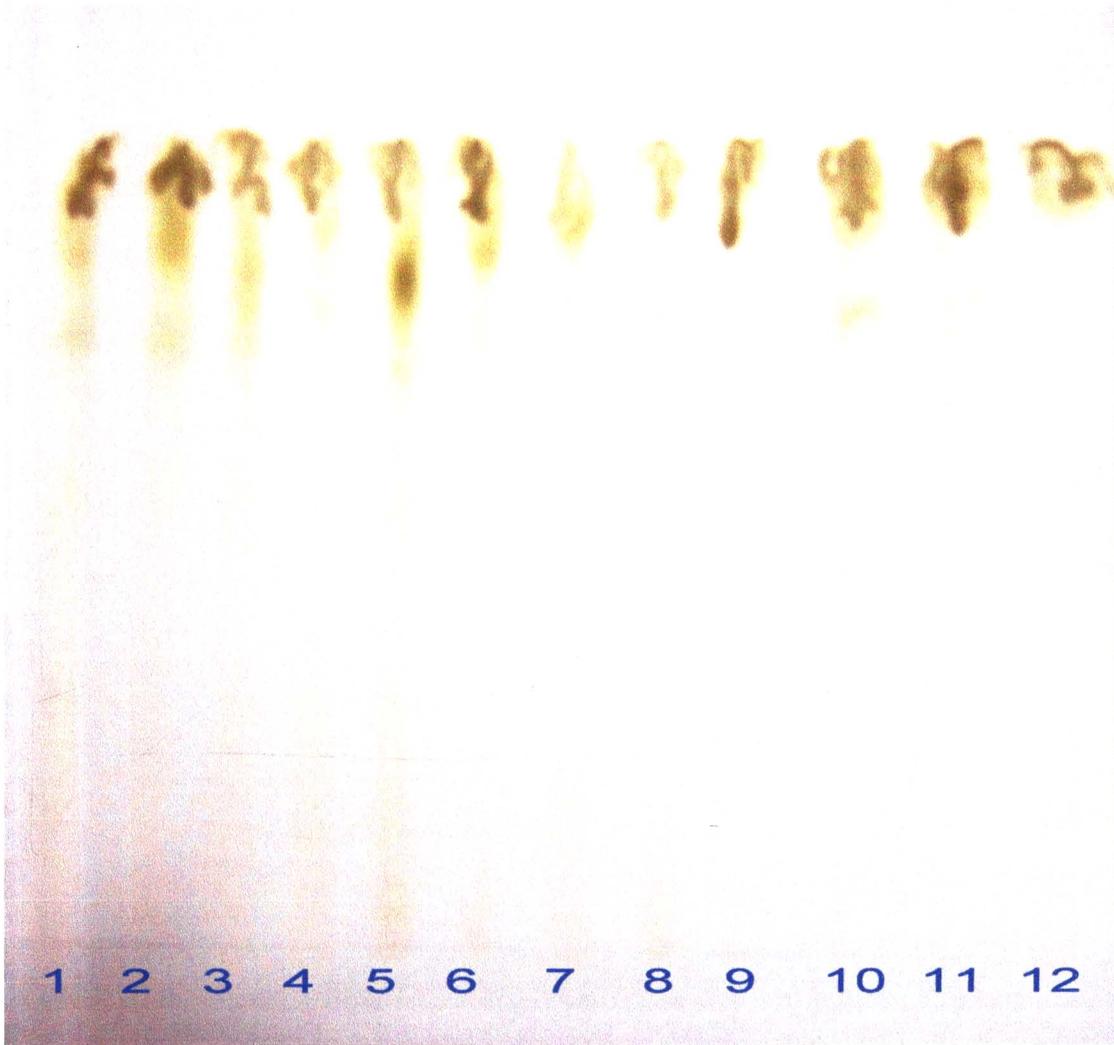
ภาพที่ 13 TLC chromatograms ของสารสกัดใยสากชนิดต่างๆ ในระบบ DVS ที่ 2 (toluene: ethylacetate 93:7). ภาพถ่ายภายใต้แสงปกติ. Lane 1: ใยหวาน; Lane 2 ใยซาบ; Lane 3 ใยตงเล็ก; Lane 4 ใยตงใหญ่; Lane 5 ใยเหลือง; Lane 6 ใยบง; Lane 7 ใยโจด; Lane 8 ใยข้าวหลาม; Lane 9 ใยไร้ลอ; Lane 10 ใยหลวก; Lane 11 ใยบงคาย; Lane 12: ใยบง



ภาพที่ 14 TLC chromatograms ของสารสกัดใยสายพันธุ์ต่างๆ ในระบบ DVS ที่ 2 (toluene: ethylacetate 93:7). ภาพถ่ายภายใต้แสง UV 254 nm. Lane 1: ใยหวาน; Lane 2 ใยขาง; Lane 3 ใยตงเล็ก; Lane 4 ใยตงใหญ่; Lane 5 ใยเหลือง; Lane 6 ใยบง; Lane 7 ใยโจด; Lane 8 ใยข้าวหลาม; Lane 9 ใยไร้ลอ; Lane 10 ใยหลวก; Lane 11 ใยบงคาย; Lane 12: ใยบง



