# การศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหยแก่นจันทน์เพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์

# The study of *Santalum album* essential oil properties for products development

**ทรรศนีย์ พัฒนเสรี**[1*] และ ชานนท์ วงศ์จำปา[1]

**Tasanee Pattanaseree**[1*] and Chanon Wongjumpa[1]

## บทคัดย่อ

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยแก่นจันทน์อายุประมาณ 17 ปีจากประจวบคีรีขันธ์และอายุประมาณ 13 ปีจากนครราชสีมา โดยการกลั่นด้วยน้ำ ไม่พบน้ำมันในกระพี้ แก่นจากประจวบคีรีขันธ์สูง 30-100 เซนติเมตรจากพื้นมีน้ำมันมากที่สุดร้อยละ 1.60 มี Santalol น้อยที่สุดร้อยละ 61.19 แก่นสูง 0- 30 เซนติเมตรจากพื้นและรากมีน้ำมันร้อยละ 1.33 1.18 และ Santalol ร้อยละ 67.67 73.13 ตามลำดับ แก่นไม้สูง 0-100 เซนติเมตรจากนครราชสีมามีน้ำมันน้อยที่สุดร้อยละ 1.09 แต่กลับมี Santalol มากที่สุดร้อยละ 81.92 น้ำมันที่กลั่นได้มีสีเหลืองใสและมีกลิ่นหอม ไม่มีความแตกต่างของค่าความถ่วงจำเพาะและค่าดัชนีหักเห การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่าแก่นไม้จากนครราชสีมาสูง 0-100 เซนติเมตรจากพื้นดีที่สุดค่า $ED_{50}$ = 3 mg/ml การศึกษาด้านฤทธิ์การยับยั้งเอ็นไซม์ไทโรซิเนสและฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของแก่นไม้จากประจวบคีรีขันธ์สูง 30-130 เซนติเมตรจากพื้นและแก่นไม้จากนครราชสีมา พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน มีค่า $IC_{50}$ เป็น 0.17 mg/ml และ 0.16 mg/ml และฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Propionibacterium acnes* ของน้ำมันที่ความเข้มข้น 1 mg/ml ใกล้เคียงกันมีเส้นผ่านศูนย์กลางของการยับยั้ง 9.8 มิลลิเมตร และ 10.3 มิลลิเมตร

## ABSRTACT

The study of *Santalum album* essential oil from sapwood, heartwood and root at the age of 17 years from Prachaup Khiri Khan and heartwood at the age of 13 years from Nakon Ratchasima by water distillation revealed no oil in sapwood, 1.60% oil yield with 61.19% santalol in heartwood 30-100 cm. above ground, 1.33% oil yield with 67.67% santalol for heartwood 0-30 cm. above ground, 1.18% oil yield with 73.13% santalol in root for *Santalum album* from Prachaup Khiri Khan and 1.09% oil yield with 81.92% santalol for heartwood 0-100 cm. above ground from Nakon Ratchasima. The oil was yellow and had pleasant aroma. There is no difference in specific gravity and refractive index. The antioxidant activity of oil from Nakhon Ratchasima heartwood 0-100 cm. above ground showed the best $ED_{50}$ = 3 mg/ml. The inhibition of enzyme tyrosinase of oil from Prachaup Khiri Khan heartwood 30-130 cm. and Nakon Ratchasima heartwood were similar, whose $IC_{50}$ was 0.17 mg/ml and 0.16 mg/ml. The anti-bacteria *Propionibacterium acnes* activity showed similar results. At the concentration of 1 mg/ml, the inhibition zone diameters were 9.8 mm. for essential oil from Prachaup Khiri Khan and 10.3 mm. for oil from Nakon Ratchasima heartwood.

Key Words: chemical compositions, *Santalum album,* essential oil, products development

[*] Corresponding author, e-mail address: tasaneepat@yahoo.com

[1]กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ 10900

[1]Forest Product Development Division, Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department, Bangkok 10900

## คำนำ

ไม้หอมแก่นจันทน์ หรือ ไม้หอมอินเดีย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Santalum album* L. อยู่ในวงศ์ Santalaceae มีชื่อเรียกอื่น ๆ ว่า Sandalwood, white sandalwood, Indian sandalwood (เต็ม, 2557) *Santalum* spp.ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมีอยู่ 2 ชนิด คือ *Santalum album* และ *Santalum spicatum* ชนิดที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจมากที่สุดคือ *Santalum album*

