

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ไพลจัดเป็นพืชในวงศ์ zingiberaceae ซึ่งเป็นตระกูลเดียวกับ จิง ข่า และขมิ้นชัน ซึ่งนิยมปลูกไว้ใช้ภายในครัวเรือน มีชื่อเรียกแต่ละท้องถิ่นแตกต่างกันเช่น ปลูกอย ปลูก (ภาคเหนือ) วานไฟ (ภาคกลาง) มินะล่าง (เงี้ยว-แม่ฮ่องสอน) ตามตำราว่าน จัดไพลเป็นว่านชนิดหนึ่งที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายแตกต่างกันไปในแต่ละท้องถิ่น โดยกล่าวถึงว่านไพลแต่ละชนิด เช่น ว่านไพลเหลือง ว่านไพลดำ ว่านไพลปลูกเสก และว่านไพลม่วง มีการเรียกชื่อว่านไพลแต่ละชนิดตามลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการใช้ประโยชน์ ซึ่งจัดได้ว่าไพลเป็นสมุนไพรสำคัญของไทยอีกชนิดหนึ่ง เนื่องจากหอมพื้นบ้านหรือแพทย์แผนโบราณ มีการนำไพลมาใช้ประโยชน์ในการรักษาโรค ตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน ไพลมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชียแถบประเทศอินเดีย มาเลเซีย อินโดนีเซีย และไทย มีรายงานความแตกต่างของพืชสกุล zingiber โดยการจำแนกด้วยลักษณะภายนอกและการเจริญเติบโตของไพล 4 ชนิด คือ ไพลเหลือง ไพลปลูกเสก ไพลดำ และไพลม่วง ซึ่งในประเทศไทยพบว่า มีการปลูกไพลอยู่ 2 ชนิด คือ ไพลเหลือง (*Zingiber montanum* (Koen.) Theilade) (ชื่อพ้อง: *Zingiber cassumunar* Roxb. และ *Zingiber purpureum* Roscoe) และไพลดำ (*Zingiber ottensii* Valetton) (นันทวัน และอรนุช, 2542)

ไพลเหลืองเป็นไม้ล้มลุกสูงประมาณ 0.7-1.5 เมตร มีลำต้นใต้ดินเรียกว่า เหง้า มักมีขนาดใหญ่ เปลือกนอกมีสีน้ำตาลแกมเหลือง เนื้อในมีสีเหลืองอมเขียวและมีกลิ่นหอมเฉพาะ ลำต้นมีสีเขียว กาบหรือโคนใบหุ้มซ้อนกันเป็นลำต้นเทียม เจริญเป็นกอ ใบเดี่ยวเรียงสลับ ใบออกตรงข้ามกัน ลักษณะยาวรี รูปขอบขนานแกมใบรูปหอก กว้าง 3.5-5.5 เซนติเมตร ยาว 18-35 เซนติเมตร โคนใบแผ่เป็นกาบหุ้มลำต้น ดอกเป็นช่อแทงจากดิน มีกลีบประดับซ้อนกันแน่น กลีบดอกสีขาวนวล ใบประดับสีม่วง ผลเป็นผลแห้ง รูปกลม เจริญเติบโตได้ดีในฤดูฝน มีการพักตัวในช่วงเดือนมกราคม-มีนาคม จะสังเกตเห็นต้นไพลมักจะแห้งพับตัวลงไป และจะงอกเป็นต้นใหม่ได้ เมื่อมีความชื้นเพียงพอ (กลุ่มสมุนไพรและเครื่องเทศ, 2543) ขยายพันธุ์โดยใช้เหง้า ปลูกได้ดีในดินเหนียวปนทราย มีแสงแดดพอควรและมีปริมาณความชื้นที่สม่ำเสมอ

ส่วนที่นำมาใช้ประโยชน์คือส่วนของลำต้นใต้ดินหรือเหง้า (rhizome) ใช้เป็นยาภายในและภายนอก ภายในเหง้าของไพลมีน้ำมันหอมระเหย (essential oil) ซึ่งประกอบด้วย α -pinene, β -pinene, subinene, myrcene, α -terpinene, limonene, γ -terpinene, p -cymene, terpinolene และ terpine-4-ol (Department of Medical Sciences, 1998) และเหง้าไพลยังมีสารสีเหลือง curcumin, β -sitosterol และสาร acyclohexene derivatives, naphthoquinones derivatives, butanoids derivatives ที่สำคัญคือสาร compound D หรือ (E)-4-(3,4-dimethoxyphenyl) but-3-en-1-ol และ DMPBD หรือ (E)-1-(3,4-dimethoxyphenyl) butadiene ซึ่งใช้ในการรักษาอาการบวม ฟกช้ำและเคล็ดขัดยอก (สถาบันวิจัยสมุนไพร, 2551; กระทรวงสาธารณสุข, 2551) นอกจากนี้ยังมีสาร cassumunar A, B และ C ซึ่งเป็น complex curcuminoid ซึ่งมีฤทธิ์ antioxidant แรงกว่า curcumin (Jitoe *et al.*, 1994) และพบสารใหม่พวก phenylbutenoid dimmer คือ (+/-)-trans-3-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-4-[(E)-3,4-dimethoxystyryl]cyclohex-1-ene โดยแยกได้จากส่วนของเหง้าไพล (Han *et al.*, 2004)

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันไพล (มอก. 1679-2541) ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2543) ระบุแนวทางในการผลิตน้ำมันไพลคุณภาพดี และเหมาะสมที่จะใช้ในอุตสาหกรรมยาต่อไป จึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันไพล โดยกำหนดให้น้ำมันไพลหมายถึงน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากเหง้า (Rhizome) ของไพล โดยการกลั่นด้วยไอน้ำซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญดังต่อไปนี้

รายการที่	องค์ประกอบทางเคมี	เกณฑ์ที่กำหนด ร้อยละของพื้นที่สัมพัทธ์*
1	แอลฟา-ไพเนน (α -pinene)	1.0 - 3.0
2	ซาบินีน (sabinene)	31.0 - 48.0
3	แอลฟา-เทอร์ไพเนน (α -terpinene)	3.0 - 8.0
4	แกมมา-เทอร์ไพเนน (γ -terpinene)	6.0 - 10.0
5	เทอร์ไพเนน-4-อล (terpinene-4-ol)	19.0 - 36.0

หมายเหตุ * หมายถึง ร้อยละของพื้นที่สัมพัทธ์ที่ได้จากก๊าซโครมาโทแกรม

การศึกษาทางเภสัชวิทยา

จากการศึกษาทางเภสัชวิทยากับสัตว์ทดลอง ไพลมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาหลายด้านคือ ฤทธิ์ด้านการอักเสบ ฤทธิ์แก้ปวด ฤทธิ์ต่อกล้ามเนื้อเรียบ ฤทธิ์ต่อหัวใจ ฤทธิ์ฆ่าเชื้ออสุจิ ฤทธิ์ในการเป็นยาชาเฉพาะที่ ฤทธิ์ต้านทานเชื้อแบคทีเรีย ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านเชื้อรา

ฤทธิ์ด้านการอักเสบ (Anti-inflammatory) มีรายงานการด้านการอักเสบของสาร DMPBD จากการศึกษาประสิทธิภาพในการลดอาการบวมของใบหูหนูขาว ซึ่งถูกเหนี่ยวนำโดยการทา ethyl phenylpropionate (EPP), arachidonic acid (AA) และ 12-O-tetradecanoylphorbol 13-acetate (TPA) พบว่าสารสกัด DMPBD ที่ให้โดยการทา สามารถลดการบวมที่ใบหูของหนูขาว ที่ถูกกระตุ้นด้วย EPP และ AA ได้ดีกว่า oxphenbutazone และ phenidone ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพการออกฤทธิ์สูงสุดที่เวลา 30 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับ ID_{50} ของ TPA-induce edema ที่เวลา 8 ชั่วโมง พบว่า DMPBD (660 pmole/ear) มีความแรงมากกว่า diclofenac (7,200 pmole/ear) ประมาณ 11 เท่า เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ในการยับยั้ง การเกาะกลุ่มของเกล็ดเลือดจากการเหนี่ยวนำด้วย collagen, adenosine diphosphate (ADP), AA และ PAF พบว่า DMPBD ยับยั้งการเกาะกลุ่มของเกล็ดเลือดที่ถูกเหนี่ยวนำด้วย PAF ได้ดีที่สุด เชื่อว่า DMPBD มีฤทธิ์ด้านการอักเสบ โดยอาจออกฤทธิ์ผ่านการยับยั้งการทำงานของ cyclooxygenase และ lipoxygenase ของกระบวนการ AA metabolism โดยน่าจะมียูฤทธิ์แรงกว่าในการยับยั้ง lipoxygenase pathway (รัตติมา, 2537)