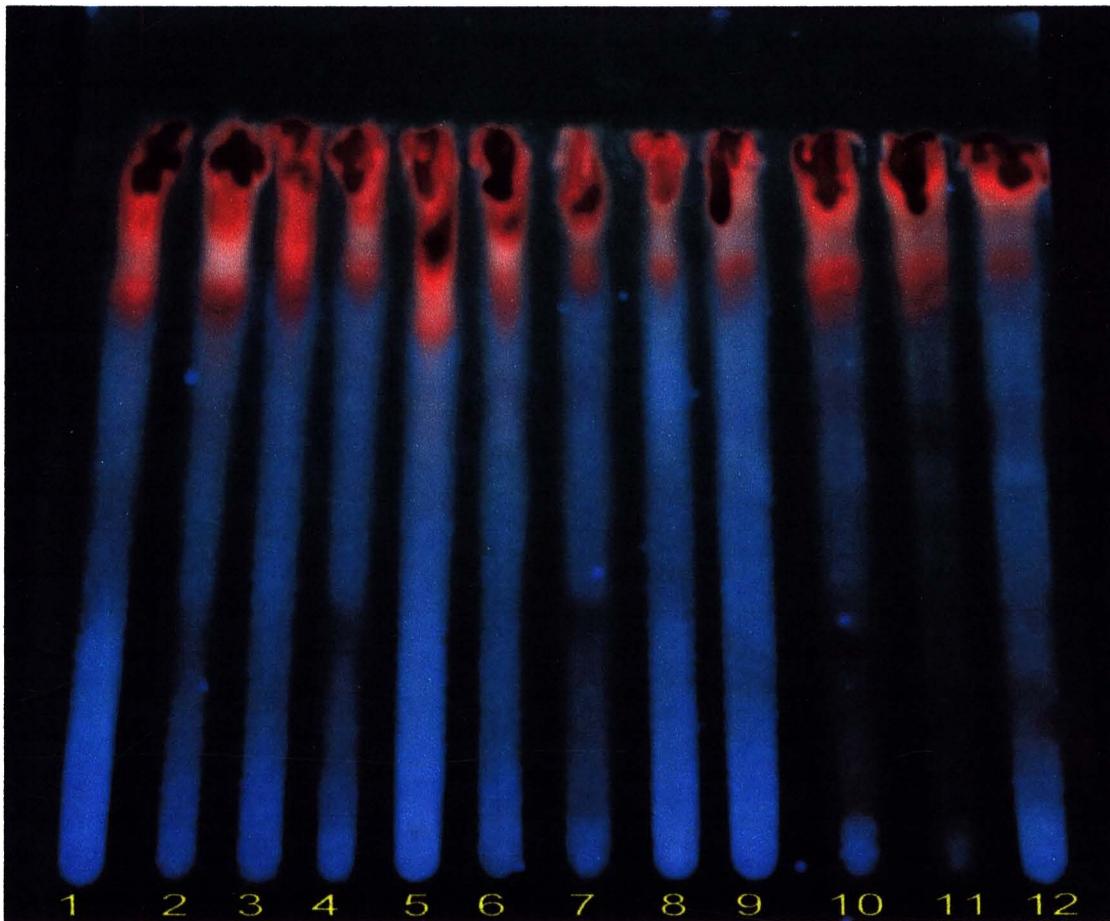
ภาพที่ 15 TLC chromatograms ของสารสกัดใยสากใยพันธุ์ต่างๆ ในระบบ DVS ที่ 2 (toluene: ethylacetate 93:7). ภาพถ่ายภายใต้แสง UV 365 nm. Lane 1: ใยหวาน; Lane 2 ใยซาจ; Lane 3 ใยตงเล็ก; Lane 4 ใยตงใหญ่; Lane 5 ใยเหลือง; Lane 6 ใยบง; Lane 7 ใยโจด; Lane 8 ใยข้าวหลาม; Lane 9 ใยไร้ลอ; Lane 10 ใยหลวก; Lane 11 ใยบงคาย; Lane 12: ใยบง