ไม้หอมแก่นจันทน์พบมากในประเทศอินเดีย อินโดนีเซีย บางส่วนของมาเลเซีย ออสเตรเลีย และ นิวซีแลนด์ ประเทศผู้ส่งออกไม้หอมแก่นจันทน์มากที่สุดคือประเทศอินเดีย รองลงมาคือประเทศอินโดนีเซีย ไม้ที่ส่งออกเป็นไม้จากป่าธรรมชาติ ทำให้ทั้งประเทศอินเดียและประเทศอินโดนีเซียเริ่มประสบปัญหาการขาดแคลนไม้หอมแก่นจันทน์ รัฐบาลจึงต้องควบคุมการส่งออกไม้หอมแก่นจันทน์ ทำให้กำลังการผลิตไม้หอมแก่นจันทน์มีปริมาณลดลง ในขณะที่ความต้องการใช้ไม้นี้มีมากขึ้น ประเทศออสเตรเลียได้เล็งเห็นถึงปัญหาการขาดแคลนไม้นี้ในอนาคต จึงได้ส่งเสริมให้มีการปลูกไม้หอมแก่นจันทน์ซึ่งเป็นชนิด *Santalum spicatum* ส่งออกจำหน่ายทั้งในรูปของชิ้นไม้สับ ผงไม้ และน้ำมันหอมระเหย มีรายได้จากส่งออกไม้หอมแก่นจันทน์เป็นมูลค่าสูง จากรายงานของ Zauba ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2556 – มกราคม 2557 ประเทศอินเดียนำเข้าชิ้นไม้สับไม้หอมแก่นจันทน์จากออสเตรเลียและอินโดนีเซียประมาณ 300 ตัน มูลค่าประมาณ 4.58 ล้านเหรียญอเมริกา (1 รูปี = 0.016222 เหรียญอเมริกา) ผงไม้จำนวน 344 ตัน มูลค่าประมาณ 4.61 ล้านเหรียญอเมริกา และรากไม้จำนวน 8.2 ตัน มูลค่าประมาณ 1.81 ล้านเหรียญอเมริกา โดยเป็นการนำเข้าจากออสเตรเลียร้อยละ 83.7 และนำเข้าจากอินโดนีเซียร้อยละ 16.3 (http://www.zauba.com/import-sandalwood-chips-hs-code.html)

เนื่องจากไม้หอมแก่นจันทน์เป็นไม้ที่มีความหอมตามธรรมชาติ ส่วนที่ให้กลิ่นหอมคือแก่นไม้ รากไม้ และกิ่งไม้ที่มีขนาดใหญ่ เนื้อไม้ถูกนำมาใช้มากในพิธีกรรมทางศาสนา ในประเทศอินเดียมีการใช้ไม้นี้ในการสร้างโบสถ์ วิหาร ประดิษฐกรรมแกะสลัก องค์ประกอบหลักทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยคือ Santalol โดยอยู่ในรูปของ $\alpha$-santalol และ $\beta$-santalol ปริมาณของ Santalol ทั้งสองชนิดรวมกันจะมีค่าประมาณร้อยละ 90 จึงจะจัดเป็นไม้หอมแก่นจันทน์ที่มีคุณภาพดี ซึ่งได้จากการสกัดน้ำมันจากไม้หอมแก่นจันทน์ที่มีอายุมากกว่า 30 ปีขึ้นไป (Howes *et al*., 2004; Subasinghe *et al*, 2013) ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยประมาณร้อยละ 2.5-6 ขึ้นกับอายุ สีของแก่น พื้นที่ปลูก และสภาวะแวดล้อม (Shankarnarayana and Kamala, 1989) การใช้ประโยชน์ของน้ำมันจึงพิจารณา santalol เป็นหลัก เนื่องจาก santalol สามารถป้องกันรังสี UV B ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดเนื้องอกของผิวหนัง (Bommareddy *et al*, 2007) มีฤทธิ์ยับยั้งมะเร็งของผิวหนัง (Zhang and Dwivedi, 2011) มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์หลายชนิด (Jirovetz *et al*, 2006) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Scartezzini and Sperono, 2000) ช่วยรักษาสิวและลดรอยด่างดำที่ผิวหนัง (Haque and Haque, 2000; 2002) จึงสามารถใช้ประโยชน์จากน้ำมันแก่นจันทน์ได้อย่างหลากหลาย เช่น ใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอาง น้ำหอม ผลิตภัณฑ์สปา แก้อาการซึมเศร้าและกระวนกระวาย บำรุงผิวพรรณ แก้ผื่นและสิวโดยใช้ได้กับทุกสภาพผิว ใช้เป็นยารักษาโรคชนิดต่าง ๆ ได้แก่ โรคติดเชื้อในท่อปัสสาวะ โรคทางเดินอาหาร แก้ไอ แก้ระคายคอ เป็นต้น นอกจากนี้จากรายงานการทดลองในห้องปฏิบัติการ พบว่าน้ำมันแก่นจันทน์มีความเป็นพิษต่ำมากต่อสัตว์ทดลอง จึงมีความปลอดภัยสูงในการบริโภค จึงมีการนำน้ำมันแก่นจันทน์ไปใช้ในการปรุงแต่งรสชาติผลิตภัณฑ์อาหาร รวมทั้งในเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอลล์และไม่มีแอลกอฮอล์ (Burdock and Carabin, 2008) ดังนั้น ในการศึกษาวิจัยครั้ง