ส่วนสาร Compound D หรือ (E)-4-(3,4-dimethoxyphenyl) but-3-en-1-ol ได้ถูกนำมาศึกษาฤทธิ์ด้านการอักเสบของไพล โดยใช้สารสกัดจากเหง้าของไพลด้วย methanol, ether, n-hexane และน้ำ ทำการทดลองกับหนูทดลองที่ได้รับการเหนี่ยวนำโดย carrageenan-induced edema และ acetic acid induce vascular permeability

พบว่าสารสกัดที่สกัดด้วย methanol มีฤทธิ์เป็นทั้งด้านการอักเสบ (antiinflammatory) และบรรเทาปวด (Ozaki *et al.*, 1991) นอกจากนี้ Panthong *et al.*, 1990 ศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ด้านการอักเสบของสารสกัดโพลด้วย hexane 7 ชนิดในขนาด 300 มิลลิกรัม / กิโลกรัม น้ำหนักตัว สาร compound D สามารถยับยั้งการบวมของอุ้งเท้าหนูจากการฉีดสารเจี๊นได้สูงสุด และมีฤทธิ์ในการแก้ไข้ แก้ปวดด้วย โดยผู้วิจัยให้ข้อเสนอแนะว่ากลไกการออกฤทธิ์คล้ายกับยาบรรเทาอาการอักเสบ NSAIDs (Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs)

ฤทธิ์แก้หืด (Antiasthmatic activity) มีการศึกษาคุณสมบัติของสารสำคัญที่แยกได้จากโพล พบว่าสาร compound D มีคุณสมบัติทำให้กล้ามเนื้อเรียบบริเวณลำไส้เล็กส่วนปลายของหนูตะเภาคลายตัว และสามารถต้านฤทธิ์ของฮิสตามีน อะเซทิลโคลีน นิโคที และ เซโรโทนิน ที่มีฤทธิ์ต่อกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังสามารถต้านฤทธิ์ของฮิสตามีน ที่มีต่อหลอดลมของหนูตะเภา จากการทดลองแสดงว่า โพลมีคุณสมบัติที่จะนำมาใช้เป็นยาบำบัดอาการหืดหอบหรือบรรเทาอาการปวดเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบบริเวณลำไส้ได้ (นิยดา และคณะ, 2522)

ฤทธิ์ต่อกล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle relaxant) จากการศึกษาทางเภสัชวิทยา พบว่าสารสกัดโพลด้วยน้ำขนาด 8 มก./มล., 16 มก./มล. และ 64 มก./มล. สามารถลดการบีบตัวของมดลูก ลำไส้ และกระเพาะอาหารส่วนต้นได้ 100 % แต่ผลของการบีบตัว การตึงตัวและผลต่อกล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือดแดงจากสายสะดือเด็กทารก ไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน การออกฤทธิ์ต่อน้ำสกัดโพลที่ทำให้มดลูกและลำไส้คลายตัวนี้สามารถต่อต้านได้ด้วย serotonin และ acetylcholine ตามลำดับ (วัลภา และเล็ก, 2519) สาร compound D มีฤทธิ์คลายกล้ามเนื้อมดลูก (uterine relaxant effect) จากการทดสอบกับมดลูกของหนูขาวที่ไม่ได้ตั้งท้อง ส่วนหนูที่ตั้งท้องมีการตอบสนองต่อฤทธิ์ของสาร compound D ต่างกันออกไปขึ้นกับระยะการตั้งครรภ์ (Kanjapothi *et al.*, 1987)

ฤทธิ์ต่อหัวใจ (Antiarrhythmic activity) จากการศึกษาผลของน้ำสกัดโพลต่อการทำงานของหัวใจเต่า พบว่า ทำให้เกิดความแรงในการบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจลดลง (negative inotropic effect) โดยโพลออกฤทธิ์คล้ายคลึงกับ quinidine ซึ่งเป็นยาที่ใช้รักษาภาวะหัวใจเต้นผิดปกติ (Veerasarn, 2514) และจากการศึกษาผลของน้ำสกัดโพลต่อคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ของหนูถีบจักรในภาวะปกติ และภาวะที่หัวใจเต้นผิดปกติ (QRSs-complex) ตามด้วยการเกิด ventricular tachycardia พบว่าในภาวะที่หัวใจเต้นผิดปกติ น้ำสกัดโพลไม่สามารถลดอัตราการเกิด cardiac arrhythmia ได้ (วัลภา และประไพ, 2519)

ฤทธิ์ในการเป็นยาชาเฉพาะที่ (Local anesthetic) น้ำคั้นโพลออกฤทธิ์ต่อ nerve action potential ของเส้นประสาท sciatic ในคางคก คล้ายกับการออกฤทธิ์ของยาชา lidocaine (วัลภา และศักดิ์ชัย, 2518)

ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย (Antibacterial activity) จากการทดลองของ Anatsan (1977) สารสกัดหัวโพลด้วยอีเธอร์มีผลต่อเชื้อ *E. coli*, *Bacillus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi*, *Shigella typhi*, *Shigella dysenteriae* และ *Staphylococcus aureus* และ สักดิ์ชัย และคณะ (2526) พบว่าสารสกัดโพลด้วย petroleum ether สามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *E. coli* และ *Candida albicans* ได้ แต่สารสกัดด้วยน้ำของเหง้าโพลไม่สามารถยับยั้งเชื้อทั้ง 4 ชนิด รวมทั้ง *Pseudomonas aeruginosa* หรือ *Proteus vulgaris* ได้

ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) Chirangini *et al.* (2004) พบว่าสารสกัดหยาบจากเหง้าไพล ด้วย methanol เมื่อเปรียบเทียบกับพืชกลุ่มที่ให้สาร curcumin อีก 10 ชนิดพบว่า ไพลมีฤทธิ์สูงสุดในการเป็น antioxidant โดยใช้ sulfur free radical (GS.) reactivity กับ curcumin ซึ่งเป็น reference indicator

ฤทธิ์ต้านเชื้อรา (Antifungal) จากการวิจัยของ Kishore and Dwivedi (1992) รายงานว่า rhizome ของไพล มีความสามารถในการยับยั้งกระบวนการสร้างสารพิษ ที่เกิดจากเชื้อ *Rhizoctonia solani* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเน่าคอดิน (damping-off) จากการศึกษาทางเคมีและสเปกตรัม พบว่า zerumbone เป็นองค์ประกอบที่มีผลต่อการต้านเชื้อรา ซึ่งปริมาณที่ส่งผลต่อ *R. solani* ต่ำเพียง 1,000 ppm ซึ่งต่ำกว่ายากำจัดเชื้อราทั่วไปมาก นอกจากนี้ยังมีการใช้ในการคลุกเมล็ด พบว่า zerumbone สามารถควบคุมโรคเน่าคอดินของถั่ว *Phaseolus aureus* ซึ่งมีเชื้อสาเหตุคือ *Rhizoctonia solani* ได้มากถึง 85 %

การศึกษาทางคลินิก

รักษาอาการอักเสบ ปวด บวม ฟกช้ำ มีการทดสอบประสิทธิภาพของครีมไพลจิซาล (ประกอบด้วยน้ำมันไพล 14 %) จากผู้ป่วย 21 ราย พบว่าผู้ป่วย 10 ราย ที่ได้รับยาไพลจิซาล แสดงอาการบวมที่บริเวณข้อเท้า น้อยกว่ากลุ่มที่ใช้ยาหลอกในด้านการลดปวดนั้น แม้กลุ่มแรกจะรู้สึกปวดน้อยกว่ากลุ่มหลังอย่างมีนัยสำคัญ หลังจาก 4 วันแล้วก็ตาม แต่ใน 2 วันแรกจะมีการรับประทานยาแก้ปวด paracetamol น้อยกว่า นอกจากนี้กลุ่มแรกยังสามารถขยับข้อเท้าลงได้มากกว่ากลุ่มหลัง โดยผู้วิจัยสรุปว่ายาครีมที่เตรียมจากไพล (ไพลจิซาล) นี้มีสรรพคุณในการช่วยลดอาการอักเสบของข้อเท้าแพลง ที่ไม่เสียความมั่นคงของข้อเท้าได้จริง (วิรุพห์ และคณะ, 2536)