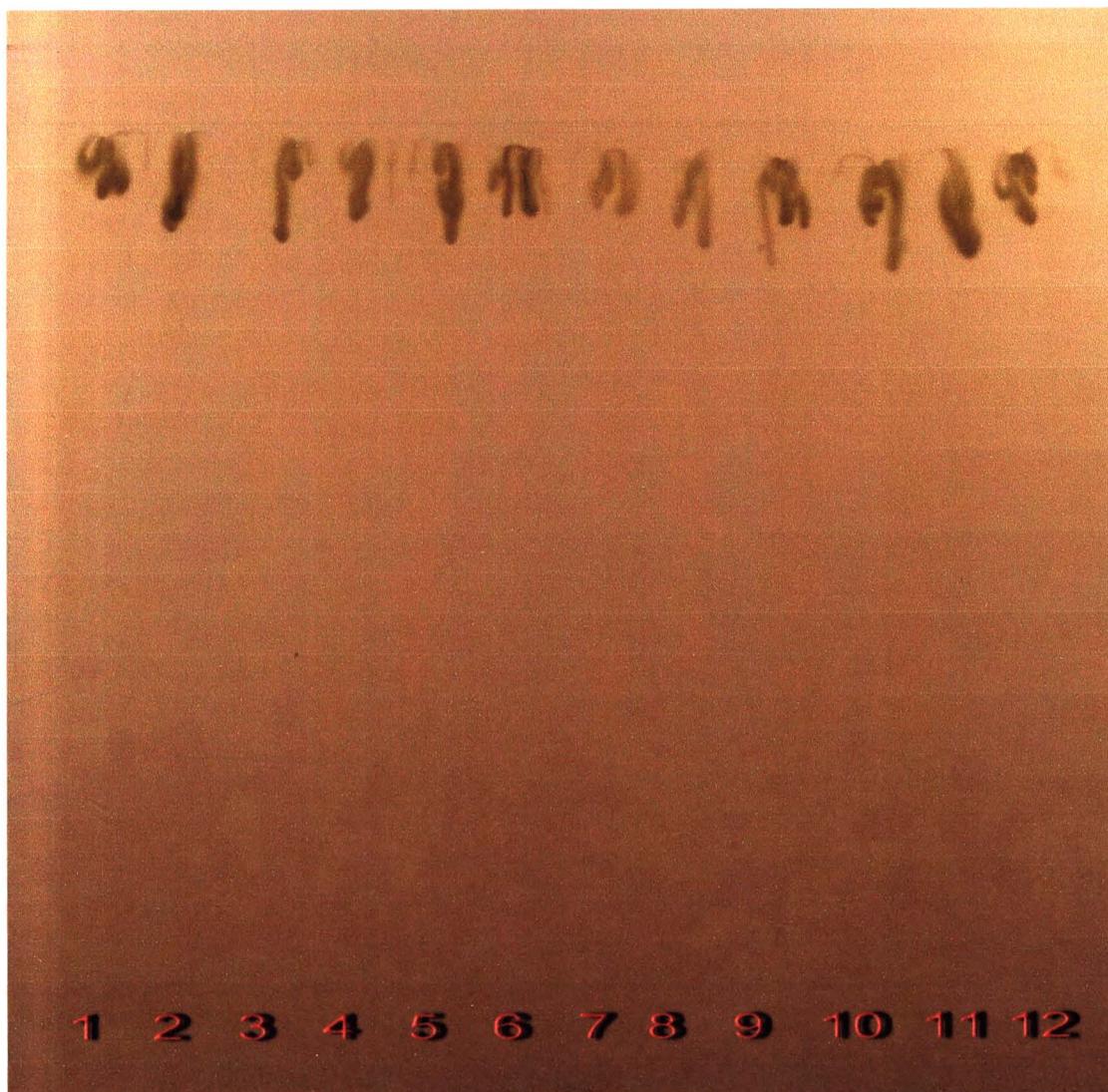
ภาพที่ 16 TLC chromatograms ของสารสกัดไผ่สายพันธุ์ต่างๆ ในระบบ DVS ที่ 3 (toluene: ethylacetate 50:50). ภาพถ่ายภายใต้แสงปกติ. Lane 1: ไผ่หวาน; Lane 2 ไผ่ขาง; Lane 3 ไผ่ตงเล็ก; Lane 4 ไผ่ตงใหญ่; Lane 5 ไผ่เหลือง; Lane 6 ไผ่บง; Lane 7 ไผ่โจด; Lane 8 ไผ่ข้าวหลาม; Lane 9 ไผ่ไร่ล่อ; Lane 10 ไผ่หลวก; Lane 11 ไผ่บงคาย; Lane 12: ไผ่บง



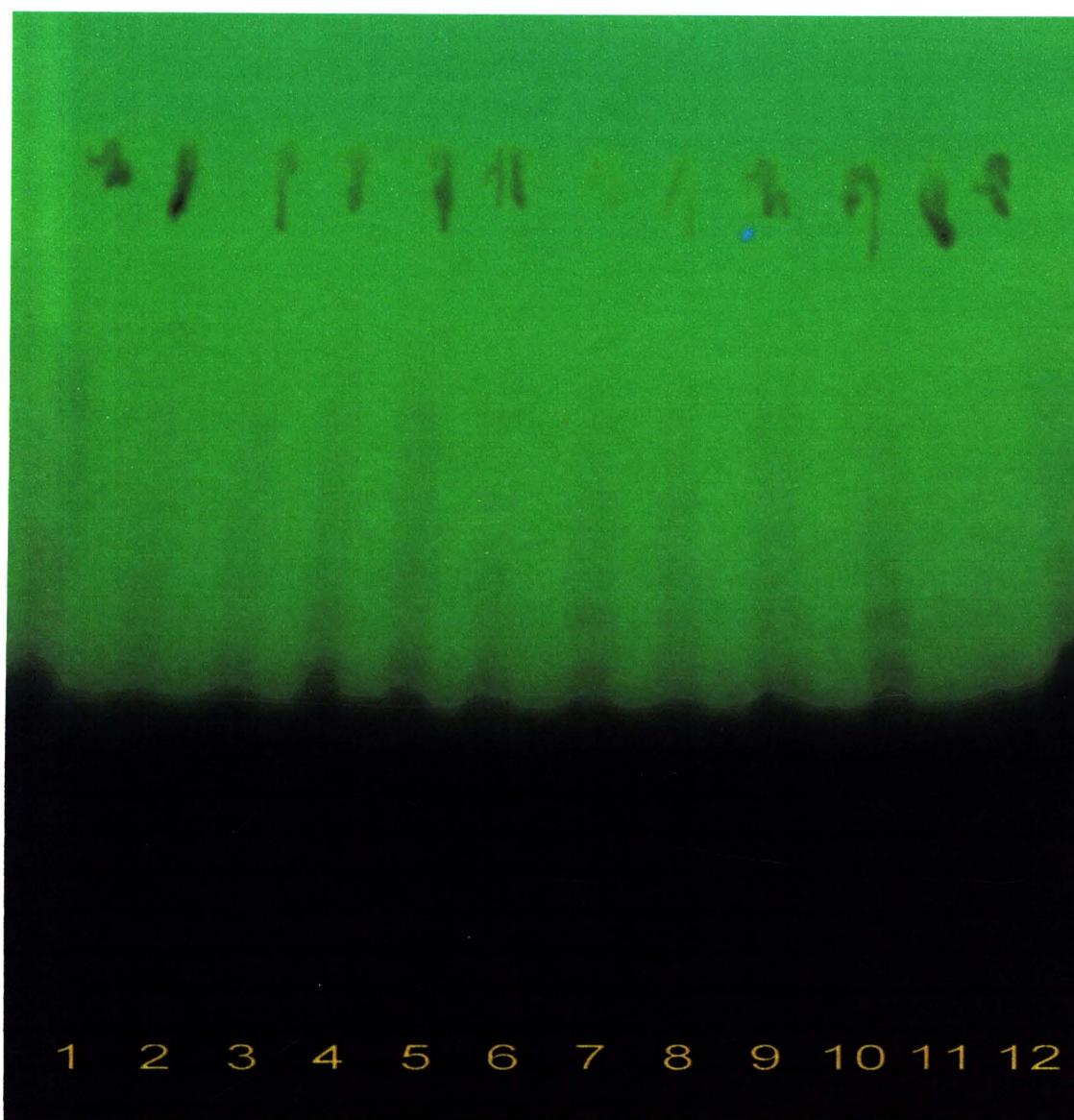
ภาพที่ 17 TLC chromatograms ของสารสกัดใยสายพันธุ์ต่างๆ ในระบบ DVS ที่ 3 (toluene: ethylacetate 50:50). ภาพถ่ายภายใต้แสง UV 254 nm. Lane 1: ใผ่หวาน; Lane 2 ใผ่ขาง; Lane 3 ใผ่ตงเล็ก; Lane 4 ใผ่ตงใหญ่; Lane 5 ใผ่เหลียง; Lane 6 ใผ่บง; Lane 7 ใผ่โจด; Lane 8 ใผ่ข้าวหลาม; Lane 9 ใผ่ไร่ล่อ; Lane 10 ใผ่หลวก; Lane 11 ใผ่บงคาย; Lane 12: ใผ่บง