นี้ จึงได้ทำการศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยแก่นจันทน์ ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งเอ็นไซม์ไทโรซิเนส (Tyrosinase) เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ เพื่อถ่ายทอดความรู้สู่ประชาชนเพื่อประกอบอาชีพต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. ชุดกลั่นน้ำมันหอมระเหยแบบแก้ว Dean-stark
2. เครื่องหาความถ่วงจำเพาะของน้ำมันหอมระเหย Anton Parr
3. เครื่องวิเคราะห์สาร GC-MS (GC Agilent 6890-MS Agilent 5973)
4. คอลัมน์แบบ Capillary column model Agilent 19091s-433 HP-5MS ความหนาของฟิมล์ 0.25 μm ยาว 30 m เส้นผ่าศูนย์กลางด้านในคอลัมน์ 250 μm. และ Capillary column model Altech ความหนาของฟิมล์ 0.25 μm ยาว 60 m เส้นผ่าศูนย์กลางด้านในคอลัมน์ 320 μm.
5. เครื่อง UV Spectrophotometer (Shimazu)
6. เครื่องวัดดัชนีหักเหของน้ำมัน ATAGO

### การสกัดน้ำมันหอมระเหยและศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหย

1. สกัดน้ำมันหอมระเหยจากกระพี้ แก่น และรากไม้หอมแก่นจันทน์จากสถานีวนวัฒนวิจัยจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ อายุประมาณ 17 ปี กระพี้และแก่นไม้หอมแก่นจันทน์อายุประมาณ 13 ปีจากศูนย์วิจัยผลิตผลป่าไม้จังหวัดนครราชสีมา โดยการกลั่นด้วยน้ำ ทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ย สังเกตสี หาค่าความถ่วงจำเพาะ และวัดค่าดัชนีหักเหของน้ำมัน ตัวอย่างละ 4 ซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ย

2. วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟที่ต่อกับเครื่องแมสสเปคโตรมิเตอร์ เตรียมสารละลายของน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้น 0.0010 กรัม/มิลลิลิตรใน hexane ใช้ตัวอย่างครั้งละ ตัวอย่าง 2 ไมโครลิตร ทำตัวอย่างละ 3 เพื่อหาค่าเฉลี่ย ตรวจพิสูจน์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันจากโครมาโตแกรมที่ได้โดยการเปรียบเทียบ retention times และ mass spectra ของสารกับค่ามาตรฐานที่มีการบันทึกไว้ใน Wiley7n Libraries และ NIST05 Libraries

### การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหย

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยแก่นจันทน์ จะใช้ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่ค่อนข้างเสถียรเป็นสารทดลองฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ วัดการลดน้อยลงของ DPPH โดยการวัดค่าของการดูดกลืนคลื่นแสง (Brand-Williams, 1995) โดยเตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.24 มิลลิโมลาร์ และ ตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ตั้งแต่ 1.6, 2.0, 6.0, 10.0, 14.0, 18.0 และ 22.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตรใน Absolute methanol นำสารละลาย DPPH และตัวอย่างมาอย่างละ 2 มิลลิลิตร วัดการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV spectrophotometer ทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ย คำนวณค่าของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในรูปของ Percent radical scavenging แล้วพล็อตกราฟระหว่าง Percent radical scavenging และความเข้มข้นของน้ำมัน หาค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระที่ร้อยละ 50 ในรูปของ $EC_{50}$ (50 % Effective Concentration) จากกราฟ

**การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเอ็นไซม์ไทโรซิเนสและฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหย**

การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเอ็นไซม์ไทโรซิเนส ซึ่งเป็นเอ็นไซม์ที่ทำให้เกิดเม็ดสีใต้ผิวหนัง และฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดสิวชนิด *Propionibacterium acnes* ของน้ำมันหอมระเหยแก่นจันทน์จากประจวบคีรีขันธ์สูง 30-100 เซนติเมตรจากพื้นและจากนครราชสีมาสูง 0-100 เซนติเมตรจากพื้น โดยหน่วยงานภายนอกที่มีความเชี่ยวชาญ เลือกใช้ Dopachrome method สำหรับการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเอ็นไซม์ไทโรซิเนสในน้ำมันที่ความเข้มข้น 0.001 0.01 0.1 และ 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Kojic acid และ Arbutin วัดฤทธิ์ยับยั้งเอ็นไซม์ไทโรซิเนสในรูปของ $IC_{50}$ (50 % Inhibitory Concentration)

การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย *Propionibacterium acnes* ใช้วิธี Disc diffusion method โดยเตรียมตัวอย่างที่ความเข้มข้น 1 10 และ 100 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน erythromycin หยดสารตัวอย่างและ erythromycin ครั้งละ 10 ไมโครลิตร ลงแผ่นกระดาษกรอง แล้ววางในจานทดสอบที่มีเชื้อแบคทีเรียอยู่แล้ว สังเกตผลการยับยั้งแบคทีเรีย *P. acne* โดยวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เชื้อไม่เจริญเติบโต (Inhibition zone)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

**ผลของการสกัดไม้หอมแก่นจันทน์และคุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหย**

ผลของการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากกระพี้ แก่น และรากไม้หอมแก่นจันทน์จากสถานีวนวัฒนวิจัยจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่อายุประมาณ 17 ปี ซึ่งเป็นไม้ที่มีต้นกำเนิดจากประเทศอินโดนีเซีย และแก่นไม้หอมแก่นจันทน์จากศูนย์วิจัยผลิตผลป่าไม้จังหวัดนครราชสีมา ที่อายุประมาณ 13 ปี ซึ่งเป็นไม้ที่มีต้นกำเนิดจากประเทศอินเดีย ได้แสดงไว้ใน Table 1 พบว่า ไม่มีน้ำมันในส่วนของกระพี้ น้ำมันจากรากจะมีสีเหลืองอ่อน น้ำมันจากแก่นมีสีเหลือง และมีกลิ่นหอม ปริมาณน้ำมันของแก่นไม้จากประจวบคีรีขันธ์สูง 30-130 เซนติเมตรจากพื้นมีมากที่สุดที่ร้อยละ 1.60 รองลงมาคือสูง 0-30 เซนติเมตรจากพื้นมีร้อยละ 1.33 และรากมีร้อยละ 1.18 ส่วนแก่นไม้จากนครราชสีมาสูง 0-100 เซนติเมตรจากพื้นมีน้ำมันน้อยที่สุดร้อยละ 1.09 ทั้งนี้เนื่องจากไม้จากนครราชสีมามีอายุน้อยกว่าไม้จากประจวบคีรีขันธ์ การสร้างแก่นและสารหอมจึงมีปริมาณน้อยกว่า ซึ่งสอดคล้อง

**Table 1** Moisture content and physical properties of *Santalum album* essential oil

| Sample | Color | Yield (%) | Specific gravity | Refractive index |
|---|---|---|---|---|
| Root,Prachaup Khiri Khan | Pale yellow | 1.18 | 0.9778 | 1.5065 |
| Sapwood, Prachaup Khiri Khan | - | 0 | - | - |
| Heartwood, 0-30 cm. above ground, Prachaup Khiri Khan | Pale yellow | 1.33 | 0.9726 | 1.5060 |
| Heartwood, 30-130 cm. above ground, Prachaup Khiri Khan | Yellow | 1.60 | 0.9738 | 1.5079 |
| Sapwood, Nakhon Ratchasima | - | 0 | - | - |
| Heartwood, 0-100 cm. above ground, Nakhon Ratchasima | Yellow | 1.09 | 0.9684 | 1.5047 |