รักษาโรคหอบหืด นอกจากนี้ยังมีการทดสอบฤทธิ์ต้านฮิสตามีนของไพลในผู้ป่วยเด็กโรคหืด โดยฉีดฮิสตามีนที่แขนซ้ายก่อนได้รับยา และฉีดที่แขนขวาหลังการให้กินไพลแห้งบดในขนาด 11-25 มก./กก. 1 ชั่วโมงครึ่ง วัดรอยนูนแดงหลังฉีดฮิสตามีน 15 นาที พบว่าไพลมีฤทธิ์ต้านฮิสตามีน โดยสามารถลดขนาดของตุ่มนูนที่เกิดจากการฉีดด้วยฮิสตามีนได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังมีประสิทธิภาพน้อยกว่ายาคลอเฟนิลามีน (กณิกา และคณะ, 2529); มนตรี และคณะ (2527) ศึกษาฤทธิ์ของไพลในผู้ป่วยเด็กที่เป็นหืด โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ตอนคือ ตอนแรกศึกษาในผู้ป่วยเด็ก 8 รายที่มีอาการหอบ และไม่ได้รับยาชนิดใดมาก่อน โดยให้ผู้ป่วยรับประทานไพล 250 มก. พบว่าค่าเฉลี่ยของผู้ป่วยหลังการรักษามีอาการหอบลดลง ปอดดีขึ้น ชีพจร และความดันโลหิตไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนรายที่การรักษาไม่ได้ผล เป็นผู้ป่วยที่มีอาการหอบรุนแรง ส่วนตอนที่สอง ได้ศึกษาเพื่อดูผลในการรักษาระยะยาว โดยศึกษาในผู้ป่วย 12 ราย ให้กินไพลประจำครั้งละ 1 แคปซูล (130 มก.) หลังอาหารเช้า และเย็น เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าระหว่างใช้ไพลผู้ป่วยมีอาการหอบน้อยลง

ใช้ในการไล่แมลง มีการทดลองนำน้ำมันไพลมาทำเป็น ointment ความเข้มข้น 30 % พบว่า สามารถป้องกันยุงลาย (*Aedes aegypti*) และยุงรำคาญ (*Culex p. fatigans*) ได้นานประมาณ 3 ชั่วโมง เมื่อทดสอบภาคสนามเทียบกับคนที่ไม่ทายาไพล สามารถลดการกัดของยุงรำคาญได้ 92.8 % (ประคอง และคณะ, 2521)

การศึกษาทางพิษวิทยา

การทดสอบความเป็นพิษ รังสรรค์ และคณะ(2529) ศึกษาความเป็นพิษของไพลในหนูจากการศึกษา ระยะปัจจุบัน พบว่าไพลที่สกัดด้วยแอลกอฮอล์ และเฮกเซน มี LD₅₀ เท่ากับ 20 กรัม และ 80 กรัมต่อน้ำหนักหนู 1 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนในการศึกษาพิษระยะยาว ใช้หนูทั้งหมด 112 ตัว โดยใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ 28 ตัว แบ่งที่เหลือเป็น 3 กลุ่ม ให้อาหารที่ผสมไพลทุกวันขนาด 0.5, 3 และ 18 % ของน้ำหนักของอาหารซึ่งคิดเป็น ขนาด 23, 150 และ 1,200 เท่าของขนาดของยาที่ใช้ในการรักษาคน ผู้วิจัยสรุปว่าในขนาดที่รักษาปกติ ไพลไม่ ปรากฏความเป็นพิษทั้งระยะปัจจุบัน และระยะยาว นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพิษเฉียบพลัน และพิษเรื้อรังของ ไพลในหนูถีบจักร หนูขาว และลิงแสม พบว่าหนูถีบจักรไม่แสดงอาการพิษเฉียบพลันใด ๆ เมื่อกรอกผงไพล จำนวน 10 ก./กก. LD50 ของสารสกัดไพลที่ให้ทางปากหรือฉีดเข้าใต้ผิวหนังมากกว่า 20 ก./กก. แต่เมื่อฉีดเข้า ทางช่องท้องเท่ากับ 14.8 ก./กก. ในการศึกษาพิษเรื้อรังของไพลในหนูขาว พบว่าหนูขาวทั้งสองเพศ ในกลุ่มกิน อาหารผสมไพล 5.0 % ตายก่อนเสร็จสิ้นการทดลอง หนูเพศผู้กินอาหารผสมไพลได้น้อยกว่ากลุ่มที่กินอาหาร ปกติ จากการตรวจสอบทางชีวเคมีพบว่า หนูที่กรอกยาไพลมีระดับอัลบูมินต่ำ SGOT และ SGPT สูง จากการ ชันสูตรซาก พบว่าหนูขาวที่ได้รับไพลติดต่อกัน 1 ปี มีตับผิดปกติ เช่น ตับแข็ง เนื้อตับเป็นปุ่มปม บางตัวมีเนื้อ งอกที่ตับ โดยตับ และม้ามของหนูกลุ่มที่กรอกยาไพลมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามขนาดของไพลที่ได้รับ ส่วน การศึกษาทางจุลพยาธิพบ ว่าเซลล์ของตับหนูผิดปกติ และจะเพิ่มจำนวนขึ้นตามขนาดของไพลที่ได้รับ ความ ผิดปกติที่ตรวจพบได้แก่ ตับแข็ง และเกิดการก่อมะเร็งที่เซลล์ของตับ แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่เซลล์ของ อวัยวะอื่น ส่วนการศึกษาพิษเรื้อรังของไพลในลิงแสม 16 ตัว พบว่าลิงกลุ่มที่กรอกยาไพล 0.02 ก./กก. เจริญเติบโตเร็ว และมีค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (Hct) สูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ กลุ่มลิงที่กรอกด้วยยาไพล 1.0 ก./กก./วัน ครั้งแรกเกิดการเป็นพิษต่อตับอย่างเฉียบพลัน หลังจากลิงกลุ่มนี้ได้รับยาไพล 3 เดือน มีการเจริญเติบโตช้าลง สุขภาพไม่แข็งแรง ในเดือนที่ 5 และ เดือนที่ 9 พบว่าตับเสื่อมสมรรถภาพในการสร้างโปรตีน จากการศึกษา นี้ สรุปได้ว่าไพลเป็นพิษต่อตับ และยังไม่มีความปลอดภัยที่จะนำมาใช้เป็นยารักษาโรคหืด นอกจากจะมีการจัด สารที่เป็นพิษต่อตับออกไปก่อน (นาถฤดี และคณะ, 2533)

ฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์ (Mutagenicity) Ungsurungsie *et al.*(1982) ใช้สารสกัดจากเหง้าไพลด้วยน้ำร้อน ในขนาด 0.5 ซีซี ต่อ disc พบว่าไม่มีผลต่อ *Bacillus subtilis* H-17 (Rec+) และ M-45 (Red-) และ Wasuwat *et al.* (1987) สรุปว่าน้ำมันหอมระเหย และ terpinen-4-ol ไม่มีฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์กับ *Salmonella typhimurium* สาย พันธุ์ TA98 และ TA100

ฤทธิ์ก่อมะเร็ง รายงานการศึกษาฤทธิ์ก่อมะเร็งของสารสกัดและสารบริสุทธิ์จากไพล (เรณู และคณะ, 2533) ได้แก่วสารสกัดด้วยเฮกเซน, steam distillate, สาร D acetate, สาร D palmitate และอื่น ๆ ด้วยวิธีทดสอบ แบบต่าง ๆ เทียบกับ known carcinogen พบว่า สารสกัดด้วยเฮกเซน, Steam distillate มีคุณสมบัติก่อการกลาย พันธุ์ (mutagenic effect) ชัดเจน ขณะที่ สาร D และสาร D acetate มีคุณสมบัติก่อการกลายพันธุ์อย่างอ่อนมาก นอกจากนี้ พบว่าเป็น indirect mutagen ด้วยคือ ต้องอาศัย metabolic activation จาก S-9 fraction จึงจะก่อการ กลายพันธุ์ได้ จากการศึกษา cell transformation ใน 3T3 cell line ด้วยคือ ต้องอาศัย metabolic activation จาก S-9 fraction จึงจะก่อการกลายพันธุ์ได้ และเมื่อศึกษาฤทธิ์ในการทำให้เกิด altered hepatic foci หรือ hyperplastic

nodules ในตับหนูขาวซึ่งจัดเป็น medium – term assay รับ sublethal dose ถึง 2 ครั้งห่างกัน 1 สัปดาห์แล้วตามด้วยการตัดตับบางส่วน (partial hepatectomy) 1 สัปดาห์ต่อมาติดตาม

ฤทธิ์ระคายเคืองผิวหนังและก่อให้เกิดอาการแพ้ที่ผิวหนัง (Skin irritation and sensitization) จากการศึกษาความปลอดภัยของไฟลเจล (10 % w/v ด้วยวิธีที่แนะนำโดย OECD พบว่า ไฟลเจลอาจก่อให้เกิดอาการระคายเคืองได้เล็กน้อย แต่เมื่อทดสอบการระคายเคืองโดยวิธี mouse ear irritation test) พบว่าไฟลเจลแทบจะไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองในหนูถีบจักร และไม่ก่อให้เกิดการแพ้เมื่อทดสอบด้วยวิธี Buehler test ในหนูตะเภา (วารุณี, 2542)