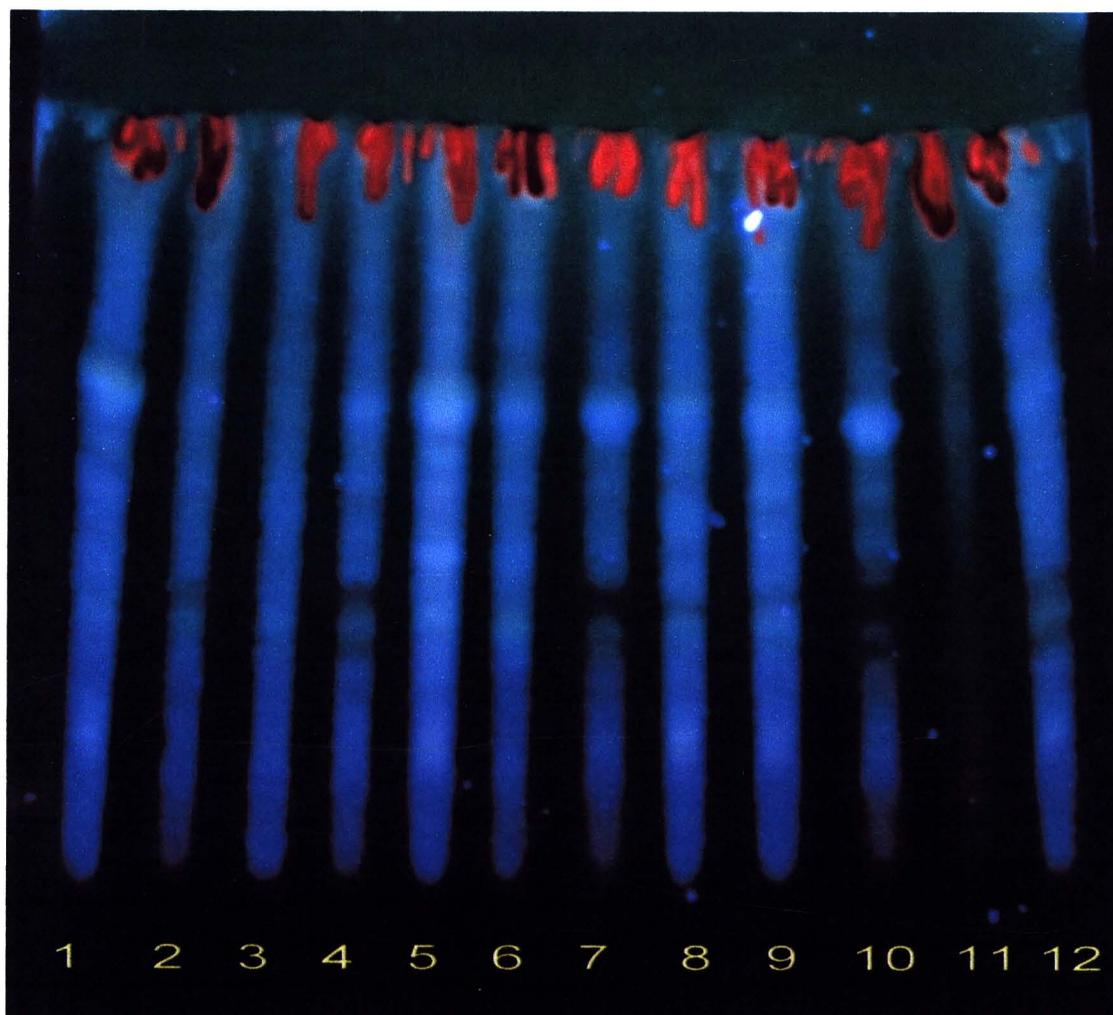
ภาพที่ 18 TLC chromatograms ของสารสกัดใยสายนพันธุ์ต่างๆ ในระบบ DVS ที่ 3 (toluene: ethylacetate 50:50). ภาพถ่ายภายใต้แสง UV 365 nm. Lane 1: ใยหวาน; Lane 2 ใยซาง; Lane 3 ใยตงเล็ก; Lane 4 ใยตงใหญ่; Lane 5 ใยเหลือง; Lane 6 ใยบง; Lane 7 ใยโจด; Lane 8 ใยข้าวหลาม; Lane 9 ใยไร้ลอ; Lane 10 ใยหลวก; Lane 11 ใยบงคาย; Lane 12: ใยบง