กับรายงานการวิจัยที่ว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากไม้หอมแก่นจันทน์จะขึ้นกับอายุของต้นไม้ (Shankarnarayana and Kamala, 1989) ค่าของความถ่วงจำเพาะและค่าดัชนีหักเหของน้ำมันจากทั้ง 2 แหล่งมีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยแก่นจันทน์ด้วย GC-MS จะพิจารณาเฉพาะ santalol ที่เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญ ผลการทดลองได้แสดงไว้ใน Table 2 พบว่า santalol มีลักษณะการจัดเรียงตัวของโครงสร้างทางเคมีต่างกัน 2 แบบ คือ $\alpha$-santalol และ $\beta$-santalol น้ำมันหอมระเหยจากนครราชสีมาให้ปริมาณของ $\alpha$-santalol และ $\beta$-santalol มากที่สุดร้อยละ 53.15 และ 28.77 รวมเป็น santalol ร้อยละ 81.92 รองลงมาเป็นน้ำมันหอมระเหยรากไม้ประจวบคีรีขันธ์ร้อยละ 47.80 และ 25.33 รวมเป็น santalol ร้อยละ 73.13 น้ำมันหอมระเหยจากแก่นไม้ประจวบคีรีขันธ์สูงจากพื้น 0-30 เซนติเมตร มี $\alpha$-santalol ร้อยละ 44.69 และ $\beta$-santalol ร้อยละ 22.98 รวมเป็น santalol ร้อยละ 67.67 และน้ำมันที่ได้จากแก่นไม้สูง 30-130 เซนติเมตรจากพื้นมี $\alpha$-santalol ร้อยละ 37.79 และ $\beta$-santalol ร้อยละ 21.40 รวมเป็น santalol ร้อยละ 61.19 จะเห็นได้ว่า ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากไม้หอมแก่นจันทน์นครราชสีมามีค่าน้อยที่สุดเพียงร้อยละ 1.09 แต่กลับมีปริมาณ santalol มากที่สุดร้อยละ 81.92 ดังนั้น ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ไม่สามารถสรุปได้ว่าเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดี จำต้องมีการวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญด้วย

**Table 2** Major chemical compositions of *Santalum album* essential oil

| Sample | Percent Area | | |
|---|---|---|---|
| | $\alpha$-santalol | $\beta$-santalol | Total santalol |
| Root, Prachaup Khiri Khan | 47.80 | 25.33 | 73.13 |
| Heartwood, 0-30 cm. above ground, Prachaup Khiri Khan | 44.69 | 22.98 | 67.67 |
| Heartwood, 30-130 cm. above ground, Prachaup Khiri Khan | 39.79 | 21.40 | 61.19 |
| Heartwood, 0-100 cm. above ground, Nakhon Ratchasima | 53.15 | 28.77 | 81.92 |

**ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหย**

ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยแก่นจันทน์ได้แสดงไว้ใน Table 3 โดยแสดงในรูปของ $ED_{50}$ (50 % Effective Dose) หมายถึงปริมาณสารที่ทำลายอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 จะเห็นว่า น้ำมันหอมระเหยจากแก่นไม้หอมแก่นจันทน์นครราชสีมาสูง 0-100 เซนติเมตรจากพื้นมีค่าสูงที่สุด $ED_{50}$ 3 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในขณะที่ส่วนของรากใช้ปริมาณน้ำมันมากกว่าเท่าตัว คือ $ED_{50}$ 6 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ส่วนน้ำมันแก่นจันทน์จากประจวบคีรีขันธ์สูง 0-30 เซนติเมตร และ 30-130 เซนติเมตรจากพื้น มีค่า $ED_{50}$ ใกล้เคียงกัน คือ 10.3 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และ 10.2 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร จะเห็นได้ว่าส่วนของไม้ที่มี santalol สูง ก็จะมีฤทธิ์ต้านอนุมูล

อิสระสูงตามไปด้วย จัดได้ว่าน้ำมันแก่นจันทน์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี สามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บำรุงผิวพรรณและเครื่องสำอางเพื่อลดอนุมูลอิสระได้

**Table 3** Antioxidant activity of *Santalum album* essential oil

| Sample | Antioxidant activity $ED_{50}$ (mg/ml) |
|---|---|
| Root, Prachaup Khiri Khan | 6 |
| Heartwood, 0-30 cm. above ground, Prachaup Khiri Khan | 10.3 |
| Heartwood, 30-130 cm. above ground, Prachaup Khiri Khan | 10.2 |
| Heartwood, 0-100 cm. above ground, Nakhon Ratchasima | 3 |

**ผลการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเอ็นไซม์ไทโรซิเนสและฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหย**

การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเอ็นไซม์ไทโรซิเนสของน้ำมันหอมระเหยแก่นจันทน์จากประจวบคีรีขันธ์สูง 30-130 เซนติเมตรจากพื้นและนครราชสีมาสูง 0-100 เซนติเมตรจากพื้น เปรียบเทียบกับ Kojic acid และ Arbutin แสดงไว้ใน Table 4 พบว่าฤทธิ์ยับยั้งเอ็นไซม์ไทโรซิเนสของตัวอย่างทั้งสองชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน คือ ปริมาณน้ำมันที่ต้องใช้ในการยับยั้งเอ็นไซม์ไทโรซิเนสลงร้อยละ 50 ($IC_{50}$ หรือ 50 % Inhibitory Concentration) เป็น 0.17 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และ 0.16 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่า Kojic acid และ Arbutin หลายเท่าตัว ทั้งนี้เป็นเพราะว่า ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำมันหอมระเหย ไม่ใช่ santalol บริสุทธิ์ และน้ำมันที่ใช้สกัดมาจากต้นไม้หอมแก่นจันทน์ที่อายุเพียง 17 ปี และ 13 ปีเท่านั้น ปริมาณของ santalol ที่มีอยู่ในยังไม่ได้ตามมาตรฐานการใช้งานด้านเครื่องสำอางตามที่กำหนด อย่างไรก็ตาม สามารถประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอางที่ช่วยลดการสร้างเม็ดสีที่ผิวหนังได้โดยเติมสารสกัดธรรมชาติจากพืชอื่นลงไป เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการยับยั้งเอ็นไซม์ไทโรซิเนส เช่น สารสกัดอาร์บูติน (Arbutin) ที่สกัดได้จากพืชพวกเบอร์รี่ต่าง ๆ เป็นต้น

**Table 4** Tyrosinase inhibition activity of *Santalum album* essential oil

| Sample | Tyrosinase inhibition $IC_{50}$ mg/ml |
|---|---|
| Heartwood, 30-130 cm. above ground, Prachaup Khiri Khan | $0.17 \pm 0.09$ |
| Heartwood, 0-30 cm. above ground, Nakhon Ratchasima | $0.16 \pm 0.11$ |
| Kojic acid | $0.0042 \pm 0.0023$ |
| Arbutin | $0.00036 \pm 0.00024$ |

Note: Data were expressed as mean $\pm$ SD of the three independent experiments

ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย *Propionibacterium acnes* ของน้ำมันหอมระเหยแก่นจันทน์ได้แสดงไว้ใน Table 5 พบว่า น้ำมันแก่นจันทน์จากประจวบคีรีขันธ์สูง 30-130 เซนติเมตรจากพื้น และจาก นครราชสีมาสูง 0-100 เซนติเมตรจากพื้น มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.8 มิลลิเมตรและ10.3 มิลลิเมตร ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งน้อยกว่า erythromycin ที่ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

19.5 มม. ที่ความเข้มข้น 15 ไมโครกรัม/ไมโครลิตร ค่าการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของน้ำมันมีค่าน้อยกว่า erythromycin มาก ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผลเดียวกับฤทธิ์ยับยั้งเอ็นไซม์ไทโรซิเนส

**Table 5** Anti-bacteria activity against *Propionibacterium acnes* of *Santalum album* essential oil by the disc diffusion method

| Sample | Tested amount (mg/ml) | Diameter of the inhibition zone (mm.) |
|---|---|---|
| Heartwood, 30-130 cm. above | 0.01 | 0 |
| ground, Prachaup Khiri Khan | 0.10 | 8.2 ± 0.3 |
| | 1.00 | 9.8 ± 0.3 |
| Heartwood, 0-30 cm. above | 0.01 | 0 |
| ground, Nakhon Ratchasima | 0.10 | 8.8 ± 0.3 |
| | 1.00 | 10.3 ± 0.3 |
| Erythromycin | 15 μg | 19.5 ± 0.3 |
| Solvent | 10 μl | 0 |