สรรพคุณตามตำราแพทย์แผนไทย มีการใช้เหง้าในการรักษาการฟกช้ำ เคล็ดบวม ขับลมในลำไส้ แก้กูกเสียด แก้ปวดท้อง แก้ท้องอืดเฟ้อ ขับระดู ขับโลหิต ทำให้ประจำเดือนมาปกติ และยังมีการใช้ดอกในการขับโลหิต แก้อาเจียนเป็นโลหิต แก้เลือดกำเดาออกทางจมูก แก้ไข้ใน (นันทวัน, 2542)

น้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหยเป็นน้ำมันที่พืชผลิตขึ้นตามธรรมชาติและเก็บไว้ตามส่วนต่าง ๆ เช่น กลีบดอก ใบ ผิวของผล เกสร รากหรือเปลือกของลำต้น มีลักษณะเป็นน้ำมันที่มีอนุภาคเล็กมาก มีกลิ่นเฉพาะตัว ระเหยได้ในอุณหภูมิธรรมดา เวลาที่ได้รับความร้อน อนุภาคเล็กๆ ของน้ำมันหอมเหล่านี้จะระเหยออกมาเป็นไอรอบ ๆ ทำให้เราได้กลิ่นหอม น้ำมันหอมระเหยจัดเป็นสารพวก secondary metabolite ที่พืชสร้างขึ้นมาจากกระบวนการเจริญเติบโต (metabolism) ซึ่งจะพบต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด โดยมีปริมาณ และชนิดของสารประกอบแตกต่างกันไปตามส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ดอก ใบ และคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ดิน ภูมิอากาศ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความสูงจากระดับน้ำทะเล การเก็บเกี่ยว เทคนิค และวิธีการสกัด น้ำมันหอมระเหยช่วยดึงดูดแมลงให้มาผสมเกสรดอกไม้ ปกป้องการรุกรานจากศัตรูและการรักษาความชุ่มชื้นแก่พืช มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรค บรรเทาอาการอักเสบหรือลดบวม คลายเครียด หรือกระตุ้นให้สดชื่น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยมีจำนวนมาก แต่สามารถแยกเป็นกลุ่มของสารได้เป็น 8 กลุ่ม (วันดี, 2544) ซึ่งในแต่ละกลุ่มจะออกฤทธิ์ในการบำบัดที่แตกต่างกันดังนี้

1. Hydrocarbon volatile oils ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยที่มี hydrocarbon เป็นองค์ประกอบหลัก ตัวอย่างของสารที่จัดเป็น hydrocarbon monocyclic terpene ได้แก่ limonene ซึ่งพบได้ในน้ำมันจากมินต์ ส้มกระวาน และน้ำมันสน p-cymene ซึ่งพบในน้ำมันจากลูกผักชีและอบเชย dicyclic monoterpene เช่น pinene ซึ่งพบในน้ำมันยูคาลิปตัส น้ำมันดอกส้ม และน้ำมันลูกผักชี

2. Alcohol Volatile oils ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยที่มีแอลกอฮอล์เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญได้แก่น้ำมันจากลูกผักชี ลูกกระวาน ดอกส้ม ดอกกุหลาบ และน้ำมันสน แอลกอฮอล์ที่พบได้แก่ geraniol, citronellol, menthol และ α -terpineol

3. Aldehyde volatile oils ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยที่มีสารจำพวกแอลดีไฮด์เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญ ได้แก่ น้ำมันอบเชย น้ำมันจากส้ม มะนาว และตะไคร้หอม ตัวอย่างของ aldehyde ที่พบได้แก่ geranial, neral และ citronellal เป็นต้น

4. Ketone volatile oils ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยที่มีสารจำพวก ketone เป็นองค์ประกอบหลัก ตัวอย่างของ ketones ที่พบได้แก่ menthone, camphor, piperitone, pulegone fenchone และ thujone น้ำมันหอมระเหยที่สำคัญในกลุ่มนี้ได้แก่ การบูร และมินต์

5. Phenol volatile oils มีสารจำพวก phenol เป็นองค์ประกอบหลัก phenol ที่พบได้แก่ eugenol, thymol และ carvacrol เป็นต้น น้ำมันหอมระเหยในกลุ่มนี้ได้แก่ clove oil, thyme oil, pine tar และ juniper tar

6. Phenolic ether volatile oils มีสารจำพวก phenolic ether เป็นองค์ประกอบหลัก ตัวอย่างของน้ำมันหอมระเหยในกลุ่มนี้ได้แก่ น้ำมันโป๊ยกั๊ก และ น้ำมันจันทน์เทศ เป็นต้น

7. Oxide volatile oils มีสารจำพวก oxide เป็นองค์ประกอบหลัก ตัวอย่างของสาร oxide ที่พบในน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ cineole ซึ่งพบในน้ำมันยูคาลิปตัส

8. Ester volatile oils มีสารจำพวก ester เป็นองค์ประกอบหลัก ตัวอย่างของสารจำพวก ester ที่พบได้แก่ allyl isothiocyanate พบในน้ำมันมัสตาด และ methyl salicylate พบได้ใน wintergreen oil

การสกัดน้ำมันหอมระเหย

วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชในปัจจุบันสามารถทำได้ใน 5 วิธี คือ

1. การสกัดโดยการกลั่น (Distillation) การกลั่นเป็นการแยกสารที่ระเหยง่ายออกจากที่ระเหยได้ยากหรือสารที่ไม่ระเหย โดยอาศัยความร้อนทำให้สารตัวอย่างเดือดจนกลายเป็นไอแล้วทำให้ไอลวกแน่นกลับมาเป็นของเหลวอีกครั้ง ของเหลวที่ได้นั้นเรียกว่า distillate ของเหลวที่เหลืออยู่ในขวดกลั่นเรียกว่า residue ซึ่งเป็นสารที่ไม่ระเหยหรือมีความดันไอสองกว่า distillate นอกจากนี้การกลั่นยังสามารถใช้แยกสารที่มีจุดเดือดต่างกันมาก ๆ เครื่องมือที่ใช้ในการกลั่นแบบธรรมดาจะใช้กับสารที่มีจุดเดือดต่างกันมากกว่า 80 องศาเซลเซียส การกลั่นมีข้อดีกว่าการสกัดโดยตรง เพราะปราศจากการปะปนของสารที่ไม่ระเหย ส่วนข้อเสียก็คือ ได้สารระเหยที่มีความเข้มข้นน้อย การกลั่นเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดเพราะทำง่าย ประหยัด ได้น้ำมันหอมระเหยปนมากับน้ำแยกเป็น 2 ชั้นซึ่งแยกออกได้ง่าย จะได้น้ำมันหอมระเหย (essential oil) และน้ำปรุง (aromatic water, floral water หรือ hydrosol) การกลั่นแบ่งออกได้เป็น 3 วิธีคือ (มณีษา, 2546)

1.1 การกลั่นโดยตรง (Direct distillation) หรือ การกลั่นด้วยน้ำ (water distillation) เป็นกระบวนการต้มสารตัวอย่างกับน้ำ วิธีนี้สารตัวอย่างต้องอยู่ในน้ำเดือด หรือลอยอยู่บางส่วน สารตัวอย่างที่ผสมกับน้ำจะถูกให้ความร้อนโดยตรงจากเปลวไฟหรือจากท่อไอน้ำ การสกัดวิธีนี้ทำให้สารตัวอย่างสัมผัสกับน้ำโดยตรง เมื่อสารตัวอย่างเดือดจะระเหยกลายเป็นไอแล้วควบแน่นกลับมาเป็นของเหลวอยู่ในภาชนะรองรับ ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการกลั่นสารตัวอย่างจะได้รับความร้อนไม่สม่ำเสมอ ตรงกลางหม้อกลั่นมักจะได้รับความร้อนมากกว่าด้านข้าง จึงทำให้สารตัวอย่างไหม้ กลิ่นไหม้จะปนมาน้ำมันหอมระเหย และอาจทำให้มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหย ซึ่งแก้ไขโดยการปั่นกววนตลอดเวลา หรือใช้ไอน้ำร้อนหรืออาจใช้ closed

steam coil จุ่มในหม้อต้ม แต่การใช้ coil นี้ไม่เหมาะกับดอกไม้บางชนิด เช่น กุหลาบ เนื่องจากเมื่อกลีบกุหลาบถูก steam coil จะหดตัวกลายเป็น glutinous mass ซึ่งทำให้ไม่สามารถกลั่นน้ำมันออกมาได้เลยต้องกลั่นด้วยน้ำแบบธรรมดา โดยน้ำจะซึมเข้าไปในกลีบดอกไม้และ น้ำกลั่นออกมาได้ง่ายขึ้น การกลั่นแบบนี้ใช้กับวัตถุดิบที่ติดกันง่าย เช่น พวงอัมมอนด์ ใบไม้บาง ๆ หรือกลีบดอกไม้ เพราะเมื่อน้ำเดือดจะช่วยให้มีการเคลื่อนไหวยของตัววัตถุดิบตลอดเวลา และน้ำหรือไอน้ำสามารถซึมผ่านเข้าไปได้