ภาพที่ 19 TLC chromatograms ของสารสกัดใยสายนุ่นต่างๆ ในระบบ DVS ที่ 4 (ethyl acetate: formic acid: glacial acetic acid: water). ภาพถ่ายภายใต้แสงปกติ. Lane 1: ใยหวาน; Lane 2 ใยขาว; Lane 3 ใยตงเล็ก; Lane 4 ใยตงใหญ่; Lane 5 ใยเหลือง; Lane 6 ใยบง; Lane 7 ใยโจด; Lane 8 ใยข้าวหลาม; Lane 9 ใยไร้ล่อ; Lane 10 ใยหลวก; Lane 11 ใยบงคาย; Lane 12: ใยบง



ภาพที่ 20 TLC chromatograms ของสารสกัดไผ่สายพันธุ์ต่างๆ ในระบบ DVS ที่ 4 (ethyl acetate: formic acid: glacial acetic acid: water). ภาพถ่ายภายใต้แสง UV 254 nm. Lane 1: ไผ่หวาน; Lane 2 ไผ่ขาง; Lane 3 ไผ่ตงเล็ก; Lane 4 ไผ่ตงใหญ่; Lane 5 ไผ่เหลือง; Lane 6 ไผ่บง; Lane 7 ไผ่โจด; Lane 8 ไผ่ข้าวหลาม; Lane 9 ไผ่ไร่ล่อ; Lane 10 ไผ่หลวก; Lane 11 ไผ่บงคาย; Lane 12: ไผ่บง



ภาพที่ 21 TLC chromatograms ของสารสกัดใยสายพันธุ์ต่างๆ ในระบบ DVS ที่ 4 (ethyl acetate: formic acid: glacial acetic acid: water). ภาพถ่ายภายใต้แสง UV 365 nm. Lane 1: ใยหวาน; Lane 2 ใยชาง; Lane 3 ใยตงเล็ก; Lane 4 ใยตงใหญ่; Lane 5 ใยเหลือง; Lane 6 ใยบง; Lane 7 ใยโจด; Lane 8 ใยข้าวหลาม; Lane 9 ใยไร่ล่อ; Lane 10 ใยหลวก; Lane 11 ใยบงคาย; Lane 12: ใยบง

ในระบบ DVS ที่ 1 (chloroform-methanol) พบว่าการแยกขององค์ประกอบของสารสกัดใยแต่ละสายพันธุ์มีความชัดเจน ภายใต้แสงปกติพบว่าองค์ประกอบที่มีสีเขียว ซึ่งน่าจะเป็นกลุ่มคลอโรฟิลล์จะเคลื่อนที่ได้ไกลที่สุด มีค่า Rf ระหว่าง 0.80 ถึง 0.93 และแยกเป็นแถบย่อยประมาณ 3-4 แถบค่อนข้างชัดเจน ในขณะที่องค์ประกอบสีเขียวอีกส่วนหนึ่งประมาณ 2-3 เล็กๆ เคลื่อนที่ใน DVS นี้ได้น้อย มีค่า Rf ประมาณ 0.06-0.10 ในขณะที่องค์ประกอบที่ไม่มีสีหรือมีสีเหลืองอ่อนกระจายตัวอยู่ทั่วไปในช่วง Rf 0.2 ถึง 0.7 เมื่อนำแผ่นไปส่องภายใต้ UV 254 nm พบว่าจุดที่เห็นเป็นสีเขียวภายใต้แสงปกติทั้งหมด จะมองเห็นได้ภายใต้ UV 254 ในลักษณะ quenching เป็นจุดที่บบนพื้นสีเขียว ในขณะที่องค์ประกอบอื่นๆ หลายตัวไม่แสดงภายใต้ UV 254 ซึ่งหมายถึงไม่มีการดูดกลืนแสง UV และเมื่อนำแผ่นไปส่องภายใต้ UV 365 nm พบว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ในสาร

สกัดไผ่จะแสดงการเรืองแสงเป็นสีส้มแดง และมีบางจุดเรืองแสงสีฟ้าเขียว ในขณะที่องค์ประกอบที่มีค่า Rf 0.9 ตัวหนึ่งเรืองแสงสีฟ้า พบได้ชัดเจนในสารสกัดไผ่ขาง ไผ่บง ไผ่ไร่ล่อ และไผ่บงคาย พบเห็นได้ในปริมาณต่างๆ ในสารสกัดไผ่ตงใหญ่ ไผ่โจด ไผ่ข้าวหลาม และไผ่หลวง ในขณะที่สารสกัดไผ่หวาน ไผ่เหลือง และไผ่ข้าวหลาม ไม่แสดงจุดเรืองแสงนี้ ซึ่งเป็นไปได้ว่าองค์ประกอบชนิดนี้อาจไม่พบในไผ่ดังกล่าวหรือพบในปริมาณต่ำมากๆ

ในระบบ DVS ที่ 2 (toluene-ethyl acetate 93-7) พบว่าองค์ประกอบสารสกัดไผ่มีการแยกจากกันค่อนข้างดี การเคลื่อนที่ของสารที่มีสีภายใต้แสงปกติจะอยู่ในระดับค่า Rf ไม่เกิน 0.5 ในขณะที่เมื่อส่องภายใต้ UV 254 nm ไม่พบจุดสีที่บ่งเห็นในระดับค่า Rf 0.5 แสดงว่าสารที่ดูดกลืนแสง UV 254 ได้นั้นมีการเคลื่อนที่อยู่ในระยะสั้นๆ เมื่อดูแผ่นภายใต้ UV 365 nm พบจุดเรืองแสงสีอ่อนเห็นในระดับ Rf 0.5 หลายจุด แต่องค์ประกอบอื่นๆ ยังคงคล้ายกับที่พบในระบบ DVS แรก