## สรุป

น้ำมันหอมระเหยแก่นจันทน์ที่มีแหล่งกำเนิดจากประเทศอินโดนีเซียที่ปลูกในพื้นที่สถานีวนวัฒนวิจัยจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ อายุ 17 ปี มีปริมาณ santalol มากที่สุดในรากร้อยละ 73.13 และในส่วนลำต้นที่สูงขึ้นไปปริมาณ santalol จะลดน้อยลง ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีค่ามากที่สุดในราก $ED_{50}$ 6 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ส่วนน้ำมันหอมระเหยแก่นจันทน์ที่มีแหล่งกำเนิดจากประเทศอินเดียที่ปลูกในพื้นที่ศูนย์ผลิตผลป่าไม้จังหวัดนครราชสีมา อายุประมาณ 13 ปี มีปริมาณ santalol ร้อยละ 81.92 และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด $ED_{50}$ 3 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร น้ำมันจากทั้งสองแหล่งมีฤทธิ์ยับยั้งเอ็นไซม์ไทโรซิเนสและฤทธิ์ยับยั้ง *Propionibacterium acnes* ได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งสามารถนำน้ำมันแก่นจันทน์ไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมูลค่าได้ เช่น สบู่ โลชั่น น้ำหอม ครีมทาบำรุงผิวหน้า เป็นต้น


## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายคงศักดิ์ มีแก้ว หัวหน้าสถานีวนวัฒนวิจัยจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ นายประเชิญ สร้อยทองคำ หัวหน้าศูนย์วิจัยผลิตผลป่าไม้จังหวัดนครราชสีมา ที่ได้อนุเคราะห์ตัวอย่างไม้เพื่อการทดลอง ขอขอบคุณ นายจันไท จิตรจักร เจ้าหน้าที่งานพัฒนาเคมีผลิตผลป่าไม้ เจ้าหน้าที่สถานีวนวัฒนวิจัยจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยผลิตผลป่าไม้จังหวัดนครราชสีมา และเจ้าหน้าที่งานวัสดุทดแทนไม้ ที่มีส่วนช่วยในงานวิจัยครั้งนี้

# เอกสารอ้างอิง


เต็ม สมิตินันทน์. 2557. **ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย**. โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

Anonymous. 2015. **Detailed import Data of sandalwood chips**. Available Source: http://www.zauba.com/import-sandalwood-chips-hs-code.html, February 3, 2015.

Bommareddy, A., J. Hora, B. Conish and C. Dwivedi. 2007. Chemoprevention by alpha-santalol on UV B radiation-induced skin tumor development in mice. **Anticancer Research** 27: 2185-2188.

Burdock, GA. and IG. Carabin. 2008. Safety assessment of sandalwood oil (*Santalum album*). **Food Chem Toxicol** 46(2): 421-432.

Haque, M.H. and A.U. Haque. 2000. **Use of sandalwood oil for the prevention and treatment of warts, skin blemishes and other viral-induced tumors**. US Patent 6132756.

_____. 2002. **Use of α- and β-santalols, major constituents of sandalwood oil, in the treatment of warts, skin blemishes and other viral-induced tumors**. US Patent 6406706.

Howes, M.J.R., M.S.J. Simmonds and G.C. Kite. 2004. Evaluation of the quality of sandalwood essential oil by gas chromatography-mass spectrometry. **Journal of Chromatography A** 1028: 307-312.

Jirovetz, L.,G. Buchbauer, Z. Denkova, A.Stoyanova, I. Murgov, V.Gearon, S. Birkbeck, E. Sshmidt and M. Geissler. 2006. Comparative study on the antimicrobial activities of different sandalwood essential oils of various origin. **Flavour and Fragrance Journal** 21: 465-468.

Scartezzini, P. and E. Speroni. 2000. Review on some plants of Indian traditional medicine with antioxidant activity. **Journal of Ethnopharmacology** 71: 23-24.

Shankarnarayana, K.H. and B.S. Kamala. 1989. Fragrant products from less odorous sandal oil. **Perfume and Flavorist** 14: 19- 20.

Subasinghe, U., M.Gamage and D.S. Hettiarachchi. 2013. Essential oil content and composition of Indian sandalwood (*Santalum album*) in Sri Lanka. **Journal of Forestry Research** 24(1): 127-130.

Brand-Williams, W., M.E. Cuvelier and C. Berset. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensm.-Wiss.u-Technol** 28: 25-30.

Zhang, X. and C. Dwivedi. 2011. Skin cancer chemoprevention by santalol. **Frontiers in Bioscience** 3: 777-787.