1.2. การกลั่นโดยอ้อม (Indirect steam distillation) สามารถทำได้ 2 แบบได้แก่

1.2.1 การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (water steam distillation) เป็นกระบวนการกลั่นโดยวางสารตัวอย่างไว้บนตะแกรงเหนือระดับน้ำ แล้วต้มน้ำให้เดือด ไอน้ำจะลอยตัวขึ้นไป ผ่านพืชหรือสารตัวอย่างที่จะกลั่น โดยน้ำจะไม่สัมผัสกับสารตัวอย่าง ไอน้ำจากน้ำเดือดเป็นไอน้ำที่อิ่มตัว หรือว่าไอน้ำเปียก ไม่ร้อนจัด เป็นการกลั่นที่สะดวกที่สุด ได้คุณภาพของน้ำมันดีกว่าการกลั่นด้วยน้ำ การกลั่นแบบนี้ใช้กันอย่างกว้างขวางในการผลิตน้ำมันหอมระเหยทางการค้า

1.2.2 การกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam distillation) เป็นกระบวนการผ่านไอน้ำโดยตรงไปบนสารตัวอย่างที่วางบนตะแกรงในหม้อกลั่น ไอน้ำภายนอกที่อาจจะเป็นไอน้ำเปียก หรือไอน้ำร้อนที่จะถูกส่งไปตามท่อใต้ตะแกรงให้ไอน้ำผ่านขึ้นไปบนตะแกรงที่มีสารตัวอย่างอยู่ ไอน้ำต้องมีปริมาณเพียงพอที่จะช่วยให้ น้ำมันระเหยออกมาจากสารตัวอย่าง น้ำมันหอมระเหยจะถูกสกัดออกมา ข้อดีของการกลั่นวิธีนี้คือ สามารถกลั่นได้อย่างรวดเร็ว เมื่อเอาสารตัวอย่างใส่หม้อกลั่นไม่ต้องเสียเวลารอให้ร้อน ปล่องไอน้ำเข้าไปได้เลย ทำการกลั่นสารตัวอย่างได้ในปริมาณมาก ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมาก การกลั่นน้ำมันหอมระเหยจะดำเนินไปได้ดีที่อุณหภูมิสูง แต่ข้อเสียคือที่อุณหภูมิสูง สารประกอบพวกเอสเทอร์จะถูกไฮโดรไลซ์ให้เป็นกรด และแอลกอฮอล์ได้ง่าย ดังนั้นเพื่อให้ได้น้ำมันหอมระเหยที่มีคุณภาพดีที่สุด ควรกลั่นที่อุณหภูมิต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ หากได้น้ำมันน้อย ควรใช้อุณหภูมิสูงขึ้น ใช้เวลาสั้นที่สุด การกลั่นจะต้องวัดอุณหภูมิ และเวลาให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม

1.3 การกลั่นภายใต้สุญญากาศ (Vacuum steam distillation) การกลั่นวิธีนี้คล้ายกับการกลั่นด้วยไอน้ำ แต่จะมีการลดความดันโดยการทำให้เป็นสุญญากาศเพื่อป้องกันการสูญเสียกลิ่น และลดการเกิดสารแปลกปลอมอันเนื่องมาจากสารที่ไม่เสถียรเมื่อถูกความร้อนสูง

2. การสกัดโดยการบีบอัด (Pressing) การหีบหรือบีบ เป็นวิธีการแยกสารหอมที่ใช้กับพืชบางชนิดที่มีน้ำมันหอมระเหยอยู่ในเปลือก เช่น ผลไม้ตระกูลส้ม ได้แก่ ผลส้ม ผลมะนาว และผลมะกรูด เป็นต้น (มนิษา, 2546)

2.1 Sponge process เป็นวิธีที่สามารถทำเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนได้ โดยนำตัวอย่างมาผ่าเอาเนื้อออก แล้วนำเปลือกมาล้างน้ำ และนำไปกดบีบให้น้ำมันออกมาจากเปลือกโดยใช้เครื่องมือที่ประกอบด้วยไม้ 2 แผ่น มีบานพับติดอยู่ด้านหนึ่ง ด้านตรงข้ามมีด้ามสำหรับกดยกขึ้นลงได้ ซึ่งตรงกลางของไม้จะบุด้วยฟองน้ำ เวลาใช้จะนำตัวอย่างไปวางตรงกลางแล้วใช้แรงกดน้ำมันจะถูกบีบออกจากเปลือก และดูดซับอยู่ที่ฟองน้ำ เมื่อบีบมาก ๆ น้ำมันในฟองน้ำก็จะไหลออกมาลงไปยังภาชนะรองรับ เมื่อได้น้ำมันหอมระเหยมากพอแล้วก็ตั้งทิ้งไว้ให้น้ำมันแยกจากน้ำ แล้วจึงนำน้ำมันหอมระเหยที่ได้ไปทำให้บริสุทธิ์ต่อไป

2.2 Ecuelle method วิธีนี้ใช้ถังกลมที่ภายในมีเข็มเล็กๆ อยู่บริเวณด้านในถึง จากนั้นทำการใส่ตัวอย่าง ลงในถังแล้วหมุนให้รอบเพื่อให้เข็มที่มแทงเซลล์ต่อมน้ำมันของตัวอย่างที่กลิ้งอยู่ในถัง น้ำมันหอมระเหยจะซึมออกทางช่องที่จัดทำไว้ ซึ่งปริมาณน้ำมันที่ได้นี้จะน้อยกว่าวิธีบีบคั้น แต่เป็นวิธีที่เตรียมง่ายสะดวก และช่วยผ่อนแรง

2.3 Machine process วิธีนี้เป็นวิธีที่โรงงานทำหัวน้ำมันหอมระเหยใช้สำหรับแยกน้ำมันหอมระเหยจากตัวอย่าง ซึ่งจะใช้เครื่องคั้นที่มีกำลังคั้นตัวอย่างที่ล้างสะอาดจะได้ทั้งน้ำมันหอมระเหย และน้ำผลไม้ จากนั้นกรองน้ำมันที่ได้แล้วนำไปกลั่นภายใต้สุญญากาศจะได้น้ำมันหอมระเหยที่บริสุทธิ์

3. การสกัดด้วยวิธี Enfleurage เป็นวิธีที่เก่าแก่ มักใช้กับกลีบดอกไม้ซึ่งมีน้ำมันหอมระเหยปริมาณน้อย โดยอาศัยหลักการที่ไขมัน และน้ำมันสามารถละลายดูดซับหรือจับกับ ethereal oil ได้ มี 2 วิธีคือ

3.1 การสกัดด้วยไขมันเย็น (Cold enfleurage) อาศัยคุณสมบัติคุณสมบัติในการดูดกลืนของไขมัน นิยมใช้กับดอกไม้ที่สลายตัวง่ายเมื่อถูกความร้อน เช่น ดอกมะลิ (jasmine) และดอกช่อนกลิ่น (tuberose) โดยเก็บดอกไม้สดเมื่อถึงช่วงเวลาที่ส่งกลิ่นหอมมาก นำมาโรยแผ่กระจายให้ทั่วบนกระเบื้องซึ่งจะมีไขมันและปิดด้วยกระจกทั้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง น้ำมันหอมระเหยจากดอกไม้จะซึมเข้าไปอยู่ในไขมัน หลังจากนั้นจะทำการเปลี่ยนดอกไม้ใหม่จนกระทั่งไขมันนี้อิ่มตัว แล้วนำไปสกัดด้วยแอลกอฮอล์ที่เย็นจัด จากนั้นนำไปแช่เย็นเพื่อแยกไขมันออกมา แอลกอฮอล์ที่ละลายน้ำมันหอมระเหยออกมาเรียกว่า extratis aux fleurs (extract of flower) นำไปกลั่นภายใต้สุญญากาศเพื่อแยกแอลกอฮอล์ออก ส่วนที่เหลือเรียกว่า enfleurage absolute หรือ concrete วิธีนี้ไขมันที่นำมาใช้จะต้องสะอาด และมีความแข็งแรงพอเหมาะ ถ้าแห้งไปจะดูดกลืนไม่ดี แต่ถ้ามันเกินไปจะแยกดอกไม้ไม่ได้ยาก สัดส่วนของไขมันมีดังนี้ คือ ไขมันสัตว์ 1 ส่วน และน้ำมันหมู 2 ส่วน