ระบบ DVS ที่ 3 (toluene-ethyl acetate 50-50) และระบบ DVS ที่ 4 (ethyl acetate-formic acid-glacial acetic acid-water) มีลักษณะที่คล้ายกันคือภายใต้แสงปกติจะพบการเคลื่อนที่ของแถบสีเขียวที่มีองค์ประกอบหลายชนิดรวมกัน ไปถึงค่า Rf ค่อนข้างสูง (0.8-0.9) และไม่แยกออกจากกันชัดเจน ในขณะที่ภายใต้ UV 254 nm พบการเคลื่อนที่ของสารสกัดเป็นแถบยาว มีบางบริเวณที่เข้มกว่าส่วนอื่นๆ ซึ่งน่าจะแสดงว่ามีองค์ประกอบที่จุดนั้นในปริมาณมาก แต่ในภาพรวมแล้วไม่มีการแยกจากองค์ประกอบอื่นอย่างชัดเจน ภายใต้ UV 365 nm พบว่า กลุ่มสารสีเขียวยภายใต้แสงปกติทั้งหมดจะเรืองแสงสีส้มแดง ในขณะที่กลุ่มสารที่ไม่มีสีภายใต้แสงปกติ และไม่แสดงจุดที่บ่งเห็นภายใต้ UV 254 nm จะเรืองแสงสีฟ้าอ่อน สลับกับฟ้าเข้มและฟ้าอมเขียวในบางบริเวณ

การทดสอบสเปรย์ด้วยน้ำยาทดสอบ Dragendorff's reagent ซึ่งมีความจำเพาะต่อสารกลุ่มอัลคาลอยด์ ไม่พบจุดสีใดๆ แสดงว่าสารสกัดไผ่จะไม่มียาเสพติดที่เป็นอัลคาลอยด์ในปริมาณที่ตรวจวัดได้

### การทดสอบค่าการละลายของสารสกัด

ในการทดสอบการละลายของสารสกัดไผ่ 3 ชนิด คือ จะทำการสอบเทียบปริมาณจำนวนหยดของตัวทำละลายที่มีปริมาตร 2 มล. ก่อน ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 26 การสอบเทียบปริมาณจำนวนหยดของตัวทำละลายที่มีปริมาตร 2 มล.

ตัวทำละลาย	จำนวนหยด
น้ำกลั่น	60
Methanol	138
95% Ethanol	112
Absolute ethanol	135
2-propanol	163
1-butanol	145
Glycerin	80
Propylene glycol	106
PEG 200	79
PEG 600	100
acetone	135
acetonitrile	107
Ethyl acetate	164
toluene	136
hexane	145
Dimethyl sulfoxide (DMSO)	117
Tween 80	113

ตารางที่ 27 จำนวนหยดตัวทำละลายที่ใช้ในการละลายสารสกัดไผ่หวาน 0.05 กรัม

ตัวทำละลาย	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	นน.สารสกัด	จน.หยดตัวทำละลาย	นน.สารสกัด	จน.หยดตัวทำละลาย	นน.สารสกัด	จน.หยดตัวทำละลาย
น้ำกลั่น	0.0513	>120	0.0519	>120	0.0519	>120
Methanol	0.0503	80	0.0500	90	0.0513	100
95% Ethanol	0.0506	100	0.0530	100	0.0520	100
Absolute ethanol	0.0502	67	0.0519	75	0.0510	80
2-propanol	0.0522	86	0.0503	97	0.0512	100
1-butanol	0.0509	35	0.0511	47	0.0504	50
Glycerin	0.0513	>80	0.0514	>80	0.0505	>80
Propylene glycol	0.0510	>106	0.0512	>106	0.0516	>106
PEG 200	0.0516	>79	0.0514	>79	0.0510	>79
PEG 600	0.0502	>100	0.0506	>100	0.0502	>100
acetone	0.0512	96	0.0502	100	0.0516	>135
acetonitrile	0.0509	>107	0.0501	>107	0.0500	>107
Ethyl acetate	0.0519	67	0.0503	70	0.0500	70
Toluene	0.0517	60	0.0514	60	0.0534	60
Hexane	0.0511	65	0.0511	65	0.0523	65
DMSO	0.0508	65	0.0523	65	0.0515	65
Tween 80	0.0507	>113	0.0506	>113	0.0501	>113

PEG = polyethylene glycol

DMSO = dimethyl sulfoxide

ค่าการละลาย > X หมายถึง ยังไม่สามารถละลายได้ที่ปริมาตรตัวทำละลายที่ใช้เท่ากับ 2 มล.

ตารางที่ 28 จำนวนหยดตัวทำละลายที่ใช้ในการละลายสารสกัดไฟโรล 0.05 กรัม

ตัวทำละลาย	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	นน.สารสกัด	จน.หยดตัวทำละลาย	นน.สารสกัด	จน.หยดตัวทำละลาย	นน.สารสกัด	จน.หยดตัวทำละลาย
น้ำกลั่น	0.0500	>120	0.0509	>120	0.0505	>120
Methanol	0.0511	50	0.0501	53	0.0516	58
95% Ethanol	0.0507	50	0.0512	57	0.0509	59
Absolute ethanol	0.0536	55	0.0519	58	0.0532	66
2-propanol	0.0506	60	0.0516	67	0.0505	60
1-butanol	0.0505	30	0.0503	30	0.0519	35
Glycerin	0.0533	>80	0.0517	>80	0.0517	>80
Propylene glycol	0.0536	>106	0.0518	>106	0.0515	>106
PEG 200	0.0531	>79	0.0511	>79	0.0501	>79
PEG 600	0.0511	>100	0.0523	>100	0.0530	>100
acetone	0.0506	30	0.0509	37	0.0529	45
acetonitrile	0.0500	>107	0.0525	>107	0.0519	>107
Ethyl acetate	0.0536	30	0.0521	30	0.0537	33
Toluene	0.0528	20	0.0500	20	0.0505	20
Hexane	0.0523	25	0.0525	25	0.0517	23
DMSO	0.0529	50	0.0535	52	0.0506	45
Tween 80	0.0522	>113	0.0528	>113	0.0521	>113

PEG = polyethylene glycol

DMSO = dimethyl sulfoxide

ค่าการละลาย > X หมายถึง ยังไม่สามารถละลายได้ที่ปริมาตรตัวทำละลายที่ใช้เท่ากับ 2 มล.

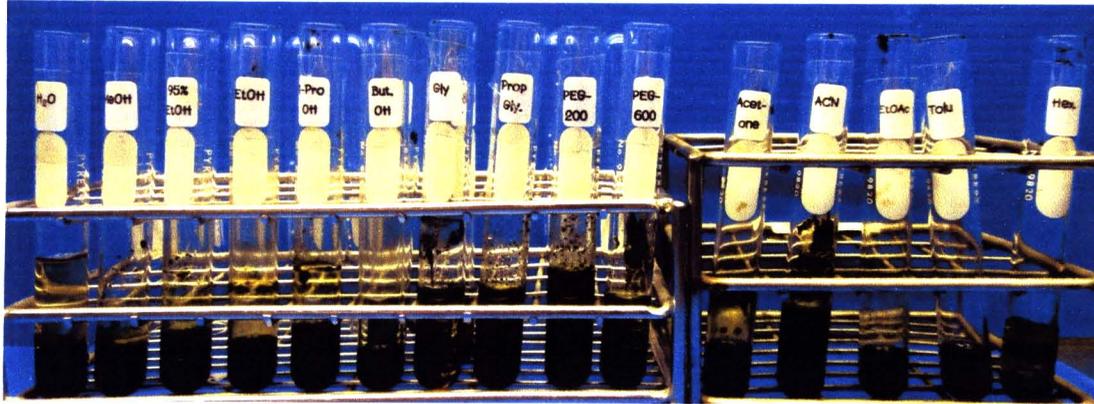
ตารางที่ 29 จำนวนหยดตัวทำละลายที่ใช้ในการละลายสารสกัดไผ่บง 0.05 กรัม

ตัวทำละลาย	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	นน.สารสกัด	จน.หยดตัวทำละลาย	นน.สารสกัด	จน.หยดตัวทำละลาย	นน.สารสกัด	จน.หยดตัวทำละลาย
น้ำกลั่น	0.0526	>120	0.0514	>120	0.0528	>120
Methanol	0.0500	35	0.0508	40	0.0522	42
95% Ethanol	0.05026	50	0.0506	50	0.0527	75
Absolute ethanol	0.0504	30	0.0517	55	0.0501	54
2-propanol	0.0517	40	0.0506	40	0.0533	42
1-butanol	0.0516	50	0.0500	52	0.0517	52
Glycerin	0.0502	>80	0.0517	>80	0.0531	>80
Propylene glycol	0.0520	>106	0.0527	>106	0.0528	>106
PEG 200	0.0501	>79	0.0506	>79	0.0520	>79
PEG 600	0.0517	>100	0.0515	>100	0.0528	>100
acetone	0.0506	65	0.0502	68	0.0522	>135
acetonitrile	0.0519	>107	0.0526	>107	0.0503	>107
Ethyl acetate	0.0521	25	0.0523	25	0.0523	25
Toluene	0.0518	20	0.0511	20	0.0506	22
Hexane	0.0503	30	0.0525	31	0.0516	33
DMSO	0.0512	37	0.0505	35	0.0522	36
Tween 80	0.0515	>113	0.0523	>113	0.0527	>113

PEG = polyethylene glycol

DMSO = dimethyl sulfoxide

ค่าการละลาย > X หมายถึง ยังไม่สามารถละลายได้ที่ปริมาตรตัวทำละลายที่ใช้เท่ากับ 2 มล.



ภาพที่ 22 ลักษณะของสารละลายของสารสกัดที่อยู่ในตัวทำละลายชนิดต่างๆ

## บทที่ 5

### สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ตัวทำละลาย 17 ชนิดที่เลือกใช้ในการทดสอบ มีสมบัติความมีขั้ว ความสามารถในการละลาย และสมบัติอื่นๆ ที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถใช้ในการบ่งชี้ถึงสมบัติการละลายของสารสกัดที่ทดสอบได้ อาทิเช่น กลุ่มของน้ำ อะซิโตน ไตรคลอโรเอทิลอะซิเตต แอลกอฮอล์สายสั้น (เมทานอล เอทานอล โพรพานอล) และพอลิแอลกอฮอล์ (กลีเซอรอล โพรพิลีนกลัยคอล และพอลิเอทิลีนกลัยคอล) จัดอยู่ในกลุ่มที่มีขั้ว โทลูอิน และเฮกเซน เป็นตัวทำละลายอินทรีย์ที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีขั้ว ส่วนอะซิโตน ไดเมทิลซัลโฟกไซค์ (DMSO) เป็นตัวทำละลายอินทรีย์ที่ละลายสารต่างๆ ได้ค่อนข้างกว้าง ในขณะที่ Tween 80 เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ช่วยในการละลายของสารหลายชนิด เป็นต้น