3.2 การสกัดด้วยไขมันร้อน (Hot enfleurage หรือ Maceration) วิธีนี้นิยมใช้กับดอกไม้ที่ทนความร้อนได้ หรือดอกไม้บางชนิด เช่น ดอกกุหลาบ ดอกส้ม ซึ่งหลังจากเด็ดดอกออกมาจากต้น physiological activity จะหยุดทันที เมื่อสกัดด้วยไขมันร้อนสามารถสกัดได้น้ำมันหอมระเหย และกลิ่นหอมมากกว่าการสกัดด้วยไขมันเย็น โดยการแช่ดอกไม้ในน้ำมันหมูหรือน้ำมันอื่นๆ แล้วอุ่นให้ร้อนที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส การกวนและการเพิ่มอุณหภูมิจะช่วยทำให้เซลล์ของน้ำมันหอมระเหยในดอกไม้แตกออก ใช้เวลาประมาณครึ่งชั่วโมง แล้วทำให้เย็น น้ำมันหอมระเหยจากดอกไม้จะละลายอยู่ในน้ำมัน อุ่นให้ร้อนอีกครั้งแล้วกรองดอกไม้ออกมาเปลี่ยนดอกไม้สดหลายครั้งจนไขมันอิ่มตัว ไขมันที่มีกลิ่นน้ำมันหอมระเหยนี้เรียกว่า ปอมเมต (pomades) นำไปสกัดด้วยแอลกอฮอล์ ซึ่งน้ำมันหอมระเหยจะละลายอยู่ในแอลกอฮอล์ แล้วจึงนำไปแช่แข็ง น้ำมันจะแข็งตัวแยกออกจากแอลกอฮอล์ กรองสารละลายออกแล้วนำไปกลั่นภายใต้สุญญากาศเพื่อแยกแอลกอฮอล์ออก ส่วนที่เหลือเรียกว่า absolute วิธีนี้ใช้ไม่ได้กับสารที่ระเหยง่ายหรือไม่คงตัวเมื่อถูกกับความร้อน

4. การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction) เป็นการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมซึ่งเป็น volatile hydrocarbon เช่น hexane, benzene หรือ petroleum ether สกัดเอาสารหอมออกมาเรียกว่า concrete ซึ่งสารสกัดที่ได้มีส่วนประกอบของ essential oil, fats, waxes และ heavier oils เรียกว่า concrete ทำการแยกน้ำมันหอมระเหยออกจาก fats, waxes และ heavier oils โดยนำ concrete มาละลายในแอลกอฮอล์ น้ำมันหอมระเหยและสารหอมจะละลายอยู่ในแอลกอฮอล์ กรองสารและระเหยแอลกอฮอล์ภายใต้ความดัน จะได้น้ำมันหอมระเหย

เรียกว่า absolute วิธีนี้จะได้น้ำมันหอมระเหยที่มีกลิ่นคงเดิม เพราะไม่เกิดการสลายตัว เหมาะสำหรับพืชที่ทนความร้อนสูงไม่ได้ เช่น มะลิ และ ช่อนกลิ่น การสกัดด้วยตัวทำละลายมี 2 วิธีคือ

4.1 การสกัดเย็น (Maceration) เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย วิธีการคือคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมกับน้ำมันหอมระเหยในพืช หมักพืชกับตัวทำละลายในภาชนะที่ปิด เช่น ขวดปากกว้าง, ขวดรูปชมพู่ ทิ้งไว้ 7 วัน หมั่นเขย่าหรือคนบ่อยๆ เมื่อครบกำหนดเวลาจึงค่อยๆรินเอาสารสกัดออก นำเอาสารที่สกัดได้ไปแยกเอาตัวทำละลายออกโดยการกลั่นหรือการระเหย

4.2 การสกัดร้อน สกัดโดยใช้เครื่อง Soxhlet extraction apparatus เครื่องมือนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนล่างเป็นภาชนะบรรจุตัวทำละลาย ส่วนกลางเป็นอุปกรณ์ลักษณะพิเศษที่ของเหลวสามารถไหลกลับลงสู่ภาชนะส่วนล่างได้ ซึ่งส่วนนี้ใช้บรรจุสารที่ต้องการสกัดและส่วนบนสุดคือเครื่องควบแน่น (condenser) หลักการทำงานของเครื่อง เมื่อให้ความร้อนแก่ภาชนะส่วนล่าง ตัวทำละลายจะระเหยเป็นไอผ่านท่อแก้วของอุปกรณ์ส่วนกลางผ่านไปยังเครื่องควบแน่นและควบแน่นกลับเป็นของเหลวลงสู่อุปกรณ์ส่วนกลางสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสกัด เมื่อระดับของตัวทำละลายในอุปกรณ์ส่วนกลางสูงถึงขีดกำหนด ตัวทำละลายจะไหลกลับลงมายังภาชนะส่วนล่าง พร้อมทั้งละลายเอาสารที่ต้องการสกัดออกมาด้วย ตัวทำละลายนี้จะระเหยเป็นไอไปเรื่อยๆจนกว่าการสกัดจะสิ้นสุด วิธีนี้ตัวทำละลายบริสุทธิ์เท่านั้นที่จะสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสกัดทำให้การสกัดมีประสิทธิภาพดีกว่าและไม่สิ้นเปลืองตัวทำละลาย หลังจากสิ้นสุดการสกัดนำเอาสารที่สกัดได้ไปแยกเอาตัวทำละลายออกโดยการกลั่นหรือการระเหย

หลักการเลือกตัวทำละลายในการสกัด (วันดี, 2536)

- ควรจะละลายสารที่ต้องการสกัด
- ไม่ละลายปนเป็นเนื้อเดียวกันกับสารละลายของสารผสมที่จะถูกสกัดนั้น
- ไม่ควรละลายสิ่งเจือปนหรือสารที่ไม่ต้องการ ควรแยกออกจากตัวถูกละลายได้ง่ายภายหลังที่สกัดแล้วเช่น การกลั่นระเหย
- ไม่ควรทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด

5. การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลวภายใต้ความดันสูง (Supercritical Carbon-dioxide Extraction) วิธีนี้จะได้น้ำมันหอมระเหยที่มีกลิ่นหอมมาก เพราะประสิทธิภาพการสกัดสูง วิธีสกัดทำโดยนำพืชที่ต้องการสกัดใส่ลงใน stainless steel tank ผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้ความดันสูง (200 เท่าของความดันบรรยากาศและอุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส) จะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวมีคุณสมบัติในการละลายสูง (solvent properties) ไปใน stainless steel tank ซึ่งจะสามารถสกัดสารหอมออกมาได้มาก เมื่อลดความดันลงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเปลี่ยนสถานะกลับมาเป็นก๊าซ แยกตัวออกจากสารสกัด วิธีนี้มีข้อดีคือ ไม่ใช้ความร้อนดังนั้นสารหอมต่าง ๆ จะไม่สลายตัว จะคงสภาพเหมือนในสภาวะธรรมชาติ และได้ปริมาณสารสกัดสูง แต่เครื่องมือราคาแพง

ปัจจัยในการเลือกวิธีสกัดสารหอม

แหล่งของสารให้กลิ่นไม่ว่าจะเป็นพืชหรือสัตว์ที่มีองค์ประกอบซับซ้อนจะไม่มีวิธีใดวิธีหนึ่งที่ใช้ในการสกัด และทำให้เข้มข้นได้ดีที่สุด แต่ข้อสำคัญวิธีที่ใช้จะต้องแสดงสารออกฤทธิ์ที่สำคัญที่สุด และได้กลิ่นที่มีอยู่จริงในวัตถุดิบให้กลิ่นนั้น โดยจะเลือกวิธีการใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้ (มนิษา, 2546)

1. ความสามารถในการระเหยและจุดเดือดของสารให้กลิ่น
2. จุดประสงค์ของการวิเคราะห์ ว่าเป็นการวิเคราะห์ทางคุณภาพหรือปริมาณของสาร
3. ความมีขั้วของสาร (polarity) ที่ต้องการสกัดออกจากวัตถุดิบของสารให้กลิ่น
4. ความไม่เสถียรของสาร โดยสารประกอบหลายตัวที่ไม่คงตัวอาจเกิดการ oxidize กับอากาศ หรือเกิดการแตกตัวเมื่อสัมผัสความร้อนสูงหรือสัมผัสความเป็นกรด-ด่างสูง
5. ระดับความเข้มข้นและปริมาณวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ โดยทั่วไปสารที่ให้กลิ่นจะมีอยู่ในปริมาณต่ำ จึงต้องทำให้เข้มข้นเพื่อนำไปใช้ตามจุดประสงค์ต่าง ๆ
6. ความซับซ้อนของกลิ่น องค์ประกอบที่ให้กลิ่นในวัตถุดิบจะมีความซับซ้อนมาก บางครั้งวัตถุดิบบางชนิดมีองค์ประกอบมากกว่า 100 ชนิด ซึ่งจะเกิดความแตกต่างหลายอย่างทั้งในด้านของความมีขั้ว การละลาย และค่าความเป็นกรด-ด่าง (ค่า pH)
7. โครงสร้างของวัตถุดิบ (matrix) ส่วนใหญ่แล้วสารระเหยต่าง ๆ จะอยู่ภายในเซลล์จึงต้องมีการทำลายโครงสร้างเพื่อให้ปล่อยสารออกมา ทำให้ตัวอย่างมีสารไม่ระเหยปะปนอยู่

สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือความเสถียรของสารระเหย เช่น ถ้าสลายตัวเมื่อถูกความร้อนก็ควรใช้อุณหภูมิต่ำหรือถ้าเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายไม่ควรให้สัมผัสกับออกซิเจนมาก และมาตรฐานอื่นที่ใช้ตัดสินใจเลือกวิธีที่เหมาะสมได้แก่ ควรพิจารณาการทดลองว่าเป็นการวิเคราะห์เพื่อบ่งบอกชนิดของสารระเหยที่ยังไม่รู้จัก หรือวิเคราะห์เพื่อหาความเข้มข้น และองค์ประกอบของวัตถุดิบ ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณสารระเหยที่สกัดได้ เช่น โปรตีน หรือสารโมเลกุลใหญ่ ที่สามารถดูดซับสารระเหยเอาไว้ได้ นอกจากนี้องค์ประกอบดังกล่าวยังทำให้เกิดสารแขวนลอย หรือเกิดฟองได้ในขณะทำการกลั่นหรือสกัด

ประโยชน์ของน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหยได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง เช่น น้ำหอม และใช้ในการแต่งกลิ่นในเครื่องสำอางและในตำรับยา (วันดี, 2536) น้ำมันหอมระเหยยังมีคุณสมบัติขับลม เป็นยาฆ่าเชื้อ ยาต้านแบคทีเรีย และยาต้านเชื้อรา รวมทั้งยังช่วยบรรเทาอาการบวม หรืออักเสบ ป้องกันการชัก ช่วยระงับความกังวล ทำให้จิตใจเบิกบาน ทั้งนี้ขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยมีประโยชน์ในการนำมาใช้ในด้านต่างๆ คือ

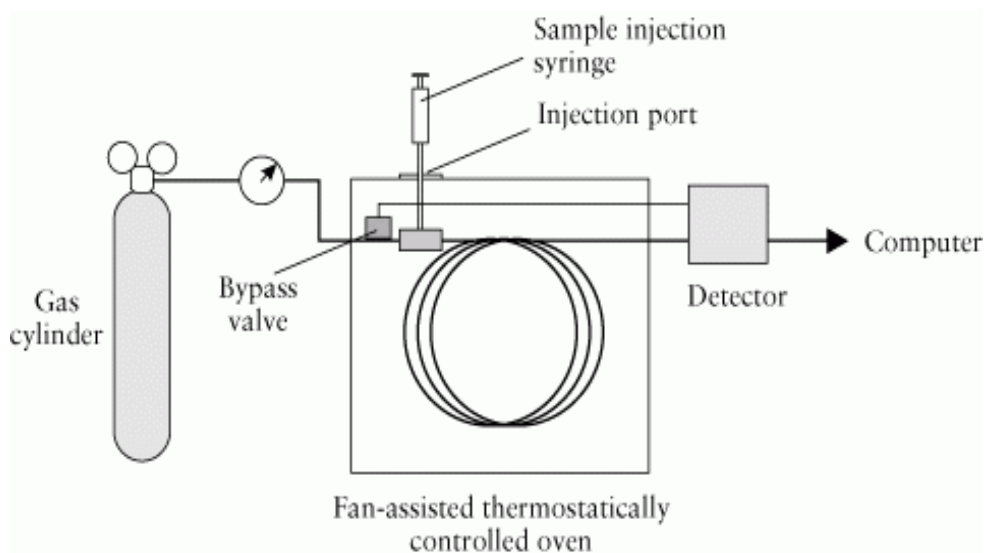
- เป็นส่วนประกอบของเครื่องบริโภค เช่น เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์นม อาหารสำเร็จรูป อาหารกึ่งสำเร็จรูป ลูกอม และเครื่องปรุงรส เป็นต้น
- เป็นส่วนประกอบของเครื่องอุปโภค เช่น เครื่องสำอาง, ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด น้ำหอม ผงซักฟอก ยาไล่ฟัน ยาสระผม ฐูป และเทียน เป็นต้น

- เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ยาทางการแพทย์ เช่น ยาคุม ยาทา และยาอม เป็นต้น
- ใช้เป็นสารป้องกัน และกำจัดศัตรูพืชและสัตว์
- ใช้ถนอมอาหาร สามารถเก็บให้คงคุณภาพได้นาน
- ใช้เป็นเคมีภัณฑ์ในอุตสาหกรรม

การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหย

GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry)

GC-MS เป็นเทคนิคที่นำมาใช้สำหรับวิเคราะห์หาองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีอยู่ในสารที่เราสนใจ เป็นวิธีที่สามารถทำนายชนิดขององค์ประกอบที่มีอยู่ในสารได้อย่างค่อนข้างแม่นยำโดยอาศัยการเปรียบเทียบ fingerprint ของเลขมวล (mass number) ของสารตัวอย่างนั้น ๆ กับข้อมูลที่มีอยู่ เทคนิคนี้มีความสามารถในการวิเคราะห์สารได้ทั้งในเชิงปริมาณ (quantitative analysis) และเชิงคุณภาพ (qualitative analysis) ได้อย่างถูกต้อง เครื่อง GC-MS ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของเครื่อง GC (gas chromatography) ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการแยกองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในตัวอย่างให้ออกมาทีละองค์ประกอบก่อนที่จะเข้าสู่ detector และ อีกส่วนคือ เครื่อง MS (mass spectrometry) ซึ่งจะทำหน้าที่เป็น detector ในการตรวจสอบดูว่าองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ผ่านออกมาจากเครื่อง GC นั้น มีเลขมวล (mass number) เป็นเท่าไร เพื่อที่จะสามารถทำนายได้ว่าสารที่เราสนใจอยู่นั้นประกอบด้วยองค์ประกอบชนิดใดบ้าง และมีปริมาณเท่าไร



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบพื้นฐานของ GC

คุณสมบัติของเครื่อง GC

GC เป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการแยกองค์ประกอบต่าง ๆ ของสารที่เราสนใจซึ่งเทคนิคนี้เหมาะที่จะใช้กับสารที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือ สามารถระเหยกลายเป็น gas ได้เมื่อถูกความร้อน และกลไกที่ใช้ในการแยกองค์ประกอบต่าง ๆ ในสารตัวอย่างจะอาศัยหลักของความชอบที่แตกต่างกันขององค์ประกอบในตัวอย่างที่มีต่อ phase 2 phase คือ stationary phase และ mobile phase เครื่อง GC สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนคือ

1. Injector
2. Oven
3. Detector

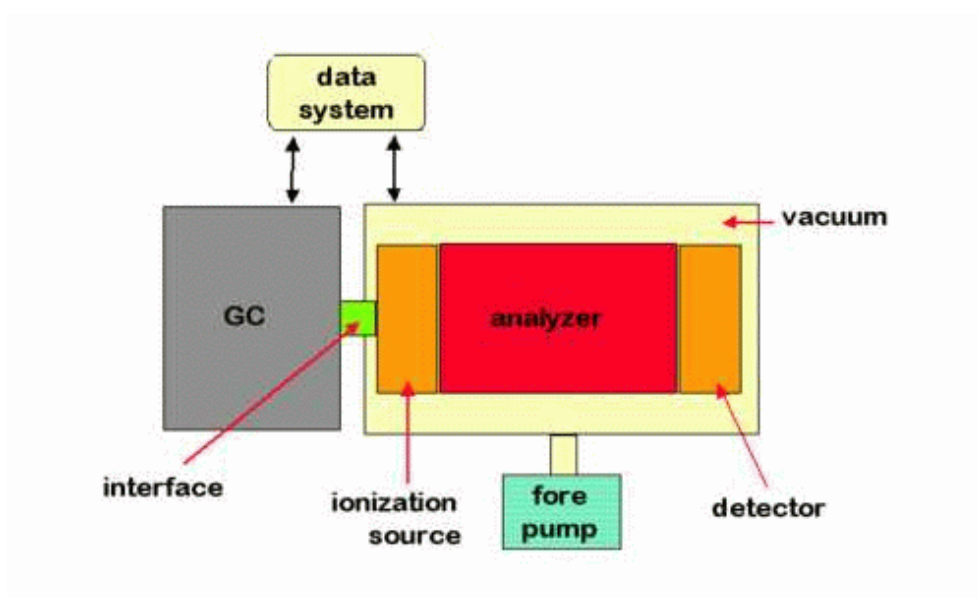
Injector คือ ส่วนที่สารตัวอย่างจะถูกฉีดเข้าสู่เครื่อง และระเหยเป็น gas พร้อมกับถูกทำให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนที่จะเข้าสู่ column อุณหภูมิที่เหมาะสมของ injector ควรเป็นอุณหภูมิที่สูงพอที่จะทำให้สารตัวอย่างสามารถระเหยได้แต่ต้องไม่ถูกทำให้สลายตัว (decompose)