การทดสอบการละลายของสารสกัดไผ่หวาน พบว่า สามารถละลายได้ปานกลางในตัวทำละลายอินทรีย์บิวทานอล โดยมีค่าการละลายประมาณ 0.08 g/ml เอทิลอะซิเตต โทลูอิน และ เฮกเซน (0.06 g/ml) ละลายได้บ้างในตัวทำละลาย แอลกอฮอล์แอบโซลูท DMSO 2-โพรพานอล (0.05 g/ml) ละลายได้น้อยในเมทานอล (0.04 g/ml) 95% เอทานอล และอะซิโตน (0.03 g/ml) แต่ไม่ละลายในน้ำ กลีเซอริน โพรพิลีนกลัยคอล พอลิเอทิลีนกลัยคอล อะซิโตน ไตรคลอโรเอทิลอะซิเตต และ Tween 80 (<0.025 g/ml)

สารสกัดไผ่ไร่ลอส ละลายค่อนข้างดีในตัวทำละลายอินทรีย์โทลูอิน (0.17 g/ml) เฮกเซน (0.15 g/ml) เอทิลอะซิเตต (0.13 g/ml) 2-โพรพานอล (0.12 g/ml) ละลายได้ปานกลางในตัวทำละลายอะซิโตน (0.09 g/ml) DMSO เมทานอล (0.06 g/ml) ละลายได้บ้างใน 95% เอทานอล แอบโซลูทเอทานอล บิวทานอล (0.05 g/ml) ละลายได้น้อยในโพรพิลีนกลัยคอล (0.03 g/ml) แต่ไม่ละลายในน้ำ กลีเซอริน พอลิเอทิลีนกลัยคอล อะซิโตน ไตรคลอโรเอทิลอะซิเตต และ Tween 80 (<0.025 g/ml)

สารสกัดไผ่ขม ละลายค่อนข้างดีในตัวทำละลายอินทรีย์เอทิลอะซิเตต (0.16 g/ml) โทลูอิน (0.15 g/ml) เฮกเซน (0.11 g/ml) 2-โพรพานอล (0.10 g/ml) ละลายได้ปานกลางในตัวทำละลาย DMSO เมทานอล (0.08 g/ml) บิวทานอล แอบโซลูทเอทานอล (0.7 g/ml) ละลายได้บ้างใน 95% เอทานอล อะซิโตน (0.05 g/ml) ละลายได้น้อยในโพรพิลีนกลัยคอล (0.03 g/ml) แต่ไม่ละลายในน้ำ กลีเซอริน พอลิเอทิลีนกลัยคอล อะซิโตน ไตรคลอโรเอทิลอะซิเตต และ Tween 80 (<0.025 g/ml)

ข้อมูลการละลายในตัวทำละลายชนิดต่างๆ บ่งชี้ว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ในสารสกัดไผ่ทั้งสามสายพันธุ์อยู่ในกลุ่มที่ไม่มีขั้ว ซึ่งละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์และแอลกอฮอล์สายยาวขึ้น (บิวทานอล) ละลายไม่ได้หรือไม่ละลายในตัวทำละลายที่มีขั้ว เช่น น้ำ กลีเซอรอล โพรพิลีนกลัยคอล และพอลิเอทิลีนกลัยคอล ในขณะที่ละลายได้ปานกลางในตัวทำละลายกลุ่มแอลกอฮอล์สายสั้น



## เอกสารอ้างอิง

- Adhikari R, Shrestha K, Manandhar MD. 2006. Variation in the total phenolic compounds in the *Bambusa nutans* subspecies *nutans* found in Central Nepal. *Bamboo Journal*, 23, 37-41.
- Baek JW, Lee MJ, Moon GS. 2004. Natural food preservative containing bamboo extract exhibiting nitrite scavenging effects and preventing decay by inhibiting proliferation of microorganisms. *Kongkae Taeho Kongbo*.
- Chen KJ, Tsai PF, Chen TL, Chen FC. 1987. Constituents of giant bamboo and thorny bamboo. *Taiwan Kexue*, 41, 53-56.
- Hermes F, Braeutigam I, Lehn J, Weichaus D, Cajan C, Shiga A.. 2006. Composition for hair comprising a liquid extract from *Bambusa vulgaris*. *Eur. Pat. Appl.*, 29 pp.
- Jiao J, Zhang Y, Lou D, Wu X, Zhang Y. 2007. Antihyperlipidemic and antihypertensive effect of a triterpenoid-rich extract from bamboo shavings and vasodilator effect of friedelin on phenylephrine-induced vasoconstriction in thoracic aortas of rats. *Phytotherapy Research*, 21, 1135-1141.
- Kwon AY. 2006. Skin whitening composition comprising extract of bamboo leaves for inhibiting formation of melanin in skin without side-effects. *Kongkae Taeho Kongbo*, No pp. given.
- Li X. 2000. A facial mask for nourishing skin. *Faming Zhuanli Shenqing Gongkai Shuomingshu*.
- Miyazaki A, Yoshino A, Takeshita K. 2008. Bamboo extracts as hyaluronidase activity inhibitors and *Helicobacter pylori* antibacterial agents. *Jpn. Kokai Tokkyo Koho*, 17pp.
- Zhang Y, Yao X, Bao B, Zhang Y. 2006. Anti-fatigue activity of a triterpenoid-rich extract from Chinese bamboo shavings (*Caulis bambusae in taeniam*). *Phytotherapy Research*, 20, 872-876.