Oven คือ ส่วนที่ใช้สำหรับบรรจุ column เอาไว้ และเป็นส่วนที่ควบคุมอุณหภูมิของ column ให้เปลี่ยนไปตามความเหมาะสมกับสารที่ถูกฉีด ซึ่งอุณหภูมิของ oven นั้นจะสามารถปรับเปลี่ยนได้ 2 แบบคือ isocratic temperature และ gradient temperature แล้วแต่ความต้องการของผู้วิเคราะห์ ข้อดีของการทำ gradient temperature คือ สามารถใช้กับสารตัวอย่างที่มีจุดเดือดกว้าง (wide boiling range) และยังช่วยลดเวลาในการวิเคราะห์ลงได้อีกด้วย (analysis time)

Detector คือ ส่วนที่จะใช้สำหรับตรวจวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง เพื่อดูว่าสารที่เราสนใจนั้นมีปริมาณอยู่เท่าไร ซึ่งความสามารถของการตรวจวัดนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของ detector ที่เลือกใช้ ชนิดของ detector ที่ใช้กับเครื่อง GC นั้นมีอยู่หลายอย่าง เช่น thermal conductivity detector, flame ionization detector, electron capture detector และ mass spectrometry

Mass Spectrometer (MS)

เป็น detector ที่ใช้ตรวจวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างโดยอาศัยกลไก คือ โมเลกุลขององค์ประกอบที่ถูกแยกออกมาจากสารตัวอย่างโดยเครื่อง GC จะถูกไอออไนซ์ในสถานะสุญญากาศ แล้วตรวจวัดออกมาเป็นเลขมวล (mass number) เทียบกับฐานข้อมูลอ้างอิง แล้วแปลผลออกมาเป็นชื่อขององค์ประกอบนั้น ๆ



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบพื้นฐานของ MS

การทำงานของเครื่อง GC-MS

เมื่อเตรียมตัวอย่างสารเสร็จเรียบร้อยแล้วนำมาฉีดเข้าทาง injector ของเครื่อง GC จากนั้นสารจะถูกแยกออกเป็นองค์ประกอบต่าง ๆ เมื่อผ่านเข้าสู่ column ที่อยู่ใน oven จากนั้นองค์ประกอบใดที่ถูกแยกออกมาจาก column ก่อนก็จะผ่านเข้าไปในส่วนเครื่อง MS ซึ่งมีสถานะเป็นสุญญากาศก่อน แล้วเข้าไปเจอกับ ion source ซึ่งจะทำหน้าที่ ionize โมเลกุลที่ผ่านเข้ามาให้กลายเป็นประจุ ประจุเหล่านี้จะเดินทางผ่านเครื่องคัดเลือกและแยกแยะขนาดของประจุ (mass analyzer) ดูว่าประจุเหล่านั้นประกอบไปด้วยขนาดมวลเท่าใดบ้าง ก่อนที่จะเดินทางเข้าสู่เครื่องตรวจวัดปริมาณประจุ (detector) เพื่อตรวจหาปริมาณของประจุแล้วแปลผลออกมาเป็นปริมาณขององค์ประกอบแต่ละตัวที่มีอยู่ในสารตัวอย่างนั้น ๆ

ข้อดีของเครื่อง GC-MS

1. สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งแบบทั่วไปและแบบเฉพาะเจาะจง
2. ให้ sensitivity ที่สูง
3. สามารถบ่งชี้ถึงชนิดขององค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างได้
4. สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงปริมาณและเชิง คุณภาพ

ข้อเสียของเครื่อง GC-MS

1. ราคาแพง
2. ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องสูง

การเก็บเกี่ยวในช่วงอายุที่เหมาะสมที่ส่งผลให้ได้ผลผลิต และปริมาณสารสำคัญของสมุนไพรเป็นส่วนสำคัญที่จะส่งผลต่อการประสบความสำเร็จในการผลิตสมุนไพร และคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ เพราะนอกจากจะได้ปริมาณ และคุณภาพของผลผลิตที่ดีแล้วยัง เป็นการลดต้นทุนการผลิตได้อีกทางหนึ่งด้วย มีงานวิจัยในขมิ้นชัน ซึ่งเป็นพืชตระกูลเดียวกับไพลเหลือง ซึ่งเป็นการศึกษาในประเทศอินเดีย และปากีสถาน โดยศึกษาความแก่ของเหง้าขมิ้นชันต่อผลผลิต ปริมาณน้ำมัน และปริมาณสาร curcumin พบว่าอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมที่ให้ผลผลิต rhizome มากที่สุดคือ เมื่อต้นขมิ้นชันอายุ 9 เดือน ส่วนปริมาณสาร curcuminoid จะมากที่สุดในช่วงอายุ 7.5-8 เดือน (Cooray *et al.*, 1988) ในขณะที่รายงานบางฉบับแนะนำให้เกษตรกรเก็บเกี่ยวขมิ้นชันเมื่ออายุ 7-10 เดือน (Padua *et al.*, 1999) และ Anonymous (2008) แนะนำไว้ว่าควรเก็บขมิ้นชันในช่วงเวลาที่แก่เต็มที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ซึ่งเก็บเกี่ยวได้ในช่วง 7-9 เดือนในพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวเร็ว ส่วนพันธุ์ที่อายุปานกลางเก็บเกี่ยวในช่วงอายุ 8-9 เดือน ส่วนพันธุ์ที่อายุยาว อาจมีอายุเก็บเกี่ยวมากกว่า 9 เดือน

มีคำแนะนำด้านการเก็บเกี่ยวไพล โดยตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิตไพลจะใช้ระยะเวลา 2-3 ปี เป็นระยะเวลาที่เหมาะสม ในการนำไพลไปสกัดน้ำมัน จะได้ปริมาณน้ำมันมาก และมีคุณภาพ โดยมีคำแนะนำว่าไม่ควรเก็บหัวไพลขณะที่เริ่มแตกหน่อใหม่ เพราะจะทำให้ได้น้ำมันไพลที่มีปริมาณและคุณภาพต่ำ เก็บเกี่ยวโดยใช้จอบ และเสียมขุดเหง้าไพลขึ้นมาจากดิน ขยาดินออก ตัดรากแล้วนำไปผึ่งลมให้แห้ง เก็บผลผลิตบรรจุกระสอบพร้อมที่จะนำไปสกัดน้ำมันไพล (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2548) ในขณะที่กรมส่งเสริมการเกษตร (2551) แนะนำให้มีการเก็บเกี่ยวไพลในช่วงอายุ 2 ปีขึ้นไป ช่วงเวลาที่ต้นไพลฟุบ ไม่เก็บช่วง

ฝนหรือเมื่อแตกหน่อใหม่ อย่างไรก็ตามเกษตรกร และนักวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไพลไม่สามารถทราบระยะเวลาที่แน่ชัด และเป็นข้อแนะนำในการใช้วัตถุดิบที่เก็บเกี่ยวมาอย่างเหมาะสมได้

จากการสืบค้นข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าไพล เป็นสมุนไพรที่มีประโยชน์เป็นอย่างมาก หากมีการเลือกใช้ในช่วงที่เหมาะสม โดยมีปริมาณผลผลิต และปริมาณสารสำคัญอยู่ในเกณฑ์ที่ดีย่อมเป็นประโยชน์ต่อการใช้ในการรักษาต่อไป หากแต่่าปัจจุบันมีรายงานเกี่ยวกับอายุการเก็บเกี่ยวของไพลน้อยมาก ซึ่งข้อมูลทางวิชาการในการศึกษาองค์ประกอบน้ำมันไพล และผลผลิตในแต่ละช่วงอายุจะเป็นส่วนสำคัญมากในการผลิตไพล เพื่อให้ได้คุณภาพ และปริมาณที่ดี จากการรายงานของพืชในตระกูลใกล้เคียงกันเช่น ขมิ้นชัน พบว่าในแต่ละสายพันธุ์ของขมิ้นชันมีอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจเป็นอย่างมากที่ควรเร่งทำการศึกษาวิจัย เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนในด้านอายุการเก็บเกี่ยว การให้ผลผลิต และการสะสมองค์ประกอบทางเคมีของหัวไพล นอกจากจะทำให้ทราบระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตไพลแล้ว นักวิจัยและผู้ผลิตผลิตภัณฑ์จากไพล ยังสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ เพื่อเก็บเกี่ยวหัวไพลให้มีคุณสมบัติตรงตามความต้องการ และมีสารออกฤทธิ์ที่เหมาะสมกับการใช้เป็นยาได้